

Tauziehen in der Quantenwelt

In einem Molekül aus zwei Rubidiumatomen entsteht ein Ungleichgewicht der Ladung, wenn ein Atom in einen Rydbergzustand angeregt wird

Ein Tauziehen zwischen zwei Rubidiumatomen endete kürzlich mit einem Ergebnis, das im Freizeitsport kaum denkbar wäre: Gewöhnlich ringen zwei gleiche Atome mit genau gleicher Kraft um die Bindungselektronen, die sie zu einem Molekül zusammenschweißen. Und dennoch gelang es einem Atom, die Elektronen näher zu sich zu ziehen, sodass sich in dem Molekül ein negativer und ein positiver Pol – mithin ein permanenter elektrischer Dipol – bildete. Das widerspricht der Lehrmeinung vom Kräfteverhältnis in einem Molekül aus zwei gleichen Atomen.

Ein internationales Team um Jan-Michael Rost vom Dresdner Max-Planck-Institut für Physik komplexer Systeme verhalf einem Rubidiumatom jedoch zum Sieg im elektronischen Tauziehen. Die Forscher regten seinen Gegner bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt mit Laserlicht in einen Rydbergzustand an, sodass sich seine Elektronenhülle mächtig aufblähte. In einem Molekül mit einem nicht angeregten Atom verzerrte sich die Elektronenverteilung auf diese Weise, und das nicht angeregte Atom wurde zum negativen Pol eines schwachen permanenten Dipols. (SCIENCE, 25. November 2011)

Ein Trilobitenmolekül: Geht ein stark angeregtes Rydbergatom eine Bindung mit einem nicht angeregten Atom ein, entsteht ein Molekül, das an ein urzeitliches Tierchen erinnert. Das Rydbergatom sitzt in der Mitte des Kreises, das nicht angeregte Atom am oberen Rand. Der Größenunterschied der beiden Atome bewirkt eine Verzerrung der Ladungsverteilung – in dem Molekül aus zwei gleichen Atomen entsteht ein Dipol.



„Schau dir das an!“

Raben gestikulieren mit ihren Schnäbeln, um Artgenossen auf Gegenstände aufmerksam zu machen



Die menschliche Sprache hat sich in der Evolution wahrscheinlich aus Zeigegesten entwickelt. Noch bevor Kinder im Alter zwischen neun und zwölf Monaten anfangen zu sprechen, deuten sie mit dem Finger auf Gegenstände oder halten sie hoch. Bisher sind solche Gesten außer beim Menschen nur bei Menschenaffen beobachtet worden. Doch jetzt haben Verhaltensbiologen des

Raben übertreffen die meisten anderen Vogelarten an Intelligenz und Kooperationsfähigkeit. In Intelligenztests schneiden sie sogar ähnlich gut ab wie Menschenaffen.

Max-Planck-Instituts für Ornithologie in Seewiesen und der Universität Wien bei Raben (*Corvus corax*) Zeigegesten nachgewiesen. Die Vögel setzen ihre Schnäbel wie Hände ein und halten damit Objekte hoch, etwa Moos, kleine Steine und Zweige. So prüfen sie das Interesse eines potenziellen Partners oder stärken eine bereits bestehende Beziehung. Die Forscher vermuten, dass auch andere Tierarten, die über ein hohes Maß an Kooperationsfähigkeit verfügen, mit Gesten kommunizieren. (NATURE COMMUNICATIONS, 29. November 2011)

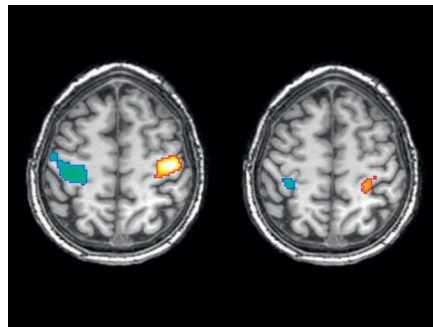
Wach ich, oder träum ich?

Träume aktivieren das Gehirn ähnlich wie eine tatsächlich ausgeführte Handlung

Im Traum erleben wir lebhaft Bilder und intensive Gefühle. Was genau dabei im Gehirn vor sich geht, liegt noch weitgehend im Dunkeln. Nun haben Forscher der Max-Planck-Institute für Psychiatrie in München und für Kognition- und Neurowissenschaften in Leipzig die Hilfe eines sogenannten luziden Träumers in Anspruch genommen – also eines Menschen, der sich seines Traums bewusst wird und dessen Inhalt beeinflussen kann. Der Proband sollte während des Schlafs in einem Kernspintomografen willentlich träumen, wiederholt zuerst die linke und dann die rechte Hand zu einer Faust zu ballen, und dies an die Forscher durch Augenbewegungen melden.

Die geträumte Bewegung aktivierte die sensomotorische Großhirnrinde, einen Bereich des Gehirns, der bei tatsächlich ausgeführten Handlungen aktiv ist. Außerdem war eine Hirnregion aktiv, die bei der Planung von Bewegungen eine wichtige Rolle spielt. In unse-

ren Träumen beobachten wir also nicht nur passiv ein Geschehen; vielmehr sind auch Hirnregionen beteiligt, die für Handlungen im wachen Zustand eine Rolle spielen. (CURRENT BIOLOGY, Oktober 2011)



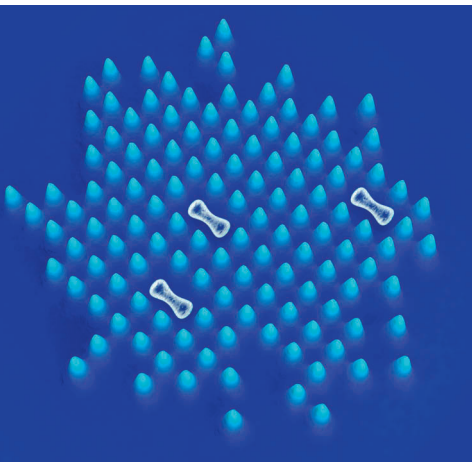
Aktivität in der motorischen Hirnrinde bei einer tatsächlich ausgeführten Bewegung der Hände im wachen Zustand (links) und während einer geträumten Bewegung (rechts). Blaue Regionen spiegeln die Aktivität bei einer Bewegung der rechten Hand wider, rote Regionen die Aktivität bei einer Bewegung der linken Hand.

Im Erbgut verblasst die Umwelt

Jean-Baptiste de Lamarck hätte seine Freude: Seit einigen Jahren ist seine seit dem Siegeszug von Darwins Evolutionstheorie in Vergessenheit geratene Überzeugung rehabilitiert, dass Lebewesen erworbene Eigenschaften an ihre Nachkommen weitergeben können: Umwelteinflüsse hinterlassen durchaus ihre Spuren im Erbgut – in Form von Molekülanhängseln an der Erbsubstanz, sogenannten epigenetischen Veränderungen. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Entwicklungsbiologie in Tübingen haben jedoch am Beispiel der Ackerschmalwand (*Arabidopsis thaliana*) festgestellt, dass epigenetische Veränderungen zwar sehr viel häufiger sind als die klassischen Mutationen, dafür aber oft kurzlebig: Viele epigenetische Veränderungen werden nach einigen Generationen wieder rückgängig gemacht. Sie tragen daher eher zur kurzfristigen Vererbung von Merkmalen zwischen Eltern und Kindern oder Großeltern und Enkeln bei. (NATURE, 20. September 2011)

Quantensprünge aus dem Stillstand

Ein besonders hochauflösendes Mikroskop bringt Quantenfluktuationen am absoluten Nullpunkt der Temperatur ans Licht



Absoluten Stillstand gibt es nicht – nicht einmal am absoluten Nullpunkt der Temperatur, also bei minus 273,16 Grad Celsius. Die Gesetze der Quantenmechanik verlangen, dass kleinste Teilchen wie Atome und Moleküle sich selbst dann noch rühren, wenn unsere

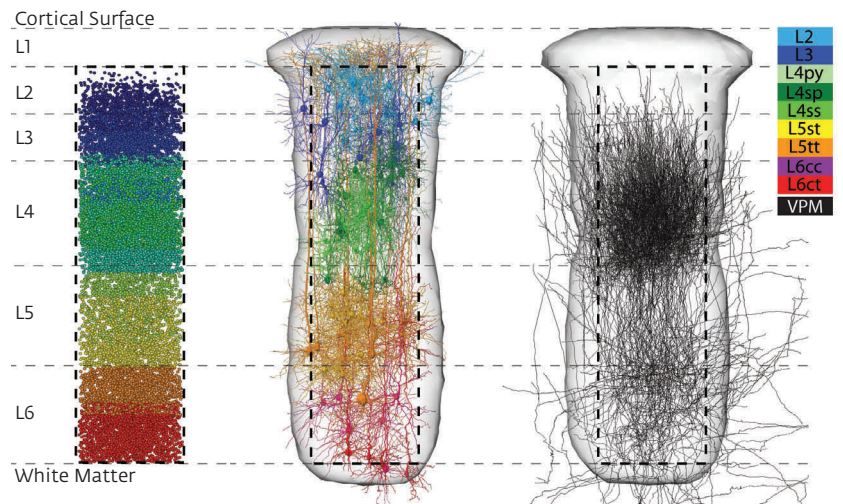
Die Spuren der Quantenfluktuationen: Ein Gitter aus Laserlicht zwingt Atome (hellblau) in eine regelmäßige Struktur. In dieser Anordnung tunneln Teilchen selbst am absoluten Nullpunkt der Temperatur von einem Gitterplatz zum nächsten und bilden dort Atompaare. Diese Quantenfluktuationen sind bei der Beobachtung als benachbarte Löcher zu erkennen, weil der Detektionslaser die Atompaare aus dem Gitter katapultiert.

Alltagswelt längst eingefroren ist. Die Bewegungen von Atomen nahe dem absoluten Nullpunkt, die Physiker Quantenfluktuationen nennen, hat ein Team um Stefan Kuhr und Immanuel Bloch am Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching mit einem besonders hochauflösenden Mikroskop nun erstmals direkt beobachtet. Die Forscher haben Rubidiumatome in einem Gitter aus Laserlicht festgesetzt und auf unter minus 273 Grad abgekühlt. Die Atome sprangen dann von einem Gitterplatz zum nächsten, obwohl ihre restliche thermische Energie hierzu nicht ausreichen würde. (SCIENCE, 14. Oktober 2011)

Das Großhirn in drei Dimensionen

Forscher simulieren elektrische Signale einer kortikalen Säule am Computer

In der Großhirnrinde bilden vertikal angeordnete Reihen miteinander verbundener Nervenzellen die Grundelemente der Verschaltung. Diese kortikalen Säulen haben nun Forscher am Max Planck Florida Institute erstmals bei Ratten im Wachzustand räumlich rekonstruiert. Damit ist ihnen der erste Schritt auf dem Weg zu einem vollständigen Computermodell des Gehirns gelungen. Die Neurowissenschaftler untersuchten dazu rund 15 000 Nervenzellen, die neun verschiedenen Zelltypen angehörten, und rekonstruierten ihre Axone und Dendriten. Die Forscher können jetzt die Verbindungen von Nervenzellen innerhalb dieser Netzwerke und ihre Reaktion auf Sinnesreize sowohl bei betäubten Tieren als auch bei solchen im Wachzustand messen. (CEREBRAL CORTEX, online vorab veröffentlicht, 16. November 2011)



Nervenzellen einer kortikalen Säule im sensorischen Kortex der Ratte (links), Dendriten dieser Nervenzellen (Mitte) und Axone (rechts). Die Farben kennzeichnen die verschiedenen Zelltypen.

Eine Chance für erfolgreiche Klimakonferenzen

Die Aussicht auf mittelfristige Schäden durch die Erderwärmung könnten arme und reiche Länder dazu bringen, die Emissionen an Kohlendioxid wirksam zu reduzieren



Sturmschäden wie hier in den USA könnten aufgrund des Klimawandels häufiger auftreten und größere Ausmaße annehmen, und zwar schon in zehn bis 20 Jahren. Wenn sich diese mittelfristige Bedrohung wissenschaftlich gut belegen ließe, könnten vor allem die reichen Industrienationen bereit sein, mehr in den Klimaschutz zu investieren.

Die Klimakonferenz in Durban hätte vielleicht mit verbindlichen Vereinbarungen zum Klimaschutz geendet – wenn in die Verhandlungen Erkenntnisse von Max-Planck-Forschern eingeflossen wären. Demnach führten die UN-Konferenzen eher zum Erfolg, wenn sie stärker die ökonomischen Schäden der Erderwärmung in 20 Jahren und die Klimaschutzmaßnahmen dagegen in den Blick nähmen. Das könnte reiche Industrienationen dazu bewegen, ihre Treibhausgas-Emissionen so weit zu senken, dass sie mangelnde Beiträge von Entwicklungs- und Schwellenländern kompensieren. Das haben Wissenschaftler um Manfred Milinski am Max-Planck-Institut für Evolutionsbiologie und Jochem Marotzke am Max-Planck-Institut für Meteorologie in einer spieltheoretischen Studie festgestellt. Mit dieser Untersuchung reagieren sie darauf, dass die jüngsten Klimakonferenzen vor allem scheiterten, weil sich reiche und arme Länder nicht über ihre jeweiligen Beiträge einigen konnten. (CLIMATE CHANGE LETTERS, 15. Oktober 2011)

Schneller Wind mit wenig Kraft

Die obere Atmosphäre liefert weniger erneuerbare Energie als bislang angenommen

Der Energiemix der Zukunft muss wahrscheinlich anders zusammengesetzt sein, als es sich manche Visionäre derzeit vorstellen. Denn aus Strahlströmen, auch Jetstreams genannt, die mit hohen Windgeschwindigkeiten durch die obere Atmosphäre fegen, lässt sich nur ein halbes Prozent der bisher geschätzten Energie gewinnen. Das haben Axel Kleidon und seine Mitarbeiter am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena berechnet. Die schnellen Winde galten bisher als sehr ergiebige Quelle erneuerbarer Energie, und Ingenieure arbeiten auch bereits daran, sie anzuzapfen. Doch die hohen Geschwindigkeiten der Winde entstehen durch die sehr geringe Reibung und nicht durch einen starken Antrieb, der für leistungsstarke Windkraftanlagen nötig ist. Mithilfe von Simulationen stellten die Wissenschaftler zudem fest, dass sich das Klimasystem massiv verändern dürfte, wenn aus Strahlstromwinden große Energiemengen entnommen würden. (EARTH SYSTEM DYNAMICS, 29. November 2011)

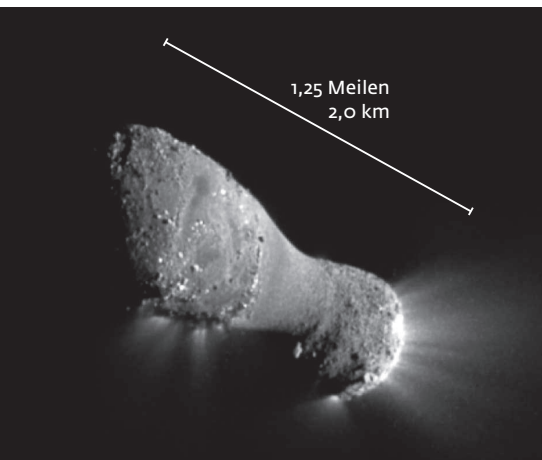
Wie Drachen mit Rotoren sollen Windräder in den Atmosphärenschichten hängen, in denen die Strahlströme wehen. Die Fotomontage veranschaulicht, wie sich das technisch umsetzen ließe.



Foto: Lee Miller (oben), NASA/JPL-Caltech/UMD (unten)

Kometen als Wasserträger

Mit Hartley 2 haben Wissenschaftler erstmals einen Schweifstern entdeckt, dessen Wasser dem auf der Erde gleicht



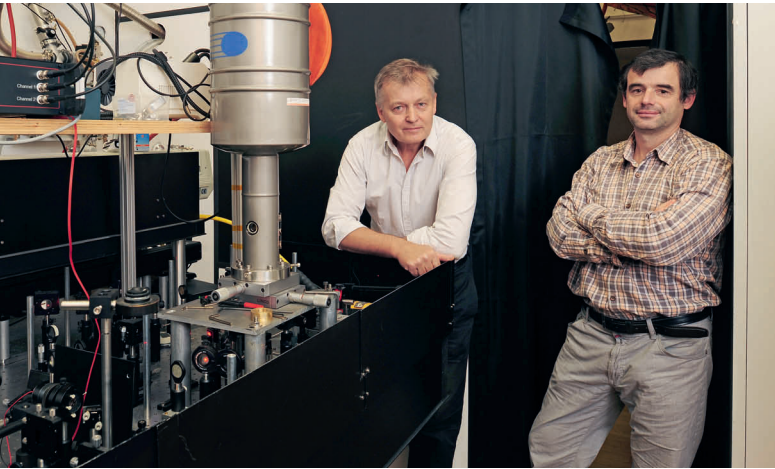
Das Wasser fiel vom Himmel. So glauben die Wissenschaftler, dass der Absturz kosmischer Körper das wertvolle Nass auf die Erde gebracht hat – zumindest einen großen Teil davon. Dass daran offenbar auch Kometen beteiligt waren, deuten neue Messungen des Weltraumobservatoriums *Herschel* an. Denn mit 103P/Hartley 2 hat ein Team unter Leitung des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung erstmals einen Kometen identifiziert, dessen Wasser ein

Der Kern des Kometen: Das Wasser von 103P/Hartley 2 hat ein ähnliches Deuterium-Wasserstoff-Verhältnis wie jenes auf der Erde.

ähnliches Verhältnis von schwerem zu normalem Wasserstoff aufweist wie irdisches. Schwerer Wasserstoff, Deuterium genannt, besitzt in seinem Atomkern ein Neutron mehr als gewöhnlicher Wasserstoff. Im irdischen Wasser beträgt das Verhältnis von Deuterium zu Wasserstoff etwa 1:6400. Die Körper, die Wasser auf die Erde gebracht haben, sollten ein ähnliches Verhältnis der beiden Isotope aufweisen. Tatsächlich ergaben die Messungen, dass im Wasser von Hartley 2 auf jedes Deuteriumatom etwa 6200 normale Wasserstoffatome kommen – ein dem irdischen sehr ähnlicher Wert. (NATURE, online veröffentlicht, 5. Oktober 2011)

Druck macht Wasserstoff metallisch

Bei 2,7 Megabar leitet das leichteste Element Strom und wird möglicherweise zu einer Quantenflüssigkeit, die ohne Reibung fließt



Machen extremen Druck: Mikhail Eremets (links) und Ivan Troyan haben Wasserstoff in dieser Apparatur mit dem 2,7-Millionenfachen des Atmosphärendrucks in eine Form gezwungen, in der er wie ein Metall Strom leitet.

Gewöhnlich hat Wasserstoff mit einem Metall so viel gemeinsam wie eine Salve Konfetti mit einem Buch. Und ihn zu einem metallischen Leiter zu machen ist auch etwa so schwierig, wie Papierschnipsel zu bedruckten Seiten zusammensetzen. Aber genau das ist Mikhail Eremets und Ivan Troyan am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz gelungen. Sie haben den Druck auf eine Wasserstoffprobe bei 25 Grad Celsius allmählich auf mehr als drei Megabar erhöht – das Dreimillionenfache des irdischen Atmosphärendrucks. Ein Druck dieser Größenordnung herrscht etwa in Sternen oder tief im Innern großer Planeten. Oberhalb von 2,2 Megabar verhielt sich der Wasserstoff wie ein Halbleiter – ein bisher unbekannter Zustand des Elements. Bei etwa 2,7 Megabar nahm es metallische Eigenschaften an, und damit bei deutlich niedrigerem Druck als theoretisch vorhergesagt. Möglicherweise wird der Wasserstoff bei diesem Druck sogar zu einem Supraleiter, der bereits bei Raumtemperatur seinen elektrischen Widerstand verliert. Das wollen die Forscher nun in weiteren Experimenten untersuchen. (NATURE MATERIALS, online veröffentlicht, 13. November 2011)

Schwarzes Loch wittert fette Beute

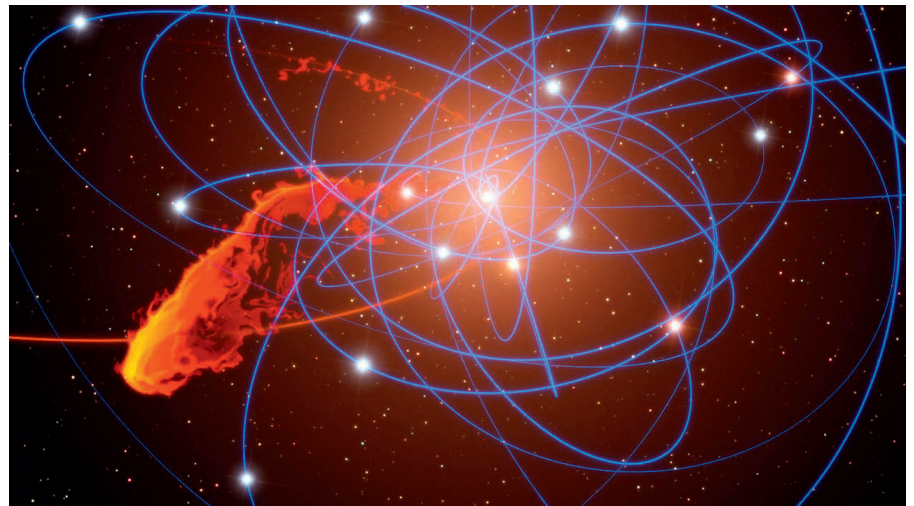
Astronomen entdecken eine Gaswolke, die demnächst in das Objekt Sagittarius A* stürzt

Noch darbt das schwarze Loch im Herzen der Milchstraße. Doch mit der Diät dürfte es bald vorbei sein: Eine Gaswolke ist dem Massemonster zu nahe gekommen und wird in den nächsten Jahren in seinem Schlund verschwinden. Die Fütterung der 26000 Lichtjahre entfernten Gravitationsfalle (Sagittarius A* genannt) spielt sich vor den Augen der Astronomen ab. Schon jetzt sehen die Wissenschaftler aus dem Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, wie die extreme Anziehungskraft des schwarzen Lochs die Gaswolke in die Länge zieht.

Je näher die Wolke dem schwarzen Loch kommt – aktuell bewegt sie sich mit etwa 2350 Kilometern pro Sekunde

darauf zu –, desto mehr wird sie mit dem heißen Gas in der Umgebung der Gravitationsfalle wechselwirken und schließlich durch Turbulenzen zerstört werden. Im Jahr 2013 soll sie dem

schwarzen Loch mit einem Abstand von 40 Milliarden Kilometern nah genug sein – das Festmahl für das schwarze Loch kann beginnen. (NATURE ONLINE, 15. Dezember 2011)



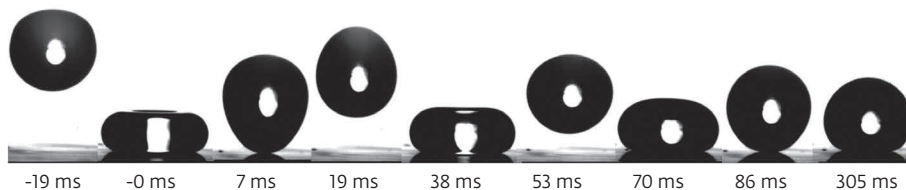
Auf dem Weg in den Schwerkraftschlund: Das Bild zeigt die Gaswolke (rot) sowie die Bahnen der Sterne (blau) um das schwarze Loch im Herzen der Milchstraße.

Glas, das sich selbst reinigt

Ein mit Fluoratomen überzogener Siliciumdioxidschwamm aus Nanokugeln wirkt extrem wasser- und ölabweisend

Nie wieder Brille putzen und keine dreckige Windschutzscheibe mehr! Diesem Ziel sind Doris Vollmer und ihre Kollegen am Max-Planck-Institut für Polymerforschung in Mainz und der Technischen Universität Darmstadt ein gutes Stück näher gekommen. Sie haben mithilfe von Kerzenruß eine durchsichtige, super-amphiphobe Beschichtung aus Quarzglas hergestellt. An dem Überzug perlen sowohl Wasser als auch Öl vollkommen ab. Das blieb auch so, als die Forscher die

Schicht mit einem Sandstrahl beschädigten. Diese Eigenschaften verdankt die schwammartige Schicht zum einen einem Überzug mit Fluoratomen, zum anderen ihrer stark gekrümmten Oberfläche, da sie aus lauter Nanokugeln aufgebaut ist. Das Modell für diese Struktur liefern die kugelförmigen Rußpartikel. Derart versiegelte Oberflächen könnten überall dort zum Einsatz kommen, wo Verunreinigungen oder auch ein Wasserfilm stören oder einfach lästig sind. (SCIENCE EXPRESS, 1. Dezember 2011)



Ein Tropfen, der aus geringer Höhe auf die extrem wasser- und ölabweisende Schicht fällt, prallt zunächst von ihr ab und bleibt schließlich fast kugelförmig liegen, selbst wenn es sich um eine stark benetzende Flüssigkeit handelt.

Bevölkerungsexplosion in Zwerggalaxien

Ungewöhnlich produktive Sternsysteme geben Rätsel auf, scheinen aber gleichzeitig das Problem der Verteilung Dunkler Materie zu lösen

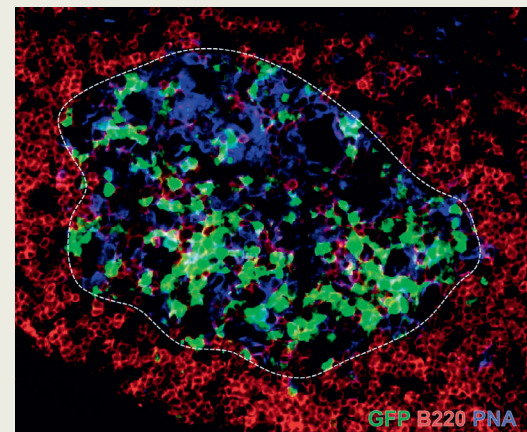
Im frühen Universum gab es kleine, junge Galaxien, die in geradezu atemberaubendem Tempo neue Sterne produzierten. Die gängigen Modelle bieten keine Erklärung für eine derart hohe stellare Geburtenrate. Und doch sind diese aktiven Zwerggalaxien Realität: Astronomen um Arjen van der Wel vom Heidelberger Max-Planck-Institut für Astronomie haben sie mit dem Weltraumteleskop *Hubble* beobachtet. Die Forscher fanden 69 Zwerggalaxien in fast zehn Milliarden Lichtjahren Entfernung. Aus der ungewöhnlichen Far-

be dieser Systeme schließen die Forscher auf eine Sternentstehungsrate, die tausendfach höher liegt als in unserer Milchstraße. Die hohe Geburtenrate neuer Sonnen könnte erklären, warum sich die ominöse Dunkle Materie überall in diesen Galaxien befindet und nicht nur, wie in Simulationen berechnet, in ihren Zentren. Denn die Entstehung neuer Sterne treibt das in den Galaxien vorhandene Gas nach außen, das dabei die Dunkle Materie mitreißt und in der Galaxie verteilt. (ASTROPHYSICAL JOURNAL, 10. November 2011)

Multiple Sklerose keimt aus der Darmflora

Nützliche Bakterien des Darms können Immunzellen aktivieren und eine Überreaktion des Immunsystems auslösen

Multiple Sklerose entsteht durch eine Kombination von genetischer Veranlagung und Faktoren aus der Umwelt, etwa Mikroben. Forschern des Max-Planck-Instituts für Neurobiologie in Martinsried zufolge sind es jedoch offenbar nicht krank machende, sondern nützliche Bakterien, die multiple Sklerose auslösen – nämlich die gesunde Darmflora, die jeder Mensch zur Verdauung braucht. Die Wissenschaftler haben herausgefunden, dass genetisch veränderte Mäuse eine der menschlichen Erkrankung ähnliche Entzündung im Gehirn entwickeln, wenn sie eine normal ausgeprägte Darmflora besitzen. Tiere, die in keimfreier Umgebung großgezogen werden und keine Darmflora bilden, bleiben dagegen gesund. Die Ergebnisse legen nahe, dass Bakterien der Darmflora bei entsprechender Veranlagung der Ausgangspunkt für multiple Sklerose beim Menschen sind. (NATURE, online vorab veröffentlicht, 26. Oktober 2011)



Lymphknoten mit autoaggressiven B-Zellen (grün). Diese werden in den Keimzentren (blau) des Lymphknotens aktiviert. Die aktivierten Zellen produzieren Antikörper gegen die Myelinschicht im Gehirn und tragen so zu Entzündungsreaktionen bei.