

Wackelpudding-Kristall

Physiker haben ein Material entwickelt, das es nach den Gesetzen der Natur eigentlich nicht geben dürfte **VON HARRO ALBRECHT**

Obacht! Wenn Physiker ihre Entdeckungen mit fantasievollen Namen umschreiben, kann allein der Versuch, die Theorie dahinter zu verstehen, bei Laien Migräne auslösen. Schwarzes Loch, geisterhafte Fernwirkung, Gottesteilchen – alles blumige Begriffe für schwindeleurend komplexe Phänomene. Jetzt wird die Liste um einen Eintrag reicher: Time Crystal, Zeitkristall. Klingt nach Raumschiff Enterprise, Zeitreisen oder für den, der's alternativ mag, nach heilemdem Amulett.

Gleich zwei Wissenschaftlerteams – von der University of California in Berkeley und von der Harvard University – haben im Labor exotische Substanzen erschaffen, die ohne Energiezufuhr im Prinzip endlos vor sich hin pulsieren und damit den Gesetzen der Physik zu widersprechen scheinen. In Berkeley waren es zehn aneinandergekettete Ytterbium-Ionen, in Harvard war es ein mit Stickstoff verunreinigter (ein sogenannter »dreckiger«) Diamant. Damit wirkt es gleich zweimal, als sei der Beweis für eine Hypothese erbracht, die man 2015 schon einwandfrei widerlegt wähnte.

Die Idee zu der fantastischen neuen Materieform ist erst fünf Jahre alt. 2012 hatte der Nobelpreisträger Frank Wilczek einen subversiven Vorstoß in die geregelten Verhältnisse seines Fachs gewagt. Physiker lieben Symmetrie. Wo es eine Kraft gibt, muss es eine Gegenkraft geben, für jedes Teilchen suchen sie ein Gegenteilchen, und Naturgesetze müssen für alle Punkte in Raum und Zeit gelten. Doch die Natur ist widerspenstig: In Kristallen besetzen Atome nur bestimmte Plätze im Raum, obwohl sie nach den Gesetzen der Physik eigentlich die freie Wahl hätten. Die Symmetrie ist »gebrochen«, so nennen es die Physiker. Zur Symmetrie gehört, dass Kristalle sich im energetischen Gleichgewicht befinden und ohne äußere Einflüsse nicht spontan zerfallen.

Frank Wilczek fragte sich nun, ob sich vielleicht anstelle eines räumlich stabilen ein zeitlich stabiler Kristall erzeugen ließe. Einer, der aktiv ist, obwohl er am energetisch niedrigsten Punkt weilt – wie eine Uhr, die nie mehr aufgezogen werden muss (spätestens an dieser Stelle setzen beim Laien Kopfschmerzen ein). Das Problem ist, dass sich der energetische Tiefpunkt und die gleichzeitige Aktivität gegenseitig ausschließen: Mit jeder Bewegung verliert ein System Energie, dafür muss es aber noch etwas davon übrig gehabt haben, es kann also nicht am Tiefpunkt gewesen sein ...

Vor zwei Jahren rettete Shivaji Sondhi, ein theoretischer Physiker an der Princeton University, mit ermutigenden Befunden Wilczeks Idee. Er berechnete, wie sich Partikel verhalten, die in einem fort angestupst werden. In der Theorie würde an einem bestimmten Punkt die Energie im System nicht mehr zunehmen, die Partikel würden sich zusammenballen und sich regelmäßig räumlich neu formieren. Auf Deutsch: Der Klumpen schüttelt sich ungefähr so wie ein Wackelpudding, der unentwegt Hiebe einstecken muss. *Flubber* hieß in einem Kinofilm so eine Substanz schon 1997.

Christopher Monroe, der eigentlich an Quantencomputern arbeitet, hat die Idee nun

in die Praxis umgesetzt, indem er zehn Ytterbium-Ionen auf die Laborbühne brachte und miteinander in einer Reihe verband. Dann feuerte er diese Ionenkette mit zwei Lasern zum »Tanz« an. Durch den Impuls des ersten Lasers änderte sich die Drehrichtung (Spin) der Ionen wie erwartet, der Anstups der zweiten Lasers übertrug den Impuls nach dem Zufallsprinzip weiter auf die Nachbarn. Die Reihe begann im Takt der Impulse zu schwingen. Doch dann waren die Forscher überrascht: Wenn der zeitliche Abstand der Laserimpulse noch ein klein wenig zunahm, blieb die Schwingungsrate dennoch konstant – sie war wie eingerastet.

Die angeregten Ionen »widersetzten« sich einer Frequenzänderung, also einer zeitlichen Variation der Impulse. Die Ionen verhielten sich in Bezug auf die Zeit so wie die Atome in einem Kristall, die sich räumlich festgelegt hatten. Dasselbe beobachtete Mikhail Lukin von der Harvard University, als er seinen dreckigen Diamanten mit Mikrowellen traktierte. Die Ergebnisse beider Forscher erschienen vergangene Woche im Fachblatt *Nature*.

Ist nun also der Zeitkristall des Frank Wilczek, der inzwischen in Stockholm arbeitet, entgegen allen Vorhersagen gefunden? Die Forschungsgemeinde streitet noch darüber. Denn eigentlich sollte Wilczeks fantastische Substanz von sich aus pulsieren. Vom energieintensiven Beschuss mit Laserstrahlen oder Mikrowellen war nicht die Rede. Sonderformen von Wilczeks Zeitkristallen könnten die Experimente aber schon darstellen.

Was den Fachleuten zurzeit aufregende Träume beschert, ist für Nicht-Physiker doch eher ernüchternd. Vielleicht würde es helfen, wenn man wüsste, wofür solch bizarre Materie gut sein könnte. Wäre sie geeignet als Perpetuum mobile? Schließlich pulsiert die Substanz dauerhaft, so müsste sich doch endlos Energie abzapfen lassen. Genau das, sagen die Forscher, sei nicht möglich. Ihnen schweben profanere Anwendungen vor. Mit Zeitkristallen ließen sich zum Beispiel extrem schwache Magnetfelder und niedrigste Temperaturen messen. Interessant wäre das Material auch für die Quantenforschung, die normalerweise am absoluten Temperaturnullpunkt stattfindet – und deshalb aufwendige Kühlung verlangt. Zeitkristalle sind ein stabiles Quantensystem, das sich wie in dem Diamant-Experiment auch bei Raumtemperatur beobachten lässt (und da ist er wieder, der Druck im Kopf).

Darum die vereinfachte Botschaft zum Schluss: Zeitkristalle sind nicht magisch, aber man kann sich durch sie vielleicht einen Hightech-Kühlschrank sparen.

Mehr Wissen



38 Minisatelliten sollen eine rätselhafte Schicht der Atmosphäre erkunden – im Kamikazeflug

Das neue ZEIT Wissen: am Kiosk oder unter www.zeitabo.de

Stimmt's?

Kann ein Mond einen Mond haben?
... fragt **AHMED KUSSEROW** aus Berlin

In unserem Sonnensystem gibt es laut aktueller Zählung 173 Monde, die einen der acht Planeten umkreisen. Aber keiner von ihnen hat wiederum einen eigenen Mond, also einen natürlichen Begleiter, der auf einer Bahn um ihn herumfliegt. Wäre so ein »Mondmond« physikalisch überhaupt möglich? Immerhin, unser Erdmond wird von einem künstlichen Satelliten begleitet: Seit fast acht Jahren ist der Lunar Reconnaissance Orbiter auf einer Mondumlaufbahn und schickt zum Beispiel Fotos von den Apollo-Landestellen zur Erde. Das zeigt: Die Physik erlaubt es, dass ein Körper um einen größeren Körper kreist (den Mond), der wiederum um einen größeren Körper kreist (die Erde), der um einen viel größeren Körper kreist (die Sonne).

Wie nahe muss ein Objekt dem Mond sein, um nicht von der Erde weggezogen zu werden? Der Bereich, in dem eine solche Bahn möglich ist, wird von den Astronomen die Hill-Sphäre genannt. Bei der Erde reicht sie 1,5 Millionen Kilometer weit ins All, der Mond ist da mitten-

drin. Seine eigene Hill-Sphäre hat einen Radius von nur 60 000 Kilometern (immerhin die größte eines Mondes im Sonnensystem). Da ständig kleinere und größere Brocken die Bahnen von Planeten und Monden kreuzen, wäre es durchaus denkbar, dass irgendwann ein solcher Körper von unserem Mond oder einem der anderen eingefangen wird und dann zu einem Mondmond wird. Aber warum sehen wir keine solchen Objekte im All?

Weil die Monde ihrem Mutterplaneten so nahe sind, dass neben der Bahnmechanik noch andere Kräfte wirken. Der Erdmond etwa beschreibt eine »gebundene Rotation« um die Erde – ihre Gezeitenkräfte haben dazu geführt, dass er uns ständig dieselbe Seite zuweist. Diese Kräfte wirken auch auf jeden seiner Begleiter und bremsen ihn auf Dauer ab. Deshalb wird der Lunar Reconnaissance Orbiter in den nächsten Jahren auf den Mond stürzen, und dieses Schicksal müsste auch jeden natürlichen Begleiter ereilt haben, sofern es je einen gegeben hat. **CHRISTOPH DRÖSSER**

Die Adressen für »Stimmt's«-Fragen:
DIE ZEIT, Stimmt's?, 20079 Hamburg, oder stimmts@zeit.de.
Das »Stimmt's«-Archiv: www.zeit.de/stimmts

www.zeit.de/audio

Illustration: Lisa Schweizer für DIE ZEIT; Foto: StockFood (3)

FRAGE DER WOCHE



Gegen den Rhythmus der inneren Uhr

Sommerzeit: Zum Ende des Monats werden die Uhren umgestellt. Ist das problematisch?

VON MIRAY CALISKAN

Zweimal im Jahr werden 1,6 Milliarden Menschen auf der Welt Teilnehmer eines Langzeitexperiments ungewissen Ausgangs: immer dann nämlich, wenn die Uhren umgestellt werden. Am 26. März ist es wieder so weit. Nachts um zwei springt an allen funkgesteuerten Uhren der kurze Zeiger um eine Stunde nach vorn. Diese Maßnahme, die ursprünglich der Energieeinsparung in den beiden Weltkriegen dienen sollte, wurde in der Bundesrepublik erst 1980 wieder lanciert – als Reaktion auf die Ölkrise. Dabei war die Zeitumstellung schon bei ihrer ersten Einführung vor mehr als hundert Jahren unbeliebt. Heute mehren sich die Hinweise darauf, dass die Manipulation der Uhrzeit für manche gefährlich ist – und in Extremfällen sogar Leben kosten kann.

Die jüngsten Forschungsergebnisse zur gesundheitlichen Auswirkung der Zeitumstellung auf Menschen kommen von der amerikanischen Ostküste: Forscher des Boston Medical Center haben untersucht, ob die Umstellung das Risiko einer Fehlgeburt bei In-vitro-Fertilisationen erhöhen kann. Sie werteten dafür die Daten von mehr als 1600 Frauen aus, die sie in drei getrennten Gruppen betrachteten. In der ersten Gruppe fand die Uhrenumstellung kurz vor der Einpflanzung des Embryos statt, in der zweiten Gruppe in den ersten drei Wochen danach. In der dritten – der Kontrollgruppe – vergingen zwischen Transfer und Umstellung mehr als sechs Wochen. Die Ergebnisse waren erstaunlich: Zwar wurden die Frauen in jeder Gruppe gleich häufig schwanger. Doch erlitt beinahe jede vierte Frau der zweiten Gruppe – also jene, die sich in den ersten drei Wochen nach dem Embryonentransfer an eine neue Uhrzeit gewöhnen mussten – eine Fehlgeburt. In Gruppe eins und drei schwankte die Quote zwischen 10 und 12,5 Prozent. Vor allem Frauen, die bereits zuvor einen Abort hatten, traf es hart: In Gruppe zwei betrug die Verlustrate 60 Prozent, in Gruppe eins 32,4 Prozent und in der Kontrollgruppe 22,4 Prozent. Die Ergebnisse, die im Journal *Chronobiology International* veröffentlicht wurden, dürften die Debatte um die Gefährlichkeit der Zeitumstellung anheizen.

Dass eine Uhrzeit überhaupt einen Effekt auf unseren Organismus haben kann, hat mit ein paar Zellen zu tun, die zwei Zentimeter hinter den Augen liegen, über der Kreuzung der Sehnerven. Dieser Suprachiasmatische Kern ist der Taktgeber des sogenannten circadianen Takts, der »inneren Uhr«. Diese Zentraluhr synchronisiert nicht nur die zahlreichen untergeordneten Uhren, die sich in verschiedenen Organen unseres Körpers befinden, wie zum Beispiel in unserer Leber, in der die innere Uhr die Produktion von Glukose reguliert oder unser Herz im Morgengrauen auf das Aufwachen vorbereitet. Sie steuert auch die Körpertemperatur, den Blutdruck, die Hormonproduktion, das Schmerzempfinden, das Hungergefühl und den Stoffwechsel. Ihre wichtigsten natürlichen Zeitgeber sind die Helligkeit und die Dunkelheit. »Die meisten Lebewesen richten sich nach dem Licht-Dunkel-Wechsel, weil alle anderen tagesrhythmischen Prozesse am besten damit voraussagbar sind«, sagt Till Roenneberg, Leiter der Abteilung Humane Chronobiologie der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Ob es sich nun um Temperaturveränderungen handelt oder um das Auftauchen von Feind und Futter: Meist hängen auch diese Ereignisse mit dem Verhältnis von Licht und Dunkelheit zusammen.

Ignoriert der Mensch das Ticken der inneren Uhr, so hat die Chronobiologie festgestellt, wird er bestraft: durch Müdigkeit, Unaufmerksamkeit und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Sie sind das Resultat einer Diskrepanz zwischen unserem biologischen Rhythmus und der Außenzeit. Forscher sprechen auch vom sozialen Jetlag. Das Phänomen betrifft den Menschen spätestens seit der Industrialisierung und der Erfindung des elektrischen Lichts. Seit sich die Erwerbsarbeit vor allem in Gebäuden abspielt, sind viele Menschen praktisch rund um die Uhr von Dämmerlicht umgeben.

Seit den 1990er Jahren beschäftigen sich Chronobiologen und Mediziner intensiv mit dem Phänomen. Ihre Ergebnisse sind nicht einheitlich – aber dass ein Leben gegen die eigene innere Uhr Schäden verursacht, darüber sind sich die Experten einig.

In den beiden Tagen nach der Zeitumstellung ist der Mensch offenbar einem höheren Schlaganfall-Risiko ausgesetzt. Darüber berichteten finnische Mediziner unter Jori Ruuskanen von der Universität Turku vergangenes Jahr auf der Tagung der American Academy of Neurology. Grundlage ihrer Untersuchung waren Krankenhausdaten von zehn Jahren. Sie verglichen die Häufigkeit von Schlaganfällen in der Woche nach der Zeitumstellung mit der Häufigkeit zwei Wochen vor und zwei nach der Umstellung auf die Sommerzeit. Die Ergebnisse zeigten, dass nach der vorgeschobenen Stunde mehr Menschen mit einem Schlaganfall ins Krankenhaus eingeliefert wurden als in der restlichen Zeit: Die Rate der Schlaganfälle war in den ersten beiden Tagen nach der Umstellung um acht Prozent erhöht. Besonders empfindlich würden Frauen, Krebspatienten und Senioren jenseits der 65 auf die umgestellte Zeit reagieren.

Auch auf unser Herz wirkt sich die Zeitumstellung negativ aus. Forscher um die Gesundheitswissenschaftlerin Inge Kirchberger vom Klinikum Augsburg untersuchten Krankenhausdaten von mehr als 25 000 Herzinfarktfällen, die sich zwischen 1985 und 2010 ereigneten. Auch Todesfälle von Menschen zwischen 25 bis 74 Jahren wurden mitberücksichtigt. Sie fanden heraus, dass sich das Herzinfarktrisiko bei Männern in den ersten Tagen nach der Zeitumstellung signifikant erhöhte. Zudem seien auch Menschen, die aufgrund von schon vorhandenen Herz-Kreislauf-Problemen ACE-Hemmer einnahmen, von einem erhöhten Herzinfarktrisiko in den Tagen nach der Zeitumstellung betroffen. Ihre Ergebnisse veröffentlichten die Forscher 2015 im Fachblatt *BMC Public Health*.

eine Stunde früher zur Arbeit zu gehen – ohne es zu merken. »Die Sommeruhrenumstellung wirft uns teilweise drei bis vier Wochen zurück«, sagt Chronobiologe Roenneberg. Denn würden die Uhren am letzten Sonntag im März nicht umgestellt werden, könnte der Mensch zu diesem Zeitpunkt mit der Sonne aufstehen. Und das ist genau das, was die innere Uhr bräuchte, um richtig synchronisiert und vor allem neu justiert zu werden.

Der nächtliche Diebstahl von einer Stunde Schlaf erfreut sich auch heutzutage keiner großen Beliebtheit. Nach einer aktuellen Forsa-Befragung im Auftrag der Krankenkasse DAK-Gesundheit, halten drei von vier Deutschen die Uhrenumstellung für sinnlos. Gegner des halbjährlichen Rituals lassen nicht locker und berufen sich etwa auf das Gutachten *Bilanz der Sommerzeit*, das vom Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag vorgelegt wurde. Abgesehen von der Begünstigung von Freizeitaktivitäten würde die Sommerzeit kaum Gewinn erbringen: Die erhoffte Energieeinsparung – im Englischen *daylight saving time* – sei allenfalls minimal und der gesamtwirtschaftliche Nutzen nicht nachweisbar. Jetzt fordert die CDU/CSU-Bundesfraktion die EU-Kommission dazu auf, die Uhrenumstellung abzuschaffen und eine neue Zeitregelung in Europa zu treffen. »Ein Fehler darf nicht gemacht werden«, sagt Roenneberg, »nämlich das ganze Jahr über die Sommerzeit zu lassen, wie es etwa in der Türkei der Fall ist«. Denn auch bei dieser Variante liegen die natürliche Zeit und die Uhrzeit auseinander, was zu sozialem Jetlag führt – dann eben im Winter. Roenneberg plädiert deshalb für eine dynamische Variante: Die Uhrzeit sollte der Sonnenzeit angepasst werden. Tägliche Anpassungen um Sekunden oder Minuten statt zweimal jährlich eine Stunde.

Obwohl der Einzelne die Sommerzeit schlecht ignorieren kann, kann er sich schneller an die

Gutschein* für Pflegehilfsmittel

Pflegehilfsmittel können von der Kasse nach Beantragung erstattet werden. Sanubi liefert bereits vor Beantragung.

Bestellen Sie jetzt ohne Risiko
☎ 030 555 78 50 84

* gültig bei Pflege eines Pflegebedürftigen mit Pflegegrad



Gutscheincode: **pflegeDZ 03**

sanubi.com

In einer weiteren Studie fanden israelische Wissenschaftler heraus, dass die Zeitumstellung den Biorhythmus der Darmflora aus dem Takt bringen kann. Die Forscher untersuchten, wie sich die Zusammensetzung der Darmbakterien im Laufe des Tages änderte. An Versuchen mit Mäusen entdeckten sie, dass die Häufigkeit von verschiedenen Bakterienarten im Verlauf eines Tages zu- und abnahm und sich die spezifischen Funktionen der Darmbakterien veränderten.

Experten wie Jens Acker, Chefarzt der Klinik für Schlafmedizin in Bad Zurzach, sehen die Zeitumstellung als Faktor, der bestehende Probleme noch verstärkt: »Die Zeitumstellung greift ebenfalls in unseren normalen Schlaf-wach-Rhythmus ein und trägt damit zur Schlafkrise der Gesellschaft bei«, sagt Acker. Die Umstellung auf die Sommerzeit ist nämlich nichts anderes als der Beschluss,

Zeitumstellung gewöhnen. Eine Möglichkeit ist Campen, wie der Physiologe Kenneth Wright an der University of Boulder herausfand, der seine Erkenntnisse im Journal *Current Biology* veröffentlichte. Sonnenlicht, Mondlicht sowie das Lagerfeuer hätten wahre Wunder bewirkt und die Schlafdauer der Camper auf bis zu 10 Stunden pro Nacht erhöht. Und zwar innerhalb von nur wenigen Tagen – genug, damit der Biorhythmus wieder in Takt kam. Eine wetterunabhängigere Alternative schlägt Till Roenneberg vor: »Die Menschen müssen dafür sorgen, dass sie nachts kein Licht und tagsüber viel Licht von draußen bekommen.« Und: Sie müssten verstehen, dass die innere Uhr weder auf Arbeitgeber noch Wecker hört.

www.zeit.de/audio