

CHEMIE

Arabische Kacheln in 3-D

Der Chemienobelpreis ehrt den Entdecker der Quasikristalle

VON JAN OSTERKAMP

Der Nobelpreis für Chemie geht 2011 an einen hartnäckigen Außenseiter: Seine Entdeckung einer zuvor undenkbar inneren Struktur fester Materie hat erst den Laureaten Dan Shechtman selbst überzeugen müssen, dann einige höhnische Kollegen – und sorgte schließlich dafür, dass ein Dogma der Festkörperchemie aufgegeben werden musste.

Beginnen hat alles am Morgen des 8. April 1982 am US National Institute of Standards and Technology bei Baltimore, wo der Israeli Dan Shechtman verblüfft die Ergebnisse seines letzten Experiments nicht glauben wollte. Shechtman hatte die innere Struktur einer rasch abgekühlten Legierung aus Aluminium und Magnesium durch Elektronenbeugung analysiert.

Das dabei entstandene Beugungsmuster legte allerdings einen Aufbau nahe, der in den Gesetzen der Kristallografie zumindest in den 1980ern überhaupt nicht vorgesehen war: Offenbar hatte das Material eine ganz eigene innere »Quasisymmetrie«, bei der einzelnen Bausteine einerseits nicht wild, also amorph, durcheinandergeworfen waren. Andererseits waren sie auch nicht, wie in Kristallen, immer exakt gleich zueinander angeordnet, um sich im Material immer und immer wieder periodisch zu spiegeln. Gleichzeitig bildeten sie aber, wie eben bei Kristallen, trotzdem eindeutig übergeordnete Muster. Shechtmans Probe war ein

Fortsetzung Seite 5



NASA, ESA, ZOLT LEVAY (ISTOCK) (PUBLIC DOMAIN)

PHYSIK

Das beschleunigte Universum

Preiswürdige Dunkle Energie

VON THOMAS BÜHRKE

Drei Kosmologen aus Australien und den USA erhalten den diesjährigen Nobelpreis für Physik für die Entdeckung der beschleunigten Ausdehnung des Universums.

Im Jahr 1998 reichten zwei Forschergruppen Arbeiten ein, die die Kosmologie enorm beeinflusst und beflügelt haben. Die Teams um Saul Perlmutter einerseits sowie Brian P. Schmidt und Adam G. Riess andererseits hatten entdeckt, dass sich das Universums beschleunigt ausdehnt. Diese Erkenntnis erschien den Forschern anfangs so verrückt, dass sie sie selbst nicht glauben konnten. Doch bis heute haben Astrophysiker mit anderen, unabhängigen Methoden ihr Ergebnis bestätigt. Die Entscheidung des

Nobelkomitees ist dennoch bemerkenswert, weil die Ursache der kosmischen Beschleunigung, nämlich die Dunkle Energie, vollkommen unverstanden ist.

Mit ihrer Entdeckung treten die drei Forscher in die Fußstapfen des wohl berühmtesten Nobelpreisträgers: Albert Einstein. Dieser hatte 1915 in seiner allgemeinen Relativitätstheorie herausgefunden, dass der uns umgebende Raum nicht starr und unveränderbar ist, sondern dass jede Form von Materie ihn verbiegt.

Fortsetzung Seite 2

Liebe
Leserin,
lieber
Leser,



Quasikristalle, Supernovae und unser Immunsystem – so lauten dieses Jahr die Forschungsgebiete, die mit dem höchsten Preis der Wissenschaft bedacht wurden. Ich freue mich, Ihnen mit dieser Sonderausgabe die Nobelpreisträger 2011 vorstellen zu dürfen.

Einen herzlichen Glückwunsch allen Laureaten sendet

Daniel Lingenhöhl
lingenhoehl@spektrum.com

IN DIESER AUSGABE:



MEDIZIN
Die Torwächter der Körperabwehr

SEITE 8



IG-NOBEL
Wasabi, Schildkröten, Käfersex

SEITE 10



ALTERNATIVER NOBELPREIS
Engagement mit Herzblut

SEITE 11



FRIEDEN
Nobelpreis geht nach Liberia und in den Jemen

SEITE 14

FORTSETZUNG VON SEITE 1

Das beschleunigte Universum



SAUL PERLMUTTER

Saul Perlmutter

Der US-amerikanische Astronom ist seit 1983 Wissenschaftler am Lawrence Berkeley National Laboratory und leitet das Supernova Cosmology Project, eines der beiden Teams, die Ende der 1990er Jahre aus der Messung der Helligkeit ferner Supernovae des Typs Ia auf eine Beschleunigung der kosmischen Expansion schlossen.

Als kurze Zeit später die beiden Mathematiker Georges Lemaitre in Belgien und Alexander Friedmann in Russland unabhängig voneinander Einsteins Formeln auf das Universum anwandten, stießen sie auf ein unerklärliches Ergebnis: In allen nur denkbaren Fällen dehnte sich das Universum aus, oder es zog sich zusammen. Welcher Fall tatsächlich eintrat, hing von der mittleren Dichte der Materie ab, die damals unbekannt war.

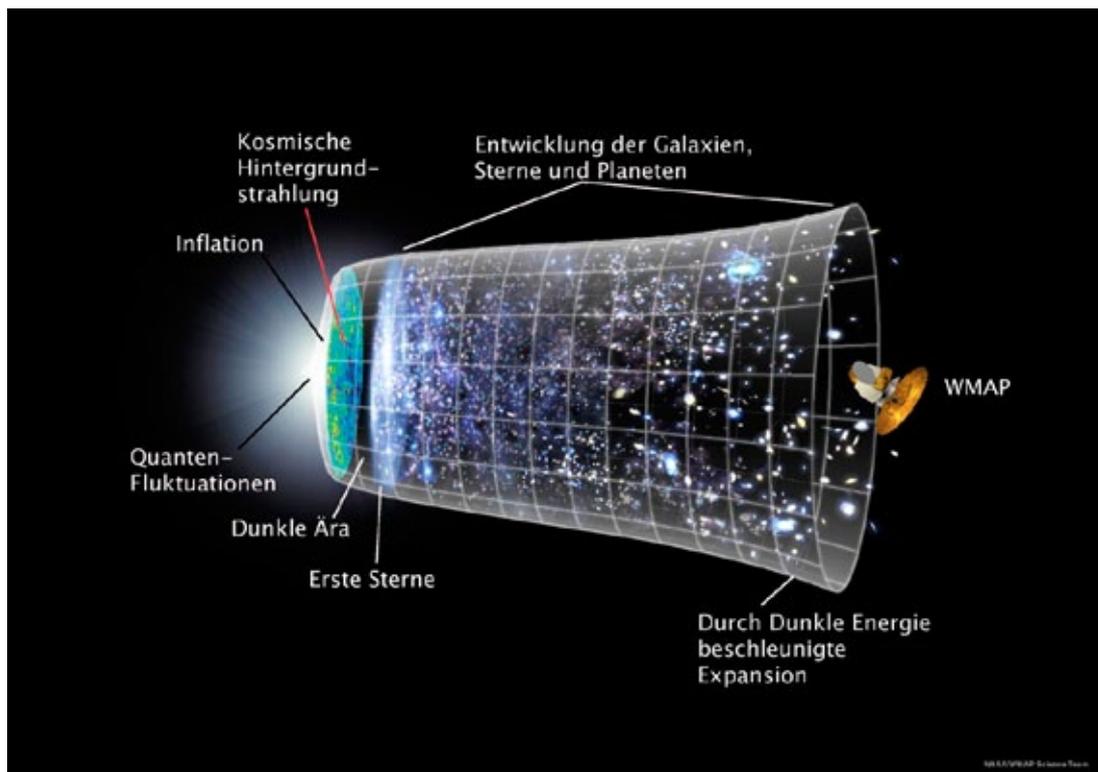
Einstein konnte die Vorstellung eines sich verändernden Universums nicht akzeptieren und führte in die Formeln seiner Theorie kurzerhand eine Größe ein, die für ein statisches Universum mit unveränderlicher Ausdehnung sorgte. Die physikalische Ursache dieser kosmologischen Konstante blieb indes unklar. Als dann in den 1930er Jahren klar wurde, dass das Universum nicht unveränderlich ist, sondern expandiert, gab sich

Einstein geschlagen und bezeichnete die Einführung der kosmologischen Konstante als größte Eselei seines Lebens. Doch jetzt ist sie wieder da – und mit ihr die alten Fragen nach ihrer Ursache.

Im Jahr 1988 initiierte Saul Perlmutter vom Lawrence Berkeley National Laboratory und von der University of California, Berkeley (USA), das Supernova Cosmology Project, um die Expansion des Universums genauer zu vermessen. Seine Idee war es, explodierende Sterne eines bestimmten Typs zu studieren. Eine solche Supernova Typ Ia leuchtet unvermittelt in irgendeiner Galaxie auf, ihre Helligkeit steigt innerhalb von Tagen an und fällt dann wieder ab. Perlmutter ging davon aus, dass diese Supernovae an sich immer ungefähr gleich hell sind, etwa so wie Straßenlaternen derselben Art. Aus der Helligkeit, mit der sie am Himmel erscheinen, lässt sich deshalb ihre Entfernung errechnen: Je

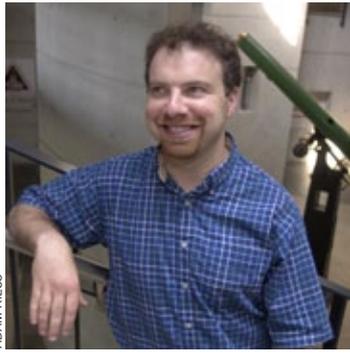
weiter entfernt, desto lichtschwächer erscheinen sie, genauso wie Laternen entlang einer Straße. Zusätzlich maßen Perlmutter und Kollegen die Geschwindigkeiten, mit denen die Supernovae sich auf Grund der Ausdehnung des Universums von uns entfernen. Beide Informationen zusammen spiegeln die vergangene Expansion des Raums wider.

Perlmutters Ziel war es, möglichst viele Supernovae in unterschiedlichen Entfernungen zu messen – ein schwieriges Unterfangen, weil niemand weiß, in welcher Galaxie der nächste Stern explodiert. Möglich wurde dies, indem er mit einem Teleskop jede Nacht ein großes Himmelsfeld ablichtete, in dem sich mehrere tausend Galaxien befanden. Auf diese Weise fand er bis 1994 ganze sieben Supernovae. Obwohl sich in diesen wenigen Messdaten das unglaubliche Ergebnis eines beschleunigten Universums bereits abzeichnete, blieb er auf ei-



Entwicklungsphasen des Universums

Seit dem Urknall vor etwa 13,7 Milliarden Jahren dehnt sich das Universum aus. Der sich aufweitende »Raumtrichter« soll die beschleunigte Expansion veranschaulichen.



ADAM RIESS

Adam Riess

Der US-amerikanische Astronom Adam Riess arbeitet als Professor für Physik und Astronomie an der Johns Hopkins University in Baltimore.

ner Tagung noch vorsichtig und schloss fälschlicherweise: »Wir leben in einem gebremsten Universum.«

Bis dahin war es eine selbstverständliche Annahme, dass die Ausdehnungsgeschwindigkeit des Universums langsam abnehmen würde. Der Grund: Den Schwung für die Expansion bekam das Universum im Urknall mit, doch seitdem bremst die Materie mit ihrer Schwerkraft die Ausdehnung. Für eine beschleunigte Expansion sah man keinerlei Ursache.

Perlmutters Verfahren funktionierte sehr gut, so dass 1994 Brian Schmidt von der Australian National University in Weston Creek (Australien) und Adam Riess von der Johns Hopkins University und vom Space Telescope Science Institute in Baltimore (USA) ein ähnliches Projekt mit dem Na-

men High-Redshift Supernova Search starteten. Nach weiteren vier Jahren berichteten die beiden Gruppen auf Tagungen von Ergebnissen, die sie anfangs selbst nicht glauben konnten. Doch im Frühjahr 1998 reichte die Gruppe um Riess und Schmidt eine Veröffentlichung auf der Basis von 16 Supernovae ein, Perlmutters Team folgte im September desselben Jahres mit 42 Supernovae. Beide Gruppen waren zum selben Ergebnis gekommen: Bis etwa zur Hälfte des heutigen Weltalters hat die Materie tatsächlich wie bis dahin angenommen die Ausdehnung des Raums gebremst, doch dann setzte eine Beschleunigung ein, und seitdem dehnt sich das Universum mit wachsender Geschwindigkeit aus.

Ursache für dieses Verhalten ist die Dunkle Energie. Wie Wasserdampf in einem Dampf-

Ingredienzen des Universums

Nach dem heutigen Standardmodell der Kosmologie macht die uns bekannte Materie, aus der alle Sterne, Planeten und auch wir Menschen bestehen, nur knapp 4,6 Prozent der insgesamt vorhandenen Materie aus. 23 Prozent steuert die noch unbekannte Dunkle Materie bei, den Löwenanteil von 72 Prozent stellt die Dunkle Energie. Da nach der einsteinschen Formel $E=mc^2$ Energie eine Form von Materie ist, besitzt auch die Dunkle Energie eine Masse.

Überrest einer Supernova

1006 n. Chr. leuchtete ein neuer Stern am Erdhimmel auf: die Überreste der Supernova SN 1006 im Sternbild Wolf. Sie war womöglich die hellste Supernova, von der die Menschen bisher Notiz nahmen. Mit Hilfe von derartigen Sterndaten berechneten die drei Laureaten des Jahres 2011 die Expansionsgeschwindigkeit des Universums.



NASA, ESA, ZOLT LEVAY (STSC), (PUBLIC DOMAIN)



BRIAN SCHMIDT

Brian Schmidt

Der gebürtige US-Amerikaner Brian Schmidt lehrt und forscht heute an der Australian National University in Canberra Astronomie. Er leitet das High-z Supernova Search Team, das andere der beiden Teams, die Ende der 1990er Jahre aus der Messung der Helligkeit ferner Supernovae des Typs Ia feststellten, dass die Expansion des Universums sich beschleunigt.

kochtopf treibt sie das Universum auseinander. In einem Telefoninterview mit dem Nobelkomitee erinnerte sich Schmidt. »Wir waren anfangs sehr erschrocken über dieses Ergebnis und fanden es zu verrückt, um wahr zu sein.« Der Astrophysiker Bruno Leibundgut von der Europäischen Südsternwarte ESO fand das zwar auch, widmet sich aber seitdem der Dunklen Energie. »Bis heute haben wir mehr als 1000 Supernovae vermessen, und alle bestätigen das ursprüngliche Ergebnis«, fasst er den derzeitigen Stand zusammen. Darüber hinaus haben andere Beobachtungen, die nicht auf Supernovae beruhen, zu demselben Ergebnis geführt. Dazu zählt die Untersuchung der kosmischen Hintergrundstrahlung mit dem amerikanischen Weltraumteleskop WMAP und die Entwicklung von Galaxienhaufen. »Diese Ergebnisse haben unsere Schlussfolgerungen aus den Supernova-Beobachtungen entscheidend unterstützt«, sagt Leibundgut.

Aus physikalischer Sicht entspricht die Dunkle Energie Einsteins kosmologischer Konstante, aber sie ist größer und treibt deshalb das Universum auseinander. Manche Physiker führen sie auf eine Eigenschaft des Vakuums zurück. Dass das Vakuum mehr als nichts ist, ist eine Vorhersage

der Quantentheorie. Demnach entstehen auch im leeren Raum unablässig Teilchen und verschwinden nach Bruchteilen einer Sekunde wieder. Dieser »See virtueller« Teilchen stellt eine Energie dar. Allerdings führen Abschätzungen der Vakuumenergie zu einem Wert, der um etwa 100 Zehnerpotenzen über der tatsächlichen Größe der Dunklen Energie liegt. Das dürfte wohl die größte bekannte Unstimmigkeit in der gesamten Physik sein.

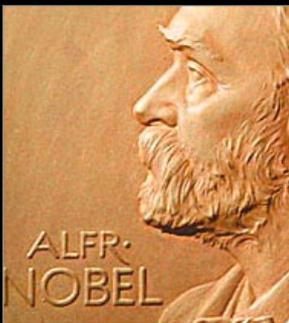
Manche Theoretiker machen auch mögliche Energiefelder verantwortlich, die Bruchteile von Sekunden nach dem Urknall in der Phase der inflationären Expansion entstanden sein könnten. »Überzeugend sind die aber alle nicht«, sagt der emeritierte Professor für Theoretische Physik der Universität Zürich und profunde Kenner der Relativitätstheorie Norbert Straumann und stellt fest: »Die Dunkle Energie ist eines der grundlegenden Probleme der modernen Physik.« Das wollen verstärkt auch Europas Astrophysiker lösen: Wenige Stunden nach der Nobelpreisverkündung empfahl das Wissenschaftskomitee der Europäischen Weltraumorganisation ESA den Bau eines Weltraumteleskops namens Euclid, das ausschließlich der Erforschung der Dunklen Energie dienen soll. Der Start soll

2019 erfolgen. Nach heutigem Kenntnisstand wird das Universum wegen der Dunklen Energie bis in alle Ewigkeit mit immer größerer Geschwindigkeit expandieren. Irgendwann wird diese Ausdehnung jede Art von Materiezusammenballung verhindern, womit auch keine neuen Sterne mehr entstehen können. Das Universum endet dann als dunkler, kalter und toter Raum. <<

Riess, A. G. et al.: Observational evidence from supernovae for an accelerating universe and a cosmological constant. In: *Astronomical Journal* 116, S. 1009-1038, 1998.

Perlmutter, S. et al.: Measurement of Ω and Ω_m from 42 high-redshift supernovae. In: *Astrophysical Journal* 517, S. 565-586, 1999.

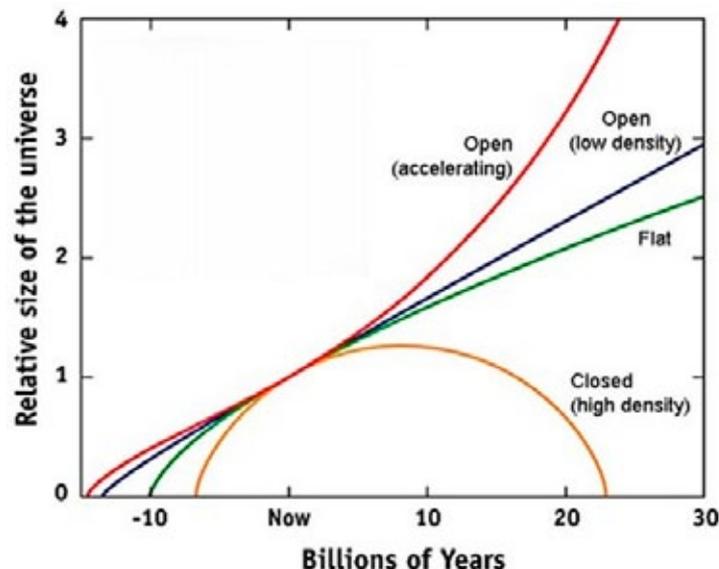
Nobelpreise 2011



NOBELPREISE 2011

Wie immer im Oktober schaut die Welt nach Skandinavien - auf die alljährliche Verleihung der Nobelpreise. Wir fassen alles über die Preisträger und ihre bahnbrechenden Forschungsbeiträge zusammen..

www.spektrumdirekt.de/nobelpreise

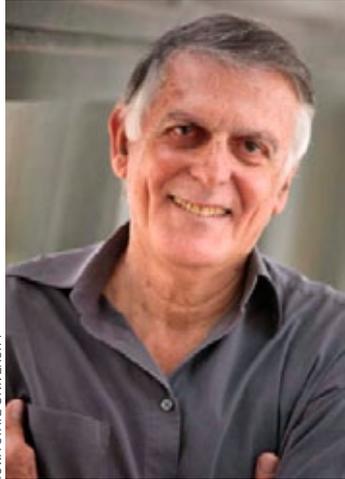


Weltmodelle

Rein theoretisch sind – abhängig von der mittleren Materiedichte im Universum – vier verschiedene Weltmodelle möglich. Läge die Dichte oberhalb eines kritischen Wertes, so würde sich die Expansion in einigen Milliarden Jahren umkehren und das Universum auf einen Punkt zusammenschrumpfen (untere Kurve). Heute favorisieren Kosmologen ein Universum, das sich bis in alle Ewigkeit beschleunigt ausdehnen wird (obere Kurve).

FORTSETZUNG VON SEITE 1

Arabische Kacheln in 3-D



IOWA STATE UNIVERSITY

Daniel Shechtman

Der israelische Physiker Daniel Shechtman arbeitet am Institut für Materialwissenschaften von Technion, der Technischen Universität in Haifa. Die nun ausgezeichneten Quasikristalle entdeckte er 1982, während er an der Johns Hopkins University in Baltimore arbeitete.

Quasikristall. Oder, wie es heute wissenschaftlich-lexikalisch exakt beschrieben heißt: ein Material mit »Orientierungsfernordnung über nichtkristallografische Symmetrieeoperationen, aber keiner Translationsfernordnung«.

Die drei Fragezeichen

Was das bedeutet, konnte auch das Nobelkomitee bei der Preisverkündung am besten mit Puzzlestücken und Schautafeln veranschaulichen. In der ordentlichen Kristallstruktur eines Festkörpers ist - je nach chemischer Zusammensetzung - ein einzelnes Atom beispielsweise von genau drei Bindungspartnern umgeben, die stets im gleichen Abstand die gleiche relative Position zueinander einnehmen. Dabei entstehen notwendigerweise dreizählige Symmetrieeachsen, die man durch die Gitterstruktur legen kann, das

Grundmuster kann sich an diesen entlang immer exakt gleich wiederholen. Eine »Elementarzelle« des Kristalls zu kennen - also zwei Atome in typischer Beziehung zueinander -, reicht aus, um die gesamte Kristallstruktur zu beschreiben, sie wiederholt sich ja immer wieder.

Das funktioniert auch mit vier oder sechs Atomen: Es resultieren vier- oder sechszählige Symmetrie-Drehachsen. Dreht man den Kristall entlang dieser Achsen um 90 oder 60 Grad, so erscheinen stets dieselben, deckungsgleichen Muster. Unmöglich im symmetrischen Kristall sind allerdings zum Beispiel fünfzählige oder zehnzählige Achsen: In ihrem Raster können sich die einzelnen Atome nie so anordnen, dass der Abstand zu allen Nachbarn gleich ist. Somit kann man ein solches Material auch entlang aller Ach-

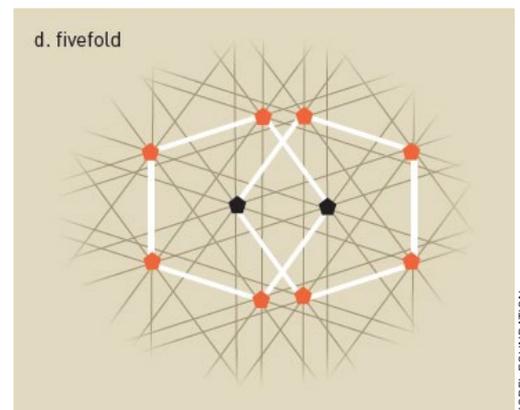
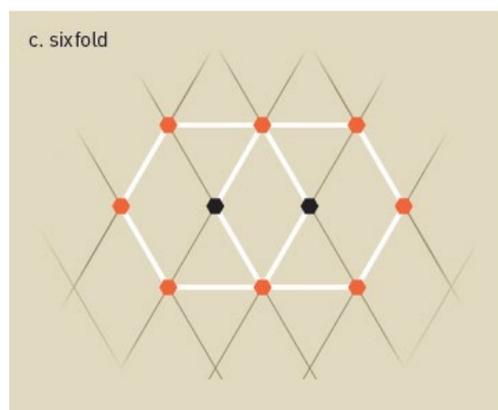
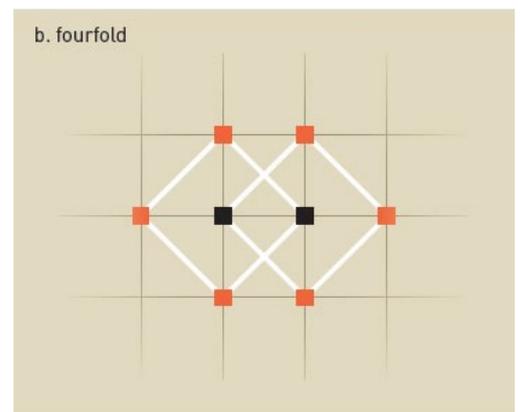
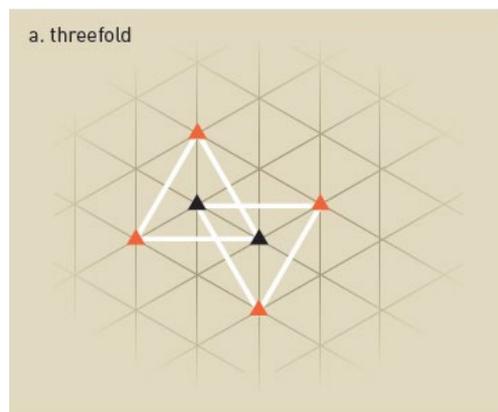
sen drehen und wenden, wie man will: Ein exakt wiederholtes übergeordnetes Muster - die lexikalische »Translationsfernordnung« - ist nicht möglich.

Shechtman aber erkannte in den zehn musterhaft symmetrischen Reflexen des Beugungsmusters nun genau dies: Offenbar hatte er einen unmöglichen ikosaedersymmetrischen Kristall mit fünfzähliger Drehachse gefunden. Kein Wunder, dass er in seinem Laborbuch erst einmal drei Fragezeichen neben »10-fach« schrieb. Die einfachste Erklärung war für ihn zunächst, an ein typisches Laborartefakt zu glauben, wie es etwa an der Grenzschicht von zwei zufällig beim Abkühlen nebeneinander gewachsenen Kristallen auftreten kann.

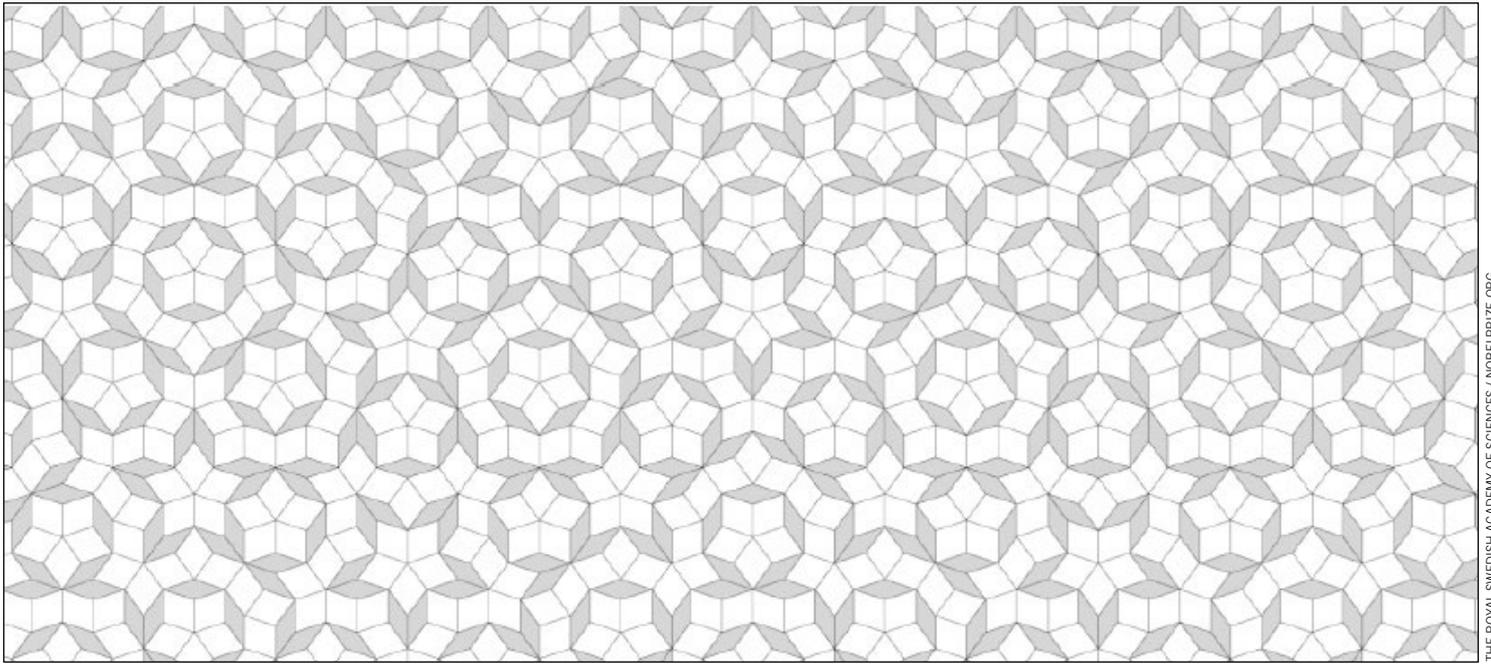
Diese einfache Ursache konnte er bald ausräumen - sich selbst gegenüber zumindest, denn von sei-

Symmetrieeachsen in Kristallen

In Kristallen können drei-, vier- oder sechszählige Symmetrie-Drehachsen existieren (a-c). Dreht man den Kristall entlang dieser Achsen um 90 oder 60 Grad, so erscheinen stets dieselben, deckungsgleichen Muster. Unmöglich im symmetrischen Kristall sind allerdings zum Beispiel fünfzählige Achsen: In ihrem Raster können sich die einzelnen Atome nie so anordnen, dass der Abstand zu allen Nachbarn gleich ist. Somit kann man ein solches Material auch entlang aller Achsen drehen und wenden, wie man will: Ein sich wiederholendes übergeordnetes Muster ist nicht möglich.



NOBEL FOUNDATION



THE ROYAL SWEDISH ACADEMY OF SCIENCES / NOBELPRIZE.ORG

Tatsächlich war es dem Kristallografen Alan Mackay gelungen - zufällig auch im Jahr 1982 -, Penrose-Mosaikmuster und Beugungsmuster von Quasikristallen in Übereinstimmung zu bringen. Theoretisch war nun durchaus denkbar, dass eine Kristallstruktur existiert, bei der sich Atome an Schnittpunkten anordnen, die ein Penrose-Muster vorgibt.

Theorie oder auch Praxis?

Es dauerte dennoch, bis alle Fäden verknüpft waren und die Idee der Quasikristalle sich in der Wissenschaftswelt durchgesetzt hatte - erst zehn Jahr nach Shechtmans überraschendem Experiment änderte die International Union of Crystallography ihre Definition eines Kristalls, um den neuen Erkenntnissen Rechnung zu tragen. Die Erkenntnisse und Fortschritte kamen nun aber Schlag auf Schlag.

Längst haben Festkörperchemiker seitdem ausbaldowert, wie und wo die Atome in einem Quasikristall angeordnet sein müssen, um die typischen Eigenschaften hervorzubringen. Es gelang auch schon, Hunderte verschiedener Quasikristalle künstlich zu produzieren; und gerade erst vor zwei Jahren hat man auch einen natürlich entstandenen, mineralischen

Quasikristall gefunden: in einem ostrussischen Flussbett.

Die besonderen Eigenschaften der Quasikristalle - sie sind etwa sehr hart und spröde - dienen in der Praxis heute zum Beispiel dazu, eine besonders harte Sorte von Stahl zu produzieren. Intermetallische, also aus zwei Metallen zusammengesetzte Quasikristalle sind zudem sehr schlechte thermoelektrische Leiter: Wo in anderen Festkörpern der Transport von Wärme oder Elektronen durch die Gitterschwingungen des Kristalls (also durch Phononen) verstärkt wird, lässt die Struktur der Quasikristalle dies nicht im gleichen Maß zu. Damit eignen sich Quasikristalle gut als Oberflächenbeschichtung etwa für Bratpfannen.

Dan Shechtman, der 1941 in Tel Aviv geboren wurde und seit 1984 am Technion, dem Israel Institute of Technology im israelischen Haifa arbeitet, hat den Preis allerdings nicht wegen der unerhörten praktischen Bedeutung der Quasikristalle erhalten. Er verdient ihn sich, meint das Nobelpreiskomitee, vor allem für seine Hartnäckigkeit und den Mut, gegen die gängige Meinung der Mehrheit eigenen Ideen zu vertrauen - bis ihre Zeit gekommen ist.

<<

Penrose-Muster

Ein pentagonales Penrose-Muster. Deutlich werden Muster in einer fünfzähligen Symmetrie, die aber aperiodisch sind, sich also nicht gleich wiederholen.



ANDREAS ERNST/FOTOLIA

Arabisches Fliesenmosaik

In den symmetrischen Mustern arabischer Mosaiken - hier ein Beispiel aus Marokko - entdeckten Forscher ebenfalls bereits Strukturen, die sie an Quasikristalle erinnerten.

MEDIZIN

Die Torwächter der Körperabwehr

VON LARS FISCHER

Der Nobelpreis für Medizin oder Physiologie geht dieses Jahr an drei Forscher für ihre grundlegenden Erkenntnisse zur Immunabwehr des menschlichen Körpers.

Mit Bruce A. Beutler, Jules A. Hoffmann und Ralph M. Steinman geht der Nobelpreis für Medizin oder Physiologie an drei Forscher, die wesentliche Beiträge zur Entschlüsselung des Immunsystems geleistet haben. Das Nobelkomitee berücksichtigt dabei mit der angeborenen und der adaptiven Immunabwehr beide wichtigen und grundverschiedenen Zweige des Immunsystems.

Ralph Steinman erhält den Preis posthum, entgegen der Statuten: Er war am 30. September verstorben. Dies war dem Nobelkomitee jedoch nicht bekannt, als es seine Entscheidung traf und verkündete. Nach weiteren Beratungen kam das Komitee am Abend zu dem Schluss, trotzdem an der Auszeichnung festzuhalten: »Das Einzige, was wir tun können, ist bedauern, dass er die Freude nicht mehr erleben konnte«, sagte Göran Hansson vom Nobelpreiskomitee der Presse.

Jules Hoffmann und Bruce Beutler identifizierten die Antigen-Rezeptoren der angeborenen Immunabwehr, Toll bei der Taufliege *Drosophila* und die verwandte Proteinfamilie der Toll-Like Receptors (TLR) in Säugetieren. Beide eng verwandten Molekülsorten nehmen körperfremde Signale auf und aktivieren als Reaktion eine Reihe von Angriffs- und Entzündungsreaktionen.

Ralph Steinman identifizierte mit den dendritischen Zellen eine zentrale Komponente der zweiten Schiene des Immunsystems, der



MOSIMANN FOR BALZAN

adaptiven Immunabwehr. Ähnlich wie Toll und TLR aktivieren sie als Reaktion auf fremde Antigene weitere Komponenten der Immunreaktion, jedoch verarbeiten sie die Antigene und präsentieren sie aktiv nach außen - dabei tragen sie nicht nur zur direkten Reaktion bei, sondern helfen auch, eine dauerhafte Erinnerung in Form von auf dieses Antigen spezialisierten Immunzellen herzustellen.

Im 19. und 20. Jahrhundert identifizierten Wissenschaftler wie Paul Ehrlich nach und nach Wirkungsweise und Komponenten des Immunsystems. Lange blieb jedoch rätselhaft, welcher Auslöser die komplexe Maschi-

nerie überhaupt erst in Gang setzt. Das erste Indiz fand Jules Hoffmann 1996 in Untersuchungen an Taufliegen mit gezielt inaktivierten Genen - eine dieser Knock-out-Linien erwies sich als unfähig, Infektionen zu bekämpfen. Dabei handelte es sich um Fliegen mit dem mutierten Toll-Rezeptor, dessen Gen zehn Jahre zuvor von Christiane Nüsslein-Volhardt entdeckt worden war.

Kurz nach der Entdeckung von Hoffmann näherte sich Bruce Beutler einem ähnlichen Problem von der anderen Seite: Er suchte nach einem Rezeptor für das bakterielle Lipopolysaccharid (LPS), ein extrem wirksames Immunstimulans, das septischen Schock

Bruce Beutler, Jules Hoffmann

Der US-Amerikaner Bruce Beutler (links) und der in Luxemburg geborene Jules Hoffmann (rechts) erhalten den Nobelpreis für Medizin oder Physiologie für ihre Forschungsarbeiten zur angeborenen Immunantwort.

durch eine Überreaktion des Immunsystems verursachen kann. 1998 stellte er dann fest, dass eine Mäuselinie mit einer Mutation in einem speziellen Gen immun gegen LPS und den von ihm ausgelösten Schock sind - und dass das fragliche Gen weitgehend mit dem Toll-Gen der Taufliege *Drosophila* übereinstimmt.

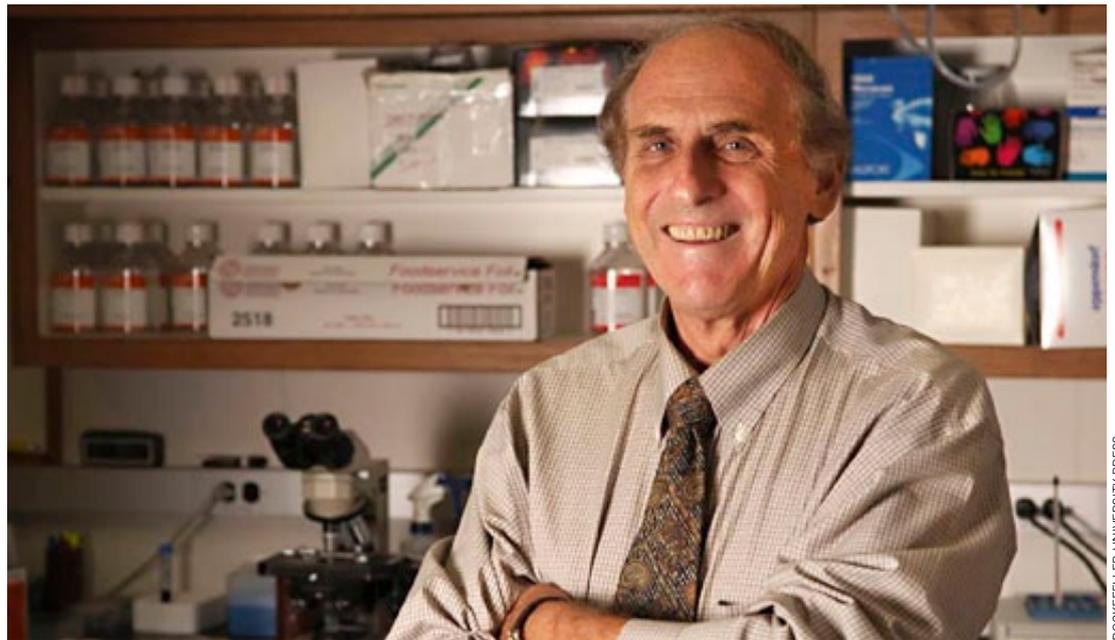
Diese Entdeckung führte

nicht nur dazu, dass mit den Tolllike Receptors eine ganze Klasse neuer Immunmoleküle entdeckt wurde, sie zeigte auch, dass so unterschiedliche Tiere wie Fliegen und Säugetiere den gleichen Mechanismus nutzen, um die Immunreaktion zu aktivieren. Der Torwächter der angeborenen Immunabwehr ist evolutionär betrachtet ural.

Die angeborene Immunität ist die erste Verteidigungslinie des Körpers. Sie kann Eindringlinge direkt töten oder löst eine unspezifische Entzündungsreaktion aus, doch wenn sie nicht ausreicht, kommt das zweite System zum Tragen: Die adaptive Immunabwehr basiert auf Zellen, die sich auf die Bekämpfung spezifischer Erreger spezialisieren, die sie an bestimmten Antigenen erkennen. Die Zellen des Immunsystems produzieren dann Antikörper gegen diese Molekülbruchstücke, die die Bestandteile der Immunabwehr zu ihrem Ziel lotsen.

Doch wie identifiziert das System bestimmte Antigene als feindlich, und wie unterscheidet es sie von körpereigenen Strukturen? Die Antwort fand der dritte Preisträger Ralph Steinman, der vor wenigen Tagen in New York verstarb, 1973 in Form der dendritischen Zellen.

Zuerst war es nur Spekulation,



ROCKEFELLER UNIVERSITY PRESS

dass der neue Zelltyp etwas mit der Immunabwehr zu tun haben könnte, bis Steinman in Zellkultur zeigen konnte, dass dendritische Zellen tatsächlich andere Immunzellen, die T-Zellen, aktivieren. Wenn die T-Zellen quasi die Schutztruppe des Körpers sind, dann sind die dendritischen Zellen ihre Kundschafter. Sie wandern durch den Körper und nehmen permanent Antigene auf - wandern mit ihnen in die lymphatischen Organe und präsentieren die Antigene dort an ihrer Oberfläche. Gleichzeitig schütten sie Signalstoffe aus, die T-Zellen mit den richtigen Rezeptorkom-

Ralph Steinman

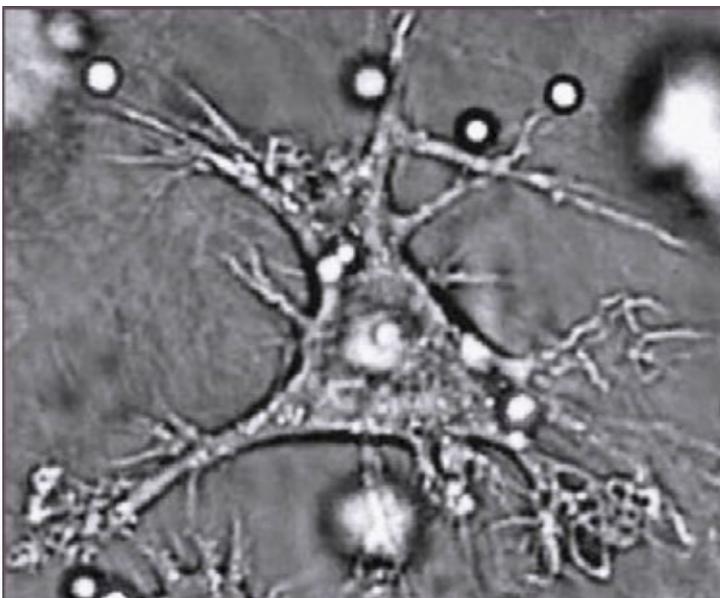
Der Kanadier Ralph Steinman erhält den Nobelpreis für Medizin oder Physiologie für seine Entdeckung der dendritischen Zellen und ihre Rolle bei der erworbenen Immunität. Bei der Verkündung des Preises wurde bekannt, dass Steinman wenige Tage zuvor verstorben war. Obwohl es nach den Statuten keine posthumen Nobelpreise gibt, steht das Nobelkomitee zu dem verliehenen Preis. »Das Einzige, was wir tun können, ist bedauern, dass er die Freude nicht mehr erleben konnte«, sagte Göran Hansson vom Nobelpreiskomitee der Presse.

binationen für dieses spezifische Antigen aktivieren. So werden diese T-Zellen für ihren Jagd auf die Eindringlinge scharfgemacht.

Doch das ist, fanden Steinman und seine Kollegen dann heraus, nicht die einzige Funktion dieser Zellen. Schließlich muss das Immunsystem fremde Antigene zuverlässig von eigenem Material unterscheiden, sonst attackiert der Körper sich selbst. Auch diese Funktion übernehmen dendritische Zellen, indem sie körpereigenes Material aufnehmen und gleichzeitig von der angeborenen Immunabwehr ein Signal bekommen, dass keine Entzündung vorliegt. In dem Fall sorgen sie dafür, dass T-Zellen, die auf diese Antigene reagieren, schon im Lymphsystem unschädlich gemacht werden.

Die Entdeckungen der drei Nobelpreisträger haben tief greifende Auswirkungen auf unser Verständnis von Krankheiten und ihrer Bekämpfung gehabt - das Immunsystem ist bis heute besser und effektiver als jede Medizin, und Ärzte werden noch lange von diesen komplexen und ineinandergreifenden Systemen lernen können.

Außerdem öffnen diese Systeme neue Behandlungsoptionen für Krebs und andere Tumorerkrankungen, angefangen bei monoklonalen Antikörpern und ihren Derivaten bis hin zu komplexen Strategien, das Immunsystem selbst auf die entarteten Zellen zu hetzen. Und zu guter Letzt ist das Immunsystem selbst Ursache diverser Krankheiten, bei denen der Körper sich selbst zusetzt und deren Verständnis fundamental auf den Entdeckungen von Steinman, Beutler und Hoffmann fußt.



JUDITH BEHNSEN, PRIYANKA NARANG, MIKE HASENBERG, FRANK GUNZER, URSULA BILITEWSKI, NINA KLIPPEL, MANFRED ROHDE, MATTHIAS BROCK, AXEL A. BRAKHAGE, MATTHIAS GUNZER (CC BY-SA)

Dendritische Zelle

Eine dendritische Zelle in Aktion.

<<

IG-NOBEL

Wasabi, Schildkröten, Käfersex



Letzte Nacht hat das Magazin »Annals of Improbable Research« in Boston zum 21. Mal die IgNobel-Preise verliehen. Die alljährlich im Vorfeld der Nobelpreis-Verleihungen stattfindende Veranstaltung würdigt Forschung, die »erst zum Lachen und dann zum Denken anregt«, wie es auf der Webseite des Preises heißt. Die in zehn Kategorien verliehenen Preise gingen unter anderem an die Erfinder eines Feueralarms auf Wasabi-Basis, gähnende Schildkröten und die Erkenntnis, dass eine volle Blase die Selbstkontrolle beeinflusst. Die Geehrten empfangen ihre Preise aus der Hand von Nobelpreisträgern wie dem Chemiker Roy Glauber.

Ein japanisches Team um Makoto Imai von der Medizinischen Universität Shiga erhielt den IgNobel-Preis in Chemie für die Erforschung von Wasabi-Geruch als Warnstoff in Feuermeldern. Hauptbestandteil ist die Chemikalie Allylthiocyanat, die auch im Schlaf noch die Nasenschleimhaut reizt. Für den Preis in Physiologie untersuchten Wiener Forscher, ob Gähnen auch bei Köhlerschildkröten (*Geochelone carbonaria*) ansteckend ist. Die Antwort ist nein. Die eigentliche Leistung bei diesem Projekt dürfte es allerdings gewesen sein, das Tier zu trainieren, auf Kommando zu gähnen.

Weitere Preise befassen sich mit Themen von großer praktischer Relevanz, wie die Arbeit von John Perry aus den USA. Perry erhielt den Literaturpreis für seine Theorie der strukturierten Prokrastination – ihre Grundidee

ist, dass man als Leistungsträger wichtige Dinge tun sollte, um noch wichtigere aufzuschieben. Eine Forschergruppe aus den USA, Australien und den Niederlanden untersuchte die Auswirkungen von Harndrang auf die Selbstkontrolle und erhielt dafür den Medizin-Preis. Die komplette Liste aller Preisträger und die Links zu den preisgekrönten Arbeiten finden Sie auf der Webseite der IgNobel-Preise. (lf) <<

Annals of Improbable Research

ALTERNATIVER NOBELPREIS 2011

Engagement mit Herzblut

Der Right Livelihood Award zeichnet jedes Jahr beispielgebende Kämpfer für eine bessere Welt aus. Dieses Jahr gab es Ehrungen für den Einsatz in der Solartechnik, die Menschenrechte, für Kleinbauern - und pro natürliche Geburtenbegleitung.

Als Huang Mings Tochter zur Welt kam, entschied er, dass es so nicht weitergehen könne. Der Chinese hatte als Ingenieur in der Erdölforschung von Dezhou City gearbeitet. Nun sorgte er sich um Umweltverschmutzung, Smog und mangelnde Nachhaltigkeit. Auf sein Gehalt angewiesen, begann er zunächst heimlich

und nebenbei, sein neues Unternehmen für Solarenergie aufzubauen. Heute ist Himin Solar ein Vorzeigeprojekt in Dezhou City. Das so entstandene »Solar Valley« umfasst auch ein Ausbildungszentrum für 2000 Studenten im Bereich Solarenergie. Ming ist für seinen Einsatz nun der undotierte Ehrenpreis des Right Livelihood

Awards verliehen worden. Die Jury entschied sich für Ming, da er mit den Produkten von Himin Solar nicht nur auf Innovation, sondern auch auf Bezahlbarkeit und Massenanwendung setzt. »Ich habe einen Traum«, so sagt es Ming selbst, »dass die Solarindustrie eines Tages so fortgeschritten sein wird wie die Informations-

technologie, so ausgereift wie die Herstellung von Haushaltsgeräten und so großindustriell und automatisiert wie die Automobilindustrie.« Himin Solar hält mittlerweile mehrere hundert Patente und produziert unter anderem Sonnenkollektoren mit einer jährlichen Gesamtfläche von zwei Quadratkilometern.



RIGHT LIVELIHOOD AWARD FOUNDATION

Huang Ming

ist trotz aller Erfolge und mehrerer Auszeichnungen bescheiden geblieben. Hier spricht er bei einer früheren Preisverleihung im Januar 2011.



RIGHT LIVELIHOOD AWARD FOUNDATION

Jacqueline Moudeina

ist Anwältin für Menschenrechte und setzt sich für die Folter- und Todesopfer der Diktatur von Hissène Habré ein. Hier spricht sie auf einer Pressekonferenz im Juni 2011 über das Gerichtsverfahren gegen den ehemaligen Despoten.



Anwältin für die Opfer der Tschad-Diktatur

Die afrikanische Anwältin Jaqueline Moudeina stellt sich furchtlos und hartnäckig den Straftätern der ehemaligen Diktatur im Tschad entgegen. Sie kämpft von der lokalen Basis bis zur internationalen Rechtsprechung für die Opfer dieser Diktatur unter Hissène Habré, der von 1982 bis 1990 herrschte. Unter Habré wurden 40 000 politisch motivierte Morde begangen, viele der ausführenden Sicherheitsbeamten erhielten nach 1990 hohe Positionen in der nächsten Regierung.

1995 kehrte Moudeina aus ihrem kongolesischen Exil zurück und wurde eine der ersten weiblichen Rechtsreferendare im Tschad. Als im Jahr 2000 andere tschadische Anwälte eine Beteili-

gung ablehnten, reichte sie Klage ein gegen Habré, der im Senegal im Luxus lebte. Im folgenden Jahr entkam sie nur knapp einem Anschlag auf ihr Leben. Bis heute ist der juristische Kampf gegen Habré nicht abgeschlossen, trotz der international wirksamen Verurteilung durch ein belgisches Gericht und trotz eines Verfahrens im Senegal. Doch Moudeina hat nicht aufgegeben. Seit 2004 ist sie zudem Präsidentin der Menschenrechtsorganisation Chadian Association for the Promotion and Defence of Human Rights (ATPDH). Diese hat sich zum Ziel gesetzt, die Menschenrechte zu propagieren, die Rechte der Frauen und Kinder zu stärken, Folter auf der einen und Strafimmunität auf der anderen Seite zu reduzieren. Die Arbeit gegen Kin-

dersklaverei ist nur eines der vielen Programme von ATPDH. Für ihre zahlreichen Verdienste wurde Moudeina nun ausgezeichnet.

Eine Nichtregierungsorganisation kämpft gegen Land Grabbing

GRAIN ist eine kleine Gruppe von Menschen mit einem großen Ziel. Weil ihre »weltweite Arbeit die Lebensgrundlage und Rechte bäuerlicher Gemeinschaften schützt und den massiven Aufkauf von Ackerland in Entwicklungsländern durch ausländische Finanzinvestoren entlarvt«, so heißt es in der Begründung der Jury, erhält auch GRAIN dieses Jahr einen Alternativen Nobelpreis. Schon seit über 20 Jahren engagieren sich die GRAIN-Aktivistinnen für gleich bleibende Biodi-

GRAIN

Henk Hobbelink (links), GRAIN-Koordinator, und Jeanne Zoundjihékpou (hinten Mitte), GRAIN-Mitarbeiterin, im Jahr 2008 mit argentinischen Bauern



JEANNE KAHAN

Ina May Gaskin

auch »die bekannteste Hebamme der Welt« genannt, ist für ihr Lebenswerk ausgezeichnet worden.

versität, die sie als Grundlage der weltweiten Nahrungsversorgung bezeichnen. Dafür betreiben sie viel Aufklärungsarbeit sowie Informations- und Sensibilisierungskampagnen.

Zudem hat sich GRAIN darauf spezialisiert, den Aufkauf von Land durch ausländische Finanzinvestoren aufzuzeigen. Selbst Rentenfonds werden bereits in dieses so genannte Land Grabbing investiert. Der Aufkauf erhöht die Armut der betroffenen Bauern und führt zur Zerstörung von Ökosystemen durch nicht nachhaltige Bewirtschaftung. Das Problem wird durch den Mangel an Transparenz und Information verstärkt, wogegen GRAIN nun gezielt angeht. Im letzten Jahr gaben sie gemeinsam mit anderen Organisationen eine internationale Erklärung gegen Land Grabbing heraus.

Für natürliche Geburtenmethoden

Etwas aus dem Rahmen fällt die vierte Auszeichnung dieses Jahres. Ina May Gaskin aus den USA wird geehrt, »weil sie Geburtsmethoden lehrt und verbreitet, die Frauen in den Mittelpunkt stellen und die körperliche wie geistige Gesundheit von Mutter und Kind fördern«. Gaskins Hilfe zielt nicht auf Umweltprobleme oder die Vertretung der Rechte leidtragender Bevölkerungsgruppen ab, sondern auf ein Problem, das sie und die Jury in der ersten Welt sehen: die Abschaffung des Hebammenberufs Anfang des 20. Jahrhunderts in den USA und das Verschwinden der natürlichen Geburt.

Die Preisträgerin ist mit Stephen Gaskin verheiratet, der 1980 zu den ersten beiden Preisträgern des Alternativen Nobelpreises zählte. Er wurde damals für sein Projekt Plenty International ausgezeichnet. Zehn Jahre zuvor war das Ehepaar auf einer Tour, bei der Stephen Gas-

kin über sein Projekt sprach. In einem Schulbus machte Ina May Gaskin damals ihre erste unerwartete Erfahrung als Nothebamme. Daraufhin lernte sie den Beruf und gründete schon im nächsten Jahr das Hebammenzentrum The Farm. Schon in den 1970er Jahren wurde The Farm bekannt als Ausbildungs- und Praxiszentrum von Hebammen. Und während die Kaiserschnittquote USA-weit bis 2005 auf 30 Prozent anstieg, blieb sie in The Farm über die Jahre konstant bei etwa 2 Prozent.

Gaskin war stark eingebunden in den Aufbau der North American Registry of Midwives; die über diese Organisation bescheinigte Qualifikation als Hebamme wird mittlerweile in vielen amerikanischen Bundesstaaten anerkannt. Außerdem plädiert Gaskin für das Stillen und prangert an, dass in manchen Bundesstaaten Frauen mit Haft gedroht wurde, wenn sie in der Öffentlichkeit stillen. Auf all diesen Ebenen engagiert sich Gaskin für natürliche Geburt, denn, wie sie sagt: »Ein guter Anfang macht einen positiven Unterschied in der Welt.«
(lh) <<

FRIEDEN

Nobelpreis geht nach Liberia und in den Jemen



A. CRUZ/ABR. CREATIVE COMMONS LICENSE ATTR. 2.5 BRAZIL

Ellen Johnson Sirleaf

Ein Drittel des diesjährigen Friedensnobelpreises geht an die liberianische Präsidentin Ellen Johnson Sirleaf.

Der Friedensnobelpreis geht an Ellen Johnson Sirleaf, Leymah Gbowee und Tawakkul Karman »für ihren gewaltlosen Kampf für die Sicherheit von Frauen und deren Rechte, an friedensfördernden Maßnahmen gleichberechtigt mitzuwirken«. Demokratie und langfristiger Frieden auf der Welt ließen sich erst dann verwirklichen, wenn Frauen auf allen sozialen Ebenen dieselben Einflussmöglichkeiten bekommen, so das norwegische Nobelkomitee in seiner Begründung weiter.

Sie ist die erste gewählte Frau an der Spitze eines afrikanischen Staates: Ellen Johnson Sirleaf wurde 2006 nach langen Jahren des Bürgerkriegs als Präsidentin von Liberia gewählt. Drei Wochen vor ihrem Geburtstag und fünf Tage vor den nächsten Präsidentschaftswahlen honoriert das Nobelkomitee nun ihren Kampf für Sicherheit, wirtschaftlichen und sozialen Fortschritt und ihr Engagement für die Rechte der Frauen mit einem Drittel des Friedensnobelpreises.

Johnson Sirleaf, 1938 in der liberischen Hauptstadt Monrovia geboren, hat eine lange politische Karriere hinter sich: Nach dem Studium von Wirtschaft- und Verwaltungswissenschaften zunächst in ihrer Heimatstadt und anschließend in den USA, war sie bereits in den 1970er Jah-

Leymah Gbowee

Ihr Engagement leitete das Ende des liberianischen Bürgerkriegs ein: Leymah Gbowee organisierte den friedlichen Widerstand von Frauen, der die Bürgerkriegsparteien an den Verhandlungstisch zwang und letztendlich zu den freien Wahlen im Jahr 2005 führte.

ren Finanzministerin in Liberia. Nach dem Militärputsch durch Samuel Kayon Doe im Jahr 1980 flüchtete sie ins Exil nach Kenia. Nach Stationen bei der Citibank in Nairobi, der Weltbank in Washington D.C. und dem United Nations Development Programme (UNDP), kehrte sie 1997 nach Liberia zurück, um bei den Präsidentschaftswahlen anzutreten, die sie jedoch verlor. Nach einer weiteren Zeit im Exil an der Elfenbeinküste bereitete sie die 2005 durchgeführten Wahlen mit vor, die sie dieses Mal gegen George Manneh Weah gewann. Am 16. Januar 2006 wurde sie feierlich in ihr Amt eingesetzt.

Auch das zweite Drittel des Friedensnobelpreises geht nach Liberia: Leymah Gbowee arbeitete zunächst als Sozialarbeiterin



MICHAEL ANGELO FOR WONDERLAND



AHMED JADALLAH/SCANPIX

mit ehemaligen Kindersoldaten aus dem Bürgerkrieg in ihrem Heimatland. 2002 startete sie die Initiative »Women of Liberia Mass Action for Peace« mit anderen Frauen christlichen und muslimischen Glaubens, die sich täglich in weißen T-Shirts in Monrovia versammelten, um gemeinsam für Frieden zu demonstrieren und zu beten. Später ergänzten sie ihren Protest um einen Sexstreik. Doch obwohl sie im Jahr 2003 die Rebellenführer und Charles Taylor zu Friedensgesprächen an einen Tisch brachten, hörte die Gewalt nicht auf. Durch weitere Demonstrationen vor Ort erreichten sie, dass die festgefahrenen Verhandlungen fortgeführt wurden, bis es zu einer Übereinkunft kam. Im Vorfeld der Wahlen von 2005 mobilisierte sie viele Unterstützer für Johnson Sirleaf. Sie ist außerdem

Mitbegründerin und derzeit Leiterin des in Ghana beheimateten Women, Peace and Security Network Africa (WIPSEN-A).

Das letzte Drittel des Preises ist dem »Arabischen Frühling« gewidmet: Ihn erhält die Jemenitin Tawakkul Karman, die eine führende Rolle im Kampf für Frauenrechte, Demokratie und Frieden in ihrem Land übernommen habe. Die 32-jährige Journalistin und Menschenrechtsaktivistin ist Präsidentin der jemenitischen Vereinigung »Women Journalists without Chains« und ein Mitglied der Oppositionspartei Islah. Seit Jahren kämpft sie gegen die jemenitische Regierung unter Abdullah Saleh vor allem für die Pressefreiheit und Freilassung politischer Gefangener – sie war selbst bereits mehrfach inhaftiert. (af) <<

Tawakkul Karman

Die Journalistin Tawakkul Karman kämpft seit Jahren für Pressefreiheit und Frauenrechte in ihrem Heimatland Jemen.

WIRTSCHAFT

Nobelpreis geht an zwei Makro-Ökonomen

Der diesjährige »Wirtschaftspreis zu Ehren Alfred Nobels« geht an die amerikanischen Wissenschaftler Christopher Sims und Thomas J. Sargent. Die beiden Wissenschaftler haben Ursachen und Wirkung in der Makroökonomie untersucht, heißt es in der Begründung des Nobel-Komitees. Beispielsweise haben die beiden Amerikaner erforscht, wie das Bruttoinlands-

produkt und die Inflation von kurzfristigen Zinsveränderungen beeinflusst werden.

Mit ihrer empirischen Forschung und der Entwicklung neuer Messmethoden haben die beiden »Pionierarbeit« geleistet, heißt es in der Begründung. Heutzutage gehörten die in den 1970er und 1980er Jahren entwickelten Methoden zu unentbehrlichen Werkzeugen für makroökonomische

Analyse. Die Zusammenhänge zwischen realer Wirtschaftspolitik und den volkswirtschaftlichen Rahmendaten hätten die beiden mit ihrer empirischen Forschung und der Entwicklung neuer Methoden zu einem unentbehrlichen Mittel gemacht.

Auf die Frage, ob man mit seinen empirischen Methoden die gegenwärtige Krise besser in den Griff bekommen kann, antwor-

tete Sims, dass es keine einfache Antwort gebe. »Aber die Methoden, die wir anwenden, werden uns aus der Krise führen.« Der Preis für Wirtschaftswissenschaften nimmt eine Sonderrolle ein: Er ist kein Nobelpreis, sondern wurde erst 1968 »zu Ehren Alfred Nobels« von der schwedischen Zentralbank gestiftet, die damals ihr 300jähriges Bestehen feierte. <<



Arthur I. Miller
137
Aus d. Engl. v. Hubert Mania
DVA
ISBN: 342104290X

Dieses Buch können Sie im Science-Shop
für 22,99 € (D), 23,70 € (A) kaufen.
www.science-shop.de/artikel/1067035

REZENSIONEN

Die mystische Zahl

Was sagt Ihnen die Zahl 137? Wahrscheinlich nichts. So alt wird kein Mensch, der Hartz-IV-Satz liegt zum Glück darüber, es ist nicht das Jahr irgendeiner berühmten Schlacht und sicher auch nicht die Geheimnummer von Lady Gaga. Für den in Österreich geborenen Wolfgang Pauli, einen der bedeutendsten theoretischen Physiker des 20. Jahrhunderts, war sie aber Bestandteil seiner physischen Probleme. Die 137 verfolgte ihn in seinen Träumen – und er träumte viel und intensiv. Vom Unterbewusstsein gequält, begab er sich schließlich in psychoanalytische Behandlung.

Pauli suchte keinen Geringeren auf als den Schweizer Carl Gustav Jung, Freuds Widersacher und Begründer der Archetypenlehre. Die ominöse Zahl verfolgte ihn bis in den Tod: Er starb im Krankenhaus vom Roten Kreuz in Zürich – in Zimmer 137. Als Pauli dort am 5. Dezember 1958 mit starken Magenschmerzen eingeliefert wurde, stöhnte er: »Es ist die 137! Hier komme ich nicht mehr lebend heraus.« Die Zahl und ihr Analytiker stehen nun im Mittelpunkt des Buchs »137 – Carl Gustav Jung, Wolfgang Pauli und die Suche nach der kosmischen Zahl« von Arthur I. Miller.

Was ist nun das Besondere an dieser Zahl? Zunächst einmal geht es nicht um eine Ganze Zahl im Sinn der Mathematik sondern um einen physikalischen Wert. Genauer muss es 137,035999 heißen, und eigentlich ist sogar der Kehrwert davon gemeint. Es handelt sich um die berühmte Feinstrukturkonstante $\alpha \approx$

$1/137$, die in der Theorie der Atomspektren auftritt. Das Besondere: α ist dimensionslos, also ein reiner Zahlenwert ohne Einheit wie zum Beispiel Zentimeter oder Kilogramm. Die Zahl ist das Ergebnis einer eigentümlichen Kombination der drei Naturkonstanten e (elektrische Ladung), h (Wirkungsquantum) und c (Lichtgeschwindigkeit). Sie verknüpft also Quantentheorie (e , h) und Spezielle Relativitätstheorie (c) und ist daher ein zentrales Element der Relativistischen Quantenmechanik. Wolfgang Pauli und Werner Heisenberg haben diese Theorie (Quantenelektrodynamik) in den 1930er Jahren begründet. Es ist also kein Wunder, dass die Feinstrukturkonstante Pauli stark beschäftigt hat. Leider gelang es ihm nicht, ihren Wert aus tieferen Prinzipien abzuleiten. Das Problem ist nach wie vor offen.

Im Buch von Miller ist die »kosmische Zahl« 137 nur eine Metapher für eine viel größere Geschichte: Der Konflikt zwischen Geist und Psyche – mit den Protagonisten Pauli und Jung. Beide waren tief darin verstrickt und versuchten das Wissen des jeweils anderen in ihr eigenes Weltbild einzubauen. Pauli war auf der Suche nach einer tieferen, ganzheitlichen Erklärung für die physikalische Realität und Jung wollte seine zum Teil esoterische Vorstellung von der Seele auf eine naturwissenschaftliche Grundlage stellen.

Für den erfolgreichen Psychoanalytiker Jung war es ein Glücksfall, als sich der berühmte Physiker und spätere Nobelpreisträger in seiner

Züricher Praxis meldete. Pauli war nach außen hin ein extrem rationaler Mensch, bekannt – und bisweilen berüchtigt – durch seine scharfen Analysen und bissigen Kommentare: das »Gewissen der Physik«. Innerlich war er aufgewühlt von starken Gefühlen, streunte nachts umher, betrank sich in Bars, prügelte sich mit Fremden und ging ins Freudenhaus um sich abzulenken – der Prototyp eines »Dr. Jekyll und Mr. Hyde«. Pauli verbarg zeitlebens seine dunkle Seite vor der Welt. Das Doppelleben musste ihn zwangsläufig auf die »Couch« bringen. Jung analysierte seine Träume, legte sein weibliches Ich, die »Anima«, frei und behandelte das gestörte Verhältnis zu Frauen.

Mit der Zeit wandelte sich das Verhältnis Analytiker zu Patient. Die beiden Männer zogen sich gegenseitig in ihren Bann und wurden schließlich Freunde. Sie diskutierten heftig über Archetypen, Mandalas, Alchemie, Ufologie, Zahlenmystik, Quanten, Symmetrie, Komplementarität, Kausalität und Synchronizität – eine abstruse Mischung. Dabei schuf insbesondere die Synchronizität eine Brücke zwischen den so unterschiedlichen Fachgebieten. Der Begriff bezeichnet das gleichzeitige Auftreten von Ereignissen, die sich kausal nicht bedingen aber dennoch korreliert erscheinen. Das bekannteste Beispiel ist der »Pauli-Effekt«. Pauli verabscheute die Experimentalphysik, was bisweilen eine verblüffende Wirkung hatte. In seiner Gegenwart gingen viele Versuche schief – ein Albtraum für jeden Experimentator. Selbst im Alltag erzeugte seine bloße Anwesenheit wie in einer selbsterfüllenden Prophezeiung so manches Chaos.

Physik und Psychologie werden heutzutage gerne auf

obskure Weise vermischt – das Ergebnis ist pure Esoterik. In diesem Buch werden aber die beiden Fachgebiete thematisch klug verbunden ohne dass beim Leser auch nur der leiseste Verdacht einer ideologischen Beeinflussung entsteht. Der Amerikaner Miller, Physiker und emeritierter Professor für Geschichte und Philosophie der Naturwissenschaften am University College in London, liefert eine umfassende Charakterstudie von Pauli und Jung. Er dringt tief in die vermeintlich so unterschiedlichen Welten der beiden Personen ein. Lebensgeschichte und Werk werden in vielen Facetten dargestellt – das Ergebnis einer gründlichen Recherche.

Bisweilen wiederholen sich die Dinge, was aber kaum stört. Der Text ist locker und verständlich geschrieben, besondere Vorkenntnisse sind nicht erforderlich. Es gibt einige Schwarzweißbilder, Diagramme und Formeln. Nur an einer Stelle findet sich ein kleiner Fehler (ob die Psychologie stets korrekt behandelt ist, kann ich nicht beurteilen): Auf Seite 247 steht, dass $e^i = 1$ ist; hier muss es natürlich $e^{i\pi} = -1$ heißen. Mit Anmerkungen, Literaturverzeichnis und Personenregister kommt das profunde Werk auf 411 Seiten. Schade ist nur, dass die Seite 137 nicht für etwas Besonderes genutzt wurde, etwa ein Buchstaben-/Zahlenrätsel nach Art der Kabbala.

Fazit: Ein lesenswertes Buch mit hohem Anspruch und einem außergewöhnlichen Thema. Was bedeutet nun die Zahl 137? Das kommt darauf an, wer sich mit ihr beschäftigt. Für gewöhnliche Menschen ist sie eine Zahl wie jede andere. Eingefleischte Zahlenmystiker fürchten vielleicht ihren schlechten Einfluss. Mathema-

tiker fanden derweil heraus, dass alle hinreichend großen Zahlen Summen von höchstens 137 siebten Potenzen sind. Für theoretische Physiker ist die »kosmischen Zahl« eine ständige Herausforderung. Vielleicht errechnen sie ja eines Tages, dass es exakt 137 Universen gibt? Schließlich können Fans von Komikheften zu der Erkenntnis kommen: Es ist die Telefonnummer von Pauli aus der Serie »Fix und Foxi«. <<

DR. WOLFGANG STEINICKE

Der Rezensent ist Physiker und Mitglied der Vereinigung der Sternfreunde e.V., deren Fachgruppe »Geschichte« er leitet. Er ist außerdem Herausgeber des »Praxishandbuch Deep-Sky«.

5 x 5-Bewertung	
Inhalt	■ ■ ■ ■ ■
Vermittlung	■ ■ ■ ■ ■
Verständlichkeit	■ ■ ■ ■ □
Lesespaß	■ ■ ■ ■ □
Preis-Leistung	■ ■ ■ ■ □
Expertenwertung	22