



Scharfes Licht

Physik-Nobelpreis für drei Forscher der Quantenoptik

Die Grundlagen für den diesjährigen Nobelpreis in Physik reichen bis in das 19. Jahrhundert zurück und weisen weit in die Zukunft. Während Roy Glauber das elektromagnetische Feld des Lichts mit der quantenmechanischen Körnung durchsetzte, haben John Hall und Theodor Hänsch mit hoch entwickelten Lasertechniken die Grundlagen für unvorstellbar genaue Messungen geschaffen.

Der in Heidelberg geborene Theodor Hänsch ist mit seinen 63 Jahren der Benjamin im Trio der Preisträger. Heute ist er Professor an der... »

kurz&knapp

Wirtschafts-Nobelpreis für Spieltheorie

Literatur-Nobelpreis für Harold Pinter

DenkMal

Welcher dieser deutschen Physik-Nobelpreisträger bekam seine Auszeichnung auch ohne Abitur?

- a) Wilhelm Conrad Röntgen
- b) Albert Einstein
- c) Max Planck
- d) Werner Heisenberg
- e) Klaus von Klitzing

Antwort

Ig-Nobelpreise 2005

Zeit für Kurioses

Preiswürdig Skurriles aus Forschung und Gesellschaft



Nach den ersten drei Hauptgängen des jährlichen Nobelfestes ist es an der Zeit, etwas leichtere Leckerlis... »

Angemerkt!

Wie Sie spektrumdirekt umfassend nutzen können



Die Redaktion von spektrumdirekt durchforstet tagtäglich die Publikationen der Wissenschaftler und berichtet dann... »

Unser Tipp

Newsletter
Aktuell + kostenlos

bei wissenschaft-online

Preiswürdige Magengeschwüre im Selbstversuch

Australische Entdecker von *Helicobacter pylori* werden geehrt



Den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin des Jahres 2005 teilen sich die Australier Barry Marshall und Robin Warren. Gemeinsam entdeckten sie das Magenbakterium *Helicobacter pylori* und dessen Rolle bei der Entstehung von Gastritis und anderen Magenkrankheiten. »

Bäumchen, wechsle dich

Chemie-Nobelpreis für die Entwicklung der Metathese



Der Nobelpreis für Chemie geht 2005 nach Frankreich und in die USA - und zwar für einen Reaktionsmechanismus, der außerhalb von Expertenkreisen wenig bekannt sein dürfte: die Metathese. Doch die Entdeckungen von Yves Chauvin, Robert Grubbs und Richard Schrock sind heute in der chemischen Industrie nicht mehr wegzudenken. »

Die Wächter des atomaren Feuers

Nobelkomitee ehrt Mohamed El Baradei und die IAEA

Ob Irak, Iran, Nordkorea oder in Südasien: Die Welt drängt es immer wieder zur nuklearen Apokalypse. Doch eine kleine Organisation mit einem Charismatiker an der Spitze stemmt sich gegen diesen gefährlichen Trend. Jetzt wurden die Internationale Atomenergiebehörde und Mohamed El Baradei für ihren Einsatz mit dem wichtigsten Friedenspreis geehrt. »



Rezension

Eine knifflige Liebe

Über "Auf der Suche nach dem heiligen Integral" von Olaf Fritsche, Richard Mischak und Thorsten Krome



Hassen Sie Mathe? Dann sind Sie hier richtig! Lieben Sie Mathe? Dann halten Sie ebenfalls das richtige Buch in den Händen! Denn was kann unterhaltsamer sein, als nett verpackte, knifflige Rätsel zu lösen? »

Scharfes Licht

Physik-Nobelpreis für drei Forscher der Quantenoptik

Die Grundlagen für den diesjährigen Nobelpreis in Physik reichen bis in das 19. Jahrhundert zurück und weisen weit in die Zukunft. Während Roy Glauber das elektromagnetische Feld des Lichts mit der quantenmechanischen Körnung durchsetzte, haben John Hall und Theodor Hänsch mit hoch entwickelten Lasertechniken die Grundlagen für unvorstellbar genaue Messungen geschaffen.

Der in Heidelberg geborene Theodor Hänsch ist mit seinen 63 Jahren der Benjamin im Trio der Preisträger. Heute ist er Professor an der Ludwig-Maximilians- Universität München und Direktor des Max-Planck-Instituts für Quantenoptik in Garching. Sein Kollege John Hall von der Universität von Colorado in Boulder und dem National Institute of Standards and Technology, mit dem Hänsch oftmals zusammengearbeitet hat, ist immerhin acht Jahre älter. Die beiden teilen sich eine Hälfte des Preises "für ihre Beiträge zur Entwicklung der auf Laser gegründeten Präzisionsspektroskopie, einschließlich der optischen Frequenzkammtechnik". Die andere Hälfte geht an den 80-jährigen Harvard-Professor Roy Glauber "für seinen Beitrag zur quantenmechanischen Theorie der optischen Kohärenz", wie es in der Begründung heißt.

Fortschritt durch Exaktheit

Besonders die neueren Arbeiten von Hänsch zeigen, dass tatsächlich kommerziell verwertbare Produkte herauskommen können, wenn Wissenschaftler es eigentlich nur ganz genau wissen wollen. Die Fragen "Wie lange dauert eine Sekunde?" und "Wie lang ist ein Meter?" führen gegenwärtig zu super-exakten Atomuhren und ultrakurzen Laserblitzen, mit denen Forscher nicht nur die Bewegungen von Elektronen in ihren Atomen ergründen können, sondern bieten auch die Voraussetzungen für verbesserte Navigationssysteme und eine Orientierung im Weltraum. Grundlagenforschung mit breiter Wirkung also.

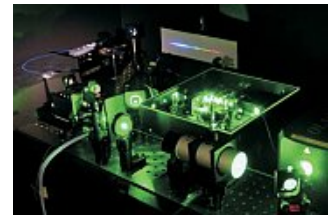
Länge und Zeit stellen als Basisgrößen zwei Grundpfeiler der modernen Physik dar. Reichten 1889 noch ganz handfeste Standardtypen wie der Urmeter aus, um die Einheiten festzulegen, verlangen aktuelle Problemstellungen präzisere Werte. Für die Zeit liefern die Schwingungen von Cäsiumatomen die Norm: 9 192 631 770 Oszillationen legen eine Sekunde fest. Und der Meter orientiert sich inzwischen an der Lichtgeschwindigkeit im Vakuum als die Strecke, für die das Licht 1/299 792 458 Sekunden braucht. Genauigkeiten mit zehn beziehungsweise neun Stellen, die dem heutigen Wissensdrang bereits wieder zu knapp sind. Höchste Zeit für einen Satz neuer Messinstrumente mit besseren Auflösungen.

Diesem Ziel folgten die Preisträger Hall und Hänsch mit ihren Forschungen. Mit immer neuen Ideen verbesserten sie die Technik des Lasers, dessen gleichförmiges Licht als geeigneter Maßstab erschien. In ihren jeweiligen Teams und oft durch Zusammenarbeit der beiden Gruppen sorgten sie für eine immer stabilere Frequenz der Laser, also der Schwingungen des elektromagnetischen Feldes, die wir als Farbe wahrnehmen. Umgerechnet ergeben sich aus den Schwingungen Zeiten und Entfernungen. Die Fortschritte der Wissenschaftler lassen sich ablesen an stets noch feineren Messungen atomarer Größen, beispielsweise des Wasserstoff-Spektrums.

Frisierte Genauigkeit mit Frequenzkämmen

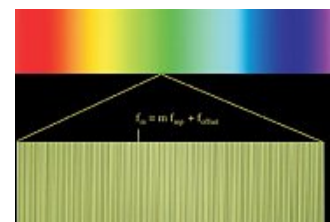
Den Durchbruch brachte aber erst die Entwicklung des so genannten Frequenzkammes. Die Bemühungen stockten nämlich, weil keine elektronische Schaltung der Welt schnell genug war, die schnellen Frequenzen der Laser aufzulösen. Eine doppelte Hürde: Einerseits muss ein Maßstab her, auf dem die Frequenzen des Lichts abgebildet werden können, andererseits fehlte eine Art Verlangsamer, über den die Elektronik Zugriff auf die Messungen bekam. Der Frequenzkamm überwand beide Schwierigkeiten auf elegante Weise.

Aufgebaut ist er aus einem Titan-Saphir-Laser, dessen rotes Licht in eine spezielle Quarzfaser geleitet wird. Deren besondere nichtlineare optische Eigenschaften verbreitern den Spektralbereich, bis das Licht für menschliche Augen weiß erscheint. Anders als Sonnenlicht besteht es aber aus keinem kontinuierlichen Spektrum, sondern aus unzähligen eng begrenzten einzelnen Spektrallinien, die in der Auftragung wie die Zinken eines Kamms aussehen - daher der Name. Der Abstand zwischen zwei benachbarten Frequenzen ist konstant und bekannt - sie eignen sich daher wunderbar als Maßstab. In dem Resonanzkörper überlagern sich die einzelnen Frequenzen, sodass ein kurzer Lichtpuls von wenigen Femtosekunden Dauer entsteht, der von den reflektierenden Begrenzungen hin und her geworfen wird. An der Austrittsstelle kann jedoch ein Teil des Lichtpulses austreten und gemessen werden. Nach wie vielen Reflexionen dies geschieht, können die Forscher einstellen - der gesuchte Verlangsamer.



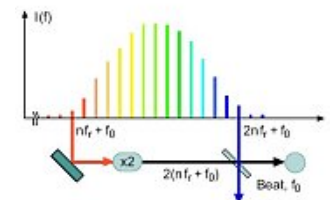
Grünes Laserlicht liefert die Energie für den Titan-Saphir-Laser in der Bildmitte, dessen Licht durch nichtlineare optische Effekte in einer Quarzfaser weiß wird. Ein Gitter zerlegt es in die einzelnen Regenbogenfarben.

© Max-Planck-Institut für Quantenoptik



Das Spektrum des Lasers erscheint kontinuierlich (oben). Erst bei genauerem Hinsehen ist zu erkennen, dass es aus hunderttausenden scharfer Spektrallinien aufgebaut ist (unten).

© Max-Planck-Institut für Quantenoptik



Die Pulse aus einem Frequenzkamm-Laser bestehen aus sehr schnellen Schwingungen, die keine Elektronik auflösen kann. Die scharfen Frequenzbänder ähneln den Zinken eines Kamms - daher der Name "Frequenzkamm".

© Nobel Foundation



Wahrlich ein Grund zu feiern: Theodor Hänsch und seine Mitarbeiter beim Sekturnumtrunk.

© Max-Planck-Institut für Quantenoptik

Um nun eine unbekannte Lichtfrequenz exakt zu bestimmen, wird sie in den Frequenzkamm eingekoppelt. In dem Resonanzkörper überlagert sie sich mit den benachbarten Kamm-Frequenzen, und es entsteht eine Schwebung - eine charakteristische Schwingung mit deutlich langsamerer Periode. Sie verrät den Wissenschaftlern den Wert der gesuchten Frequenz.

Mit Hilfe des Frequenzkamms lassen sich Uhren konstruieren, die anstelle von Atomen flinkere Elektronen als Pendel verwenden. Diese werden mit Laserlicht angeregt, dessen Frequenz nun präzise bestimmt werden kann. Tausendmal genauer als der aktuelle Cäsiumstandard könnte die neue Uhrgeneration sein. Damit würde auch die Positionsbestimmung mit dem GPS und ähnlichen Systemen genauer, denn hierfür ist eine exakte Zeitübermittlung notwendig. Bis auf Zentimeter oder gar Millimeter genaue Angaben wären machbar.

Und schließlich bekäme auch die Grundlagenforschung ein wunderbares Werkzeug an die Hand. Seit einigen Jahren diskutieren Wissenschaftler, ob die Naturkonstanten während der Entwicklung des Universums wirklich konstant bleiben oder sich eventuell langsam ändern. In der kurzen Zeitspanne eines Menschenlebens ist diese Frage nur dann experimentell zu beantworten, wenn entsprechende Messungen mit zuvor ungekannter Auflösung durchgeführt werden. Mit dem Frequenzkamm ist dies möglich.

Der Anfang der Quantenoptik

Die Arbeiten von Hall und Hänsch wären undenkbar ohne die Grundlagen, die der dritte Preisträger, Roy Glauber, in den 1960er Jahren geliefert hat. Er übertrug die Konzepte der Quantenmechanik mit ihrer Quantelung von Energie konsequent auf die Natur des Lichts - die trotz besseren Wissens meistens im klassischen Sinne behandelt wurde.

Das Problem ist unter dem Schlagwort Welle-Teilchen-Dualismus bekannt: Seit der schottische Physiker James Clerk Maxwell im Ausgang des 19. Jahrhunderts das Licht als elektromagnetische Welle beschrieben und mit seinen Formeln berechenbar gemacht hat, betrachten Wissenschaftler es gerne als Schwingung. Dummerweise ließen sich so nicht alle experimentellen Beobachtungen erklären, beispielsweise der fotoelektrische Effekt, nach dem Licht erst ab einer bestimmten Grenzfrequenz Elektronen aus Metall schlagen kann. Einstein erhielt für seine Erklärung, dass die Energie des Lichts in Quantenpaketen gefasst ist - womit es sich als Teilchenstrom von Photonen verstehen lässt -, 1921 den Nobelpreis. Mal Welle, mal Teilchen und doch keines so richtig. Die Natur des Lichts stellt die Vorstellungskraft auf eine schwere Probe.

Obwohl die Quantelung der Lichtenergie deutlich machte, dass es für ein wirkliches Verständnis unumgänglich ist, Optik und Quantenphysik miteinander zu verbinden, reichte es für die meisten Fälle aus, weiterhin einfach das Wellenmodell zu verwenden. Doch wiederum machten empirische Daten der Bequemlichkeit ein Ende: Mitte der 1950er Jahre entdeckten die Astronomen Brown und Twiss in Photonenmessungen weit entfernter Objekte merkwürdige Effekte, die eine Verbindung der Photonen voraussetzten, wie sie nur aus der Quantenphysik bekannt war.

Erst Glauber gelang eine befriedigende Erklärung der Beobachtung. 1963 veröffentlichte er seine Quantentheorie der optischen Kohärenz. Darin verbindet er die klassische Betrachtung des elektromagnetischen Feldes mit den Vorgängen auf atomarer Ebene, wenn ein Atom ein Photon absorbiert. Durch diesen Vorgang verändert sich nämlich der Zustand des Feldes, und ein nachfolgendes Photon findet eine andere Umgebung vor.

In seinen Theorien führt Glauber noch weitere Konzepte der Quantenwelt ein, die sich nicht mehr anschaulich vorstellen lassen, aber mathematisch präzise Aussagen zu Versuchen und ihren Ergebnissen ermöglichen. Die Quantenoptik war geboren, auf welche heutige Wissenschaftler sich stützen, wenn sie Experimente mit einzelnen Photonen machen oder über sichere Quantenkommunikation spekulieren. Auch in diesem Fall ist die abstrakte Theorie inzwischen unverhofft auf dem Weg in das wirkliche Leben. Und das war dem Preiskomitee die Auszeichnung allemal wert.



Roy Glauber legte mit seinen Arbeiten die Grundlagen der Quantenoptik.
© Nobel Foundation

Olaf Fritsche

Freier Journalist www.wissenschaftwissen.de

Preiswürdige Magengeschwüre im Selbstversuch

Australische Entdecker von *Helicobacter pylori* werden geehrt

Den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin des Jahres 2005 teilen sich die Australier Barry Marshall und Robin Warren. Gemeinsam entdeckten sie das Magenbakterium *Helicobacter pylori* und dessen Rolle bei der Entstehung von Gastritis und anderen Magenkrankheiten.

Na, das ging doch mal schnell: "Diese Revolution in der Medizin hätte den Nobelpreis verdient", meinte vor kurzem erst Peter Malfertheiner hellstichtig in der Wochenzeitung *Die Zeit*. Der Magdeburger Mediziner musste es wissen, es ging um sein Spezialgebiet, den Magen - und einen fiesen, kleinen, bakteriellen Eindringling: *Helicobacter pylori*. Für die Entdeckung des in allen Magenschleimhäuten weltweit häufigen Keims und seiner Folgeerscheinungen zeichnete das Nobelpreiskomitee nun zwei Australier aus, Robin Warren und Barry Marshall - die Hauptakteure einer vor gut zwanzig Jahren begonnenen medizinischen Revolte.

Ende der 1970er waren die beiden der gastro-enterologisch forschenden Wissenschaftlerzunft unbekannt, was sich bald änderte: Schnell hatten sie sich einen Namen gemacht, allerdings einen meist entweder verschrien oder verlachten. Wegen ihrer von jeglicher damals gültigen Theorie abweichenden Meinung zur Entstehung von Geschwüren und anderen Problemen des Magens waren sie zunächst einsame Außenseiter. Damals stand schließlich fest, dass Magenschleimhautentzündungen oder Gastritis die Folge falscher Ernährung und Stress sein müssen. Nun kamen zwei Australier daher und machten ein Bakterium für mehr als die Hälfte aller solcher Probleme verantwortlich.

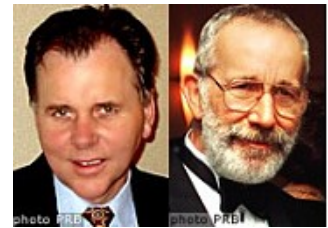
Ein Bakterium? Im extrem sauren, für Keime lebensfeindlichen und geradezu ideal sterilisierenden Milieu des Magens? Das schien tatsächlich eher unglaublich. Allerdings waren da ein paar nicht zu leugnende Fakten, die Warren und Marshall der Fachwelt in mehreren Dosen unermüdlich nachreichten. Zunächst entdeckte 1979 der gerade 42-jährige Pathologe Warren in mehr als der Hälfte von Gewebeproben aus Patienten kleine, merkwürdig geformte Bakterien, die sich im unteren Magenabschnitt wohl zu fühlen schienen. Schnell fiel ihm zudem auf, dass diese Einzeller stets mit Entzündungserscheinungen der Magenschleimhaut einhergingen. Kultivieren, und somit skeptischen Kollegen als Beweismittel präsentieren, ließen sich die Keime allerdings zunächst nicht.

Dann wird die Geschichte zur Legende: Irgendwann vergaß - angeblich während der Osterferien - der junge wissenschaftliche Assistent Barry Marshall ein paar Kulturen des merkwürdigen Bakteriums im Brutschrank und lieferte so per Zufall ideale Bedingungen für den sehr langsam wachsenden Keim. Bald schon hatten Warren und Marshall das nötige Know-how, um eine geregelte Zucht des bald *Helicobacter pylori* getauften Bakteriums aufzuziehen. Den ultimativen Beweis trat Marshall - angeblich gegen den ausdrücklichen Wunsch seiner Frau - dann 1984 im Selbstversuch an: Er schluckte eine Dosis der Bakterienkultur und erkrankte prompt an einer Magenentzündung, die er mit Antibiotika gleich wieder erfolgreich therapierte.

Heute, lange nachdem sich die Bakterien-Theorie durchgesetzt hatte, werden weltweit viele Menschen mit einer derartigen Antibiotikatherapie routinemäßig von Magenbeschwerden befreit. Längst ist bekannt, wie *Helicobacter* sich vor der Magensäure schützt (durch neutralisierende Puffersubstanzen), wie er nachzuweisen ist (ein einfacher diagnostischer Test entlarvt in fast der Hälfte aller Menschen weltweit das Bakterium) und welche Folgen er hat (zehn bis fünfzehn Prozent der Betroffenen entwickeln im Laufe ihres Lebens ein Magen- oder Darmgeschwür).

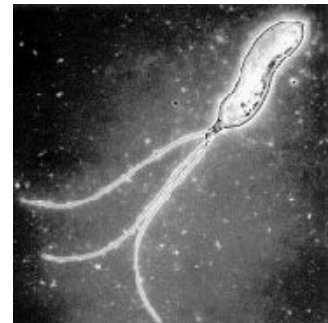
Tatsächlich ist der zunächst für unmöglich gehaltene Magenbesiedler derart häufig, dass einige Wissenschaftler darin schon einen tieferen Sinn zu vermuten beginnen. Vielleicht nützt *Helicobacter*, der die Menschheit und ihre Wanderungen nachweislich schon ein paar Millionen Jahre begleitet, seinem Wirt auch irgendwie, statt ihm nur zu schaden? Schließlich geht weltweit mit der per Antibiotika erzwungenen *Helicobacter*-Totalentfernung nicht nur die Häufigkeit von Geschwüren und Karzinomen im Magen zurück - sondern gleichzeitig auch jene von Speiseröhrenkrebs und Sodbrennen nach oben. Ob dies nur eine zufällige, nicht ursächliche Korrelation ist, sorgt derzeit noch für Auseinandersetzungen in der Forschergemeinde.

Wegen der frischgebackenen Preisträger sicher ist dagegen, dass *Helicobacter pylori* die mit Antibiotika bekämpfbare Ursache für neun von zehn Geschwüren des Zwölffingerdarms und achtzig Prozent aller Magengeschwüre ist - und somit, dass unzählige Magenkranke der Entdeckung und Unbeirrbarkeit von Warren und Marshall viel verdanken.



Den Nobelpreis für Physiologie oder Medizin des Jahres 2005 teilen sich die Australier Barry Marshall (links) und Robin Warren. Gemeinsam entdeckten sie das Magenbakterium *Helicobacter pylori* und dessen Rolle bei der Entstehung von Gastritis und anderen Magenkrankheiten.

© Nobel Foundation



Helicobacter pylori ist ein spiralig gekrümmtes, bewegliches Stäbchen-Bakterium. Es verursacht die meisten Magen- und Zwölffingerdarmgeschwüre: Die Weltbevölkerung ist zu etwa fünfzig Prozent mit diesem Bakterium infiziert; nur bei zehn bis fünfzehn Prozent kommt es aber zu schmerzhaften Symptomen. Bemerkenswert ist das Durchwandern von *Helicobacter* durch das extrem saure Magenmilieu bis zur Grenzschicht von schützender Schleimschicht und Magen-Schleimhaut, wo ein fast neutraler pH-Wert herrscht. Dort setzt es sich an bestimmten Oberflächen-Zellen (Rezeptoren) des Magenepithels fest. Zum Schutz vor der salzsäurehaltigen, aggressiven Magensäure auf dem Wege in die Magenwand schützen die Bakterien sich durch die enzymatische Aufspaltung von Harnstoff, bei der das basische Ammonium freigesetzt wird, das dann die Zellen abschirmt. Die Infektionen, die auf fäkal-oralem Wege direkt oder indirekt über kontaminierte Speisen erfolgen, scheinen hauptsächlich im frühen Kindesalter in der Familie stattzufinden, wahrscheinlich auch über Speichel. Die Behandlung erfolgt mit einer Kombination bestimmter Antibiotika.

© Spektrum Akademischer Verlag

Bäumchen, wechse dich

Chemie-Nobelpreis für die Entwicklung der Metathese

Der Nobelpreis für Chemie geht 2005 nach Frankreich und in die USA - und zwar für einen Reaktionsmechanismus, der außerhalb von Expertenkreisen wenig bekannt sein dürfte: die Metathese. Doch die Entdeckungen von Yves Chauvin, Robert Grubbs und Richard Schrock sind heute in der chemischen Industrie nicht mehr wegzudenken.

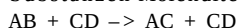
Als Friedrich Wöhler im Jahre 1828 aus Ammoniumcyanat Harnstoff synthetisierte, ahnte er vermutlich noch nicht, dass er den Grundbaustein für einen gigantischen Industriezweig gelegt hatte. Klar war dem 28-jährigen Heidelberger Professor allerdings, dass er eine bis dahin geltende Annahme als Unsinn widerlegt hatte: Organische Moleküle benötigen eben keine "Lebenskraft" zu ihrer Erzeugung. Die Wöhler'sche Harnstoffsynthese gilt daher als eine Geburtsstunde der organischen Chemie.

Heute prägen die Erzeugnisse der chemischen Industrie unser Leben: Ob Plastik, Benzin oder Medikamente - ohne organische Chemie läuft nichts. Dabei ist die Grundlage ganz einfach: Kohlenstoff hat die Eigenschaft, mit sich selbst stabile Verbindungen einzugehen und kann daher lange Ketten oder Ringstrukturen bilden. Zusammen mit Wasserstoff und anderen Elementen wie Sauerstoff, Stickstoff oder den Halogenen ergeben sich somit beliebig viele Kombinationsmöglichkeiten, von denen die Natur nur zu einem Bruchteil Gebrauch macht.

In der Vielzahl liegt jedoch auch die Crux. Denn die chemischen Bastler müssen ihre Reaktionen so gezielt steuern können, dass das gewünschte Produkt in ausreichender Menge entsteht. Dazu brauchen sie die "Lebenskraft" der organischen Chemie: Katalysatoren - also Verbindungen, welche die Reaktion beschleunigen, ohne dabei selbst verbraucht zu werden. Doch welcher Katalysator ist der richtige?

Oft hilft hier der Zufall weiter. So beobachteten Petrochemiker in den 1950er Jahren, dass sich Moleküle mit Kohlenstoff-Doppelbindungen - die früher Olefine genannt wurden, heute aber auf den Namen Alkene hören - umlagern, sobald sie mit metallhaltigen Verbindungen zusammengebracht werden. Eigentlich ein Ding der Unmöglichkeit, denn Doppelbindungen galten in der Chemiker-Gemeinde als so stabil, dass eine Spaltung und Neuordnung unter moderaten Bedingungen schwer vorstellbar war. Doch "das entstandene Polymer sah so aus, als ob jemand mit einer Schere Cyclopenten geöffnet und dann wieder geschickt zusammengeknäht hätte", erinnert sich Herbert Eleuterio, der damals beim US-Chemiekonzern DuPont arbeitete.

Was dabei passierte, wussten die Industriechemiker nicht. In ihrer Verlegenheit nannten sie den rätselhaften Prozess "Olefin-Metathese" - nach dem griechischen Wort *metathesis* für Umstellung. Vereinfacht ausgedrückt findet Metathese statt, wenn zwei Substanzen Molekülteile untereinander austauschen:



Die Entdeckung der Metathese führte zu zahlreichen Patenten in der chemischen Industrie, doch der zu Grunde liegende Mechanismus blieb weiterhin rätselhaft. Vergeblich versuchten vor allem US-amerikanische Chemiker, das Geheimnis zu ergründen. Denn nur wer den Reaktionsmechanismus kennt, kann ihn optimieren und so die Ausbeute - und damit den wirtschaftlichen Profit - steigern.

Die Lösung kam aus Frankreich. 1971 publizierten **Yves Chauvin** und sein Doktorand Louis Hérisson vom Französischen Institut für Erdölforschung in Rueil-Malmaison, wie sie sich den Tanz der Moleküle vorstellten: Als Tanzlehrer dient ein Metall-Carben - eine Metallverbindung, die über eine Doppelbindung mit einer funktionellen Gruppe verknüpft ist. Der Katalysator spaltet die Doppelbindung eines Alkens und bildet mit ihm einen Ring. Dieser Ring wird sofort wieder aufgetrennt - allerdings so, dass das Metall seine funktionelle Gruppe an das sich lösende Alken abgibt und dafür dessen funktionelle Gruppe übernimmt.

Jetzt kommt das zweite Alken ins Spiel. Wieder bildet sich mit der Metallverbindung ein Ring, der erneut geöffnet wird - unter Austausch der funktionellen Gruppen. Damit schließt sich der Kreis: Zwei funktionelle Gruppen haben ihren Platz gewechselt, der Katalysator steht unverbraucht für einen zweiten Zyklus zur Verfügung.

Jetzt, nachdem das Geheimnis gelüftet war, stand eigentlich der Entwicklung effektiver Katalysatoren nichts mehr im Wege. Doch bis dahin sollten noch fast zwanzig Jahre vergehen. Im Jahr 1990 präsentierte endlich **Richard Schrock** vom Massachusetts Institute of Technology in Cambridge die ersten einsatzfähigen Katalysatoren für die Metathese. Er probierte verschiedene Metalle, wie Tantal, Wolfram und Molybdän, durch. Molybdän erwies sich schließlich als am effektivsten: Die Reaktionsausbeute war hoch, störende Nebenreaktionen traten kaum auf. Damit war der Weg frei für einen großindustriellen Einsatz.



Die Chemie-Nobelpreisträger des Jahres 2005: Yves Chauvin, Robert Grubbs und Richard Schrock
© Nobel Foundation



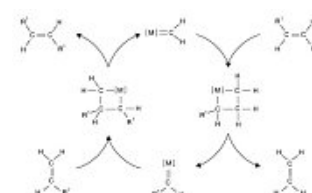
Bei der Metathese tauschen zwei Alkene ihre funktionellen Gruppen aus.

© Nobel Foundation



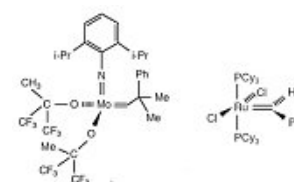
Der Tanz der Metathese: Nach Yves Chauvins Hypothese "tanzt" ein Katalysator (schwarz) zunächst mit einem Reaktionspartner, bildet dann einen Viererring, um anschließend den Reaktionspartner auszutauschen.

© Nobel Foundation



Der Chauvin-Mechanismus erklärt die Metathese: Eine Metall-Carben-Verbindung bildet mit Alkenen einen Ring und tauscht so die funktionellen Gruppen der Alkene aus.

© Nobel Foundation



Während Schrock-Katalysatoren Molybdän als Metall enthalten (links), basieren Grubbs-Katalysatoren auf Ruthenium.

© Nobel Foundation

Doch die "Schrock-Katalysatoren" zeigten sich immer noch als ausgesprochene Sensibelchen - Feuchtigkeit und Luft mögen sie gar nicht; die Reaktion muss in organischen Lösungsmitteln stattfinden. **Robert Grubbs** vom California Institute of Technology in Pasadena konnte zwei Jahre später weiterhelfen: "Grubbs-Katalysatoren" basieren auf Ruthenium, einem der seltensten chemischen Elemente der Erde. Das Metall hatte zwar schon zuvor seine Eignung als Reaktionsbeschleuniger demonstriert, doch erst Grubbs gelang es, die Ruthenium-Verbindungen so zu optimieren, dass sie maßgeschneidert einsetzbar wurden. Und das Beste: Sie funktionieren auch in Wasser und an der Luft.

Mit der Entwicklung der Metathese haben die drei Laureaten einen Grundstein für die wichtigsten Reaktionen der organischen Chemie gelegt. Durch die von ihnen entwickelten Katalysatoren verlaufen viele Herstellungsprozesse in der chemischen und pharmazeutischen Industrie einfacher, schneller und auch umweltfreundlicher ab, da weniger schädliche Abfälle entstehen.

Die Geehrten reagierten übrigens unterschiedlich auf die mit 10 Millionen Schwedischen Kronen (1,1 Millionen Euro) dotierte Auszeichnung. Während sich der 63-jährige Robert Grubbs und sein drei Jahre jüngerer Kollege Richard Schrock begeistert zeigten, blieb der 74-jährige Yves Chauvin eher zurückhaltend: "Mir ist dieser Preis ausgesprochen peinlich. Meine Entdeckungen sind schon 40 Jahre alt, und ich bin ein alter Mann."

Andreas Jahn

© spektrumdirekt

Die Wächter des atomaren Feuers

Nobelkomitee ehrt Mohamed El Baradei und die IAEA

Ob Irak, Iran, Nordkorea oder in Südasien: Die Welt drängt es immer wieder zur nuklearen Apokalypse. Doch eine kleine Organisation mit einem Charismatiker an der Spitze stemmt sich gegen diesen gefährlichen Trend. Jetzt wurden die Internationale Atomenergiebehörde und Mohamed El Baradei für ihren Einsatz mit dem wichtigsten Friedenspreis geehrt.

Sie hatten gewarnt: Noch im unmittelbaren Vorfeld des Irakkriegs im März 2003 beharrten Mohamed El Baradei und die Internationale Atomenergiebehörde darauf, dass es keine atomaren Massenvernichtungswaffen im Reich des Saddam Hussein gäbe und diesem selbst die Kapazitäten fehlten, derartige Bomben in kurzer Zeit herzustellen. Wie bekannt konnten sie den Krieg nicht verhindern, der unter anderem auf gegenteiligen - mittlerweile nachweislich falschen - Aussagen begründet war.

Zurzeit arbeitet die in Wien ansässige Behörde der Vereinten Nationen mit Nachdruck an einem Stopp der Atomprogramme Nordkoreas und des Iran, um heute ähnlich geartete Konflikte zumindest zwischen diesen Ländern und den USA zu verhindern. Dabei erzielten sie bereits erste Teilerfolge.

"Wir wollen mit diesem Preis dem Kampf gegen Atomwaffen wirklich neuen Auftrieb geben."

(Ole Danbolt Mjøs)

So hatte Nordkorea 2002 alle Brücken unter anderem zur IAEA abgebrochen und deren Inspektoren des Landes verwiesen, da es sich von den Vereinigten Staaten bedroht fühlt - US-Präsident George W. Bush rechnet es zur so genannten "Achse des Bösen" - und auf seinem

Recht zur Selbstverteidigung auch mit Nuklearwaffen beharrt. Erst Ende September gab der ostasiatische Staat nach langwierigen Verhandlungen mit den USA, China, Russland, Japan und Südkorea bekannt, wieder der IAEA beizutreten, ebenso wie dem ebenfalls aufgekündigten Vertrag zur Nichtweitergabe von Atomwaffen. Darüber hinaus versprachen sie, ihre nach eigener Aussage bereits vorhandenen Nuklearsprengkörper abzuschaffen.

Im Gegenzug sollen dafür die beiden Nordkorea versprochenen Leichtwasserreaktoren fertig gebaut und unter die Aufsicht der IAEA gestellt werden. Diese Vereinbarungen - maßgeblich von der UNO-Behörde mit initiiert - müssen zwar noch in feste Verträge gegossen und ratifiziert werden, dennoch gelten sie schon als Durchbruch zu einer friedlichen Lösung dieses seit Jahren schwelenden Konflikts.

Eine schwierigere Nuss gilt es dagegen momentan im Iran zu knacken: Auch dieser Staat im Mittleren Osten verfolgt zielstrebig ein eigenes Atomprogramm. Die iranische Staatsführung betont dabei den ausdrücklich friedlichen Charakter ihrer nuklearen Zielsetzung, sie will allerdings alle Schritte dieser Technologie inklusive Wiederaufbereitung und Anreicherung des Brennstoffes selbst durchführen. Dies ruft wiederum internationale Kritik - auch der Europäischen Union - hervor, die einen Missbrauch dieser Technik befürchten, da mit ihr ebenso die Grundlagen für Bomben geschaffen werden können.

Da der Iran lange Jahre Teile seines Atomprogramms verheimlicht hatte und bereits mehrfach gegen Resolutionen der IAEA verstieß, könnten weitere Verfehlungen das Thema nun vor den Sicherheitsrat der UNO bringen - bereits ein weiterer Schritt nach oben auf der Eskalationsskala. Deshalb drängt vor allem Generaldirektor Mohamed El Baradei verstärkt auf ein vorheriges fundiertes Verhandlungsergebnis, um ähnliche Automatismen wie im Irakkrieg 2003 von vornherein zu verhindern.

"Dies ist der stolzeste Tag für die IAEA. Wir sind stolz, überrascht und voller Hochgefühle."

(Melissa Fleming, IAEA)

Dieses unnachgiebige Engagement der Internationalen Atomenergiebehörde und ihres Leiters würdigte nun auch das Nobelpreiskomitee mit der Verleihung des wichtigsten Friedenspreises der Welt. Die "Prinzipien einer friedlichen und internationalen Anstrengung, die Weiterverbreitung von Atomwaffen zu verhindern" werden dabei nach den Verantwortlichen in Oslo mit am deutlichsten von der IAEA und ihrem Vorsitzenden vertreten. Gerade El Baradei gilt ihnen als unerschrockener Anwalt dieser Politik in Zeiten, in denen die Weitergabe von Nuklearwaffen an Drittstaaten oder gar Terrorgruppen droht: "Wir wollen mit diesem Preis dem Kampf gegen Atomwaffen wirklich neuen Auftrieb geben", so der Komiteechef Ole Danbolt Mjøs.

Zugute kommt El Baradei dabei seine Herkunft, denn als Ägypter macht er sich unverdächtig, allein und einzig die Interessen der Groß- und Atomkräfte zu vertreten. In seiner Rolle als Generaldirektor der IAEA und deren heikler Rolle im Weltgeschehen verschafft er sich allerdings dennoch wenig Freunde, und so überwiegt zumeist die Kritik das Lob. Hohe Anerkennung brachte ihm jedoch seine Standhaftigkeit im Jahr 2003 ein, als er gegen massiven Druck der Vereinigten



Mohamed El Baradei, Generaldirektor der Internationalen Atomenergiebehörde, bekommt den diesjährigen Friedensnobelpreis: "Was fühle mich dankbar, stolz und hoffnungsvoll."

© IAEA

Staaten seine negative Meinung zu möglichen Massenvernichtungswaffen im Irak beibehielt und mit Rücktritt drohte. Mittlerweile wurde er für eine dritte Amtsperiode wiedergewählt, und es werden ihm Ambitionen auf die Nachfolge Kofi Annans bei der UNO nachgesagt.

Während die persönliche Integrität El Baradeis bei den meisten Beobachtern außer Frage steht, gibt es an der Rolle der IAEA doch auch starke Kritik von Nichtregierungsorganisationen, die nichts mit der Ablehnung von Atomwaffen zu tun hat. Sie entzündet sich vielmehr am Anspruch der Wiener Behörde, den friedlichen Charakter der Atomenergie zu betonen und den Nationen der Welt Zugang dazu zu gewähren. Umweltschutzgruppen wie Greenpeace erheben dagegen aber Einspruch, da Atomenergie für sie per se bereits immer "schmutzig, gefährlich und wirtschaftlich verrückt" ist. Zudem betonen sie, dass selbst beim zivilen Betrieb von Atomkraftwerken immer gleichzeitig Atommaterial für die Produktion von Atomwaffen erzeugt wird. Deshalb fordern sie die Behörde auf, "sich zukünftig nur noch als international zuständige Wachgesellschaft auf die Kontrolle und Bewachung von hochradioaktiven Materialien zu konzentrieren", so Greenpeace-Atomexperte Jan Vande Putte.

Der Greenpeace-Friedensexperte Wolfgang Lohbeck spricht sogar von einer "dramatischen Fehlentscheidung", auch der IAEA den Preis zuzuerkennen: "Sie legt die Vermutung nahe, dass das Nobel-Komitee die Diskreditierung auch der zivilen Atomnutzung im Iran schlicht nicht zur Kenntnis genommen hat." Ähnlich äußerten sich die "Internationalen Ärzte für die Verhütung des Atomkrieges" (IPPNW), die den Preis im Jahr 1985 bekommen hatten.

Enttäuscht ist auch die japanische Gruppe Hidankyo, die Überlebende der ersten Atombombenabwürfe auf Hiroshima und Nagasaki vertritt und die sich selbst Hoffnungen auf den Friedensnobelpreis gemacht hatte. Ihr Generalsekretär Terumi Tanaka hätte dagegen von einer Verleihung an seine Organisation eine Ermutigung der damaligen Kriegsoffer versprochen. Die IAEA hat seiner Meinung nach jedoch bislang noch nicht durch größere Friedensaktivitäten von sich Reden gemacht.

Diese Stimmen werden heute allerdings in der Minderheit bleiben: So hat Bundeskanzler Gerhard Schröder - der selbst auf der Vorschlagsliste stand - bereits gratuliert und die Verleihung eine "sehr kluge Entscheidung" genannt. Ähnliche Worte fand Bundesaußenminister Joschka Fischer, der Mohamed El Baradei und der IAEA auch zukünftig die Unterstützung der Bundesrepublik zusagte. Keinen Kommentar gibt es aus dem Iran zu berichten, Gratulationen und anerkennende Worte kamen hingegen von Frankreichs Präsident Jacques Chirac, Großbritanniens Premier Tony Blair und Russlands Präsidentensprecher Sergei Prikhodko: "Dieser Mann verdient höchste Ehrungen. Er ist wahrhaft ein Mann des Friedens, nicht des Kriegs", so Prikhodko.

Ebenso kam von der designierten Atommacht Israel Lobendes, verbunden allerdings mit mahnenden Worten: "El-Baradei ist ein würdiger Preisträger, wenngleich nicht die perfekte Wahl. Es gibt zu viele Lücken in der IAEA (...), aber die Organisation hat viel getan, um das Wettrüsten zu stoppen und zu verhindern, dass die Waffen in die falschen Hände fallen", so Vize-Ministerpräsident Shimon Peres. Es bleibt also weiterhin noch viel zu tun, der Nobelpreis dürfte ein zusätzlicher Ansporn sein.

Daniel Lingenhöhl

Freier Wissenschaftsjournalist

© spektrumdirekt

Wirtschafts-Nobelpreis für Spieltheorie

Die Bank von Schweden zeichnet mit ihrem diesjährigen Wirtschaftspreis den Israeli Robert Aumann und den US-Amerikaner Thomas Schelling aus. Sie würdigt damit, dass Aumann und Schelling mit Hilfe der Spieltheorie das Verständnis von Konflikten und Kooperation entscheidend vorangetrieben haben.

Der 1930 in Frankfurt am Main geborene Aumann führte in die Spieltheorie die theoretische Analyse von Langzeitreihen beziehungsweise unendlich oft wiederholten Spielen ein. Damit wurden die Ergebnisse zum Thema Kooperation realitätsnäher, denn schließlich tritt Zusammenarbeit häufiger in langfristigen als kurzzeitigen Beziehungsgeflechten auf. So offenbarten sich wichtige Grundlagen der Kooperation: warum die Zahl der Beteiligten eine Rolle spielt und welche, welche Faktoren die Zusammenarbeit stören, welchen Einfluss es hat, ob die Aktionen der anderen bekannt sind oder es eine Zeitbegrenzung gibt. Die Erkenntnisse verdeutlichten die Hintergründe von ökonomischen Konflikten wie Preis- oder Handelskämpfen, und warum manche Gemeinschaften besser mit öffentlichem Gut umgehen können. Sie erklärten auch das Entstehen vieler Institutionen von Handwerkerzünften und -gilden über organisiertes Verbrechen bis hin zu Tarifverhandlungen und internationalen Handelsabkommen. Aumann lehrt heute an der Hebräischen Universität Jerusalem.

Der 1921 geborene Thomas Schelling entwickelte die Spieltheorie vor dem Hintergrund des Kalten Krieges in den 1950er Jahren zu einem Werkzeug der Sozialwissenschaften. Er zeigte, dass eine Partei ihre Position verbessern kann, obwohl sie die eigenen Optionen verschlechtert, dass ein Hinnehmen und anschließende Vergeltung eines Schlages nützlicher sein kann, als einen Angriff abzuwehren und dass eine nicht näher definierte Vergeltung mehr Wirkung zeigt als eine bestimmte Maßnahme. Diese Erkenntnisse bildeten eine wichtige Grundlage in der Konfliktlösung und Kriegsvermeidung. Der inzwischen emeritierte Forscher lehrte zuletzt an der Harvard-Universität und der Universität von Maryland.

Die mit 1,1 Millionen Euro dotierte Auszeichnung wurde 1969 zum ersten Mal verliehen und ist seitdem ausschließlich an männliche Ökonomen gegangen. Für die Spieltheorie, die in den 1940er Jahren maßgeblich von auf Johann von Neumann und Oskar Morgenstern entwickelte mathematische Analyse strategischer Entscheidungssituationen, gab es bereits 1994 einen Nobelpreis: Damals wurden John Harsanyi, John Nash und Reinhard Selten für ihre grundlegenden Analysen von Gleichgewichten in der nicht-kooperativen Spieltheorie ausgezeichnet.

Literatur-Nobelpreis für Harold Pinter

Der Nobelpreis in Literatur geht dieses Jahr an den englischen Dramatiker und Schriftsteller Harold Pinter, "der in seinen Dramen den Abgrund unter dem alltäglichen Geschwätz freilegt und in den geschlossenen Raum der Unterdrückung einbricht", so die Begründung der Jury.

Pinter, der am 10. Oktober 1930 als Sohn eines jüdischen Damenschneiders in London geboren wurde, strebte zunächst eine Schauspielkarriere an. 1948 begann er seine Ausbildung an der Royal Academy of Dramatic Art in London, 1950 veröffentlichte er seine ersten Gedichte. In den 1950er Jahren war er mehrfach auf Theater-Tourneen.

1957 debütierte Pinter mit seinem ersten eigenen Theaterstück "The Room", das in Bristol uraufgeführt wurde. 1959 gelang ihm mit "The Caretaker" (Der Hausmeister) der Durchbruch, in dem sich ein alter Querulant bei zwei Brüdern einnistet und versucht, sie gegeneinander auszuspielen.

Seinen Dramen werden charakterisiert als "Bedrohungskomödien", in denen sich in den zunächst rein alltäglich wirkenden Dialogen der Darsteller nach und nach Machtkämpfe und Versteckenspiel, Dominanz und Unterwerfung offenbaren, wobei die Verstellung der einzelnen zunehmend verfällt. Häufig geht es darin um Menschen, die sich gegen Manipulation von außen und die eigenen, inneren Triebe zu wehren versuchen, indem sie ihr eigenes Dasein stark beschränken und kontrollieren. Welche Bedeutung Pinter für das Theater der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts hat, zeigt die Bezeichnung "pinteresk" für Dramen, die diese Stimmung widerspiegeln und ein gewisses Milieu aufgreifen.

Über die Theaterstücke hinaus verfasste Pinter auch zahlreiche Filmdrehbücher, Hörspiele, politische Essays und Erzählungen und wirkte selbst als Regisseur, indem er unter anderem Stücke von James Joyce, Tennessee Williams oder Simon Gray inszenierte. Seit den 1970er Jahren setzte sich Pinter zudem engagiert für Menschenrechte, politisch verfolgte Autoren und gegen Zensur ein. Für seinen Protest gegen den Irakkrieg erhielt er im August 2004 den Wilfred-Owen-Preis.

Im Vorfeld der Bekanntgabe war es zu einem Eklat gekommen, als Jurymitglied Knut Ahnlund seine Mitgliedschaft in der Akademie wegen der letztjährigen Ehrung Elfriede Jelineks niederlegte. Die Preisträgerin habe das Ansehen der Auszeichnung "zerstört". Letzter deutscher Preisträger war 1999 Günter Grass.

Ig-Nobelpreise 2005

Zeit für Kurioses

Preiswürdig Skurriles aus Forschung und Gesellschaft

Nach den ersten drei Hauptgängen des jährlichen Nobelfestes ist es an der Zeit, etwas leichtere Leckerlis einzuschieben. Was wäre da besser geeignet als die netten Häppchen der Ig-Nobelpreise? Genießen Sie mit uns die etwas andere Seite des Erkenntnisdranges.

Gauri Nanda kam bestimmt nicht zu spät. Denn Nanda hat einem Phänomen den Kampf angesagt, das schon ganze Karrieren zerstört hat, bevor sie überhaupt beginnen konnten - der Grund: unpünktliches, unrasiertes, unausgeschlafenes Erscheinen. Von versäumten Friseurterminen, verbummelten Zügen und verpassten Brunchdates ganz zu schweigen. Und das alles nur, weil der Wecker morgens zwar immer und immer wieder geklingelt hat, aber auf Schlummertastenbefehl genauso häufig auch wieder und wieder verstummt war. So lange, bis müde Augen blinzeln feststellen müssen: Mist, unser Mensch hat verschlafen.

Aber jetzt gibt es ja Clocky - den wuscheligen Wonnewecker, für den Snooze die morgendliche Einladung zum Hoppla-wo-bin-ich-spielen ist: Bei Druck auf die Taste stürzt sich das zweirädrige, gut gepolsterte Gefährt mutig vom Nachttisch und sucht sich ein Versteck. Von dort meldet es dann fröhlich ein paar Minuten später: Hey, aufstehen! Wer nun schlafblind danach tastet, bleibt erfolglos - er oder sie muss sich schon aus dem Bett quälen, um den kleinen Klingler zum Schweigen zu bringen. Zurück unter die Decke? Na gut. Nach zwei oder drei solcher Touren aber dürfte Clocky seinen Menschen denn doch so weit haben, statt an der Matratze zu horchen lieber dem Rauschen der Dusche zu lauschen. Und so schon zu früherer Stunde produktiv zu sein - hurra, wir kurbeln die Wirtschaft an! Dementsprechend gebührt der Jungforscherin am Massachusetts Institute of Technology der **Ig-Nobelpreis für Ökonomie** - jene Auszeichnung für Errungenschaften oder Erkenntnisse, die Menschen erst zum Lachen bringt - aber dann auch zum Denken.

Viel nachgedacht über Kämpfe und die Zeit hat bestimmt auch James Watson. Allerdings nicht über das Problem des Verschlafens, nein: Der Philosoph interessiert sich mehr für die Vergangenheit. Damals, in Neuseeland, zwischen den Weltkriegen, als sich plötzlich alles wandelte im Bauernstaat: die Einstellung zur Kinderarbeit und auf dem Acker ackernden verheirateten Frauen, die restriktive Einwanderungspolitik und das Problem mangelnder Arbeitskräfte in der Landwirtschaft, weil Städte mit höheren Löhnen und größerer Freiheit lockten, jeder wünschte sich Unabhängigkeit von Hilfskräften und Nachbarn. Und warum? Ein Kraut ist schuld. Oder genauer gesagt: Das Jakobs-Kreuzkraut (*Senecio jacobae*), das wild wuchernd durch den Wechsel von Schafzucht zu Milchwirtschaft das ganze Land überzieht. Als wahres Symbol für diese Zeit des Umbruchs kristallisiert Watson daher das leicht entflammare Herbizid Natriumchlorat heraus - das damalige Hauptbekämpfungsmittel gegen diese Naturunbill als Inbegriff eines Aufbruchs in neue Zeiten [1]. Dieser höchst explosive Beitrag rund um eine zusammenbrechende Welt verdient wahrlich den **Ig-Nobelpreis für Agrargeschichte**. Applaus!

Doch weiter geht's. Nicht für Menschen gestern, heute und morgen, auch für Rüden kann eine Welt zusammenbrechen: Beschließen doch Herrchen und Frauchen gelegentlich, ihren felligen Liebling zu kastrieren - die einfachste Kontrolle unkontrollierter Familienplanung. Nehmen sie sich jedoch die Zeit, sich ihrer besonderen Verantwortung für Wauwas Psyche bewusst zu werden, scheuen sie häufig zurück - der arme Kerl, so ganz ohne Protzgehänge, das ist unzumutbar. Erleichterung schafft prothetischer Ersatz in Form von Neuticles: perfekten Nachahmungen von Hundehoden, lieferbar in drei Größen- und Festigkeitsklassen. Für diese komplikationslose Bereicherung im Kampf gegen hündische Überbevölkerung und stressbedingte gestörte Vierbeinerseelen danken die Herausgeber der *Annals of Improbable Research* dem Neuticals-Erfinder Gregg Miller aus Oak Grove in Missouri mit dem **Ig-Nobelpreis für Medizin**.

Die Folgen von Stress - allerdings bei ganz anderen Vierbeinern und auch nicht durch Kastration - interessierten Benjamin Smith, Craig Williams, Michael Tylor, Brian Williams und Yoji Hayasaka: Die Forscher schnüffelten sich quer durch die Hautausscheidungen angervter Frösche verschiedenster Artzugehörigkeiten und nutzten die Daten, um nach Verwandtschaftsverhältnisse zu suchen [2]. Stutzig macht vielleicht, dass ein Wissenschaftler für einen Parfumersteller arbeitet - erwartet uns demnächst ein Männerduft à la: Küss mich endlich, ich bin dein Prinz im Froschgewand? Der nötige beliebte T-Shirt-Test wäre sicherlich ein Anwärter auf kommende Preise im Bereich Psychologie, für den bewiesenen guten Riecher aber gibt es nun schon mal den **Ig-Nobelpreis für Biologie**.

Bleiben wir beim feuchten Element und Ausscheidungen und wechseln nur wieder die Tiergruppe: Auf geht's zu den Pinguinen. Eine simple Frage und eine ebenso simple



Rennwecker Clocky hält effektiv vom Verschlummern wichtiger Termine ab.
© Gauri Nanda



Deko im hohen Bogen: Pinguine umrahmen ihr Nest mit selbst produzierten Streifenmustern.
© Victor Benno Meyer-Rochow



Tropfen um Tropfen: Ganze acht haben es bislang im Teerexperiment zum Boden geschafft.
© European Journal of Physics



Hüpfen oder nicht? Star-Wars-Stars und ihr Einfluss auf heuschreckliche Zuschauer
© Claire Rind

Antwort stießen hier eine grundlegende Forschungsarbeit im Bereich Mechanik der Flüssigkeiten an [3]. Wovon ist die Rede? Pinguine dekorieren ihre Nestumfeld mit weißen Streifen. Wie machen sie das? (Das war die Frage). Sie drehen sich, halten den Hintern übers Nest, bücken sich - und los geht's im hohen Bogen. (Das war die Antwort). Die Fragerin errötet, der Saal lacht, und die Forscher grübeln: Mit welchem Rektaldruck? Für die Aufklärung dieses polarphysikalischen Rätsels erhalten Victor Benno Meyer-Rochow von der International University Bremen und Jozsef Gals von der Loránd-Eötvös-Universität den **Ig-Nobelpreis für Hydrodynamik**.

Flüssigkeiten sind überhaupt ein spannendes Thema, das würden sicherlich auch Edward Cussler und Brian Gertelinger von den Universitäten von Minnesota und Wisconsin bestätigen. Allerdings beschäftigen sie sich eher mit der zäheren Variante und einer olympiaverdächtigen Frage, die schon Isaac Newton und Christiaan Huygens diskutierten: Wäre ein Schwimmer in Sirup schneller oder langsamer als in Wasser? Und hopp, hieß es für 16 Schwimmbegeisterte in einem eingedickten Guarkernmehlbad. Das Ergebnis: An der Geschwindigkeit ändert dick oder dünn des Mediums überhaupt nichts - wohl aber die Stromlinienform des Schwimmers [4]. Denn der größere Widerstand des Sirups gleiche sich aus mit dem besseren Paddelvortrieb, so die Erklärung der Experten - zur rechten Zeit honoriert mit dem **Ig-Nobelpreis für Chemie**.

Wie gut, dass die beiden ihre freiwilligen Probanden nicht in Teer schwimmen ließen - das hätte den Anschlag am Beckenrand vielleicht doch etwas verzögert. Denn diese Masse ist nun wirklich so zäh, dass das Studium ihrer Fließeigenschaften Zeit braucht. Jahre, um genau zu sein. Für ihre unerschütterliche Geduld, Weitsicht, Hartnäckigkeit und Genügsamkeit zeichnen die Herausgeber der *Annals of Improbable Research* daher nun posthum Thomas Parnell und seinen glücklicherweise noch quicklebendigen experimentellen Erben John Mainstone von der Universität in Southern Queensland mit dem **Ig-Nobelpreis für Physik** aus. Im Jahr 1927 hatte Parnell Teer in einen Trichter gefüllt, um das Tropfverhalten zu studieren [5]. Auf der Tropfliste stehen inzwischen acht Exemplare, das letzte löste sich am 28. November 2000 - nach zwölf Jahren Pause und seines Zeichens der bislang größte in der Reihe. Dummerweise erlitt die spickelnde Webcam gerade einen Gedächtnisverlust, und auch der Einbau einer Klimaanlage sorgte für ungünstige Versuchsbedingungen. Die Zukunft des Experiments steht nun auf dem Spiel, wichtige Entscheidungen sind zu treffen. Wie wird es dem neunten Tropfen ergehen, wenn seine Stunde geschlagen hat?

Prost Mahlzeit, denkt sich vielleicht Yoshiro Nakamats aus Tokio angesichts solch langwieriger Prozesse. Dabei ist auch er kein Freund kurzfristiger Künste: Seit 34 Jahren fotografiert und analysiert er jedes Essen, das er sich zu Magen und Gemüte führte. Fortsetzung folgt. Wahrlich ein appetitlicher Einsatz, dachte ihrerseits wohl die Jury - und kredenzte als Sahnehäubchen den **Ig-Nobelpreis für Ernährung**.

Während solche Ernährungsanalysen durchaus inhaltsreich und gut verdaulich sind, produzierten die nächsten Preisträger eher Magengrummeln Auslösendes ohne sittlichen Nährwert und daher reif für die virtuelle Mülltonne. Doch mit globalem Effekt: Wir alle waren unfreiwillig Zeuge jenes eigenwilligen Literaturprojektes. Täglich hielten uns gleich mehrere neue Folgen dieser scheints nigerianischen E-Mail-Soap-Opera auf dem Laufenden, wie wir mit nur geringem monetären Einsatz einen erklecklichen Anteil aus dem Vermögen verschiedener hochrangiger Millionenhelden gewinnen sollten - indem wir ihnen, den Sani Abachas, Mariam Sanni Abachas, Barrister jon A Mbeki Esq und wie sie alle hießen beim Anspruch auf das ihnen zustehende Vermögen unterstützten. Ein Werk, ohne das die (Spam)Welt ärmer wäre, darum: Der **Ig-Nobelpreis für Literatur** an die anonymen Autoren.

Womit wir nun zum letzten Kapitel kommen: "Star Wars" im Labor, das klingt nach Astronomie oder Robotik. Doch weit gefehlt: Heuschrecken saßen hier in der ersten Reihe, und erhellten die Mienen und und Monitore von Claire Rind und Peter Simmons an der Universität von Newcastle, die sich den Einfluss bewegender Filmobjekte auf die Hirnaktivität ihrer sechsbeinigen Kinobesucher vor Augen führten [6]. Oder mal wieder genauer gesagt: einer ganz speziellen Nervenzelle des heuschrecklichen Oberschlundganglions. Diese nämlich organisiert, ob Hüpf-und-weg angesagt ist oder Sitzenbleiben erlaubt. Kriegerische Mittel also im Dienste friedlicher Konfliktvermeidungsforschung, das klingt wahrlich lobenswert und preiswürdig: Der **Ig-Nobelpreis für Frieden** geht daher nach Großbritannien.

Und jene Insel liefert durchaus weiteren Ig-Nobelpreis-Stoff ganz frisch auf den Tisch: Eine aktuelle Veröffentlichung im renommierten Medizinerblatt *British Medical Journal* fordert Warnhinweise an Möchtegern-Geländewagen - um Fußgänger darüber aufzuklären, dass ihnen ein Zusammenstoß mit diesen Gefährten weitaus schlechter bekommen dürfte als mit einem normalen Auto [7]. Schuld daran sind zu hohe Stoßstangen und das zunehmende Alter der Bevölkerung, die sich einfach nicht mehr so schnell von Blessuren erholen will. Wer also zum Überfahrenwerden neigt, sollte sich an kleinere Pkw-Klassen halten und mit offenen Augen durch die Lande ziehen, damit man nicht vor die falschen Räder gerate. Ob mit Anbringen des Hinweisschildes dann auch Schadenersatzforderungen hinfällig wären? Diese Diskussion könnte juristisch preiswürdig sein, der löbliche Ansatz der Kollisionsvermeidung lässt in Richtung Frieden denken, der gesundheitliche Aspekt machte eine Einordnung im

Bereich Medizin möglich. Das Ausbaldowern der Schriftgröße in Abhängigkeit der Adressatengruppe wäre eine psychologische Fragestellung, die gesicherte Sichtbarkeit auch unter ungünstigen Umgebungsbedingungen eine technische - der Preis scheint sicher, der Kategorien gäbe es genug. Oktober nächsten Jahres wissen wir, ob es an der Zeit war, diesen Vorstoß zu ehren.

Antje Findekle

Quellen:

- [1] [Agricultural History](#) 78: 346-360 (2004), [Abstract](#)
- [2] [Applied Herpetology](#) 2: 47-82 (2004), [Volltext](#)
- [3] [Polar Biology](#) 27: 56-58 (2003), [Volltext](#)
- [4] [American Institute of Chemical Engineers Journal](#) 50: 2646-2647 (2004), [Abstract](#)
- [5] [European Journal of Physics](#) 5: 198-200 (1984), [Volltext](#)
- [6] [Journal of Neurophysiology](#) 68: 1654-1666 (1992), [Abstract](#)
- [7] [British Medical Journal](#) 331: 787-788 (2005), [Volltext](#)

© spektrumdirekt

Frage

Welcher dieser deutschen Physik-Nobelpreisträger bekam seine Auszeichnung auch ohne Abitur?

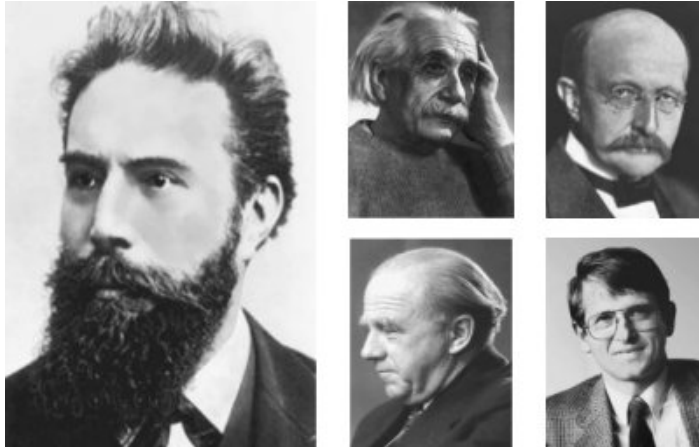
- a) Wilhelm Conrad Röntgen
- b) Albert Einstein
- c) Max Planck
- d) Werner Heisenberg
- e) Klaus von Klitzing

Antwort:

Der erste Physik-Nobelpreisträger überhaupt, Wilhelm Conrad Röntgen, konnte kein Abitur vorweisen.

Erklärung:

Ein beeindruckendes Beispiel dafür, dass man es auch ohne Abitur durchaus zu etwas bringen kann, ist **Wilhelm Conrad Röntgen** (1845-1923). Der erste Physik-Nobelpreisträger überhaupt, der seine Auszeichnung 1901 für die Entdeckung der nach ihm benannten Strahlung erhielt, musste die Technische Schule in Utrecht nämlich kurz vor dem Abitur verlassen, weil ihm unterstellt wurde, eine Karikatur seines Lehrers an die Tafel gezeichnet zu haben. Als der bedauernswerte Schüler zumindest noch ein Privatabitur bestehen wollte, erschien zur Prüfung ausgerechnet der karikierte Lehrer - und ließ ihn prompt durchfallen. Zu Röntgens Glück nahm das Zürcher Polytechnikum zu dieser Zeit auch Studenten mit entsprechendem Vorwissen ohne Abitur auf, woraufhin er dort zunächst Maschinenbaukunde, später in einem Aufbaustudium Physik studierte.



Deutsche Physik-Nobelpreisträger: Wilhelm Conrad Röntgen (großes Bild links), Albert Einstein (oben Mitte), Max Planck (oben rechts), Werner Heisenberg (unten Mitte) und Klaus von Klitzing (unten rechts).

Einen Versuch, ebenfalls ohne Abitur am Polytechnikum aufgenommen zu werden, unternahm **Albert Einstein** (1879-1955). Ohne Erfolg allerdings. Das lag in seinem Fall jedoch weniger an mangelnden Leistungen - die geforderten Kenntnisse in den mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächern hatte er durchaus - als vielmehr an seinem jugendlichen Alter: Sechzehnjährige sollten nach Meinung der Professoren doch zunächst ihr Abitur ablegen. Nach München, wo er das Luitpold-Gymnasium besucht hatte, wollte Einstein aber aufgrund des nationalen, militärischen und antisemitischen Tons nicht zurück, und so besuchte er bis zu seinem Abitur 1896 die Kantonschule in Aarau. An der Eidgenössischen Technischen Hochschule (ETH) in Zürich studierte er anschließend Physik und Mathematik und arbeitete danach zunächst als Aushilfslehrer und als Gutachter am Eidgenössischen Patentamt in Bern. Einstein wurde 1905 promoviert und habilitierte drei Jahre später. Den Nobelpreis bekam er 1921 für seinen Beitrag zur Theoretischen Physik, dabei vor allem für die Entdeckung des Photoelektrischen Effektes. Die Gerüchte, Einstein sei ein schlechter Schüler gewesen, sind übrigens nachweislich falsch.

Einer, der im Alter von 16 Jahren bereits ein glänzendes Abitur abgelegt hatte, war **Max Planck** (1858-1947). Der hochbegabte Schüler schwankte zunächst in seiner Entscheidung zwischen einem Studium der Musik, der Altphilologie und der Physik. Entgegen dem Anraten namhafter Physiker, die der Meinung waren, auf ihrem Gebiet sei alles Wesentliche bereits erforscht, entschloss Planck sich für ein Physikstudium. Mit 21 Jahren wurde er promoviert, mit 27 erhielt er seine erste Professur. Den Nobelpreis nahm er 1918 für seine Entdeckung der Energiequantelung entgegen. Zu Zeiten des Nationalsozialismus ergriff Planck unerschrocken das Wort zur Ehrenrettung der jüdischen Gelehrten, doch brachten ihm die Kriegsjahre zahllose Schicksalsschläge. Noch als 87-Jähriger musste er nach Göttingen flüchten, wo er jedoch aus der ihm von den Göttinger Physikern

entgegenströmenden Verehrung viel Kraft schöpfen konnte. Als äußeres Zeichen dieser Verehrung wurde die ruhmreiche "Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften", deren Präsident Max Planck sieben Jahre lang gewesen war, in "Max-Planck-Gesellschaft" umbenannt.

Ein bemerkenswert guter Schüler war auch **Werner Heisenberg** (1901-1976), der sein Abitur 1920 am Maximiliansgymnasium in München ablegte. Der für seine Entwicklung der Quantentheorie 1932 mit dem Nobelpreis Ausgezeichnete war bereits mit 26 Jahren Ordinarius für Theoretische Physik an der Universität Leipzig. Als in München 1937 die Nachfolge seines Lehrers Arnold Sommerfelds zur Diskussion stand, waren sich die Physiker einig, dass dieser Lehrstuhl nur mit dem hervorragendsten Sommerfeld-Schüler besetzt werden könnte. Gegen diese Pläne richteten sich allerdings heftige Angriffe nationalsozialistischer Kreise mit vehementen Diffamierungen, die erst dann aufhörten, als Heisenbergs Kenntnisse zu Beginn des 2. Weltkrieges dringend benötigt wurden.

Klaus von Klitzing (geboren 1943), ist einer von wenigen deutschen Physikern, der seiner Heimat treu geblieben ist. Er legte sein Abitur 1962 in Quakenbrück ab und studierte zwischen 1962 und 1969 Physik an der Technischen Universität Braunschweig. Promoviert wurde er später an der Universität Würzburg, wo er auch seine Habilitation ablegte. Die begehrte Auszeichnung erhielt der jetzige Direktor des Max-Planck-Instituts für Festkörperforschung in Stuttgart 1985 für seine Entdeckung des Quanten-Hall-Effektes.

Eine knifflige Liebe

Seit Mai 1998 veröffentlicht das Internet-Portal Wissenschaft Online jeden Monat eine mathematische Knebelei, die inzwischen Bestandteil der Internet-Zeitschrift spektrumdirekt geworden ist. Die Kolumne wird von einem Dreierteam geschrieben: Der Mathematiker und Unternehmensberater Richard Mischak erfindet die Aufgaben, der Biologe und Wissenschaftsjournalist Olaf Fritsche kleidet sie in hübsche Geschichten und der Physiker und Wissenschaftsjournalist Thorsten Krome schreibt die Lösungen dazu.

Einunddreißig dieser Rätsel haben sie zu dem Buch "Jagd auf Zahlen und Figuren" zusammengestellt, das im April 2005 im Rowohlt-Verlag erschienen ist. Nun folgt als zweiter Band "Auf der Suche nach dem heiligen Integral" mit weiteren zweiunddreißig Knobelgeschichten.

"Hassen Sie Mathe? Dann sind Sie hier richtig! Lieben Sie Mathe? Dann halten Sie ebenfalls das richtige Buch in den Händen! Und wenn Sie der Meinung sind, das könnte unmöglich beides zutreffen, dann blättern Sie schnell ein paar Seiten weiter. Suchen Sie sich eine der kleinen Geschichten [...] heraus und fangen Sie an zu lesen." So beginnt das Buch. Und die Autoren haben Recht.

Hasst man Mathematik, so wird man dennoch an den humorvollen und häufig skurrilen Geschichten sicherlich Gefallen finden, und ehe man sich versieht, trotzdem ein wenig herumprobieren und versuchen, die Lösung herauszubekommen. Liebt man aber Mathematik, wird man diese Sammlung wunderschöner Probleme bestimmt nicht eher aus der Hand legen, bis man auch das letzte gelöst hat.

Hier ist als Kostprobe: "Willkommen in meinem Reich, Patrick O'Knobely", ruft das Männlein aus, das nun königlich gekleidet ist und ein Krone auf dem Kopf trägt. Zu spät wird Patrick klar, dass er dem Herrscher der Kobolde in die Falle gegangen ist. "Jetzt spielen wir!", befiehlt der König. "Wirf deinen Würfel!". Patrick wirft - und der Würfel zerfällt. Als seien die Nähte zwischen einigen Flächen aufgegangen, entrollt sich der Würfel zu sechs flachen, zusammenhängenden Quadraten, die platt auf dem Tisch liegen. "Das nennt man ein Hexomino, Patrick", erklärt der König der Kobolde. "Schluss mit dem Spuk!", ruft Patrick entsetzt aus. "Ich will nach Hause." "Oh, du darfst nach Hause", grinst ihn der König an. "Aber nur, wenn du mir sagst, wie viele verschiedene Hexominos es gibt, die man zu einem Würfel falten kann. Weißt du es nicht, musst du hier bleiben und mir dienen bis an das Ende aller Zeiten."

Die Aufgaben des Buches stammen aus vielen Bereichen der Mathematik. Ein großer Teil sind geometrische Probleme, anderen kommen aus der Arithmetik, der Kombinatorik oder der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Um die Aufgaben lösen zu können, reicht meistens die Kenntnis der Mittelstufenmathematik aus. Etliche Gestalten aus den Geschichten haben literarische Vorbilder, zum Beispiel Franz K. aus Prag oder König Arcus, der das heilige Integral sucht.

Als zusätzliches Rätsel kann man versuchen, diese Vorbilder zu finden. Es ist ein Genuss, dieses Buch zu lesen und seine Rätsel zu knacken, und es sollte in keiner Sammlung von Denksportaufgabenbüchern fehlen.

Prof. Dr. Heinrich Hemme
Fachhochschule Aachen

Olaf Fritsche, Richard Mischak,
Thorsten Krome

**Auf der Suche nach dem
heiligen Integral**
ROWOHLT TB.



ISBN: 3499619954

Dieses Buch können Sie **im Science-Shop** für **8,90 €** kaufen.
»

5x5-Bewertung

Inhalt	■ ■ ■ ■ ■
Vermittlung	■ ■ ■ ■ ■
Verständlichkeit	■ ■ ■ ■ □
Lesespaß	■ ■ ■ ■ ■
Preis-Leistung	■ ■ ■ ■ □
Expertenwertung	23

Über uns

Wie Sie **spektrumdirekt** umfassend nutzen können

Die Redaktion von **spektrumdirekt durchforstet tagtäglich die Publikationen der Wissenschaftler und berichtet dann verständlich, fundiert und unterhaltsam über die wichtigsten und spannendsten Erkenntnisse aus der Forschung.**

spektrumdirekt erscheint in einzelnen Ausgaben jeweils Dienstag bis Samstag. Jede Ausgabe enthält etwa acht bis zehn Artikel zu den unterschiedlichsten Themenbereichen. Die Artikel können sowohl als einzelne Internetseiten abgerufen werden, als auch in Form kompletter Ausgaben als PDF-Datei.

Auf www.spektrumdirekt.de finden Sie immer die Titelseite der aktuellsten Ausgabe. Durch die **älteren Ausgaben** blättern Sie am einfachsten über die Kalenderfunktion oben rechts auf der Titelseite.

Als Abonnent haben Sie Zugriff auf alle Ausgaben und auf jeden einzelnen Artikel - und damit auf ein **Archiv mit über 15 000 Beiträgen**.

Nichtabonnenten können, wenn sie an einem Artikel interessiert sind, die entsprechende Ausgabe von **spektrumdirekt** für 0,50 Euro über unseren Partner *firstgate* abrufen.

Möchten Sie **spektrumdirekt kostenlos und unverbindlich kennen lernen?**

Dann schreiben Sie uns einfach eine E-Mail mit dem Betreff "Schnuppern" an

aboservice@wissenschaft-online.de

Bitte geben Sie dabei Ihren Namen und Ihre E-Mail-Adresse an. Wir richten Ihnen dann gerne einen Freizugang ein, der nach zwei Wochen automatisch beendet wird.

Häufig kommt die Frage, wie **spektrumdirekt** und der **Newsletter von wissenschaft-online** zusammenhängen. Der Newsletter, den Sie in Text- oder HTML-Form per E-Mail direkt in Ihr Postfach bekommen, bietet das aktuelle Inhaltsverzeichnis von **spektrumdirekt**. Den Inhalt selbst gibt es dann im Internet.

Darüber hinaus weist der Newsletter auf weitere Inhalte von wissenschaft-online und unseren Partnern hin: die Zeitschriften von Spektrum der Wissenschaft, die deutsche Seite des Fachmagazins "The Lancet", den Science-Shop und anderes. Mit einem regelmäßigen Editorial möchten wir Sie zudem auf besonders interessante Artikel und Ereignisse aufmerksam machen. Artikel, auf die so hingewiesen wird, sind immer frei.

Der Newsletter, also die E-Mail an Sie, ist für jeden kostenfrei. Die Wissenschaftszeitung **spektrumdirekt** ist es nicht. Sie kostet im Abonnement aber weniger als 16 Cent pro Ausgabe: 39,95 bzw. ermäßigt 30,00 Euro im Jahr. Die Ermäßigung gilt sowohl für Schüler, Auszubildende, Studenten und Referendare, als auch für Abonnenten einer Zeitschrift aus dem Verlag Spektrum der Wissenschaft.

Wenn Sie Fragen zu unserem Angebot haben, stehen wir Ihnen gerne über die E-Mail-Adresse aboservice@wissenschaft-online.de zur Verfügung. Und selbstverständlich können Sie mir auch jederzeit persönlich schreiben.

Mit herzlichen Grüßen

Richard Zinken
Chefredakteur
zinken@wissenschaft-online.de