



Achat-Blumenwiese

Blumenwiese im Achat

Wim Noorduyn und seine Mitarbeiter stellten experimentell Nanostrukturen her, die verblüffend Blumen ähneln. (»Nano-Rose«, Bild des Monats, Juli 2013, S. 11)

Günther Sterba, Markkleeberg: Anbei sende ich Ihnen das Foto einer Blumen-

wiese, die ich als Kristallisationsstruktur in einem Achat fand. Die Farben und die Unschärfe sind natürliche Gegebenheiten, keine durch Behandlung oder Abbildungsfehler entstandenen Zustände. Im Hinblick auf die im Heft vorgestellte Nanorose und die im zugehörigen Text erwähnten anderen Nanoblumen finde ich folgende Fakten besonders interessant:

- **Chemie:** Auch Achat ist eine Siliziumverbindung (Siliziumoxid), die durch die Einlagerung verschiedener Fremdelemente fast in allen Farbtönen vorkommt.
- **Alter:** Die Achatstruktur wurde in einem Stück aus Brasilien gefunden. Die dortigen Achate sind etwa 60 bis 80 Millionen alt.
- **Zur Zeit der Entstehung** dieser Achatstrukturen gab es noch keine Blumen dieser Art.
- **Diese blumenähnlichen Strukturen** kommen nur in einem einzigen Band (einer Schicht) des vielschichtigen Achats vor. Unterschiede in den Schichten werden oft als Resultate phasenartiger Temperaturbedingungen interpretiert.
- **Mir ist keine Abbildung** oder Beschreibung bekannt, in der bereits solche natürlichen Nanoblumen vorgestellt wurden.

Neutrinos mit negativer Energie?

Die drei Physiker Marianne Göger-Neff, Lothar Oberauer und Stefan Schönert berichteten über den aktuellen Wissens-

Spektrum

DER WISSENSCHAFT

Chefredakteur: Prof. Dr. phil. Dipl.-Phys. Carsten Könneker M.A. (v.i.S.d.P.)
Redaktionsleiter: Dr. Hartwig Hanser (Monatshefte), Dr. Gerhard Trageser (Sonderhefte)
Redaktion: Thilo Körkel, Dr. Klaus-Dieter Linsmeier, Dr. Christoph Pöppe (Online-Koordinator), Dr. Frank Schubert, Dr. Adelheid Stahnke, Antje Findekle (Bild des Monats); E-Mail: redaktion@spektrum.com
Ständiger Mitarbeiter: Dr. Michael Springer
Editor-at-Large: Dr. rer. nat. habil. Reinhard Breuer
Art Direction: Karsten Kramarczik
Layout: Sibylle Franz, Oliver Gabriel, Anke Heinzlmann, Claus Schäfer, Natalie Schäfer
Schlussredaktion: Christina Meyberg (Ltg.), Sigrid Spies, Katharina Werle
Bildredaktion: Alice Krüßmann (Ltg.), Anke Lingg, Gabriela Rabe
Referentin des Chefredakteurs: Kirsten Baumbusch
Redaktionsassistenz: Erika Eschwei
Redaktionsanschrift: Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Tel. 0 6221 9126-711, Fax 0 6221 9126-729
Verlag: Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 48 40, 69038 Heidelberg, Hausanschrift: Slevogtstraße 3–5, 69126 Heidelberg, Tel. 0 6221 9126-600, Fax -751; Amtsgericht Mannheim, HRB 338114
Verlagsleiter: Richard Zinken
Geschäftsleitung: Markus Bossle, Thomas Bleck
Herstellung: Natalie Schäfer, Tel. 0 6221 9126-733
Marketing: Annette Baumbusch (Ltg.), Tel. 0 6221 9126-741, E-Mail: service@spektrum.com
Einzelverkauf: Anke Walter (Ltg.), Tel. 0 6221 9126-744
Übersetzer: An diesem Heft wirkten mit: Dr. Markus Fischer, Dr. Ursula Loos, Dr. Andreas Nestke
Leser- und Bestellservice: Helga Emmerich, Sabine Häusser, Ute Park, Tel. 0 6221 9126-743, E-Mail: service@spektrum.com

Vertrieb und Abonnementverwaltung:

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, c/o ZENIT Pressevertrieb GmbH, Postfach 81 06 80, 70523 Stuttgart, Tel. 0 711 7252-192, Fax 0 711 7252-366, E-Mail: spektrum@zenit-presse.de, Vertretungsberechtigter: Uwe Bronn

Die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH ist Kooperationspartner der Nationales Institut für Wissenschaftskommunikation gGmbH (NaWik). Das NaWik ist ein Institut der Klaus Tschira Stiftung gGmbH und des Karlsruher Instituts für Technologie. Wissenschaftlicher Direktor des NaWik ist Spektrum-Chefredakteur Prof. Dr. Carsten Könneker.

Bezugspreise: Einzelheft € 7,90 (D/A) / € 8,50 (L) / sFr. 14,-; im Abonnement € 84,- für 12 Hefte; für Studenten (gegen Studiennachweis) € 69,90. E-Paper € 60,- im Jahresabonnement (Vollpreis); € 48,- ermäßigter Preis auf Nachweis. Zahlung sofort nach Rechnungserhalt. Konto: Postbank Stuttgart 22 706 708 (BLZ 600 100 70).

Die Mitglieder des Verbands Biologie, Biowissenschaften und Biomedizin in Deutschland (VBio) und von Mensa e. V. erhalten sDw zum Vorzugspreis.

Anzeigen: iq media marketing gmbh, Verlagsgruppe Handelsblatt GmbH, Bereichsleitung Anzeigen: Patrick Priesmann, Tel. 0 211 887-2315, Fax 0 211 887 97-2315; verantwortlich für Anzeigen: Nicole Klemmer, Postfach 102663, 40017 Düsseldorf, Tel. 0 211 887 1373

Druckunterlagen an: iq media marketing gmbh, Vermerk: Spektrum der Wissenschaft, Kasernenstraße 67, 40213 Düsseldorf, Tel. 0 211 887-2387, Fax 0 211 887-2686

Anzeigenpreise: Gültig ist die Preisliste Nr. 34 vom 01.01.2013.
Gesamtherstellung: L.N. Schaffrath Druckmedien GmbH & Co. KG, Marktweg 42–50, 47608 Geldern

Sämtliche Nutzungsrechte an dem vorliegenden Werk liegen bei der Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH. Jegliche Nutzung des Werks, insbesondere die Vervielfältigung, Verbreitung, öffentliche Wiedergabe oder öffentliche Zu-

gänglichmachung, ist ohne die vorherige schriftliche Einwilligung des Verlags unzulässig. Jegliche unautorisierte Nutzung des Werks berechtigt den Verlag zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer. Bei jeder autorisierten (oder gesetzlich gestatteten) Nutzung des Werks ist die folgende Quellenangabe an branchenüblicher Stelle vorzunehmen: © 2013 (Autor), Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH, Heidelberg. Jegliche Nutzung ohne die Quellenangabe in der vorstehenden Form berechtigt die Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH zum Schadensersatz gegen den oder die jeweiligen Nutzer.

Wir haben uns bemüht, sämtliche Rechteinhaber von Abbildungen zu ermitteln. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechteinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt. Für unaufgefordert eingesandte Manuskripte und Bücher übernimmt die Redaktion keine Haftung; sie behält sich vor, Leserbriefe zu kürzen.

ISSN 0170-2971

SCIENTIFIC AMERICAN

75 Varick Street, New York, NY 10013-1917
 Editor in Chief: Mariette DiChristina, President: Steven Inchcoombe, Vice President, Operations and Administration: Frances Newburg, Vice President, Finance, and Business Development: Michael Florek, Managing Director, Consumer Marketing: Christian Doreand, Vice President and Publisher: Bruce Brandfon



Erhältlich im Zeitschriften- und Bahnhofsbuchhandel und beim Pressefachhändler mit diesem Zeichen.



stand zu den Eigenschaften der Neutrinos. (»Große Geheimnisse um kleine Teilchen«, Juli 2013, S. 46)

Karl-Otto Eschrich, Potsdam: In einem Buch zur experimentellen Physik hatte ich vor einiger Zeit einmal gelesen, dass beim Zerfall langsamer Neutronen die Energiebilanz in seltenen Fällen so aussieht, dass die Summe der Energien der Zerfallsprodukte Proton und Elektron größer ist als die des Neutrons, was eine negative Energie des Neutrinos (genauer: Anti-Elektron-Neutrinos) zur Folge hätte. Können Forscher heute solche Messungen bestätigen?

Antwort der Autorin Marianne Göger-Neff:

Dabei dürfte es sich um die negativen Massenquadrate handeln, die in den 1990er Jahren etwa von dem Mainzer Tritiumzerfallsexperiment gemessen wurden. Der Grund dafür waren nicht genau verstandene systematische Effekte innerhalb der Tritiumquelle (damals ein gefrorener Tritiumfilm).

Betrachtet man einen Betazerfall und misst das Energiespektrum der Elektronen, kann man dieses Spektrum in der Nähe des Endpunkts näherungsweise schreiben als

$$dN/dE \sim (E_0 - E)^2 - m_\nu^2/2.$$

Andererseits führt eine Faltung des Spektrums mit einer Gaußverteilung mit der Standardabweichung σ zu einer Zählrate (für $m_\nu = 0$):

$$dN/dE \sim (E_0 - E)^2 + \sigma^2.$$

Das heißt: $m_\nu^2 = -2 \sigma^2$. Es ist daher sehr wichtig, die Prozesse innerhalb der Tritiumquelle ganz genau zu verstehen. Jeder unerkannte Effekt, der die Energieauflösung beeinflusst, führt unweigerlich zu einem negativen m_ν^2 .

Die damals unverstandenen Effekte waren zum Beispiel:

► Der Tritiumfilm veränderte sich im Lauf der Messung. Ein Teil des Tritiums dampfte ab, die Oberfläche wurde rau. Das führte zu unterschiedlichen Energieverlusten der Elektronen beim Ausreten.

► Obwohl der Film nur wenige Moleküllagen dick war, konnte es teilweise zu inelastischen Stößen der Elektronen in-

nerhalb des Films kommen, die die Elektronen abbremsen.

► Im Lauf der Messung lud sich der Film elektrisch auf (etwa eine Milliarde Zerfälle pro Sekunde, wobei die Elektronen den Film verlassen und die positiv geladenen Ionen zurückbleiben). Durch die elektrische Abstoßung bekommen die Elektronen zusätzliche Energie.

Die letzten Messungen des Mainzer Experiments 1999 und 2001, bei denen auf alle diese Effekte korrigiert wurde, führten zu einer mit null verträglichen Neutrinomasse. Bei KATRIN versucht man, mit der gasförmigen, fensterlosen Tritiumquelle möglichst alle dieser Energieverlusteffekte für die Elektronen zu vermeiden und die verbleibenden gut zu verstehen.

Waldemar Sabais, München: Die Sache mit den Betazerfällen scheint mir noch sehr mysteriös zu sein, von den inversen ganz zu schweigen. In verkürzter Form steht da für Betazerfall: $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$; und für den inversen Betazerfall: $\bar{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$.

Für einen Laien wie mich passt hier etwas mit der Massenerhaltung nicht ($m_n \approx 939,565 \text{ MeV}/c^2$; $m_p \approx 938,272 \text{ MeV}/c^2$), wenn ein Proton in ein schwereres Neutron zerfällt und dabei noch ein Positron anfällt. Ganz witzig wäre es, wenn das so stimmen würde, dann hätten wir den halben Urknall erklärt, weil durch abwechselnden Zerfall von n und p mit Hilfe des Neutrinos ν_e eine ganze Menge von Positronen und Elektronen erzeugt werden würde.

Antwort der Autorin Marianne Göger-Neff:

Im Artikel haben wir nicht erwähnt, dass die Neutrinos eine bestimmte Mindestenergie haben müssen, um den inversen Betazerfall auszulösen. Dann stimmt auch die Energieerhaltung.

Diese Mindestenergie kann man sich leicht ausrechnen: Sie beträgt für den inversen Betazerfall an freien Protonen $m_n + m_e - m_p = 1,8 \text{ MeV}$. Das heißt, nur Elektron-Antineutrinos, die eine kinetische Energie von mehr als 1,8 MeV haben, lassen sich über den inversen Betazerfall detektieren (die Neu-

FOLGEN SIE UNS
IM INTERNET



www.spektrum.de/facebook



www.spektrum.de/youtube



www.spektrum.de/googleplus



www.spektrum.de/twitter

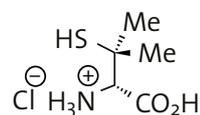
trinomasse haben wir dabei vernachlässigt).

Erratum

(»Chemie als abstrakte Kunst«, Juli 2013, S. 82)

Im Reaktionsschema der Penizillinsynthese nach John C. Sheehan auf S. 86 ist ein Druckfehler: In der mittleren chemischen Formel der obersten Zeile trägt das Stickstoffatom eine negative Ladung statt richtig einer positiven (Bild).

AMERICAN SCIENTIST:
MONTAGNON, K.C.,
MOLECULES THAT
CHANGED THE WORLD.
WILEY-VCH, 2008



BRIEFE AN DIE REDAKTION

... sind willkommen! Schreiben Sie uns auf www.spektrum.de/leserbriefe oder schreiben Sie mit Ihrer kompletten Adresse an:

Spektrum der Wissenschaft
Leserbriefe
Sigrid Spies
Postfach 10 48 40
69038 Heidelberg
E-Mail: leserbriefe@spektrum.com

Die vollständigen Leserbriefe und Antworten der Autoren finden Sie ebenfalls unter: www.spektrum.de/leserbriefe