

GEOTHERMIK

Neutrinos enthüllen radioaktive Heizung des Erdinneren

Die Erde strahlt rund 44 Terawatt (Billionen Watt) Wärme ins All ab. Gut die Hälfte davon stammt von zerfallenden Radioisotopen, errechneten jetzt japanische Forscher auf der Basis von Neutrinodaten des Detektors KamLAND (Kamioka Liquid Scintillator

Antineutrino Detector) bei Kamioka in Japan. Das Wissenschaftlerteam zählte Antineutrinos aus dem Erdinneren, die beim Zerfall von Uran-238 und Thorium-232 entstehen, und leiteten daraus die Konzentration der beiden Elemente ab. Insgesamt erzeugen diese Radioisotope demnach 20 Terawatt Wärme; hinzu kommen etwa vier Terawatt, im Wesentlichen von Kalium-40. Die restlichen 20 Terawatt, welche die Erde abstrahlt, dürften wohl noch von der Entstehung des Planeten herrühren.

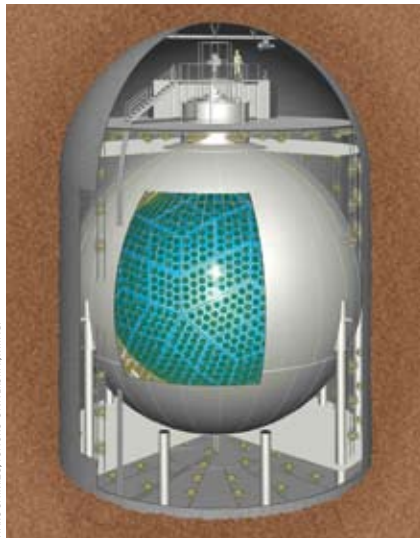
Der KamLAND-Detektor ist ein kugelförmiger Tank mit einem speziellen, einen Fluoreszenzfarbstoff enthaltenden Mineralölgemisch, in dem

die seltenen Zusammenstöße von Neutrinos mit Protonen Lichtblitze erzeugen. Zwischen März 2002 und November 2009 registrierten die Detektoren in der Wand des Tanks insgesamt 841 Antineutrinos. Der Großteil stammt von den Uran- und Plutoniumisotopen der Atomreaktoren Japans. Anhand der bekannten Leistungsdaten der Kraftwerke gelang es den Forschern jedoch, dieses Signal herauszurechnen. Übrig blieben rund 100 Ereignisse, die ihren Ursprung im Erdinneren haben. Das genügte, um die Konzentration der Radioisotope hinreichend genau zu bestimmen.

Die Ergebnisse könnten die Kenntnis über das Erdinnere erweitern, insbesondere über die Dynamik des Erdmantels. Dort trägt die Zerfallswärme beträchtlich zur Konvektion bei, die geophysikalische Phänomene wie die Plattentektonik antreibt (siehe rechts).

Nature Geosci. 10.1038/ngeo1205, 2011

Der kugelförmige Tank des KamLAND-Detektors enthält 1000 Tonnen Szintillatorflüssigkeit. Insgesamt 1879 Fotodetektoren in der Wand nehmen die Neutrinosauf.



ITARU SHIMIZU, TOHOKU-UNIVERSITÄT, MIYAGI

PLANETEN

Plutos vierter Mond

Bei der Suche nach möglichen Ringen um den Zwergplaneten Pluto stieß ein Forscherteam um Mark Showalter am SETI Institute in Mountain View, US-Bundesstaat Kalifornien, mit dem Weltraumteleskop Hubble auf einen bislang unbekanntem Mond. P4 oder S/2011 P1, so die provisorischen Bezeichnungen des Begleiters, ist zwischen 13 und 34 Kilometer groß und umrundet Pluto in einem Abstand von 59 000 Kilometern innerhalb von 32 Tagen. Damit zieht er seine Bahn zwischen den Umlaufbahnen der bereits 2005 ebenfalls mit Hubble entdeckten Monde Nix und Hydra.

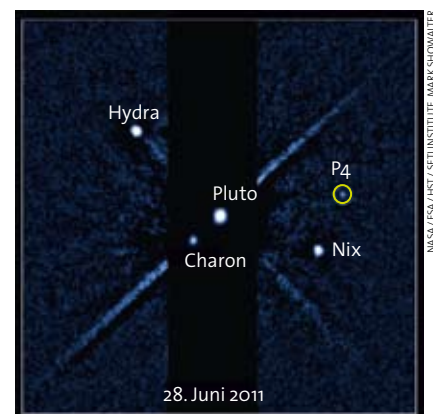
Der neue Trabant war den Beobachtern zum ersten Mal am 28. Juni 2011 aufgefallen. Auf früheren Bildern von Hubble hatte man den Mond nicht entdeckt, da die Belichtungszeiten zu kurz waren. Weil die Forscher aber

diesmal nach äußerst lichtschwachen Staubringen um Pluto suchten, wurden die neuen Bilder wesentlich länger belichtet – und P4 zeigte sich auf ihnen als unauffälliger Punkt.

Bereits 1978 entdeckte James Walter Christy den ersten Plutomond Charon, der mit rund 1200 Kilometer Durchmesser etwa halb so groß wie Pluto selbst ist. Die Durchmesser der Monde Nix und Hydra dürften zwischen 40 und 160 Kilometer liegen. Experten gehen davon aus, dass alle Monde des Zwergplaneten das Ergebnis einer heftigen Kollision in der Frühzeit des Sonnensystems vor mehr als 4,5 Milli-

arden Jahren sind. Damals könnte ein größeres Objekt mit dem Protopluto kollidiert sein, wobei rund ein Achtel seiner Masse herausgesprengt wurde. Aus ihr entstanden dann die Monde – und eben vielleicht ein Ring aus feinen Partikeln um Pluto. Darauf allerdings fanden sich auch auf den neuen Bildern keinerlei Hinweise.

Neben dem großen Charon und den kleineren Monden Nix und Hydra zieht auch der neu entdeckte P4 (im gelben Kreis) seine Bahn um den Zwergplaneten Pluto.



NASA / ESA / HST / SETI INSTITUTE, MARK SHOWALTER

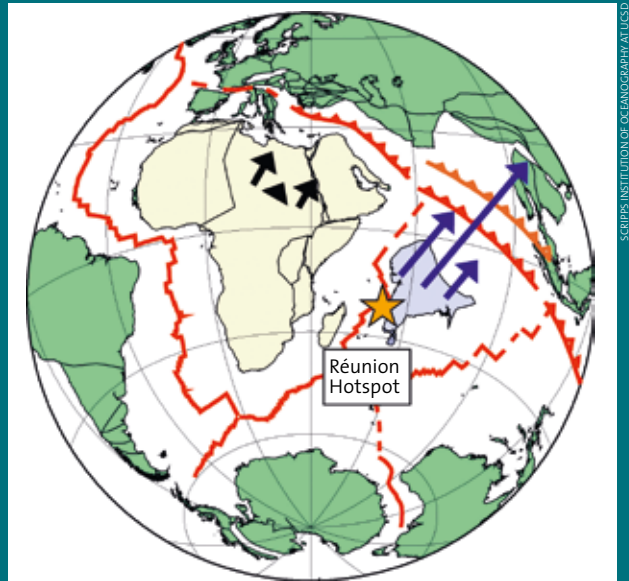
PLATTENTEKTONIK

Magmablase beschleunigte Indien und bremste Afrika

Vor rund 150 Millionen Jahren brach der Superkontinent Gondwana auseinander, und Indien begann nach Norden Richtung Asien zu driften. Auf diesem Weg beschleunigte sich die Platte vor etwa 70 Millionen Jahren ziemlich rasant, während sich gleichzeitig enorme Mengen Lava auf das heutige Hochland von Dekkan ergossen. Beides hängt wohl eng miteinander zusammen, stellten nun Steve Cande von der Scripps Institution of Oceanography an der University of California in San Diego und seine Kollegen fest. Denn der Subkontinent bewegte sich damals über einen neu entstandenen so genannten Mantel-Plume (Manteldiapir) im Indischen Ozean hinweg. Dabei handelt es sich um eine Blase aus heißem und geschmolzenem Gestein, die in abgeschwächter Form auch heute noch aktiv ist: Sie speist den aktiven Vulkanismus auf der Insel Réunion.

Die Wanderung des Subkontinents beschleunigte sich damals zusätzlich durch konvektive Kräfte im Réunion-Plume: Statt mit nur zwei Zentimetern pro Jahr bewegte sich die Platte über einen Zeitraum von knapp 20 Millionen Jahren zehnmal so schnell nach Nordosten. Zugleich drang Magma bis an die Oberfläche der Landmasse vor. Es ergoss sich über eine halbe Million Quadratkilometer und umfasste rund 500 000 Kubikkilometer Material. Nach Auswertung ihrer Gesteinsdaten sind sich die Forscher sicher, dass beide Ereignisse ursächlich zusammenhängen.

Umgekehrt sorgte der Plume dafür, dass sich Afrikas Tempo verlangsamte – vor allem die gegen den Uhrzeigersinn gerichtete Drehbewegung dieser Platte Richtung



Vor 63 Millionen Jahren: Die indische Platte driftet nordwärts.

Eurasien erlahmte und kam fast zum Erliegen. Der Kontinent wurde zwischen dem Plume und drei Spreizungszonen im mittleren und südlichen Atlantik sowie im Indischen Ozean eingeklemmt und lagestabil gehalten. Erst nachdem Indien über den Plume hinweggedriftet war und dessen konvektive Kräfte nachließen, bewegte sich auch Afrika wieder langsam nach Nordwesten. Zugleich nahm die Geschwindigkeit der Indischen Platte ab, auf Werte zwischen drei und fünf Zentimeter pro Jahr.

Nature 475, S. 47–52, 2011

BIOLOGIE

Schnecken überleben Darmassage

Die japanische Schneckenart *Tornatellides boeningi* besitzt eine für landlebende Mollusken höchst außergewöhnliche Ausbreitungsstrategie: Sie überlebt in nennenswerter Zahl im Darm von Vögeln und wird so großflächig über ihre Heimat, die Insel Hahajima, verbreitet, wie Biologen um Shinihiro Wada von der Tohoku-Universität entdeckten. Die Forscher hatten zuvor festgestellt, dass die genetische Vielfalt der nur 2,5 Millimeter großen Tiere im gesamten Verbreitungsgebiet außerordentlich hoch ist. Normalerweise kommen Schneckenarten auf der Insel

nur in isolierten und daher genetisch verarmten Populationen vor.

Mindestens 15 Prozent der bevorzugt von Japan-Brillenvögeln (*Zosterops japonicus*) gefressenen *T. boeningi* überleben nach Zählungen der Biologen die Passage durch den Verdauungstrakt: Weder die Salzsäure im Drüsenmagen noch der anschließende kräftige Muskelmagen oder die Reise durch den Darm können diesen Tieren etwas anhaben. Eine der im Labor probeweise verfütterten Schnecken gebar anschließend sogar Nachwuchs – die Art legt keine Eier, sondern bringt lebende

Jungtiere zur Welt. Damit konnten die Biologen erstmals nachweisen, dass Landschnecken Flugreisen im Vogeldarm antreten und in nennenswerter Zahl überleben. Bislang war eine ähnliche Ausbreitungsstrategie nur von Wasserschnecken bekannt, die von Fischen aufgenommen werden. Ob *T. boeningi* spezielle Anpassungsstrategien entwickelt hat, um die Tortur im Vogelleib zu überstehen – etwa säureresistente Gehäuse –, wollen die Wissenschaftler als Nächstes klären.

J. Biogeogr. 10.1111/

j.1365-2699.2011.02559.x, 2011

KREBS

Aggressive Sauerstoffverbindungen bremsen Tumoren

So genannte Reaktive Sauerstoffspezies (ROS) greifen in Zellen unter anderem das Erbgut an, was Krebs hervorrufen kann. Zudem stehen die aggressiven Substanzen im Verdacht, einem bereits wachsenden Tumor zu nützen, etwa indem sie Entzündungen auslösen. Daher suchen Mediziner nach Wegen, die ROS im Körper abzufangen. Genau diese Vorgehensweise könnte aber wiederum manche Krebsformen unter bestimmten Bedingungen fördern, entdeckten nun Forscher um David Tuveson vom britischen Cambridge Research Institute.

Die Wissenschaftler haben herausgefunden, dass einige Krebs auslösende Gene in Mäusen die Produktion des Transkriptionsfaktors Nrf2 ankurbeln. Dieses Protein galt zuvor eigentlich als Verbündeter gegen Tumorentstehung, denn es aktiviert die körpereigene ROS-Entgiftung – die reaktiven Stoffe werden also abgefangen. Doch als die Forscher Nrf2 in Tumoren versuchsweise lahmlegten, kam deren weitere Entwicklung zum Stillstand.

Demnach können ROS zwar einerseits Krebs auslösen, schaden andererseits aber auch Tumoren. Im Besonde-

Aktuelle Meldungen und Hintergründe finden Sie auf spektrumdirekt.de

ren gilt das wohl für noch junge Krebsgeschwüre, wie weitere Experimente belegen: Wird die Nrf2-Produktion dort verhindert, so sammeln sich in ihnen besonders große Mengen an ROS an, und das Tumorwachstum stoppt. Behandelt man den Tumor aber mit Antioxidanzien, entwickelt er sich wieder ungehemmt. Es könnte sich also lohnen, genauer zu untersuchen, wie verwundbar junge Krebszellen durch oxidativen Stress sind – und wie sie reagieren, wenn ihre eigenen Entgiftungsprozesse ausgeschaltet werden.

Nature 475, S. 106–109, 2011

ROHSTOFFE

Meeresgrund steckt voller Seltener Erden

Der weltweite Bedarf der Hightechindustrie an so genannten Seltenerdmetallen, etwa Lanthan oder Neodym, wird momentan zu 97 Prozent durch China gedeckt – ein teures Quasimonopol. Japanische Forscher um Yasuhiro Kato von der Universität Tokio sind nun allerdings auf eine sehr

ergiebige Ersatzquelle gestoßen: Tiefseesedimente enthalten bisweilen so hohe Konzentrationen der begehrten Metalle, dass bereits der Abbau auf fünf Quadratkilometer Fläche den derzeitigen Jahresbedarf der Menschheit deckt.

Die Geowissenschaftler hatten an 78 verschiedenen Stellen rund 2000 Sedimentproben aus dem Tiefseeboden des Pazifiks gezogen und chemisch analysiert: Die Konzentrationen an Seltenen Erden reichten von 0,1 Prozent rund um die Hawaii-Inseln bis 0,2 Prozent im südöstlichen Pazifik bei Tahiti. Das entspricht Werten, wie sie auch in einigen Minen in China vorkommen. Zudem steckten in den Proben relativ große Mengen von schwereren Seltenen Erden, die besonders begehrt sind.

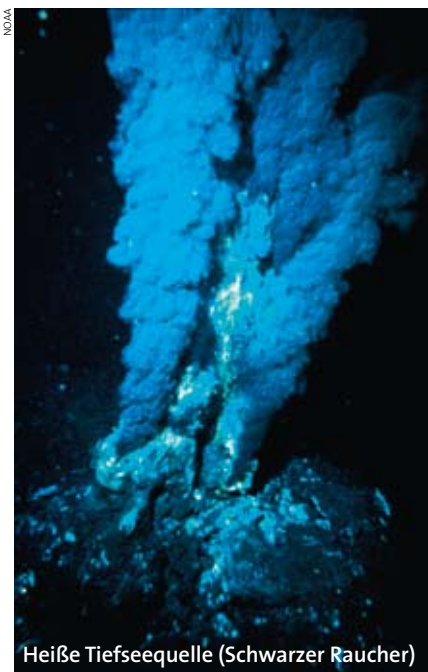
Da einige der mineralreichen Ablagerungen mancherorts bis zu 70 Meter mächtig sind, errechneten Geologen reichlich abbauwürdige Vorkommen: Ein Quadratkilometer mit metallhaltigem Schlamm könnte demnach mindestens 25000 Tonnen Seltene Erden liefern. Insgesamt dürften sich nach Katos Schätzungen etwa 110 Millionen Tonnen der Schätze im Meeresgrund

verbergen – der gegenwärtige jährliche Weltbedarf beläuft sich auf rund 130000 Tonnen.

Die Lagerstätten entstehen vor allem rund um heiße Tiefseequellen (»Schwarze Raucher«): Hier strömt extrem mineralreiches Wasser aus, dessen Bestandteile als Feststoffe ausfallen oder von Mikroben aufgenommen werden und nach deren Absterben auf den Meeresboden rieseln. Aus den Sedimenten können die Seltenen Erden mit Hilfe von Säure relativ leicht gewonnen werden.

Noch steht der Abbau allerdings vor hohen technischen und ökologischen Hürden, denn die Vorkommen lagern in 3500 bis 6000 Meter Tiefe. Außerdem gehören Schwarze Raucher zu den artenreichsten und empfindlichsten Ökosystemen der Tiefsee und erholen sich nur langsam von Eingriffen. Kato weist allerdings darauf hin, dass sein Team die höchsten Metallkonzentrationen etwas entfernt von den aktiven Hydrothermalquellen gefunden hat, so dass Umweltschäden geringer ausfallen könnten als befürchtet.

Nature Geo. 10.1038/NGeo1185, 2011



Heiße Tiefseequelle (Schwarzer Raucher)

TURBULENTE SZENEN

Ab einer bestimmten Fließgeschwindigkeit sorgen kleinste Störungen dafür, dass eine Strömung turbulent wird. Forscher um Kerstin Avila und Björn Hof vom Max-Planck-Institut für Dynamik und Selbstorganisation in Göttingen fanden nun heraus, unter welchen Bedingungen das Strömungsverhalten in geschlossenen Rohrleitungen kippt.

Die Forscher untersuchten hierzu das Fließverhalten in einer 15 Meter langen, aber nur vier Millimeter dünnen Röhre. Mit kurzen Wasserinjektionen lösten sie bei unterschiedlichen Strömungsgeschwindigkeiten kleine Wirbelflecken aus und verfolgten, ob diese verschwinden oder sich wie im Bild gezeigt aufspalten und erhalten bleiben. So bestimmten sie als Grenzwert für Turbulenz eine Reynoldszahl – das ist eine dimensionslose Kenngröße zur Beschreibung von Röhrendurchmesser, Fließgeschwindigkeit und Viskosität der Flüssigkeit – von 2040 plus/minus 10.

Science 333, S. 192–196, 2011

