



Google Earth

Verdächtige Form: Ist diese kreisrunde Struktur im Westen Madagaskars ein Meteoritenkrater oder etwas anderes? Die dünne gelbe Linie deutet die Lage des auf dieser Seite unten abgebildeten Höhenprofils durch die Struktur an. Zum Aufsuchen in Google Maps oder Google Earth kann man von der kleinen Ortschaft Veromanga ausgehen, die etwa 35 Kilometer westlich davon liegt.

Einschlagkrater in Madagaskar?

Ich war schon zweimal in Madagaskar und habe seither immer wieder mal etwas über die Insel gegoogelt. Dabei ist mir kürzlich diese ringförmige Struktur von etwa 15 Kilometer Durchmesser aufgefallen (siehe Bild). Das sieht doch sehr nach einem Einschlagkrater aus. Oder ist es eine vulkanische Caldera? Ich habe nichts weiter dazu herausgefunden. **MARKUS WILHELM, ALLSCHWIL, SCHWEIZ**

Im Jahr 2006 wandte sich unser Leser Leo Kowald mit einer ganz ähnlichen Anfrage an die Redaktion (SuW 5/2006, S. 6). Er hatte auf Google Maps entdeckt, dass die als Valle de Pantasma (»Tal von Pantasma«, nach dem Namen der Kleinstadt in seiner Mitte) bezeichnete runde Senke von gut zehn Kilometer Durchmesser in Nicaragua wie ein Meteoritenkrater aussieht. Die Fachwelt

Höhenprofil: Ein Schnitt durch die obige Struktur entlang der gelben Linie klärt auf. Die Skala links gehört zur blauen Kurve, die das echte Profil (grün) 12,5-fach überhöht zeigt. In Rot ist ein hypothetisches Kraterprofil eingetragen. Die grüne Kurve zeigt das Profil ohne Überhöhung.

war skeptisch, weil die Struktur inmitten einer aktiven vulkanischen Region liegt, also eine Caldera viel wahrscheinlicher erschien. Immerhin war die Ähnlichkeit mit einem ziemlich frischen Einschlagkrater so groß, dass eine Gruppe von Geologen eine Expedition dorthin organisierte. Im Jahr 2019 erschien schließlich in der Fachzeitschrift »Meteoritics & Planetary Science« eine Publikation von 15 internationalen Geologen und Mineralogen, die mit dem gesamten Arsenal einschlägiger Untersuchungsmethoden die meteoritische Natur des Kraters eindeutig nachwies (siehe SuW 4/2019, S. 6) und ihn auf ein Alter von knapp einer Million Jahre datierte.

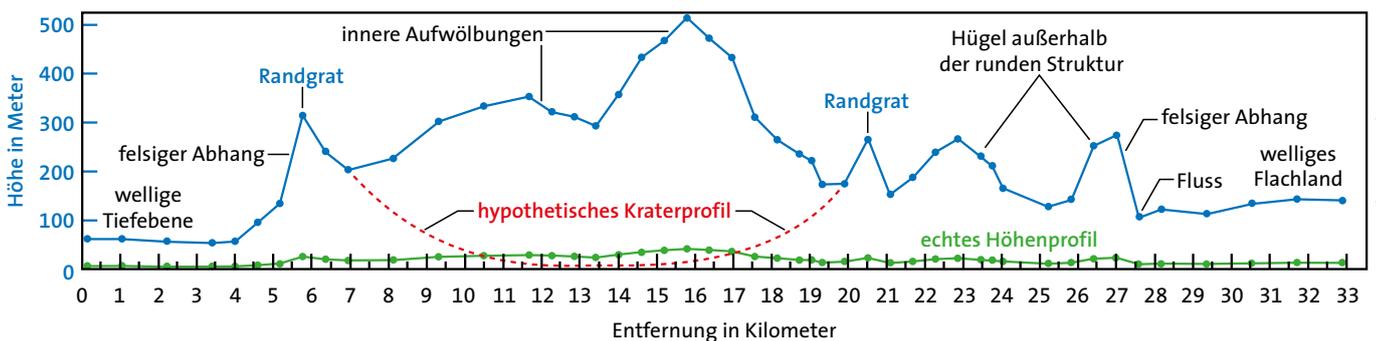
Als Tilmann Althaus und ich nun diese Anfrage von Herrn Wilhelm und das Bild dazu erhielten, waren wir deshalb zunächst wie elektrisiert. Ein zweiter »Fall Pantasma«? Die Rundheit, Einheitlichkeit und Glattheit des Rands ließen einen noch jüngeren Einschlag vermuten – und jungen Vulkanismus gibt es in ganz Madagaskar nicht! Auch findet sich in der Earth Impact Database kein madegassischer Eintrag. Wir wandten uns sofort an den Erstautor der Pantasma-Publikation, Pierre Rochette von der Université d'Aix-Marseille. Aber diesmal dauerte es

nicht 13 Jahre bis zur Klärung. Herr Rochette antwortete nach weniger als fünf Stunden. Er fand diesen Fund so spannend, dass er sofort Höhenmessungen der Gegend ermittelte und analysierte. Ergebnis: Es kann kein Einschlagkrater sein. Die Struktur ist nämlich keine Einsenkung, sondern im Gegenteil, eine Erhebung in der Landschaft.

Herr Rochette interpretiert sie als einen tertiären Granitdom, also eine runde Magmamasse, die von unten in das dortige Kalkgestein eingedrungen ist, jedoch die Oberfläche nicht erreicht hat. In der Umgebung von Herrn Wilhelms Fund sind mehrere solche Dome bekannt, aber kein anderer sieht einem Meteoritenkrater ähnlich. Vielleicht hat nur bei diesem einen Dom die Erosion schon die gesamte Kalkdecke abgetragen, und der scharfe Randgrat des Nicht-Kraters ist die Oberfläche des Granitkörpers?

Die untenstehende Grafik zeigt manuell aus Google Earth abgelesenen Höhenwerte entlang der oben gelb eingezeichneten Schnittlinie, und zum Vergleich schematisch das Profil, das man für einen jungen Meteoritenkrater erwarten würde. Valle de Pantasma hat ein solches Profil!

TILMANN ALTHAUS, ULRICH BASTIAN



Pierre Rochette / Bearbeitung: SuW-Grafik

Weitere Einsendungen finden Sie auf unserer Homepage unter www.sterne-und-weltraum.de/leserbriefe, wo Sie auch Ihren Leserbrief direkt in ein Formular eintragen können. Zuschriften per E-Mail: leserbriefe@sterne-und-weltraum.de

Natürliche Kernreaktoren auf der Venus?

Vor zwei Milliarden Jahren, als im Natururan die Konzentration des spaltbaren Uran-235 noch mehr als drei Prozent betrug, kam es im Gebiet von Oklo in Gabun, Zentralafrika, zur Bildung eines natürlichen Kernreaktors. Heute, bei einer Konzentration des Uran-235 von nur noch rund 0,7 Prozent, ist dies zum Glück auf der Erde nicht mehr möglich.

Aber könnte es nicht heute auf der Venus mit ihrer dichten Kohlendioxidatmosphäre von 90 Bar Druck noch möglich sein, dass sich natürliche Kernreaktoren ausbilden? Die Verhältnisse im Inneren der mit Natururan betriebenen, kohlendioxidgekühlten und graphitmoderierten Magnox-Reaktoren (siehe en.wikipedia.org/wiki/Magnox) ähneln nämlich den Verhältnissen in der Venusatmosphäre. Könnte

also nicht auf der Venusoberfläche noch heute Natururan in geeigneter Form, eventuell mit Graphit vermischt, einen natürlichen Reaktor ausbilden? HARALD LUTZ, SINDELINGEN

Die kurze Antwort auf diese Frage lautet »Nein«. Auf der Venus gibt es in Ermangelung von flüssigem Wasser und damit von hydrothermalen Prozessen, keine Uran-Lagerstätten wie auf der Erde. Lagerstätten, bei denen seltene Stoffe – wie zum Beispiel Uran – gegenüber normalem Gestein um das Vielfache bis Millionenfache angereichert sind, stellen eine besondere Spezialität unserer Erde dar. Es gibt sie nach dem derzeitigen Wissensstand auf keinem anderen Planeten im Sonnensystem.

TILMANN ALTHAUS

Gleich zwei Preise für Schwarze Löcher

Die Astrophysiker konnten sich im Jahr 2020 doppelt freuen, denn zusätzlich zum Nobelpreis für Genzel, Ghez und Penrose hat auch die »Event Horizon Telescope«-Kollaboration (EHT) eine prestigeträchtige Auszeichnung – ebenfalls für Forschung über Schwarze Löcher – erhalten: den »Breakthrough«-Preis für Fundamentalphysik des Jahres 2020, verliehen im November 2019. Dieser Preis wird seit 2012 von einer privaten Stiftung vergeben. Er ist mit drei Millionen US-Dollar dotiert (also höher als der Nobelpreis) und wurde auf alle 347 Mitglieder der EHT-Kollaboration verteilt. Einen der »Breakthrough«-Preise von 2018 hat übrigens Jocelyn Bell Burnell für die Entdeckung der Pulsare erhalten – beim Nobelpreis 1974 ging sie noch leer aus.

RAINER BECK, BORNHEIM

Der Preis an die EHT-Kollaboration wurde verliehen für die erstmalige Abbildung des dunklen »Schattens«, der die Existenz des Ereignishorizonts bei einem Schwarzen Loch anzeigt (siehe SuW 6/2019, S. 26).

58 Jahre auf dem Königstuhl

Dr. Karl Schaifers, seines Zeichens Mitbegründer von »Sterne und Weltraum«, hat 1960 die »Tabulae Caelestes«, den Himmelsatlas für Hochschultaschenbücher beim Bibliographischen Institut Mannheim herausgegeben. Diesem war 1962 geschäftstüchtig eine kleine Werbebroschüre aus der Gründungszeit unserer Zeitschrift beigelegt. Die Preis-

entwicklung ist, wie man sieht, in diesem Segment eher vernachlässigbar. Der wunderbare Fund gelang mir, neben einigen anderen astronomischen Raritäten, in einem kleinen Antiquariat in Baden-Baden. Die Aufnahme der Galaxie Messier 81 war zu damaligen Zeiten sicherlich eine kleine Sensation.

MARC KUTTA, HAMBURG

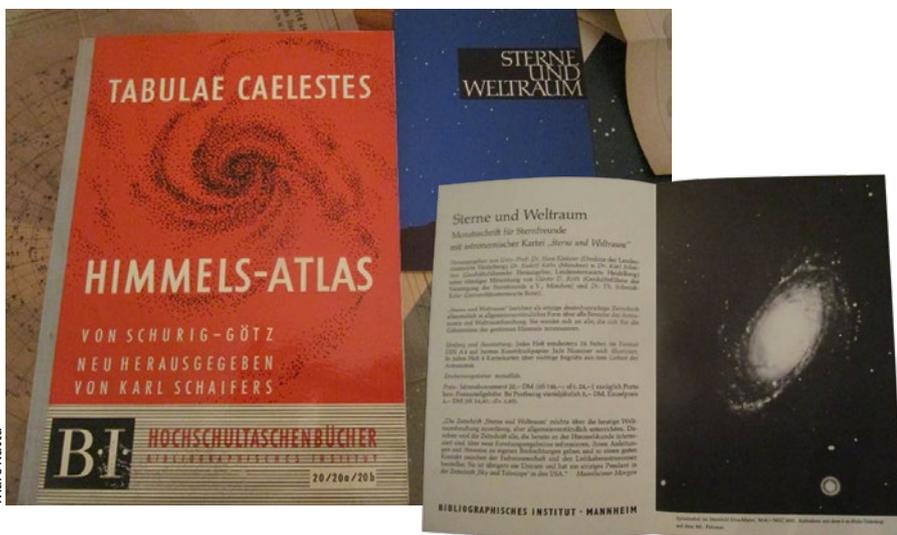
Errata

In SuW 12/2020, S. 74, müsste die Formel in dem grauen Kasten richtig lauten:

$$\varphi = 90^\circ - h + \delta.$$

Wir danken Herrn Reinhardt Pigulla für den Hinweis auf den Druckfehler.

Der Artikel von Jakob Staudé über »50 Jahre auf dem Königstuhl« in SuW 12/2020 enthält auf S. 44 missverständliche Formulierungen. Richtig ist: Nach dem Wechsel der Zeitschrift vom Hüthig-Verlag zum Verlag Spektrum der Wissenschaft im Jahr 2001 führte Jakob Staudé die Tätigkeit als verantwortlicher Redakteur von SuW als freier Mitarbeiter weiter. Uwe Reichert, der seit 1989 als Redakteur der Zeitschrift »Spektrum der Wissenschaft« tätig war, übernahm Anfang 2006 als Redaktionsleiter/CvD die Führung der SuW-Redaktion. Die Übergabe der Chefredaktion von Staudé zu Reichert erfolgte mit Wirkung zum 1. Januar 2008. RED.



Marc Kutta

Die wundersame Welt der 21-Zentimeter-Strahlung

In SuW 12/2019, S. 35, und 5/2020, S. 78, wurden die gleichen Grafiken zur 21-Zentimeter-Linie abgebildet und beschrieben. Auf Grund der Art der Darstellung der Photonabstrahlung stellen sich mir folgende Fragen:

- 1) Angenommen, ich könnte ein angeregtes Wasserstoffatom mittig in einem theoretischen, kugelförmigen Detektor platzieren. Wo würde dann die Strahlung gemessen werden können, wenn das Atom sie wieder abgibt? a) immer an der gleichen Stelle b) immer an einer anderen Stelle c) überall gleichzeitig
- 2) Wie lang ist die 21-Zentimeter-Welle einer Abstrahlung, beziehungsweise wie lange kann diese von einem Messgerät registriert werden (und gibt es ein »Ende«)?
- 3) Wie häufig wird ein Wasserstoffatom in interstellaren Wolken angeregt, beziehungsweise wie oft gibt es die Strahlung wieder ab?

FRANK HALLECKER, VELPKE

Herrn Halleckers Fragen sind eigentlich zu speziell für diese Rubrik von »Sterne und Weltraum«. Aber die Antworten bringen einige lehrreiche Aspekte der Quantenphysik und einige wirklich erstaunliche Zahlenwerte mit sich. Deshalb wird wohl nicht nur Herr Hallecker seine Freude daran haben.

1) Wenn man einzelne Photonen der 21-Zentimeter-Strahlung detektieren könnte, dann würde man diese an immer anderen Punkten beobachten. Die genaue Emissionsrichtung ist bei einzelnen spontanen – das heißt nicht von außen provozierten – atomaren Abregungsvorgängen prinzipiell unvorhersagbar. Aber bei 21 Zentimeter Wellenlänge weist kein praktischer Detektor einzelne Photonen nach. Die Strahlung, die man wirklich messen kann, stammt stattdessen grundsätzlich immer von vielen Atomen gleichzeitig. Technisch gesehen sieht man sie deshalb stets in allen Richtungen gleichzeitig. Auch in Herrn Halleckers hypothetischem Labor müsste man sehr viele Atome haben, um überhaupt etwas zu messen.

2) Kaum zu glauben, aber wahr: Wenn man die Atome in ein richtig gutes Vakuum packen könnte, dann würde die Strahlung nach einer plötzlichen, schlagartigen Anregung sofort einsetzen und in jeweils rund zehn Millionen Jahren auf die Hälfte abfallen. Die

Hyperfeinstrukturübergang: Ein Wasserstoffatom setzt sich aus einem elektrisch positiv geladenen Proton (rot) und einem negativ geladenen Elektron (grün) zusammen. Beide Teilchen besitzen Eigendrehimpulse, die so genannten Spins (Pfeile). Diese können entweder in die gleiche Richtung (links) oder in entgegengesetzte Richtungen weisen (rechts). Beim Übergang vom Zustand mit paralleler Spinstellung in den antiparallelen Zustand sendet das Atom ein Photon mit einer Wellenlänge von 21 Zentimetern aus.

spontane Abregung von Atomen folgt den gleichen Gesetzen wie der radioaktive Zerfall von Atomkernen. Also ein richtiges »Ende« gibt es nicht.

3) Für den Fall der 21-Zentimeter-Strahlung ist jedoch noch nicht einmal das interstellare Medium ein gutes Vakuum. Die 21-Zentimeter-Linie wird dort nicht durch Strahlung, sondern durch Stöße mit anderen Atomen angeregt. Solch ein Stoß ereignet sich pro Atom in den »typischen« dünnen und kühlen interstellaren Wolken, in denen atomarer Wasserstoff häufig ist (den so genannten HI-Gebieten), größenordnungsmäßig alle hundert Jahre. Also viel, viel öfter als einmal in zehn Millionen Jahren. Anders gesagt, die Atome kommen sogar dort nicht in Ruhe zum Abstrahlen – von Herrn Halleckers hypothetischem Labor ganz zu schweigen! Im Ergebnis stellt sich auf Grund dieser permanenten Störungen durch Stöße ein Gleichgewicht ein, in dem immer drei Viertel aller Atome angeregt sind, und in dem also die Hälfte dieser drei Viertel in jeweils rund zehn Millionen Jahren je einmal abstrahlt. Und davon leben dann ganze Generationen von Radioastronomen. Verrückt, nicht wahr?

Und wieso gerade drei Viertel? Das zu erklären, würde hier zu weit gehen. Es steckt zwar »nur« Standard-Atomphysik dahinter, aber eine ganze Menge davon (kleiner Tipp für Quantenphysikfreunde: Spinquantenzahl $m = +1, 0, -1$).

Grundlagendaten zu diesen Antworten und weitere Einzelheiten zur 21-Zentimeter-Strahlung findet man zum Beispiel im »Abriss der Astronomie«, 6. Auflage, Wiley Verlag, 2012, S. 710 ff. und auf Wikipedia.

ULRICH BASTIAN arbeitet am Astronomischen Rechen-Institut (Universität Heidelberg) an der Gaia-Mission der ESA und ist der Leserbrief-Redakteur von SuW.



Senden Sie uns Ihre Fragen zu Astronomie und Raumfahrt! Wir bitten Experten um Antwort und stellen die interessantesten Beiträge vor.

Verpassen Sie keine Ausgabe!

Bestellen Sie jetzt Ihr persönliches Abonnement,
und profitieren Sie von vielen Vorteilen!



ERSPARNIS:

12 x im Jahr **Sterne und Weltraum** für nur € 93,-
(ermäßigt auf Nachweis € 69,60),
über 10 % günstiger als im Einzelkauf.



KOMBIABO:

Für nur € 6,-/Jahr Aufpreis erhalten Sie
Zugriff auf die digitale Ausgabe des Magazins
(PDF-Format, Angebot für Privatkunden).



Spektrum PLUS:

Spektrum PLUS bietet exklusiv für Abonnenten
kostenlose Downloads und Vergünstigungen,
Leserexkursionen und Redaktionsbesuche.



Bestellen Sie jetzt Ihr Abonnement!

service@spektrum.de | Tel.: 06221 9126-743
www.sterne-und-weltraum.de/abo