



2008 TC₃ – Vom Asteroiden zum Meteoriten

Anfang Oktober 2008 sorgte der Mini-Asteroid 2008 TC₃ für Schlagzeilen, als wenige Stunden nach seiner Entdeckung feststand, dass er auf der Erde einschlagen würde. Erstmals konnte man einen Himmelskörper noch vor dem Aufschlag im All entdecken und verfolgen. Eine weitere Sensation folgte im Dezember 2008, als es einem Wissenschaftler der NASA gelang, Bruchstücke des Mini-Asteroiden in der Wüste des nördlichen Sudan aufzuspüren.

Entdeckt wurde 2008 TC₃ am 6. Oktober 2008 im Rahmen der automatischen Himmelsüberwachung des Catalina Sky Survey in Arizona, mit dessen Teleskop sich schon einige Hundert erdnahe Asteroiden aufspüren ließen (siehe SuW 12/2008, S. 18–20). Die Daten des Asteroiden wurden routinemäßig an das Minor Planet Center (MPC) in Cambridge, Massachusetts, übertragen, das die Kleinkörper des Sonnensystems registriert. Der Himmelskörper erhielt die vorläufige Katalogbezeichnung 2008 TC₃. Als der diensthabende Astronom des Catalina Sky Survey, Richard Kowalski, am nächsten Morgen weitere Messdaten in das automatische Computersystem des MPC eingeben wollte, versagte der Rechner den Dienst.

Der eilig kontaktierte Direktor des MPC fand bald den Grund heraus: Das Computersystem hatte automatisch die Sonnenumlaufbahn und die Bewegung des Himmelskörpers relativ zur Erde berechnet und war dabei in Schwierigkeiten geraten: Die Bahnberechnung ergab eine 100-prozentige Wahrscheinlichkeit für einen Einschlag. Es blieben nur noch 13 Stunden, bis 2008 TC₃ auf der Erde einschlagen wür-

de: am 7. Oktober 2008 um 4:45 Uhr MESZ über dem nördlichen Afrika (siehe Grafik rechts).

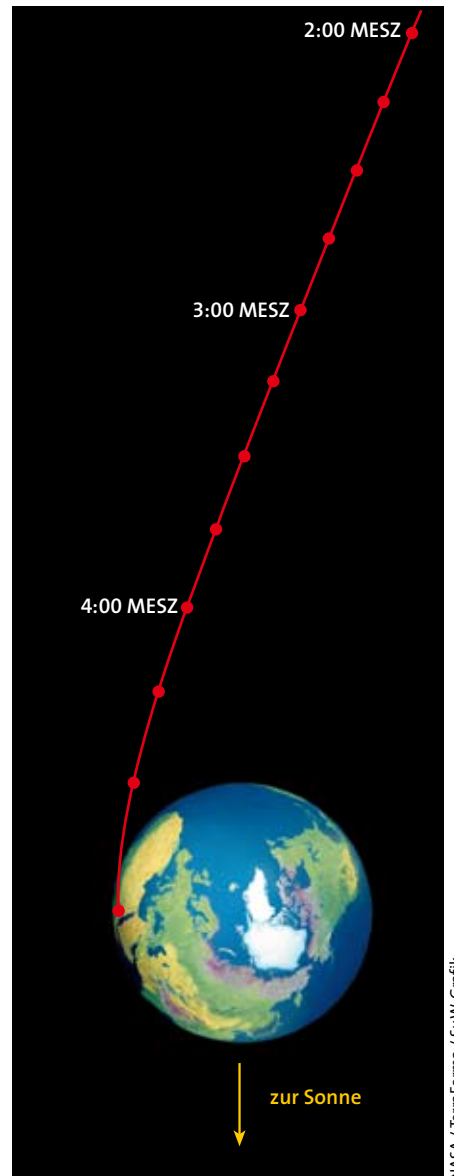
Glücklicherweise wiesen jedoch schon die ersten Bestimmungen seiner Helligkeit darauf hin, dass 2008 TC₃ nur wenige Meter groß sein konnte und dass er mit hoher Wahrscheinlichkeit vollständig in der Erdatmosphäre verglühen sollte.

Vom MPC alarmiert, richteten nun Berufs- und Amateurastronomen ihre Teleskope auf den sich rasch über den Himmel bewegenden Himmelskörper. Sie konnten dabei Spektren seiner Oberfläche aufnehmen und seine Helligkeit präzise bestimmen.

Feuerwerk über der nubischen Wüste

Das mutmaßliche Einschlaggebiet lag in der nubischen Wüste im Norden Sudans. Wegen der dünnen Besiedlung erwarteten die Wissenschaftler kaum Augenzeugen des Ereignisses. Aber sie sollten sich täuschen.

Die ständig von politischen Krisen erschütterte Region des nahen und mittleren Ostens steht unter der permanenten



NASA / TerraForma / SuW-Grafik

Diese Bahn durchflog der Mini-Asteroid 2008 TC₃ am 7. Oktober 2008 in den letzten drei Stunden vor seinem Aufschlag auf die Erde.



Muawia Hamid Shaddad / Universität von Khartoum / NASA

Kurz nach der Feuerkugel am 7. Oktober 2008 gelang einem Beobachter am Boden im Nordsudan mit seiner einfachen Digitalkamera diese Aufnahme der Meteoritenstaubwolke in der Hochatmosphäre.

Überwachung von US-Frühwarnsatelliten. Diese registrierten tatsächlich zur vorhergesagten Zeit eine Feuerkugel in einer Höhe von 65 Kilometern über dem Erdboden. Sie leuchtete für etwa 20 Sekunden, als 2008 TC₃ mit einer Geschwindigkeit von 12,4 Kilometern pro Sekunde die Erdatmosphäre durchpflügte. Danach zerplatzte der Eindringling in 37 Kilometern Höhe. Zurück blieb eine kurzlebige Staubschicht in der Atmosphäre, die sogar vom Erdboden und von Satelliten aus fotografiert wurde.

Die Astronomen und Meteoritenforscher vermuteten zu diesem Zeitpunkt, dass der Bolide bei der Explosion vollkommen zu Staub zerfallen war. Selbst wenn es Bruchstücke geben sollte, wären diese in der Einöde der nubischen Wüste wohl kaum zu finden.

Peter Jenniskens, Wissenschaftler am SETI-Institut und am Ames Research Center der NASA in Mountain View (Kalifornien)

Meter für Meter rückte der Suchtrupp vor, um auf dem hellen Wüstenboden dunkle Gesteinsbrocken zu finden.

nen) ließ 2008 TC₃ dennoch keine Ruhe. Nachdem selbst Wochen nach der Feuerkugel keine Meldungen von Meteoritenfunden auftauchten, kontaktierte er seinen Kollegen Muawia Hamid Shaddad an der Universität von Khartum. Mittels der Satellitendaten und der Bahnbestimmung war es Jenniskens gelungen, das Absturzgebiet möglicher Bruchstücke von 2008 TC₃ auf wenige Quadratkilometer einzuengen (Bild unten). Der Wissenschaftler flog nun nach Khartum

und machte sich mit Shaddad und weiteren 44 Personen von der sudanesischen Hauptstadt aus auf den Weg in die Region des Wadi Halfa nahe der Grenze zu Ägypten.

Am 6. Dezember 2008 traf der Suchtrupp in der abgelegenen Region ein und konnte tatsächlich Augenzeugen der Feuerkugel und sogar ein Foto der Staubschicht finden (Bild unten links). Anhand dieser Aussagen lag das Suchgebiet endgültig fest: Es befand sich in unmittelbarer Nähe der Eisenbahnhaltestelle Nummer 6 inmitten der nubischen Wüste.

Nun machte sich ein merkwürdiger Tross auf, die Wüste im wahrsten Sinne nach Meteoriten zu durchkämmen. Die Wissenschaftler verteilten sich in Abständen von je 20 Metern in einer Breite von etwa einem Kilometer und wurden dabei an den Flanken von je einem Geländewagen eskortiert. Meter für Meter rückte der Suchtrupp vor, begierig, auf dem hellen

Sand und Geröll einen dunklen Gesteinsbrocken zu entdecken.

Am ersten Tag wollte sich jedoch kein Erfolg einstellen. Aber am Abend erreichte das Team die Nachricht, ein Schüler habe einen kleinen Meteoriten gefunden. Präsentiert wurde Jenniskens ein schwarzer, etwa 1,5 Zentimeter großer Stein, der von einer dünnen glasartigen Schmelzschicht überzogen war und dessen Inneres sehr dunkel wirkte. Tatsächlich, es war ein frisch gefallener Meteorit!

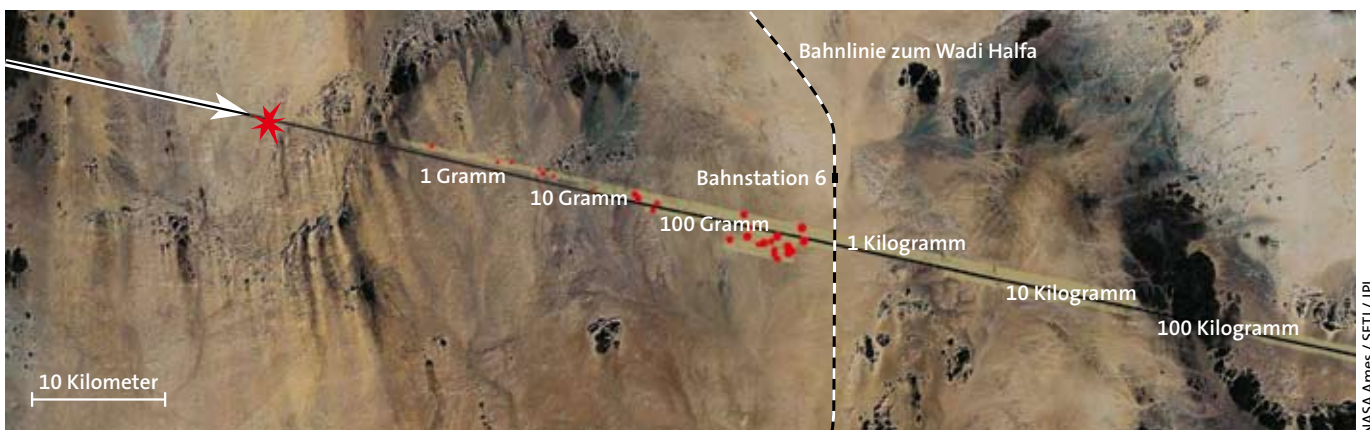
Am nächsten Tag und mit der genauen Angabe des Fundpunkts machte sich der Suchtrupp erneut auf den Weg und fand während eines acht Kilometer langen Marschs fünf weitere Meteoriten, die dem ersten sehr ähnlich waren. Am dritten Tag der Suche stießen die Forscher auf einer Strecke von 18 Kilometern noch auf zehn weitere Bruchstücke, die bis zu zehn Zentimeter groß waren. Insgesamt erbrachte die Suche eine Gesamtmasse von 563 Gramm Meteoritenmaterial, eine weitere Suchrunde drei Wochen später erhöhte die Gesamtmasse aller Funde auf 3950 Gramm.

Überraschung im Labor

Schon im Feld war Jenniskens aufgefallen, dass es sich bei den Funden um etwas Besonderes handeln müsse, denn sie zeigten nicht das typische Bild von Steinmeteoriten. Die Bruchstücke des nun nach dem Fundgebiet Almahata Sitta (arabisch für Bahnstation 6) benannten Meteoriten waren sehr porös und bröckelten schon bei sehr geringem Druck.

Außerdem zeigten sich auch unter der Lupe keine Chondren, jene rundlichen Körper von wenigen Millimetern Durchmesser, die sich sonst in etwa 90 Prozent aller Steinmeteoriten finden. Almahata Sitta gehörte also nicht der sehr häufigen Meteoritenklasse der Chondrite an, sondern den sehr viel selteneren Achondriten, die nur etwa in acht Prozent aller Meteoritenfälle auf der Erde zu finden sind.

Achondrite bilden sich nur auf Asteroiden, bei denen es kurz nach ihrer Entstehung vor 4,5 Milliarden Jahren im Inneren oder an der Oberfläche zu Schmelzvorgängen kam. Als Energiequellen für



Entlang eines schmalen Streifens fanden sich alle 47 bekannten Meteoriten-Bruchstücke, die nach der in unmittelbarer Nähe befindlichen Bahnstation 6 (arabisch: *Almahata Sitta*) benannt sind. Der rote Stern links kennzeichnet den Ort der Explosion in 37 Kilometer Höhe über dem Erdboden.

Der Meteorit Almahata Sitta

Die bei Almahata Sitta gefundenen Gesteine sind Ureilite, eine sehr seltene Klasse von Meteoriten. Sie ist nach dem russischen Ort Novo Urei benannt, dort fanden Forscher den ersten Vertreter, der nun als Prototyp gilt. Die im Nordsudan aufgesammelten Meteoriten sind für Ureilite ungewöhnlich porös, Messungen zeigen, dass die Gesteinsbruchstücke 25 bis 30 Prozent an leerem Porenraum enthalten. Weitere Klassifikationsverfahren wie die Bestimmung der Sauerstoffisotopenverhältnisse bestätigten die Einstufung als Ureilit. Im Inneren der Bruchstücke finden sich glasartige Mineralkörner, bei denen es sich um Einsprenglinge aus den Silikatmineralen Olivin und Pyroxen handelt, die von einer feinkörnigen Masse (Matrix) aus kohlenstoffhaltigen und Silikatmineralen umgeben sind.

Die genaue Bezeichnung für das Gestein des Meteoriten Almahata Sitta lautet »anormaler polymikter Ureilit«. Polymikt bedeutet, dass das Material eine Mischung aus Bruchstücken unterschiedlicher Gesteine und Minerale ist. Ureilite gelten als Schmelzreste von Gesteinen, aus denen beim Aufschmelzen die bei niedrigeren Temperaturen freiwerdenden Bestandteile von den hochtemperaturfesten Mineralen getrennt wurden. Das Gestein von Almahata Sitta muss offenbar nahe der Oberfläche eines mittelgroßen Asteroiden entstanden sein, sonst wären durch den Druck der auflastenden Schichten die großen Porenräume zusammengedrückt worden.

Die knapp vier Kilogramm aufgefundenen Meteorite stellen nur etwa 0,05 Promille der Gesamtmasse von 2008 TC₃ dar. Durch die Untersuchung im Labor ließ sich das Rückstrahlverhalten des Materials exakt bestimmen und erlaubt nun die genauere Interpretation der Spektraluntersuchungen und Helligkeitsbestimmungen vor dem Einschlag: Demnach war 2008 TC₃ vor seinem Atmosphäreneintritt $4,1 \pm 0,3$ Meter groß und wog 83 ± 25 Tonnen. Bei seinem Eintritt setzte er eine Energie von etwa einem Zehntel der Sprengkraft der Atombombe von Hiroshima frei.



Peter Jenniskens / NASA

Der US-Wissenschaftler Peter Jenniskens in der nubischen Wüste mit zwei Meteoriten-Bruchstücken in der originalen Fundlage. Der größere der beiden Brocken ist etwa zehn Zentimeter groß.

dieses Aufschmelzen kommen unter anderem die Zerfallswärme kurzlebiger Radioisotope oder die Wärmefreisetzung durch größere Einschläge auf die Oberflächen der Himmelskörper in Frage. Manche Asteroiden schmelzen dabei völlig auf und entwickeln dabei wie ein Planet einen Kern aus Eisen und Nickel sowie einen aus Silikatmineralen bestehenden Mantel.

Rasch wurden nach der Bergung der Meteoriten Proben an das Johnson Space Center der NASA in Houston, Texas, geschickt. Dort nahm sich Michael Zolensky der Gesteinsproben an. Schnell fand der Forscher heraus, dass der Almahata-Sitta-Meteorit der sehr seltenen Klasse der Ureilite angehört, die nach ihrem ersten bekannten Vertreter aus Novo Urei in Russland benannt sind (siehe Kasten). Nur etwa ein halbes Prozent aller auf die Erde fallenden Meteorite sind Ureilite.

Aus einem Punkt am Himmel wird ein Stein in der Hand

Die Spektraldaten von 2008 TC₃ vor dem Einschlag lassen auf ein Mitglied der seltenen Asteroidenklasse des F-Typs schließen. Nur etwa 1,3 Prozent aller Asteroiden gehören dieser Klasse an. Numerische Simulationen der Bahn von 2008 TC₃, die ihre zeitliche Entwicklung durch das Sonnensystem extrapolieren, weisen auf den rund drei Kilometer großen erdnahen Asteroiden (152679) 1998 KU₂ als möglichen Mutterkörper von 2008 TC₃ hin.

Es ist nicht erstaunlich, dass bislang keine anderen Meteoriten des Typs Almahata Sitta bekannt sind. Das Material ist ausgesprochen fragil und verwittert in einem feuchteren Klima in wenigen Wochen zu bröseligem Staub. Wären die Bruchstücke von 2008 TC₃ in Mitteleuropa niedergegangen, so wären sie bereits jetzt unauffindbarer Weltraumdünger.

TILMANN ALTHAUS

Literaturhinweise

Kwok, R.: The rock that fell to Earth.

In: *Nature* **458**, S. 401 – 403, 2009.

Jenniskens, P.: The impact and recovery of asteroid 2008 TC₃. In: *Nature* **458**, S. 485 – 488, 2009.

Hattenbach, J.: Feuerball mit Ansage.

In: »Sterne und Weltraum« 12/2008, S. 18 – 20.

Weblinks: www.astronomie-heute.de/artikel/987676

ALS ABONNENT HABEN SIE VIELE VORTEILE!



Präsent
zur
Wahl!

ABONNIEREN

>>> Sie zahlen im Inland nur € 85,20 für das Jahresabonnement von **Sterne und Weltraum** (12 Ausgaben). Als Schüler, Student, Azubi, Wehr- oder Zivildienstleistender zahlen Sie auf Nachweis sogar nur € 64,-.

>>> Unter www.astronomie-heute.de/archiv haben Sie freien Zugriff auf alle Heftartikel seit 2005.

>>> Für Ihre Bestellung bedanken wir uns mit einem Präsent Ihrer Wahl.

Weitere
Prämien
finden Sie im
Internet

EMPFEHLEN

Sie haben uns einen neuen Abonnenten vermittelt? Dann haben Sie sich eine Dankesprämie verdient und können zwischen mehreren Geschenken wählen.



Buch »Kompodium der Astronomie«

Mit über 100 farbigen Illustrationen, zahlreichen Tabellen und Verweisen ist das Buch das ideale Nachschlagewerk zur Astronomie.

Präsent
zur
Wahl!



Der Regenschirm »**Sonnenfraktale**« begleitet Sie durch trübe Regentage und bietet unter seinem großen Dach zwei Personen Schutz (ø 1,30 Meter).



VERSCHENKEN

Verschenken Sie ein Jahr Lesevergnügen! Das erste Heft des Abonnements verschicken wir mit einer Grußkarte in Ihrem Namen.



Abonnieren können Sie unter:

www.astronomie-heute.de/abo

Spektrum
DER WISSENSCHAFT

Wissenschaft aus erster Hand

Spektrum der Wissenschaft Verlagsgesellschaft mbH | Slevogtstraße
3-5 | 69126 Heidelberg | Tel 06221 9126-743 | Fax 06221 9126-751
service@spektrum.com