



TerraForma/SuW-Grafik

ZUM NACHDENKEN

Die Aufgaben zum Thema dieses Artikels finden Sie auf Seite 124.



Wie wenige Stunden zuvor vorhergesagt, verglühte der Mini-Asteroid 2008 TC₃ am 7. Oktober um 4:46 Uhr MESZ über dem nördlichen Sudan in der Atmosphäre. Eine Infraschall-Anlage in Kenia, die der Überwachung des umfassenden Atomteststoppvertrages dient, registrierte die Stoßwelle, die der kosmische Eindringling hervorrief.

Feuerball mit Ansage

Erstmals gelang es, den Absturz eines Asteroiden auf die Erde vorherzusagen. Der Eindringling war nur wenige Meter groß – zum Glück.

Was da was? Eigentlich ist doch gar nichts Besonderes passiert: Am frühen Morgen des 7. Oktober trat über dem Sudan ein kleiner kosmischer Felsbrocken in die Erdatmosphäre ein und verglühte in einem ansehnlichen Feuerball. Ob Reste von ihm bis zur Erdoberfläche durchgedrungen sind, weiß niemand, denn der Absturz ereignete sich in einer menschenleeren Gegend, fernab von Städten oder Dörfern. Ein solches Ereignis, sozusagen die Maxi-Ausgabe einer Sternschnuppe, kommt immer wieder vor und wird meist von niemandem bemerkt. Dennoch ist der 7. Oktober 2008 in die astronomischen Geschichtsbücher eingegangen. Es war nämlich das erste Mal, dass die Astronomen Ort und Zeit des Geschehens vorhersagten.

Die Geschichte begann wenige Stunden zuvor. Am Morgen des 6. Oktober entdeckten Mitarbeiter des Catalina Sky Survey, einem Programm der Universität von Arizona in Tucson zur Entdeckung und Überwachung potenziell gefährlicher Kleinplaneten, einen kleinen Asteroiden. Die Entdeckungsmeldung wurde, wie in solchen Fällen üblich, an das Minor Planet Center

weitergeleitet, dort erhielt der Brocken seine Bezeichnung 2008 TC₃. Die vorläufig bestimmte Flugbahn des Asteroiden alarmierte die Astronomen: 2008 TC₃ befand sich auf Kollisionskurs mit der Erde!

Die Nachricht verbreitete sich wie ein Lauffeuer über das Internet. Noch nie war der Absturz eines Asteroiden vorherberechnet worden. Bereits früh war klar, dass 2008 TC₃ keine echte Gefahr darstellte: Mit nur drei bis fünf Metern Größe war er zu klein, als dass er größeren Schaden anrichten könnte. Allenfalls einzelne Bruchstücke könnten es bis zur Erdoberfläche schaffen, der größte Teil des Asteroiden sollte in der Lufthülle der Erde verglühen.

Eine aufregende Nacht

Amateurastronomen und Profis nahmen 2008 TC₃ nun aufs Korn. Die Bahn des Vagabunden sollte so gut wie möglich bestimmt werden, um den Ort und die Zeit des zu erwartenden Absturzes möglichst genau vorherzusagen. Innerhalb kürzester Zeit trugen die Forscher von 26 Sternwarten auf der ganzen Welt 570 einzelne Beobachtungen zusammen. Das letzte Mal er-

späht wurde 2008 TC₃ nur 57 Minuten, bevor er die obere Atmosphäre erreichte. Die Genauigkeit der Beobachtungen ermöglichte es, den Absturzzeitpunkt auf wenige Minuten und den Ort auf einige Quadratkilometer einzugrenzen. Der Asteroid sollte demnach am frühen Morgen des 7. Oktober über dem Nordosten des Sudan in Afrika verglühen. Für viele Astronomen wurde es eine schlaflose Nacht. Noch bis etwa 15 Minuten vor dem Eintritt war der Himmelskörper auch am europäischen Morgenhimmel als ein sich sehr schnell bewegendes lichtschwaches Sternchen der 15. Größenklasse mit ausreichend großen Teleskopen zu sehen.

Die Astronomen hatten gut gemessen und genau gerechnet: Eine Infraschall-Anlage im mehr als tausend Kilometer entfernten Kenia, die zur Überwachung der Atmosphäre eingesetzt wird und eventuelle heimlich durchgeführte Atomwaffentests aufspüren soll, registrierte exakt um 4:45:45 Uhr MESZ den Eintritt des kosmischen Geschosses. Bei dem wenige Sekunden dauernden Atmosphärenflug wurde eine Energie freigesetzt, die der Detona-

tion von tausend bis zweitausend Tonnen des Sprengstoffs TNT entspricht. Die Absturzstelle befand sich bei den Koordinaten 20°30' nördlicher Breite und 33°12' östlicher Länge, inmitten der nubischen Wüste des Nordsudan, etwa 400 Kilometer von der Küste des Roten Meers entfernt.

Dieses Gebiet zählt zu den am dünnsten besiedelten Regionen des afrikanischen Kontinents. Es überrascht daher nicht, dass die Hoffnung der Astronomengemeinde auf Fotos oder Videoaufzeichnungen des ersten vorhergesagten Asteroidenabsturzes der Geschichte enttäuscht wurde. Das einzige von der Erde aus aufgezeichnete Bild, das den Feuerball vermutlich indirekt zeigt, wurde von einer Webcam im ägyptischen Ferienort El Gouna am Golf von Suez aufgenommen, über 700 Kilometer weiter nördlich. Darauf ist aber nicht der Meteor selbst zu sehen, sondern nur eine plötzliche Aufhellung des Geländes. Daraus ist immerhin zu schließen, dass der Feuerball noch in dieser großen Entfernung heller als der Vollmond erschien.

Noch weiter entfernt befand sich ein Verkehrsflugzeug der niederländischen Fluglinie KLM. Deren Pilot war eine halbe Stunde vor dem vorhergesagten Absturz informiert worden und konnte tatsächlich den Lichtblitz des Meteors erkennen – aus mehr als 1400 Kilometern Entfernung. Außer einer weiteren Sichtungsmeldung eines zweiten Flugzeugpiloten, der sich gerade über Europa befand, sind bis heute keine weiteren Augenzeugenberichte bekannt geworden.

Dennoch gibt es verwertbare Bilder von diesem historischen Ereignis: Der europäische Wettersatellit Meteosat 8 erstellt alle fünf Minuten eine Aufnahme von Europa und Afrika; auf einem seiner Bilder ist der Absturz klar erkennbar. Nach Angaben von Jiri Borovicka von der tschechischen Akademie der Wissenschaften war die Explosion in allen zwölf Spektralkanälen des Satelliten sichtbar. Auf der Aufnahme von 4:45 Uhr MESZ ist der Feuerball zu sehen, auf dem folgenden Bild von 4:50 Uhr ist er bereits wieder verschwunden. Der erste vorhergesagte Asteroidenabsturz verlief also – obwohl Astronomen rund um den Globus dem Ereignis entgegenfieberten – weitgehend unbeobachtet.

Diese Tatsache erscheint paradox, allerdings nur auf den ersten Blick: Denn zwischen der Entdeckung des Kleinasteroiden und seinem feurigen Ende über der Wüste vergingen nicht einmal 19 Stunden –

zu wenig Zeit, um eine Beobachtung zu organisieren. Der entlegene Ort in den Weiten des Sudan tat sein Übriges. Dennoch sind die Stunden zwischen dem 6. und 7. Oktober 2008 lehrreich – regen sie doch zum Nachdenken darüber an, was die Astronomen mit der nächsten Absturzwarnung anfangen sollten. Eines ist gewiss: Der nächste Zwergasteroid ist bereits im Anmarsch, und durch die immer weiter verbesserten Beobachtungstechniken werden in Zukunft weitere Vorhersagen möglich sein.

Dadurch drängt sich eine Frage geradezu auf: Was wäre, wenn das nächste kosmische Geschoss auf Kollisionskurs ein wenig größer ist als 2008 TC3? Und was

Was wäre, wenn das nächste kosmische Geschoss auf Kollisionskurs größer ist als nur drei bis fünf Meter?

würden wir tun, wenn dieser hypothetische Eindringling nicht auf eine menschenleere Wüste zusteuert, sondern beispielsweise auf Mitteleuropa – und zwischen dieser Erkenntnis und dem zu erwartenden Einschlag ebenso wenige Stunden lägen? Was würde uns diese Information dann nützen?

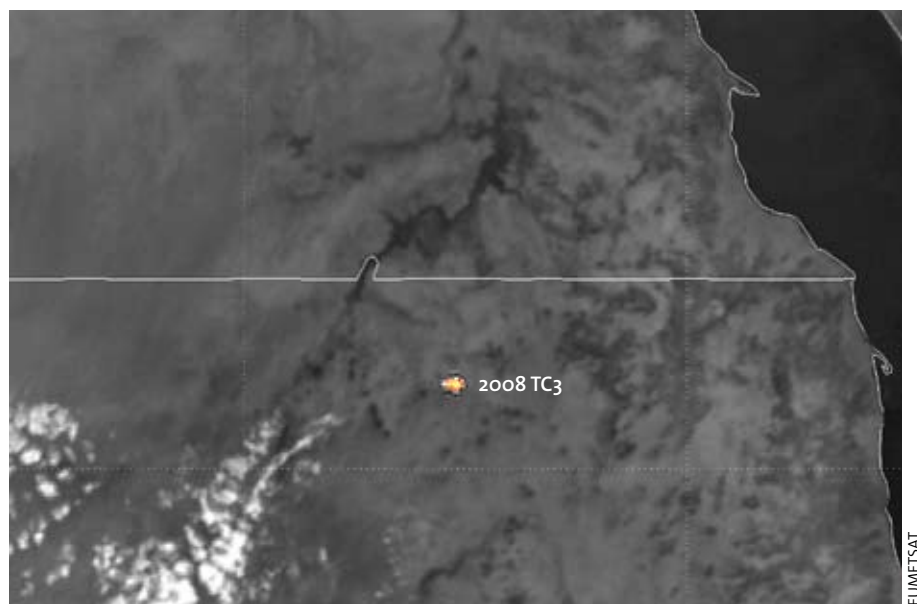
Vermutlich nicht besonders viel. Denn der genaue Einschlagort – genau im Sinne von einigen Kilometern – ließe sich mit ziemlicher Sicherheit erst sehr kurz vor dem Impakt festlegen. Dann jedoch wäre es für eine Evakuierung zu spät, dafür bräuhete man zumindest einige Tage Vor-

laufzeit. Wie soll also innerhalb weniger Stunden eine ganze Stadt evakuiert werden, wo unter Umständen in der Kürze der Zeit nicht einmal eine sinnvolle Beobachtung des Ereignisses geplant und durchgeführt werden kann?

Ein solches Szenario ist nicht hypothetisch, sondern sehr real. Der Meteorit, der am 15. September 2007 im peruanischen Dorf Carancas abstürzte, war vermutlich ähnlich groß wie 2008 TC3, die Folgen seines Einschlags waren unübersehbar: Er riss einen 14 Meter großen Krater – und das nicht in einer unbewohnten Wüste, sondern nur 100 Meter vom nächsten bewohnten Haus entfernt (siehe SuW 12/2007, S. 20–23). Es handelte sich schlicht

um reines Glück, dass bei diesem Ereignis niemand zu Schaden kam.

Der Meteorit von Carancas blieb vor seinem Einschlag unbemerkt, die Entdeckung von 2008 TC3 war ein Zufallsfund. Viele Kleinasteroiden und Meteoroiden schießen unerkannt in engem Abstand an der Erde vorbei, vor allem wenn sie eine geringe Albedo aufweisen und deshalb nur sehr lichtschwach sind. Mal angenommen, der peruanische Meteorit wäre wenige Stunden vor dem Mittag des 15. September 2007 auf die gleiche Weise entdeckt worden wie jetzt 2008 TC3. Die Forscher hätten dann womöglich vorhersagen können,



Die Leuchtspur, die der wenige Meter große Asteroid 2008 TC3 beim Eindringen in die Erdatmosphäre erzeugte, wurde vom Wettersatelliten Meteosat 8 erfasst.

dass ein Himmelskörper von einigen Metern Größe irgendwo im peruanisch-bolivianischen Grenzgebiet abstürzen wird, und dass er möglicherweise einen Krater verursacht. Was hätte man mit dieser Information angefangen? Hätte man ein viele Quadratkilometer großes Gebiet innerhalb so kurzer Zeit überhaupt evakuieren können? Das erscheint nicht nur im Andenhochland als ein unmögliches Unterfangen. Die Menschen wären mit ihrer Todesangst alleine zurückgeblieben.

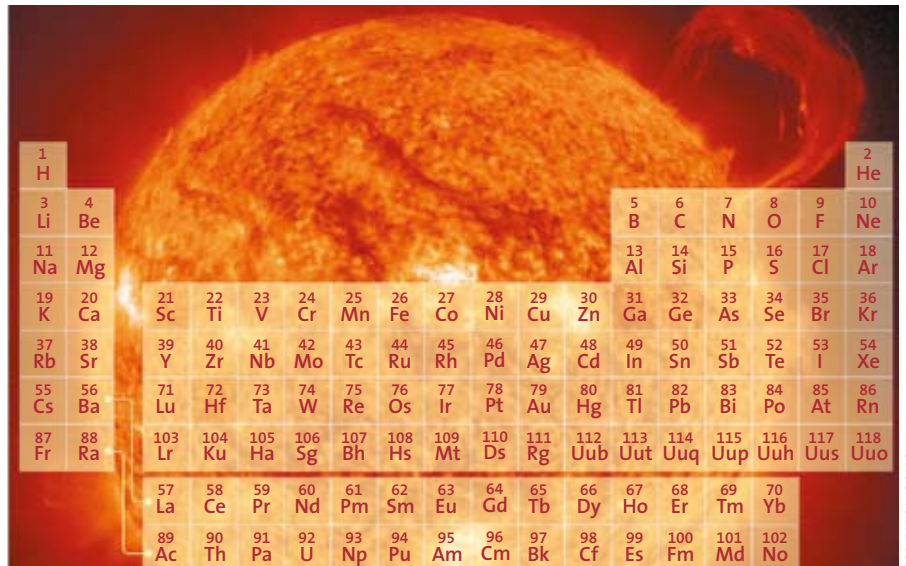
Eine Angst, die zugegebenermaßen höchst irrational ist: Denn nur in der unmittelbaren Umgebung des Einschlagortes besteht tatsächlich Lebensgefahr. In Peru wurde ein Mann, der nach eigenen Angaben etwa 300 Meter vom Krater entfernt war, von der Druckwelle zwar umgeworfen, trug aber keine weiteren Schäden davon. Die Furcht vor dem Tod aus dem Weltall ist aber bei vielen Menschen erstaunlich präsent, vor allem im Vergleich mit erheblich näher liegenden Gefahren. Dies zeigt schon die Tatsache, dass die Frage nach der Wahrscheinlichkeit eines Asteroideneinschlags zu den häufigsten gehört, die Mitarbeiter von Volkssternwarten ihren Besuchern beantworten müssen, und dass entsprechende Berichte in der Presse immer eine erhöhte Aufmerksamkeit erfahren. Man kann deshalb nicht von einem rationalen Verhalten der Menschen ausgehen, die mit einer derartigen »Warnung« konfrontiert werden.

Die Information über einen kurz bevorstehenden Absturz oder gar einen möglichen Einschlag eines kleinen Asteroiden ist daher ziemlich nutzlos, unter Umständen sogar gefährlich. Die These mag provokant klingen – aber unter bestimmten Umständen wäre es womöglich besser, eine solche Information nicht an die Öffentlichkeit gelangen zu lassen. Die Gefahr von irrationalen Reaktionen der Gewarnten ist unter Umständen weit größer als die des kosmischen Ereignisses selbst.

JAN HATTENBACH ist Physiker und Amateur-astronom in Aachen.

Literaturhinweis

Hattenbach, J.: Ein Feuerball über Peru.
In: Sterne und Weltraum 12/2007,
S. 20–23.
Weblinks: [www.astronomie-heute.de/
artikel/972088](http://www.astronomie-heute.de/artikel/972088)



ESA/NASA/SOHO

Der Aufbau unserer Sonne

Die chemische Zusammensetzung der Sonne wurde anhand von Modellen ihrer äußeren Atmosphäre neu berechnet. Das Problem dabei: Die korrigierten Werte und unser bisheriges Verständnis von den Vorgängen im Sonneninneren passen nicht zusammen.

Der Gehalt an chemischen Elementen in der Sonne dient den Astronomen als Skala, auf die sie die Zusammensetzung aller anderen Sterne, Gaswolken und Galaxien im Weltall beziehen. Jedoch anders als es sich für einen guten Maßstab gehört, ist diese Häufigkeitsskala keine feste Größe, sondern sie wurde in den letzten Jahren aufgrund von verbesserten Modellen der Oberflächenschichten und des Emissionsspektrums der Sonne einer erheblichen Korrektur unterworfen [1, 2]. Wenngleich diese Anpassung von den meisten Astronomen begrüßt wurde, gibt es Bedenken, dass sie mit unserem Verständnis des Sonneninneren unverträglich sein könnte.

Die chemische Zusammensetzung der Sonne – und allgemein eines jeden Sterns – wird aus ihrem Spektrum abgeleitet. Das Muster der Absorptionslinien fungiert nämlich wie ein chemischer Fingerabdruck für die anwesenden Elemente. Um aus der Stärke einer Spektrallinie die Häufigkeit eines Elements zu ermitteln, ist ein detailliertes Modell der Sternatmosphäre erforderlich sowie eine genaue Kenntnis der Wechselwirkungen zwischen Strahlung und Materie, die letztlich das Spektrum bedingen. Ein gewichtiges Problem entsteht hierbei durch die Konvektion,

die bis zur Oberfläche der Sonne heraufreicht und somit den Aufbau der Atmosphäre und die Entstehung des Spektrums mit beeinflusst. Im Gegensatz zur herkömmlichen eindimensionalen, hydrostatischen Modellierung nutzen die neuen Berechnungsverfahren [1–3] ein wirklichkeitsnahes räumliches, hydrodynamisches Sonnenmodell, in dem der Energietransport durch Konvektion gemeinsam mit der Wechselbeziehung zwischen dem Strahlungsfeld und dem Gas behandelt wird. Zudem werden für die Berechnung des emittierten Spektrums auch Nichtgleichgewichtsvorgänge auf atomarer Ebene berücksichtigt, und es werden für die Spektrallinien aktualisierte spektroskopische Daten verwendet.

Nach diesem verbesserten Ansatz ergeben sich für die solare Häufigkeit von Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff und Neon nun Werte, die nur etwa halb so hoch sind wie diejenigen, die vor einem Jahrzehnt als gültig erachtet wurden [2, 4]. Angesichts des Umstands, dass die vier genannten Elemente nach Wasserstoff und Helium die häufigsten sind, ist diese Neubewertung besonders bemerkenswert. Die Ergebnisse scheinen aber solide zu sein, denn Moleküllinien und atomare Über-