

Fläche können beim gegebenen Sonnenabstand nicht mehr als zehn Gramm pro Sekunde an Wasserdampf sublimieren. Dieser Gasfluss war, trotz seiner vermutlich hohen Geschwindigkeit von 600 Metern pro Sekunde, nicht ausreichend, um den Staub auf die gemessene Geschwindigkeit von zwei Metern pro Sekunde zu beschleunigen.

Die Sublimation von Wassereis an der Oberfläche kann daher nicht der (alleinige) Grund für die plötzliche Staubaktivität gewesen sein. Die zusätzliche Energie

muss zuvor schon in oberflächennahen Schichten des Kometen gespeichert gewesen sein. Eine ähnliche Beobachtung machte Rosetta bereits im März 2015: Die Sonde beobachtete eine – deutlich größere – Staubfontäne über einem benachbarten Areal auf 67P/Tschurjumow-Gerasimenko, als dieses schon seit mehreren Stunden unbeleuchtet gewesen war. Auch für diesen Ausbruch muss die Energie nahe der Oberfläche gespeichert gewesen sein, da kein unmittelbares Sonnenlicht zur Verfügung stand.

In welcher Form die Energie gespeichert und durch welchen Prozess sie freigesetzt wurde, ist derzeit noch ungeklärt. Möglicherweise befindet sich unter dieser Region des Kometen eine unter Druck stehende Gasblase, die sich von Zeit zu Zeit entleert. Allerdings ist noch unverstanden, wie sich in dem vermutlich porösen Kometenmaterial ein ausreichender Druck aufbauen kann.

Eine andere Form der Energiespeicherung könnte in der molekularen Struktur des Eises bestehen. Eis, das sich bei sehr niedrigen Temperaturen bildet, weist zunächst keine Kristallstruktur auf – die Moleküle sind ungeordnet, also amorph. Wenn sich die Moleküle dann zu einer regelmäßigen Kristallgitterstruktur umordnen, wird Energie frei. Zusätzlich können eventuell zuvor im Eis eingeschlossene flüchtige Bestandteile, etwa Kohlendioxid oder Kohlenmonoxid, freigesetzt werden, die auch den Staub hätten beschleunigen können.

Um den Prozess zu verstehen, der zur Ausbildung der Staubfontäne geführt hat, bedarf es allerdings weiterer Forschung. Dies wird auch unser Verständnis von der Beschaffenheit der Kometenoberfläche und der darunter liegenden Schichten verbessern und Aufschlüsse über den Ablauf der regulären, kontinuierlichen Aktivität liefern.

JESSICA AGARWAL arbeitet am Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung in Göttingen. Ihr Hauptarbeitsgebiet ist die Erforschung von Kometen und Asteroiden.

ZUM NACHDENKEN

Kometen-Staubfontäne



Am 3. Juli 2016 beobachtete die europäische Kometensonde Rosetta im engen Umlauf um den Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko einen Ausbruch von Staubpartikeln, der aus einem kleinen Bereich der Oberfläche entsprang. Der Ausbruch begann gegen 7:36 Uhr UT. Seine Dauer lag zwischen $\Delta t_{\min} = 14$ min und $\Delta t_{\max} = 68$ min.

Aufgabe 1: a) Das Instrument Giada fing in der Folge des Ausbruchs zwischen 8:26 und 10:30 Uhr UT 22 Partikel auf, deren Geschwindigkeit v_G typischerweise rund 3 m/s nicht überschritt. **b)** Die größte, mit Hilfe des Sternensensors STR-B gemessene Geschwindigkeit eines Partikels betrug $v_S = 25$ m/s. Beim Ausbruch am 3. Juli 2016 befand sich Rosetta in einer Entfernung von $d = 8,5$ km vom Kometen. Wie groß waren die zu v_G und v_S gehörigen Partikelflugzeiten τ_G und τ_S bis zur Sonde?

Aufgabe 2: Aus Messungen der Helligkeit und des beobachteten Schattens der Staubfontäne ließ sich die totale Querschnittsfläche der Staubteilchen in der Fontäne zu $C = 6200$ m² bestimmen. Unter der Annahme eines Anteils η zwischen 75 und 88 Prozent ($\eta_a = 75$, $\eta_b = 88$) von Teilchen mit dem Radius $r = 250$ μ m ermittle man das Gesamtvolumen des Staubs für beide Anteile. Dabei seien hier und im Folgenden für die Rechnung nur die halbmillimetergroßen, als kugelförmig angenommenen Partikel betrachtet.

Aufgabe 3: Wieviele Staubteilchen N_a beziehungsweise N_b sind in der Staubfontäne enthalten?

Aufgabe 4: Unter der Annahme, die Partikel der Fontäne stammen aus einer flachen, runden Oberflächenregion mit $H = 6$ mm Dicke, berechne man deren Durchmesser D .

Aufgabe 5: Die Dichte der Teilchen liegt zwischen $\rho_1 = 0,250$ g/cm³ und $\rho_2 = 0,795$ g/cm³. Welcher Minimalwert m_{\min} und welcher Maximalwert m_{\max} folgt daraus für die Masse des Fontänenstaubs? Man gebe das Ergebnis auch in der Form Mittelwert m_m plus-minus Abweichung Δm an.

Aufgabe 6: Zum Durchfliegen der schattenwerfenden Region der Fontäne benötigen repräsentative Teilchen rund $t_m = 50$ s. Wie groß ist demnach die Produktionsrate $Q_M \pm \Delta Q$ des Staubs?

Aufgabe 7: Welche Gesamtmasse M_{\min} , M_{\max} an Staub hat der Ausbruch mit $Q_M \pm \Delta Q$ während der Dauer Δt_{\min} beziehungsweise Δt_{\max} freigesetzt? AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **11. Mai 2018** an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. PDF: zumnachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einmal im Jahr werden unter den erfolgreichen Lösern Preise verlost: siehe S. 93

Literaturhinweise

- Agarwal, J. et al.:** Evidence of Sub-Surface Energy Storage in Comet 67P from the Outburst of 2016 July 03. In: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 469, S. 606–625, 2017
- Knollenberg, J. et al.:** A Mini Outburst from the Nightside of Comet 67P/Churyumov-Gerasimenko Observed by the OSIRIS Camera on Rosetta. In: Astronomy and Astrophysics 596, A89, 2016
- Vincent, J.-B. et al.:** Summer Fireworks on Comet 67P. In: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 462, S. 184–S194, 2016

W I S Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1156165