

ZUM NACHDENKEN



Die Druckfestigkeit von Komet 67P/Tschurjumow-Gerasimenko

Am 12. November 2014 ließ das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) ihre an Bord von Rosetta transportierte Landesonde Philae auf dem Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko niedergehen. Die Annäherung des rund ein Kubikmeter großen Geräts mit einer Masse von $m_{\text{Ph}} = 100 \text{ kg}$ erfolgte mit einer geringen Geschwindigkeit von rund einem Meter pro Sekunde. Wegen der geringen Anziehungskraft des Kometen und der daraus resultierenden Gefahr, an der Oberfläche abzuprallen, sollte Philae mit einem System aus drei Eisschrauben und zwei Harpunen im Oberflächeneis verankert werden. Das misslang – die Sonde prallte mehrmals ab.

Aufgabe 1: Mit radiometrischen Beobachtungen von Rosetta ließ sich das Produkt aus Gravitationskonstante und Masse des Kometen sehr präzise zu $G M_{67P} = 666,2 \text{ m}^3/\text{s}^2$ bestimmen. Man ermittle die Masse von 67P. Die Gravitationskonstante ist $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$.

Aufgabe 2: a) Eine gedachte Sphäre mit Radius $R_0 = 2,65 \text{ km}$ umhüllt den Kometen vollständig. Für diesen Referenzradius berechne man die Fluchtgeschwindigkeit v_{esc} vom Kometen. **Hilfe:** Die Gesamtenergie $E_{\text{ges}} = E_{\text{kin}} + E_{\text{pot}}$ aus kinetischer Energie $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$ und potenzieller Energie $E_{\text{pot}} = -G m M_{67P}/r$ eines Testpartikels der Masse m muss bei $r = R_0$ und im Unendlichen ($r \rightarrow \infty$) gleich sein: $E_{\text{ges}}(R_0) = E_{\text{ges}}(\infty) = 0$. b) Philae traf im Abstand von $r_1 = 2 \text{ km}$ vom Kometenzentrum auf die Oberfläche. Die vertikale Komponente der Ankunfts geschwindigkeit betrug $v_0 = 0,99 \text{ m/s}$. Wie groß war die Abstoßgeschwindigkeit v_0 von der Sonde im Abstand $r_0 = 22,5 \text{ km}$. Man verwende $M_{67P} = 9,982 \cdot 10^9 \text{ kg}$. **Hilfe:** $E_{\text{ges}}(r_1) = E_{\text{ges}}(r_0)$.

Aufgabe 3: Die detaillierte Analyse des Landevorgangs von Philae förderte wenige Meter von der finalen Landeposition einen Abprall zutage, bei dem die Sonde im weichen Eis einen Abdruck hinterließ. Dort verlor Philae Bewegungsenergie in Höhe von $\Delta E = 0,671 \text{ J}$ an Kompressionsarbeit. Der hinterlassene Eindruck hat mindestens eine Fläche $A_{\text{min}} = 0,2208 \text{ m}^2$ und eine Tiefe von $h = 0,246 \text{ m}$. Das verdrängte Volumen ist demnach $V_{\text{min}} = A_{\text{min}} h$. Wie groß ist demnach die Druckfestigkeit $P_D < \Delta E / V_{\text{min}}$ höchstens? Die Lösung wird in der Einheit Pascal erwartet.

AXEL M. QUETZ

Ihre Lösungen senden Sie bitte an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. E-Mail: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Eingesendeschluss ist der 5. März 2021. Alle Leser, die bis einschließlich des Maihefts 2021 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt. Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf Seite 14! Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter service@spektrum.de kontaktieren.

Philae ist glücklich gefallen

Der dritte Aufprall war dabei der aufschlussreichste. Die Spitze des Gefährts hinterließ einen 25 Zentimeter tiefen Abdruck im Eis einer Spalte zwischen zwei großen Felsen (siehe Kasten »Philaes Landung«). Durch den Vergleich dieser Tiefe mit der Zeit, welche für die Erzeugung des Abdrucks erforderlich war, berechneten die Forscher die Druckfestigkeit des Materials auf nur zwölf Pascal, also zwölf Newton pro Quadratmeter – das entspricht einer Ein-Liter-Packung Milch und zwei Tafeln Schokolade auf dieser Fläche.

Dies ist »ein wunderbares Stück Detektivarbeit«, schwärmt Jessica Sunshine, die an der University of Maryland in College Park Kometen studiert und an der Arbeit nicht beteiligt war. Die Studie sei wichtig, sagt sie, weil einige frühere Daten von Philae darauf hindeuteten, dass die Oberfläche von 67P sehr hart sein könnte. Kometeneis zu bergen, wäre dann noch deutlich schwieriger. Zu wissen, dass das Eis in der untersuchten Region schwach und kompressibel ist, lässt bei einer zukünftigen Rückholmission oder In-situ-Analysen jedoch auf Proben von 4,5 Milliarden Jahre altem Eis hoffen.

Obwohl Philae Bohrer wegen seiner geneigten Endposition nie die Oberfläche des Kometen erreichte, drang das Gehäuse des Instruments schließlich weit genug ins Eis ein, um einige ähnliche Messungen durchzuführen. »Wir waren in der Lage, das Innere des Kometen zu untersuchen und zu verstehen, woraus er besteht, und das alles wegen der Bewegungen von Philae und nicht wegen eines speziellen Instruments an Bord«, freut sich O'Rourke. »Das ist das Sahnehäubchen auf dem Kuchen.«

ELIZABETH GIBNEY ist Autorin der Zeitschrift »Nature«.

ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



368 Seiten. Preis: 25 €. Bestell-Link:

<https://amzn.to/2sYh6L>

Literaturhinweis

O'Rourke, L. et al.: The Philae lander reveals low-strength primitive ice inside cometary boulders. *Nature* 586, 2020

W I S Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285849

nature

© Springer Nature Limited

www.nature.com

doi: 10.1038/d41586-020-03043-4