

## ZUM NACHDENKEN

# Kleinplanet (101955) Benu



Bei kleinen Himmelskörpern reicht die Gravitationskraft nicht aus, eine kugelförmige Gestalt zu verursachen. Gerade dann, wenn es sich um einen Schutthaufen aus kleinen und großen Felsen mit Hohlräumen handelt, wirken sich die Reibungskräfte zwischen den Bestandteilen und die aus der Rotation resultierende Fliehkraft aus. Während erstere den ursprünglichen Zustand beibehalten will, versucht letztere aus dem Geröll eine flache Scheibe zu machen. Die äußere Form von Benu erzählt von diesem Wechselspiel.

**Aufgabe 1:** Sehr präzise Kenntnis über die Bahn von Benu, hauptsächlich aus Radarmessungen mit dem Radioobservatorium bei Arecibo auf Puerto Rico, gestattete es, den Jarkowski-Effekt (im englischen Sprachraum: Yarkovsky) zur Bestimmung von Benu's mittlerer Dichte und seiner Masse zu verwenden. Ergebnis:  $\rho_B = 1,26 \text{ g/cm}^3$ ,  $M_B = 7,8 \cdot 10^{10} \text{ kg}$ . Andererseits ist die Dichte

des Materials, aus dem er vermutlich besteht, aus spektral ähnlichen Meteoriten bekannt:  $\rho_M = 2,13 \text{ g/cm}^3$ . Als Makroporosität  $P$  wird der Anteil von Leerräumen im Körper bezeichnet:  $P = V_H/V_B$ . Dabei ist das Volumen der Hohlräume  $V_H$  und dasjenige von Benu  $V_B = M_B/\rho_B$ . Das Hohlraumvolumen folgt aus  $V_H = V_B - V_M$ , wobei  $V_M = M_B/\rho_M$  das aus der Dichte der Meteoriten ermittelte Gesteinsvolumen ist. Wie groß ist demnach die Makroporosität  $P_B$  von Benu? Die Porosität  $P$  lässt sich als Funktion von Dichten darstellen:  $P = f(\rho_B, \rho_M)$ . Welchen prozentualen Anteil nehmen die Hohlräume im Volumen von Benu ein?

**Aufgabe 2:** Der mittlere Durchmesser von Benu wurde zu  $D_B = 492 \text{ m}$  bestimmt. Wie groß ist seine Beschleunigung  $g_B$  an der Oberfläche auf dem Äquator, wenn dieser den Radius  $R_B = D_B/2$  hat? Benu's Schwerkraft ist  $F_B = G M_B m/R_B^2$ , und die von der Schwerebeschleunigung ausgeübte Kraft ist  $F_g = m g_B$ . Bei der Betrachtung kann man sich die an einem kleinen Steinchen mit der Masse  $m$  zerrenden Kräfte vorstellen. Die Gravitationskonstante ist  $G = 6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ .

**Aufgabe 3:** Welche Rotationsperiode  $P_B$  darf Benu nicht überschreiten, wenn ein Gesteinsbrocken am Äquator gravitativ gebunden bleiben soll? In diesem Fall gilt  $F_B > F_Z$ . Die Zentrifugalkraft  $F_Z = m \omega_B^2 R_B$  bleibt also kleiner als die Gravitationskraft. Zwischen Benu's Winkelgeschwindigkeit  $\omega_B$  und seiner Rotationsperiode  $P_B$  gilt die Beziehung  $\omega_B = 2 \pi/P_B$ . Man vergleiche mit Benu's Rotationsdauer von 4,297 h. AMQ

Ihre Lösungen senden Sie bitte bis zum **8. Februar 2019** 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.

Beim Anflug und bei den ersten dichteren Annäherungsmanövern lieferten die beiden Spektrometer OVIRS und OTES (siehe SuW 1/2019, S. 26) weitere Ergebnisse. Sie tasteten Benu im sichtbaren und infraroten Licht ab: Ihre Spektren zeigten, dass die Gesteine des Asteroiden größere Mengen von Hydroxylionen enthalten, also Wasser in chemisch gebundener Form. Ein Teil der Gesteine von Benu enthält somit Tonminerale. Dies sind so genannte Schicht- oder Phyllosilikate, die sich auf der Erde aus Mineralen wie Olivin oder Pyroxen bei Kontakt mit flüssigem Wasser bilden (siehe Spektren S. 19).

Benu ist allerdings viel zu klein, um jemals flüssiges Wasser enthalten zu haben. Er ist jedoch nur ein kleines Bruchstück eines einstmal sehr viel größeren Himmelskörpers. Durch Kollisionen im Asteroidengürtel zwischen den Bahnen von Mars und Jupiter wurde er zerstört und zerbrach dabei in viele Teilstücke. Vor der Zertrümmerung könnte der Mutterkörper kurz nach seiner Entstehung zusammen mit dem Sonnensystem vor rund 4,6 Milliarden Jahren im Gestein durchaus flüssiges Wasser enthalten haben. Das Wasser veränderte die Minerale chemisch, wodurch sich auch Tonminerale bildeten. In den auf der Erde gefundenen kohligten Chondriten wurden jedenfalls mehrere Prozent chemisch gebundenen Wassers nachgewiesen.

In den nächsten rund eineinhalb Jahren wird OSIRIS-REx Benu immer detaillierter erkunden, um den Höhepunkt der Mission vorzubereiten: Die Entnahme einer Bodenprobe für den Rücktransport zur Erde – sie ist derzeit für Juli 2020 vorgesehen. Die Rückkehr zur Erde folgt dann im September 2023. Bis dahin ist es noch eine Weile, in der wir Benu immer besser kennenlernen werden.

*TILMANN ALTHAUS ist seit 2002 Redakteur bei »Sterne und Weltraum« und betreut vor allem Themen zur Planetenforschung und Raumfahrt.*

## ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



Das Buch enthält 119 Aufgaben und Lösungen der Rubrik »Zum Nachdenken« zum Sonnensystem, alle überarbeitet und mit zusätzlichen Informationen versehen.

368 Seiten. Preis: 25 €. Bestell-Link: <https://amzn.to/2sYh6L>

### Literaturhinweis

OSIRIS-REx Arrives at Benu – 2018 AGU Press Conference: [svs.gsfc.nasa.gov/12658](https://svs.gsfc.nasa.gov/12658)

**W I S** Didaktische Materialien: [www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285892](http://www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1285892)