

ZUM NACHDENKEN

In der Koma von 2I/Borisov



Kometenkerne werden gelegentlich pittoresk mit »schmutziger Schneeball« (englisch: dirty snowball) umschrieben. Darin offenbart sich die Erkenntnis, dass ein wesentlicher Bestandteil Wassereis (H_2O) ist, mit Beimengungen von Trockeneis (CO_2), Kohlenmonoxideis (CO), Methan (CH_4), Ammoniak (NH_3) sowie mineralischen Teilchen und Staub. Wegen der bei den Besuchen durch Raumsonden beobachteten festen äußeren Kruste mit einer dünnen Rußschicht nennen manche Forschende die Kerne seitdem »eisigen Schmutzball« (englisch: snowy dirtball). Die Kerne sind von einer sich außen verdünnenden Wolke aus Gas und Staub umgeben, die bei Annäherung an die Sonne um den Kern herum entsteht – der Koma. Kürzlich gelang es, in der Koma mehrerer Kometen die Emission von Eisen und Nickel nachzuweisen.

Aufgabe 1: Beobachtungen von Piotr Guzik und Michał Drahus (siehe Kurzbericht) des interstellaren Besuchers erfolgten im Sonnenabstand $r = 2,322 \text{ AE}$ ($1 \text{ AE} = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ m}$). Welche Gleichgewichtstemperatur T_e gilt dort?

Hilfe: Vom Sonnenlicht empfängt der als kugelförmig gedachte rotierende Kometenkern mit dem Radius R_{2I} den Anteil $P_{\text{abs}} = L_{\odot} A_Q / A_r$. Dabei ist $A_Q = \pi R_{2I}^2$ die Querschnittsfläche des Kerns und $A_r = 4 \pi r^2$ die Fläche der Sphäre mit dem Radius r . Die Leistung P_{abs} ist im Gleichgewichtsfall gleich derjenigen, die der Kern gemäß dem Stefan-Boltzmann-Gesetz bei der Temperatur T_e über seine gesamte Oberfläche $A_O = 4 \pi R_{2I}^2$ mit dem Rückstrahlvermögen (Albedo) A_{2I} aussendet: $P_{\text{em}} = (1 - A_{2I}) A_O \sigma T_e^4$. Die Albedo der Oberfläche des Kerns wird zu $A_{2I} = 0,04$ angenommen – so schwarz wie Kohle. Die Sonnenleuchtkraft beträgt $L_{\odot} = 3,846 \cdot 10^{26} \text{ W}$, und die Stefan-Boltzmann-Konstante ist $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

Aufgabe 2: Aus zwei Spektrallinien wurde bei 2I/Borisov beim Sonnenabstand r eine Freisetzungsrate von $n = 9 \cdot 10^{21}$ Nickelatomen/s ermittelt. **a)** Welcher Massenverlustrate $\dot{m}_{\text{Ni}}$ entspricht das pro Sekunde? Die Masse eines Nickelatoms ist $m_{\text{Ni}} = 58,7 \text{ u}$, und die Atommasseineinheit beträgt $u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$. **b)** Welche Nickelmasse hat der interstellare Komet bei r an einem Tag freigesetzt? **c)** 2I/Borisov kam der Sonne auf seiner hyperbolischen Bahn nicht näher als $2,007 \text{ AE}$. Unter der Annahme, dass die kometare Aktivität mit konstant $\dot{m}_{\text{Ni}}$ bis zu einer Sonnendistanz von 3 AE anhielt, ergibt sich eine Nickelproduktionsdauer von $\Delta t = 204 \text{ d}$. Wie viel Nickel hat der Komet unter diesen Voraussetzungen im Sonnensystem zurückgelassen? 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. Einsendeschluss ist der 3. September 2021. Alle Leser, die bis einschließlich des Maihefts 2022 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt; siehe S. 95. Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf S. 16! Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter service@spektrum.de kontaktieren.

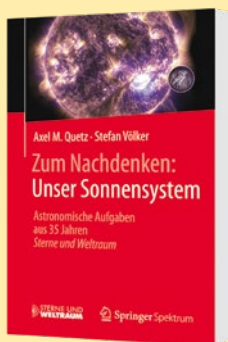
nuar 2020 mit dem Very Large Telescope der ESO die Emission von atomarem Nickel um den Kometen 2I/Borisov nachgewiesen.

Die Umlaufbahn dieses Kometen deutete darauf hin, dass er von außerhalb des Sonnensystems kam (siehe SuW 4/2020, S. 34). Überraschenderweise hatten sowohl sein Verhalten als auch die Zusammensetzung der freien Radikale viel mit denen von regulären Kometen gemeinsam. Allerdings deutet sein hoher Gehalt an CO-Gas darauf hin, dass er sich wahrscheinlich unter ganz anderen Umständen gebildet hat als die Kometen des Sonnensystems. Auf Grund dieser Anomalie wurde vorgeschlagen, dass 2I/Borisov ein Fragment eines größeren, plutoähnlichen Objekts ist oder sich um einen Stern gebildet hat, der kleiner und kälter als die Sonne ist – etwa einen M-Zwerg, den häufigsten Sternstyp in der Galaxis.

Guzik und Drahus berichten von einer Nickelhäufigkeit für 2I/Borisov, die derjenigen von Manfroid und Kollegen bei Kometen des Sonnensystems gefundenen ähnlich ist. Angesichts der unbekannten chemischen Ursprünge und der physikalischen Geschichte von 2I/Borisov ist diese Ähnlichkeit frappierend: Wenn es gelingt, den Ursprung von Eisen und Nickel in normalen Kometen und bei diesem interstellaren Objekt zu entschlüsseln, könnten wir eine gemeinsame Geschichte der organischen Chemie zwischen verschiedenen Planetensystemen aufdecken.

DENNIS BODEWITS und STEVEN J. BROMLEY
forschen am Department of Physics der
Auburn University, Auburn, Alabama, USA.

ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



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

Literaturhinweise

Guzik, P., Drahus, M.: Gaseous atomic nickel in the coma of interstellar comet 2I/Borisov. *Nature* 593, 2021

Manfroid, J. et al.: Iron and nickel atoms in cometary atmospheres even far from the Sun. *Nature* 593, 2021

W I S Didaktische Materialien:
www.wissenschaft-schulen.de/artikel/1051514

nature

© Springer Nature Limited
www.nature.com
doi.org/10.1038/d41586-021-01265-8