

Auffällige Himmelskörper in unserem Sonnensystem

Bei der Durchmusterung unseres Sonnensystems nach Himmelskörpern stoßen die Astronomen immer wieder auf eigenartige Objekte mit überraschenden Eigenschaften. Dies wirft auch Fragen nach ihrem Alter auf.

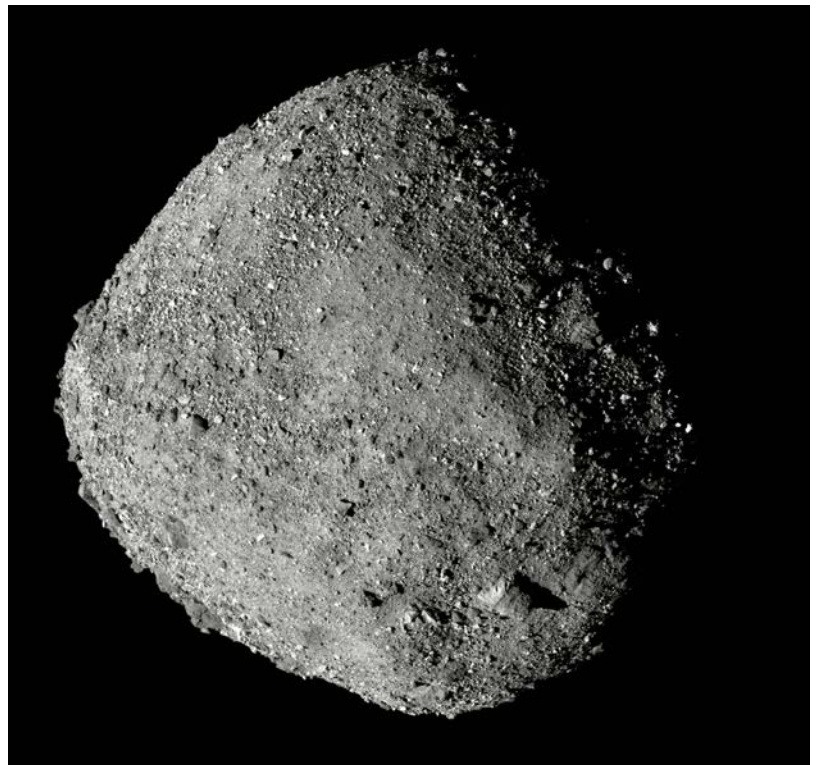
Peter Korevaar

Die meisten Asteroiden und Kometen im Sonnensystem sind lediglich eine Nummer im MPCAT, dem Minor Planet Catalogue, der vom Minor Planet Center der Harvard Universität gepflegt wird. Dieser Katalog enthält aktuell schon über 1 Million Einträge und täglich kommen weitere Objekte hinzu. Kontinuierlich werden die Bahnparameter durch neue Beobachtungen verfeinert und aktualisiert.

Einige dieser Objekte stechen aus den verschiedensten Gründen hervor, bekommen eigene Namen, werden genauestens beobachtet, und manche werden sogar von Raumsonden besucht. Drei solcher Himmelskörper, die Fragen zu ihrem Ursprung und ihrem Alter aufwerfen, werden hier näher betrachtet.

Bennu, das bedrohliche Weichei

Besonders im Fokus der Astronomen befinden sich die sogenannten NEOs, die Near-Earth-Objects, also Himmelskörper, die der Erde gelegentlich sehr nahe kommen. Einige von ihnen sind zusätzlich PHOs (Potentially Hazardous Objects), potenzielle Kandidaten für einen Zusammenstoß mit der Erde, was verheerende Folgen haben könnte. Solche Einschläge sind aus der Erdgeschichte aus alten Kratern bekannt, in Deutschland zum Beispiel das Nördlinger Ries. Ein solches PHO ist der Asteroid Bennu. Entdeckt wurde Bennu im Jahr 1999 und er bewegt sich zwischen Erde und Mars auf einer stark elliptischen Bahn, die ihn alle sechs Jahre sehr nah an die Erde bringt. Mit knapp 500 m Durchmesser und einer Masse von 7,6 Millionen Tonnen ist Bennu eine ernstzunehmende Bedrohung. Die Bahnparameter werden ständig verbessert, aber aktuell kann noch nicht mit Sicherheit gesagt werden, ob Bennu der Erde wirklich gefährlich werden kann. Bennu kommt der Erde fast so nah wie der Mond, die höchste Kollisionsgefahr besteht nach aktuellen Daten Ende des 22. Jahrhunderts. Simulationen der Bahnparameter zeigen aber, dass die Wahrscheinlichkeit einer Kollision auch dann bei lediglich 0,037% liegt.



Um potenzielle Einschläge besser studieren und ggf. Maßnahmen dagegen ergreifen zu können, wird Bennu gerade von der Raumsonde *OSIRIS-REx* besucht. Im Oktober 2020 sammelte die Raumsonde erfolgreich 60 Gramm Material von Bennu ein. Geplant ist, dieses Material im September 2023 zur Erde zurück zu bringen. Aber schon aus den gemachten Bildern (siehe Abb. 1) und sonstigen Messungen ist klar, dass Bennu nicht aus festem Gestein, sondern aus losem Material besteht. Dies hat zu Folge, dass Bennus mittlere Dichte kaum größer ist als die von Wasser und das Material so weich, dass er, läge er auf der Erde, einfach aufgrund der Schwerkraft in sich zusammenfallen würde. Die Astronomen vermuten, dass Bennu aus Material entstanden ist, das andere Asteroiden bei Zusammenstößen hinterließen. Eine andere Vermutung ist, dass Bennu ein ausgebrannter Komet sei. Auffallend ist allerdings, dass Bennu aktiv ist und Material ausstößt (JIANG 2020). Dies ist für einen vermeintlich uralten Asteroiden gelinde gesagt befremdlich. Ist Bennu also jünger als gedacht?

Abb. 1 Asteroid Bennu (101955), fotografiert am 2. Dezember 2018 von der Raumsonde *OSIRIS-REx* aus 24 km Entfernung. (NASA / Goddard)

Arrokoth, der ferne Schneemann

Außerhalb der Neptun-Bahn befindet sich der Kuipergürtel, eine große Sammlung von Objekten, die wegen ihrer Kleinheit nur schwer zu entdecken sind. Sie werden auch TNOs genannt (Trans-Neptune-Objects); der Zwergplanet Pluto und sein Begleiter Charon gehören dazu. Nachdem diese beiden im Jahr 2015 von der Raumsonde *New Horizons* besucht worden waren, setzte *New Horizons* die Reise weiter in Richtung Kuipergürtel fort. Dabei wurde die Sonde auf Arrokoth gelenkt. Dieses Objekt war zu Beginn der *New Horizons*-Mission noch gar nicht entdeckt, wurde aber gezielt vom Hubble Teleskop im Jahr 2014 aufgespürt, als man auf der Suche nach möglichen Objekten war, zu denen *New Horizons* nach dem Pluto-Besuch mit der verbleibenden Energie weiterreisen könnte. Im Vorfeld vermutete man aufgrund von Messungen mit Hilfe von Sternbedeckungen, dass Arrokoth (auch Ultima Thule genannt) eine stark asymmetrische Form habe und um die 30 km groß sei. Diese Erwartungen wurden von *New Horizons* Anfang 2019 beim Vorbeiflug bestätigt. Dennoch staunten die Astronomen nicht schlecht, als die fernübertragenen Bilder zeigten, dass Arrokoth in Wirklichkeit aus zwei aneinander „geklebten“ Objekten besteht (Abb. 2). Dieser Form verdankt er seinen populären Namen „Schneemann“. Es handelt sich allerdings um einen „platten“ Schneemann, da weitere Beobachtungen zeigten, dass die Teile stark abgeflacht sind, wie eine zerdrückte Walnuss und ein Pfannkuchen. Man geht davon aus, dass die beiden Teile zur selben Zeit entstanden sind,

dann zunächst gravitativ gebunden umeinander drehten, bis sie schließlich sanft aneinander stießen und haften blieben (STERN 2020). Wie in Abb. 2 klar ersichtlich, ist der Verbindungsbereich der beiden Teile heller. Es könnte sich dabei um Wassereis handeln. Da das erstbeste Objekt im Kuipergürtel, das zufällig auf dem Flugweg von *New Horizons* lag, gleich so besonders war, wird vermutet, dass viele Kuipergürtel-Objekte ähnlich sein werden. Für diese Vermutung spricht auch, dass das Spektrum von Arrokoth den Spektren anderer Kuipergürtel-Objekte ähnelt, die man aber noch nicht im Detail beobachten konnte. Einmal mehr scheint das Sonnensystem ganz anders zu sein als erwartet.

Komet Hartley 2, der junge Auspuff

Kometen unterscheiden sich von Asteroiden hauptsächlich dadurch, dass sie der Sonne so nahe kommen, dass gefrorenes Material, in der Regel Wassereis, verdampft und entweicht. Dabei wird auch loses Material mitgerissen, da die Schwerkraft von Kometen sehr gering ist. Die ausströmende Materie wird dann von der Sonne angestrahlt und als Schweif sichtbar. Wiederkehrende Kometen können diesen Prozess nur maximal einige hundert Male durchmachen, bevor sie vollständig ausgegast sind. Ein solch wiederkehrender Komet ist 103P/Hartley, oft einfach als Hartley 2 bezeichnet. Er wurde 1986 entdeckt, kehrt alle 6,5 Jahre zurück, und aufgrund von Größe und Massenverlust wird geschätzt, dass Hartley 2 noch ca. 100-mal erscheinen wird, bevor er vollständig ausgebrannt ist, was also in knapp 700 Jahren der Fall sein wird. Dies ist an sich nichts Besonderes, weil es allen kurzperiodischen Kometen so ergeht. Zwei Dinge machen Hartley 2 jedoch besonders: 1. Er wurde im Jahr 2010 von der Raumsonde *Deep Impact* besucht und 2. er bläst wie ein Auspuffrohr große Mengen an Kohlendioxid in den Weltraum.

Deep Impact hatte als Hauptmission die Erforschung des Kometen Tempel 1, auf den er im Jahr 2005 gezielt einen extra für diesen Zweck mitgeführten 372 kg schweren *Impaktor* einschlagen ließ, um die innere Beschaffenheit des Kometen zu erforschen. Dabei stellte man fest, dass Tempel 1 mehr Staub und weniger Eis enthält als bis dahin angenommen. Danach änderte die NASA den Namen der Mission von *Deep Impact* zu *EPOXI* und in dieser neuen Identität besuchte die Raumsonde Hartley 2 im November 2010. Dabei wurden Bilder vom Kometen gemacht (siehe Abb. 3) und Spektralmessungen vorgenommen. Dies lieferte eine erstaunliche Überraschung: Die von Hartley 2 ausgestoßenen Jets bestehen zum größten Teil nicht aus

Abb. 2 Kuipergürtel-Objekt Arrokoth (2014 MU₆₉), fotografiert im Januar 2019 von der Raumsonde *New Horizons*. (NASA)



Wasserdampf, sondern aus CO_2 , dem Treibhausgas Kohlendioxid. Von der Erde aus lässt sich CO_2 bei Kometen nicht direkt nachweisen, da die zur Identifikation notwendige Spektrallinie zu weit im Infrarotbereich liegt und folglich von der Erdatmosphäre absorbiert wird. Der Infrarotspektrometer an Bord von *EPOXI* brachte aber den eindeutigen Beweis. Dieser Befund lässt aufhorchen. Denn CO_2 sublimiert bei viel niedriger Temperatur als Wasser und gast daher entsprechend viel schneller aus. Kometen werden gemeinhin als so alt wie das Sonnensystem eingestuft. Die kurzperiodischen Kometen sollen aus dem kalten Kuipergürtel stammen und nie warm gewesen sein. Die Befunde der *Stardust*-Mission zeigen jedoch, dass diese Theorie fragwürdig ist, weil die vom Kometen Wild 2 eingefangenen Partikel eindeutig kristalline Strukturen aufweisen, die bezeugen, dass das Material dieses kurzperiodischen Kometen vorübergehend heißen Phasen ausgesetzt war (KOREVAAR 2004, 2007). Dies macht das Vorkommen von Trockeneis (gefrorenem Kohlendioxid) auf Hartley 2 umso erstaunlicher. Eine passende Erklärung für diesen Befund wurde bislang nicht präsentiert, die Astronomen stehen auf dem Schlauch: „Die größte offene Frage ist, warum es so viel CO_2 in diesem Kometen gibt“, meint der leitende Wissenschaftler der Mission, Michael A'HEARN. Die einzig logische Erklärung scheint, dass der Komet viel jünger ist als bislang angenommen und daher das CO_2 noch nicht vollständig ausgasen konnte. Auch bei

Fast alle Raumsonden, die das Sonnensystem erforschen, warten mit unerwarteten Ergebnissen auf.

Tempel 1 hatte das Infrarotspektrometer von *Deep Impact* CO_2 festgestellt. Es ist somit nicht auszuschließen, dass Kometen generell einen hohen CO_2 -Gehalt haben könnten. Dies wäre brisant, weil es ein starkes Indiz dafür wäre, dass Kometen generell jünger sind als gedacht.

Fazit

Es ist bemerkenswert, dass fast alle Raumsonden, die das Sonnensystem erforschen, mit unerwarteten Ergebnissen aufwarten, die die bis dahin sicher gewählte Sicht auf das Sonnensystem in Frage stellen. So auch bei den drei hier besprochenen Missionen: Der Asteroid Benu

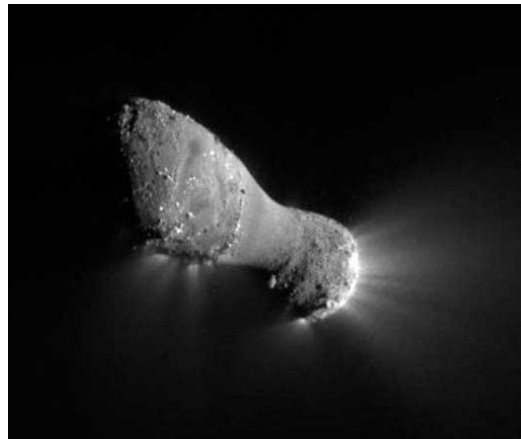


Abb. 3 Komet Hartley 2 (103P/Hartley), fotografiert von der Raumsonde *EPOXI* (ehem. *Deep Impact*) im November 2010. (NASA / JPL)

besteht aus losem Material, verliert aktiv Materie, was sein vermeintlich hohes Alter in Frage stellt. Akkoroth besteht aus zwei Teilen und erfordert ein Umdenken bei der Entstehung des Kuiper-Gürtels. Und der Komet Hartley 2 verliert viel mehr CO_2 als erwartet und könnte deutlich jünger sein als allgemein angenommen.

Anmerkungen

- 1 Asteroiden sind kleine Himmelskörper im Sonnensystem, die meisten davon bewegen sich auf einer Bahn um die Sonne zwischen den Planeten Mars und Jupiter, einige jedoch auch zwischen den anderen Planeten.
- 2 <https://minorplanetcenter.net/iau/ECS/MPCAT/MPCAT.html>
- 3 <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/101955-bennu/overview/>
- 4 https://en.wikipedia.org/wiki/101955_Bennu
- 5 <http://pluto.jhuapl.edu/News-Center/News-Article.php?page=20190208>
- 6 [https://de.wikipedia.org/wiki/Deep_Impact_\(Sonde\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Deep_Impact_(Sonde))
- 7 <https://skyandtelescope.org/astronomy-news/comet-hartley-2-fullofsurprises/>
- 8 Die Raumsonde *Stardust* (englisch für Sternenstaub) war eine Mission der NASA, die 1999 gestartet und 2011 beendet wurde. Ziel der Mission war das Einfangen von Partikeln aus der Koma des Kometen Wild 2 sowie interstellaren Staubs. Die Proben wurden im Januar 2006 zur Erde gebracht.
- 9 <https://www.space.com/11989-quirky-comet-hartley-2-solar-system-theories.html>
- 10 <https://deepimpact.astro.umd.edu/results/spectrometer.html>

Literatur

- JIANG Y (2020) Motion of Dust Ejected from the Surface of Asteroid (101955) Bennu. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2010/2010.10127.pdf>
- KOREVAAR P (2004) Die rätselhafte Ursprung der Kometen. *Stud. Integr. J.* 11, 78–80.
- KOREVAAR P (2007) Woher stammen kurzperiodische Kometen? *Stud. Integr. J.* 14, 38–39.
- STERN SA et al. (2020) Initial results from the New Horizons exploration of 2014 MU₆₉, a small Kuiper Belt Object. <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2004/2004.01017.pdf>