

Besuch auf Bennu – OSIRIS REx-Mission Teil 1 erfolgreich [21. Okt.]

Ein voller Erfolg!

Die **Mission OSIRIS REx** „berührt“ den **Asteroiden Bennu** und sammelt Proben ein.

Nach rund 10 Jahren Vorbereitung und einem mehrjährigen Flug hat sich die NASA-Mission OSIRIS REx (**O**rigins, **S**pectral **I**nterpretation, **R**essource **I**dentification, **S**ecurity, **R**egolith **E**xplorer) dem Asteroiden Bennu angenähert und Proben von Staub und Gestein entnommen.

Der Asteroid (101955) *Bennu* (Abb. 1) ist ein Asteroid des *Apollo-Typs*. Er wurde am 11.09.1999 im Rahmen des *LINEAR-Projekts* entdeckt. Der Himmelskörper wurde nach dem *altägyptischen Totengott Benu* genannt.

Der **Durchmesser** des Asteroiden beträgt 492 Meter. Er umrundet die Sonne innerhalb von 436 Tagen in einem Abstand von 0,9-1,35 *Astronomischen Einheiten* (AE). Dabei kreuzt er die Bahn der Erde und nähert sich der Umlaufbahn des Planeten *Mars*.

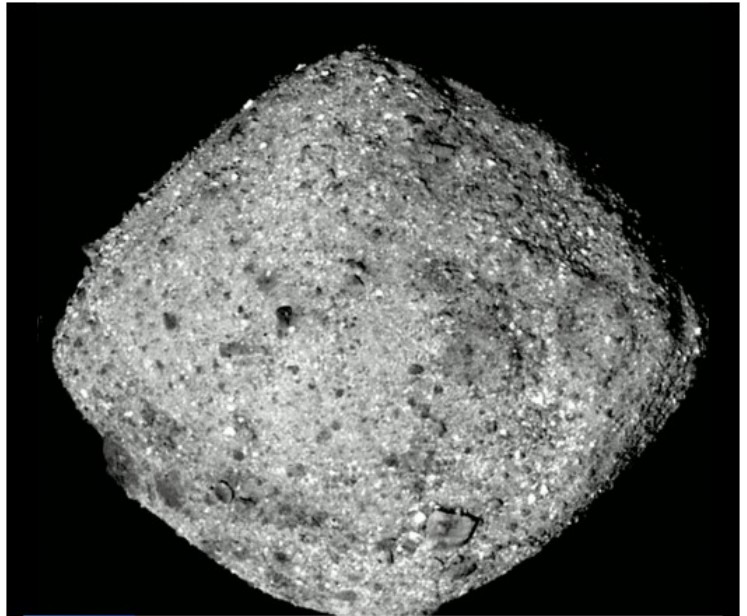


Abb. 1 Ansicht des Astroiden Bennu.

Die Aufnahme zeigt den Astroiden Bennu aus einer Entfernung von rund 80 Kilometern. Der Durchmesser des Himmelskörpers beträgt 492 Meter. Die Oberfläche des Asteroiden ist mit zahlreichen Felsbrocken bedeckt.

© NASA/JPL

Weshalb ist Bennu interessant?

Im Jahr 2009 wurden mögliche Zusammenstöße des Asteroiden mit der Erde im Zeitraum von 2169 bis 2199 untersucht. Die Wahrscheinlichkeit eines Einschlags hängt jedoch von den bisher nur unzureichend bekannten physikalischen Eigenschaften von Bennu ab. Aktuell beträgt sie weniger als 0,07 Prozent.

Der Asteroid könnte die Erde im Jahr 2135 in einem Abstand von weniger als 380.000 Kilometern (*mittlere Mondentfernung*) passieren und aufgrund *gravitativer Effekte* der Erde seine Bahn dahingehend verändern, daß eine Kollision in den Jahren danach nicht auszuschließen ist. Daher wird er vom *Arecibo-Observatorium* und vom *Goldstone Deep Space Communications Complex* ausgiebig beobachtet.

Masseverlust

Vor einem Jahr entdeckten Forscher, daß der Asteroid Masse verliert [2]. Somit gehört Bennu zu den „**aktiven Astroiden**“. Die Oberfläche des Himmelskörpers ist mit Gesteinsbrocken unterschiedlicher Größe bedeckt. Bennu hat in der näheren Vergangenheit schubweise bis zu 10 Zentimeter große Teilchen verloren, von denen zahlreiche in den Weltraum entwichen sind (Abb. 2).

Die genaue Ursache des **Masseverlustes** ist unklar, möglich wären Auswirkungen innerer Spannungen, **Rotationskräfte**, **Meteoriteneinschläge**, Wirkungen von Eisbildung oder -schmelze oder Effekte der Temperaturunterschiede durch die unterschiedliche Sonneneinstrahlung auf den rotierenden Körper.

Im Januar und Februar 2019 verlor Benu etwa ein Kilogramm seiner Materie.

Abb. 2

Masseverlust des Asteroiden Benu.

Oben:

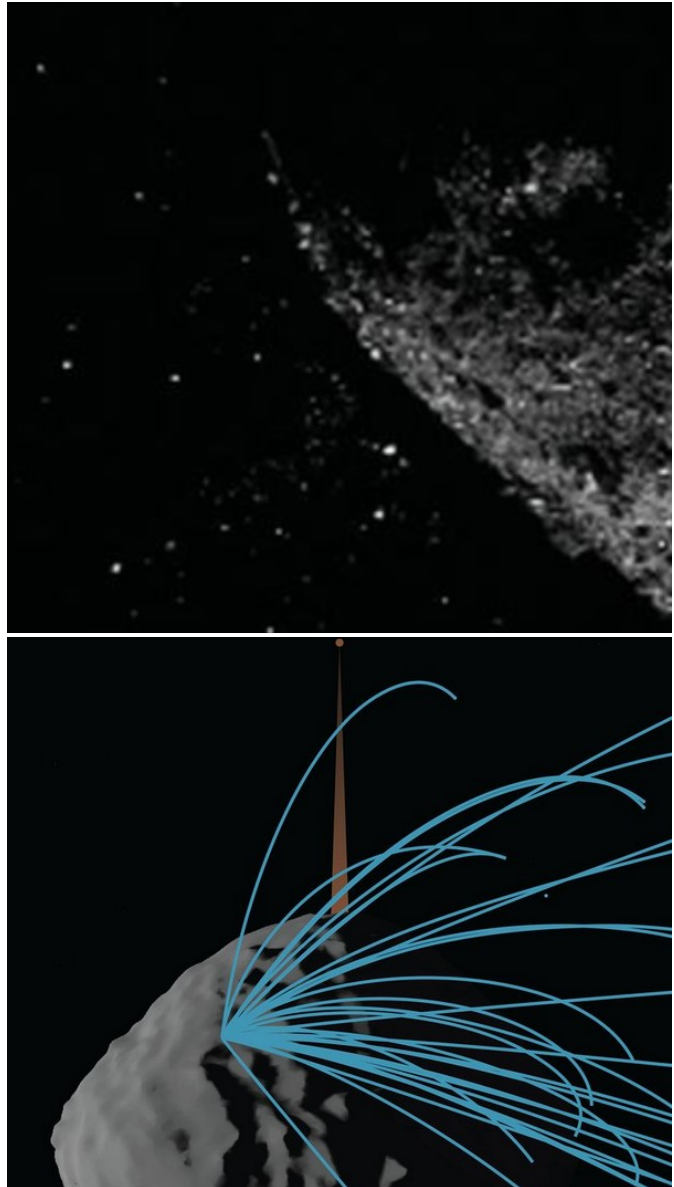
Aufnahme des Masseverlustes des Asteroiden Benu. Die Aufnahme zeigt den Verlust größerer Teilchen, die das Sonnenlicht reflektieren (kreisförmige bzw. ovale Punkte). Innerhalb des letzten Jahres hat der Asteroid mindestens ein Kilogramm Masse an das *interplanetary Medium* verloren.

© NASA/JPL

Unten:

Schematische Darstellung von Modellrechnungen zur Bahnbestimmung von Teilchen, die am 19.01.2019 von OSIRIS REx beobachtet wurden. Die Position sowie der Blickwinkel der Sonde sind braun markiert, sie befand sich zu diesem Zeitpunkt rund 2 Kilometer oberhalb des Asteroiden. Die Bahnen der abgeschleuderten Teilchen sind blau markiert, sie enden in Regionen ohne direkte Sonneneinstrahlung.

© NASA/JPL/[2]



Die Annäherung vom 20. Oktober

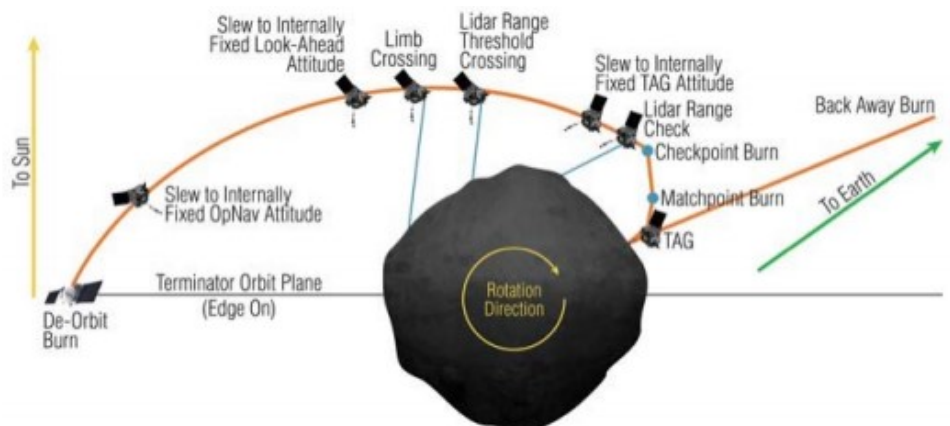
Die Annäherung der Sonde an den Asteroiden ereignete sich in der Nacht vom 20. Oktober in einer Entfernung von rund 334 Millionen Kilometern von der Erde (Abb. 3). Die Probenentnahme ähnelte einer irdischen Blutentnahme: sie dauerte nur rund 10 Sekunden.

Abb. 3

Schematische Darstellung der Annäherung der TAG-Sonde an den Asteroiden Benu.

Unter dem Motto „*Touch and Go*“ (TAG) näherte sich OSIRIS REx heute nacht bis an die Oberfläche des Asteroiden, sammelte Material und nahm anschließend wieder eine Bahn um Benu ein.

© NASA/GSFC/UA



Aufgrund der Entfernung von Bennu wurden jegliche Signale erst mit einer Zeitverschiebung von 18,5 Minuten auf der Erde empfangen.

Der gesamte **Annäherungsprozess** (*Touchdown*) sowie das Einsammeln der Bodenproben wurden daher autonom durchgeführt und dauerten rund 4,5 Stunden. Dabei näherte sich die Sonde der Oberfläche mit einer Geschwindigkeit von nur 10 Zentimetern pro Sekunde.

OSIRIS REx landete – wie vorgesehen – auf einer flachen Region in einem Krater auf der nördlichen Hemisphäre des Asteroiden (Abb. 4).

Die Größe des Landgebietes, *Nightingale* (Abb. 4), entsprach etwa einem schmalen Parkplatz (auf der Erde).

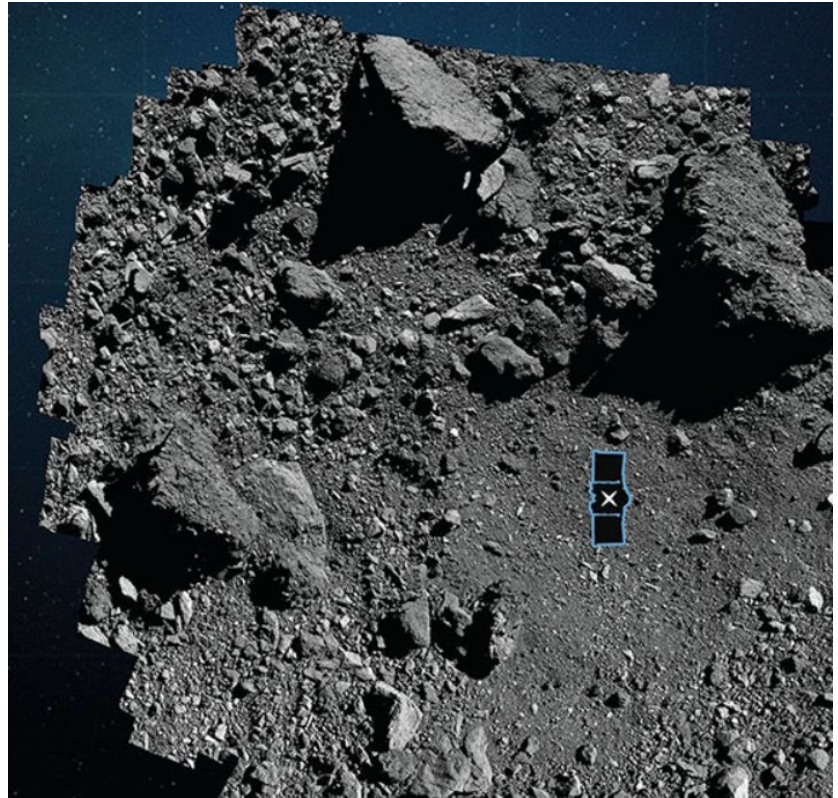


Abb. 4
Landeplatz der Sonde OSIRIS REx auf dem Asteroiden Bennu.

Die Region, in der OSIRIS REx Material der Asteroidenoberfläche einsammeln soll, ist nicht viel größer als ein Pkw-Parkplatz auf der Erde (weißes Kreuz).

© NASA/JPL



Abb. 5 Künstlerische Darstellung des Landemanövers der Sonde OSIRIS REx auf der Oberfläche des Asteroiden Bennu. Die Darstellung zeigt eine Momentaufnahme des Landevorgangs der Sonde OSIRIS REx direkt oberhalb der Oberfläche des Asteroiden Bennu, kurz vor dem Einsammeln der Materialproben. – Oben rechts: Landestelle (schwarzes Kreuz) von OSIRIS REx auf der nördlichen Hemisphäre des Asteroiden. --- © NASA/GSFC/Univ. of Arizona

Eine Live-Übertragung des Einsammelprozesses war nicht möglich, jedoch zeigen die Daten, daß der dafür vorgesehene Arm der Sonde **TAGSAM** (*Touch-And-Go Sample Acquisition Mechanism, TAGSAM*) die Oberfläche des Asteroiden erfolgreich kontaktiert und anschließend den vorgesehenen *Stickstoffgasausstoß* vorgenommen hat (Abb. 5, 6). Der Gasausstoß diente dem Aufwirbeln von Staub der Asteroidenoberfläche bis zu einer Höhe von rund 20 Zentimetern. Dabei gelangte Material in die vorgesehene Sammeltasche der Sonde (Abb. 6, 7).



Abb. 6 Sammelarm der Sonde OSIRIS REx.
Der Sammelarm der Asteroidensonde soll mindestens 60 Gramm Material der Oberfläche eingesammelt haben. Die Länge von TAGSAM beträgt 3,35 Meter.
© NASA/JPL

Abb. 7
Schematische Darstellung - Sammelarm der Sonde OSIRIS REx mit Gasausstoß.

Der Sammelarm der Sonde wird bei der Annäherung an die Oberfläche des Asteroiden ausgefahren. Anschließend findet ein 5-sekündiger Gasausstoß (*Stickstoff*) statt, der die Materie auf der Oberfläche hochwirbeln soll. Dabei gelangen Staub und kleine Gesteinsteilchen in die Sammeltasche.

© NASA/JPL



Eine **Animation** der Annäherung des Sammelarms an die Oberfläche des Asteroiden Bennu sowie dessen Funktionsweise findet sich unter [3].

Abflug und Rückreise

Anschließend konnten die Ingenieure das Feuern der *Antriebsraketen* bestätigen, mithilfe derer die Sonde rund 10-15 Sekunden nach dem Einsammelprozeß von der Oberfläche des Asteroiden (in eine erneute Umlaufbahn) startete.

Nun hoffen die Wissenschaftler, daß mindestens 60 Gramm *Regolith* von der Asteroidenoberfläche eingesammelt werden konnten. Die Sammeltasche von OSIRIS REx kann theoretisch bis zu 2 Kilogramm Material einsammeln.

Allerdings werden wir erst in rund 3 Jahren, im Jahr 2023 erfahren, wieviel und welches Material bei diesem interplanetaren Unternehmen eingesammelt werden konnte.

Die Wissenschaftler hoffen daraus Erkenntnisse zu gewinnen, wieviel *organische Materie* der Asteroid beherbergen könnte. Unlängst war *organischer Kohlenstoff* auf dem Asteroiden gefunden worden [4].

Die Mineralien in der Nightingale-Region könnten in Flüssigkeitskanälen des Ursprungskörpers, aus dem Bennu einst hervorging, entstanden sein. Dabei handelte es sich wahrscheinlich um einen größeren *Planetesimal*, der vor rund 4,56 Milliarden Jahren außerhalb der Bahn des Planeten *Jupiter* entstand.

Zu einem späteren Zeitpunkt, innerhalb der letzten Milliarden Jahre, zerbrach dieser Himmelskörper. Wahrscheinlich sorgte die Wärme *radioaktiver Elemente* im Inneren dafür, daß *kohlenstoffhaltige Verbindungen* überlebten, möglicherweise innerhalb eines großskaligen Flüssigkeitssystems, das über den gesamten Himmelskörper verteilt war.

Die Existenz früherer „Wasserwelten“ ist mit der Idee konsistent, daß Objekte wie Bennu große Mengen Wassers auf die Erde brachten. Möglicherweise waren derartige Himmelskörper Bewahrer *organischer Chemie*, die später für die Existenz von *Aminosäuren* und anderer präbiotischer Komponenten sorgten, die man aktuell noch in *kohlenstoffreichen Meteoriten* findet.

Die Existenz organischen Kohlenstoffs auf Asteroiden wie Bennu könnte ein Hinweis darauf sein, daß diese Himmelskörper bei ihrem Einsturz auf der Erde organisches Material mitgebracht haben könnten.

Datenauswertung

Die Identifizierung und Messung der Proben findet in der Zwischenzeit zunächst **Remote** statt. Dabei vergleichen die Wissenschaftler das Aussehen der Landestelle Nightingale vor und nach dem Einsammelprozeß. Dabei kann hoffentlich festgestellt werden, wieviel Material durch den Gasausstoß der Sonde aufgewirbelt worden ist. Dieser Prozeß beginnt bereits am 21. Oktober, sobald das Filmmaterial der Sonde heruntergeladen werden konnte.

Die Ermittlung der **Menge des eingesammelten Materials** erfolgt durch Aufnahmen, die mithilfe der **Kamera SamCam** am Arm von TAGSAM entstanden. Sie soll feststellen, ob Staub und Gestein aufgesammelt werden konnten. Abhängig von der Beleuchtungssituation auf Bennu entstanden möglicherweise weitere Aufnahmen, die Aufschluß über das Innenleben von TAGSAM geben können.

Einige Tage später wollen die Forscher versuchen, die Masse der eingesammelten Materie durch die **Änderung des Drehmomentes** der Sonde OSIRIS REx zu ermitteln. In diesem Fall wird die zusätzliche Masse an Bord der Sonde die Verteilung der Masse insgesamt sowie ihre Auswirkung auf die Rotation verändert haben.

Bei der Messung wird der TAGSAM-Arm an der Seite der Sonde ausgefahren, dabei dreht sich die Sonde um eine Achse, die senkrecht auf dem Arm steht. Diese Technik ist analog zu dem Vorgang, bei dem sich eine Person mit einem ausgestreckten Arm dreht, an dessen Ende sich ein Seil mit einem Ball befindet. Dabei kann die Person die Masse des

Balls aufgrund der Spannung des Seiles bestimmen. Durch den Vergleich des Versuchs vor und nach dem Einsammeln der Asteroidenmaterie kann die Masseänderung gemessen werden.

Zur Aufbewahrung der Asteroidenmaterie wird die Sammeltasche in die Kapsel (*Sample Return Capsule, SRC*) von OSIRIS REx verbracht.

Nun wird OSIRIS REx den Asteroiden Bennu weiter beobachten und erst im März 2021 verlassen. Zwei Jahre später wird die Sonde samt kostbarem Inhalt auf der Erde zurückerwartet.

Falls Sie Fragen und Anregungen zu diesem Thema haben, schreiben Sie uns unter kontakt@ig-hutzi-spechtler.eu

Ihre IG Hutzi Spechtler

Yasmin Walter (yaw)

Quellenangaben

[1] Information zu astronomischen und physikalischen Begriffen (kursive Schreibweise)
www.wikipedia.de

[2] Lauretta, D. S., et al., *Science*, 366, Issue 6470, (06 Dec, 2019)

[3]
Animation der Annäherung des Sammelarms TAGSAM an die Oberfläche des Asteroiden Bennu
https://www.nasa.gov/sites/default/files/styles/full_width/public/thumbnails/image/osiris-rex-matchpoint-samcam-gif-web.gif?itok=l9PwSDGN

Animation/Schematische Darstellung der Funktionsweise des Sammelarms TAGSAM
<https://youtu.be/NjIGYHJ2560>

[4] Voosen, P., *Science* (08 Oct, 2020)