

# Ein Blick mit Großteleskopen auf den Asteroiden Kleopatra – Kleinkörper im Sonnensystem in voller Größe

Bezieht sich auf den Beitrag „Neue Bilder vom Hundeknochen-Asteroiden“ in „Sterne und Weltraum“ 1/2022, S. 13, Zielgruppe: Mittel- bis Oberstufe, WIS-ID: 1571144

Wolfgang Wieser

Eine Hauptaufgabe der weltgrößten Teleskope ist die Erforschung weit entfernter Objekte im Weltall. Diese Teleskope sind allerdings auch in der Lage, Kleinkörper in unserer direkten kosmischen Nachbarschaft zu beobachten und so etwas über die Entstehung unseres Sonnensystems herauszufinden. Seit dieser Zeit hat sich die Zusammensetzung der Asteroiden kaum geändert. Im Gegensatz zu Gesteinen auf der Erde, die im Laufe der Zeit mehrfach aufgeschmolzen, erstarrt und umgebildet wurden, findet man in den Asteroiden die Urmaterie, aus der sich unser Sonnensystem gebildet hat.

Eine genauere Untersuchung von Asteroiden ist allerdings sehr aufwendig, wenn sie vor Ort im Asteroidengürtel von Raumsonden unternommen werden soll bzw. nur auf kleinere Objekte beschränkt, die als Meteoriten auf der Erde gelandet sind. Eine weitere Alternative stellen Beobachtungen von Asteroiden dar, mit deren Hilfe die Form, Masse, Dichte und Reflexionsvermögen und damit über die Zusammensetzung dieser Objekte bestimmt werden kann.

In diesem WIS-Beitrag wird gezeigt, wie man mit Wissen aus der Mittel- und Oberstufe Näheres über die Form, den Aufbau und die Zusammensetzung des Asteroiden 216 Kleopatra herausfinden kann. Es werden dabei die Bereiche Astronomie, Mathematik, Natur und Technik sowie Kunst und Werken angesprochen.

| Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag |   |  |
|-------------------------------------|---|--|
| Astronomie                          | Kleinkörper   | Asteroid Kleopatra   |
| Physik                              | Optik, Mechanik   | <a href="#">Schattenwurf</a> , Gravitation, Flugbahn, Geschwindigkeit, Streckenbestimmung, Dichte  |
| Fächer-<br>verknüpfung              | Astronomie - Mathematik<br>Astronomie - Kunst                       | Maßstab, Größenvergleiche, Volumen komplexer Körper<br><a href="#">Modellieren</a> , <a href="#">3D-Modelle</a>                                      |
| Lehre<br>allgemein                  | Kompetenzen (Fachwissen, Erkenntnisgewinnung),<br>Unterrichtsmittel | Auswerten von Tabellen, Abschätzung von Größenordnungen,<br>Modelle zur Veranschaulichung von Formen und Volumina,<br><a href="#">Arbeitsblätter</a> |

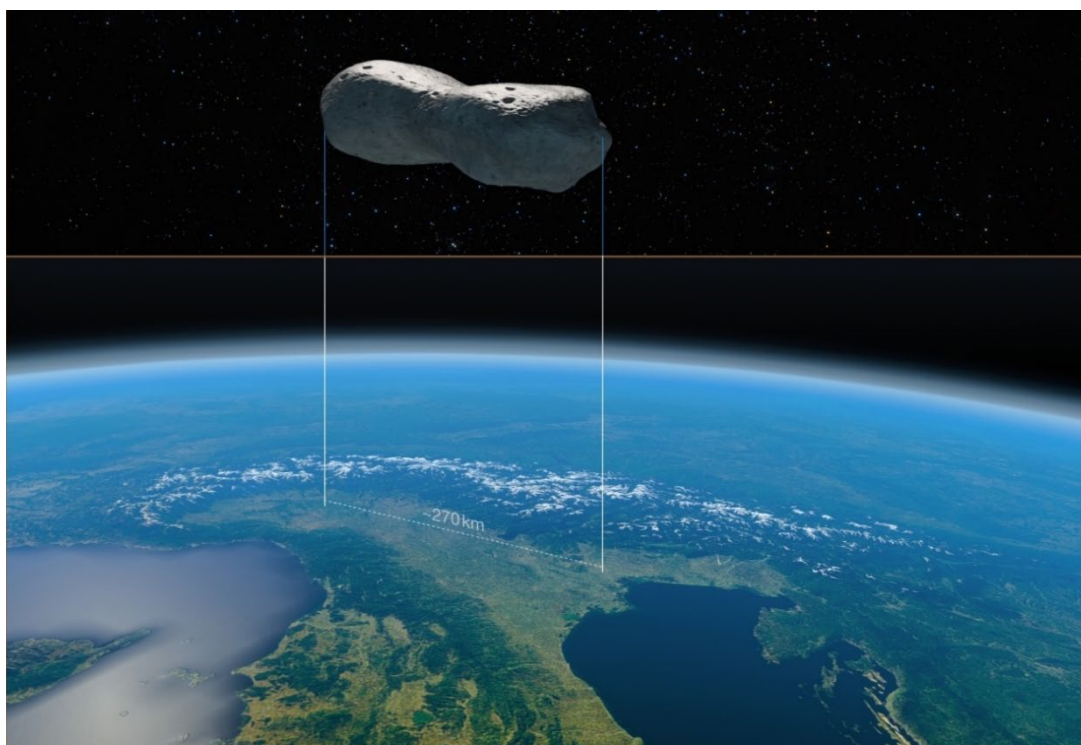


Abbildung 1: Größenvergleich des Asteroiden Kleopatra mit Norditalien (ESO/M. Kornmesser/Marchis et al. 2021).

## Der Asteroid (216) Kleopatra

Der Asteroid 216 Kleopatra wurde schon im Jahr 1880 vom Astronom Johann Polisa entdeckt. Der Asteroid gehört zu den größeren Objekten des mittleren Asteroidengürtels und umkreist die Sonne in 4,6 Jahren in einem Abstand zwischen ca. 313 Mio. km und 523 Mio. km. Seine Bahn liegt damit zwischen der Erdbahn (Abstand zu Sonne: ca. 150 Mio. km) und der Marsbahn (Abstand zur Sonne: ca. 228 Mio. km), siehe Simulation: <https://www.spacereference.org/solar-system#ob=216-kleopatra-a880-gb>.

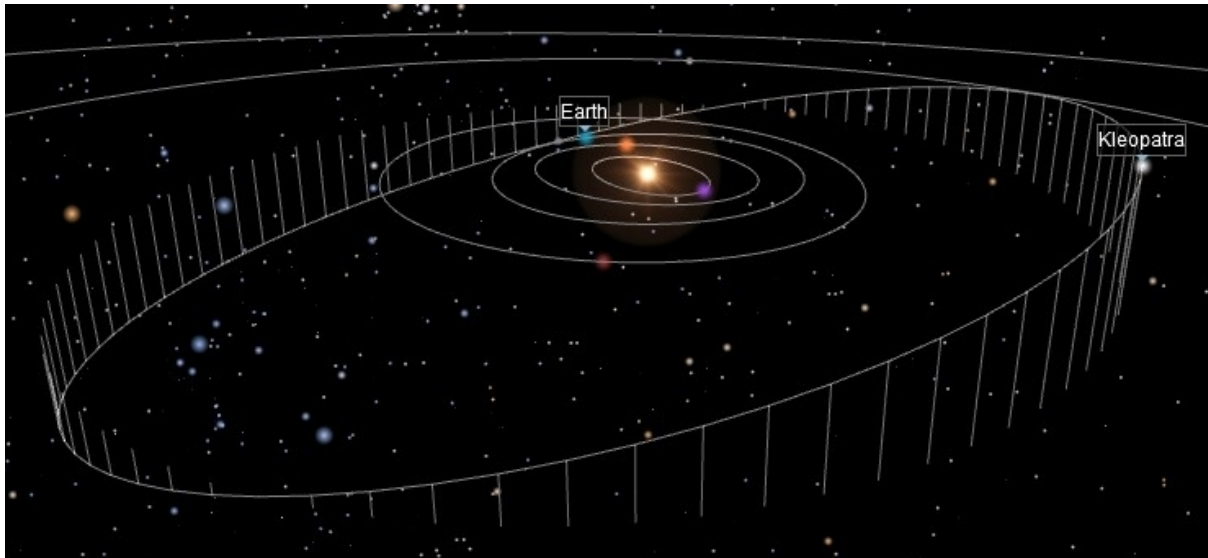


Abbildung 2: Die Umlaufbahn von (216) Kleopatra. © NASA/JPL.

Erst seit 2008 ist bekannt, dass Kleopatra von zwei Monden umkreist wird, die nach den Kindern der ägyptischen Königin, Alexander Helios und Cleopatra Selene II entsprechend AlexHelios und CleoSelene benannt wurden.

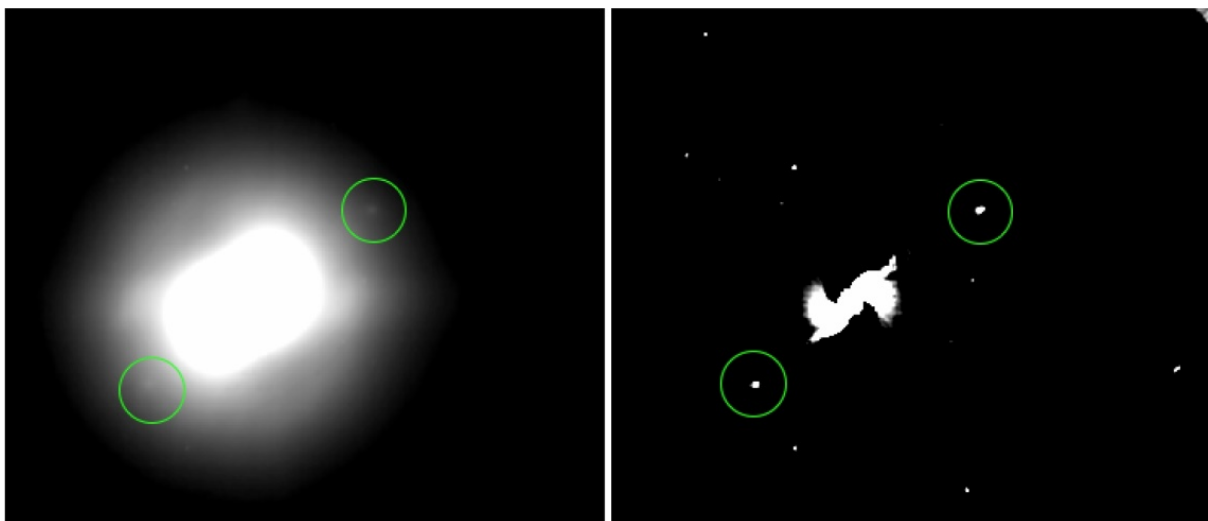
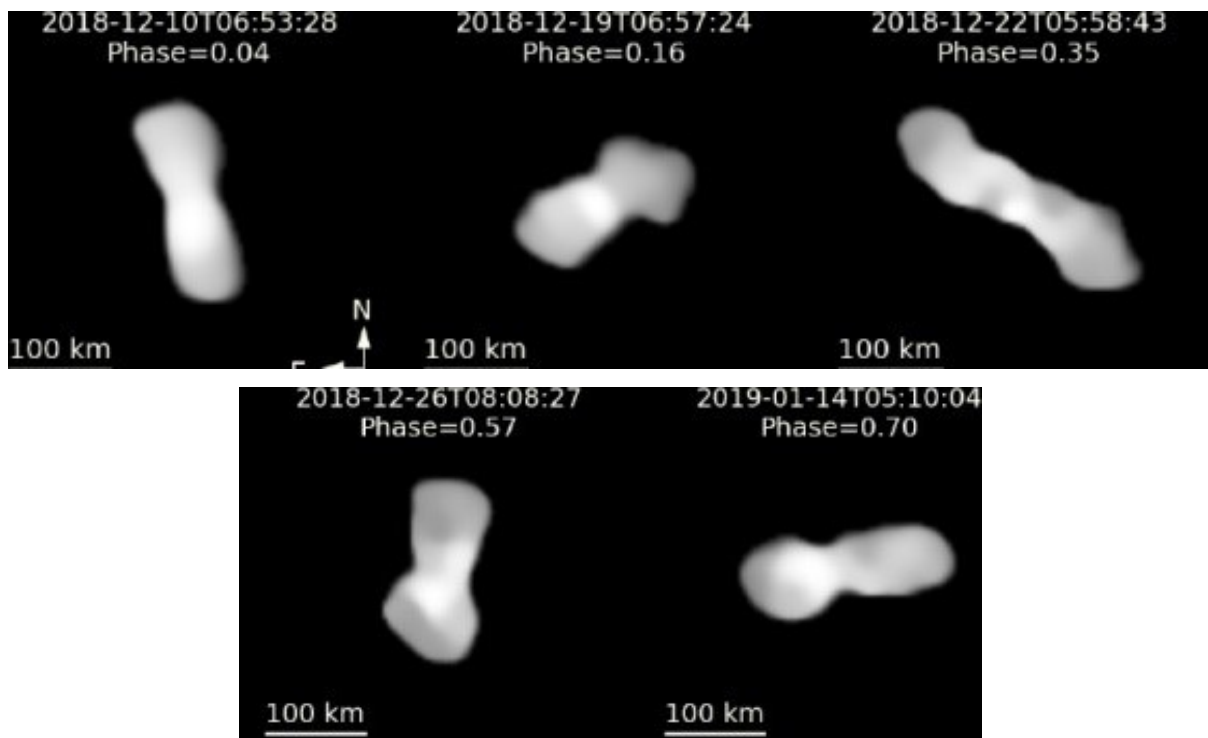


Abbildung 3: Die beiden Monde AlexHelios und CleoSelene, beobachtet mit dem Very Large Telescope (VLT) der Europäischen Südsternwarte (ESO) vor (links) und nach (rechts) der Bearbeitung der Bilddaten (Marchis et al. 2021).

Aufgrund seiner großen Entfernung zur Erde (auch am erdnächsten Punkt) und seiner geringen Reflektivität von 11 % im sichtbaren Licht (Tedesco et al. 2002), ist der Asteroid Kleopatra zu lichtschwach, um mit bloßem Auge sichtbar zu sein. Deswegen ist ein Teleskop zur Beobachtung notwendig. Um die Gestalt von Kleopatra zu erkennen, ist allerdings eine Optik mit einer räumlichen Auflösung von wenigen Bogensekunden notwendig. Auf dem Mond würde man mit einem solchen Teleskop Strukturen in der Größenordnung von 20 km erkennen können. Großteleskope bieten eine räumliche Auflösung in dieser Größenordnung, wenn sie mit einer ausgefeilten Technik zur Reduzierung des Einflusses der Luftunruhe ausgestattet sind (Adaptive Optik), wie z.B. das Very Large Telescope (VLT) der Europäischen Südsternwarte (ESO), das Kleopatra mit dem Detektor SPHERE näher untersucht hat.



**Abbildung 4:** Fünf Aufnahmen des Asteroiden Kleopatra (Datum der Aufnahme jeweils oben) mit Hilfe des Detektors SPHERE am VLT der ESO (Marchis et al. 2021).

Für Radarbeobachtungen bei 2,38 GHz wurde eine Reflektivität von 43 % (Shepard, M. K. et al. 2018) ermittelt, was für einen hohen Metallgehalt spricht. Die Reflektivität ist in der Nähe von Kleopatras Äquator jedoch deutlich niedriger und typischer für eine überwiegend silikatische Zusammensetzung. Diese Beobachtung könnte durch einen relativ dünnen (1-2 m) Silikatmantel über äquatorialen Breiten erklärt werden.

Für den einzelnen Amateurastronomen oder Schüler ist es nahezu unmöglich, die Form und Größe von Asteroiden durch direkte Beobachtungen zu bestimmen. Mit einer Überlegung aus der Optik wird allerdings einiges möglich, wenn mehrere Beobachter zusammenarbeiten: Kommt es durch den Asteroiden zu einer Bedeckung eines weit entfernten Sterns, so kann die präzise Beobachtung des Schattenwurfs zur Rekonstruktion der Form des Asteroiden herangezogen werden. Eine genaue Dokumentation des Zeitpunkts und der Dauer der Verfinsternung am Ort der jeweiligen Beobachter ist dazu notwendig. Die entsprechenden Daten der Beobachtung von Kleopatra am 12. März 2015 in Mitteleuropa können über [www.lunar-occultations.com/occult4/asteroid\\_observations.zip](http://www.lunar-occultations.com/occult4/asteroid_observations.zip) heruntergeladen werden.

## Arbeitsblätter

Auf dem **Arbeitsblatt 1** werden den Schülern die Vorgehensweise bei der Sternbedeckung durch Kleopatra erklärt und die Daten in einer **Excel-Tabelle** bereitgestellt. So können sie die grobe Form und Größe von Kleopatra abschätzen.

Auf einem weiteren **Arbeitsblatt 2** werden die hochaufgelösten Bilder von Kleopatra präsentiert, die die Schüler in ein dreidimensionales Modell umsetzen sollen. Damit können sie das Volumen von Kleopatra abschätzen.

Ein letztes **Arbeitsblatt 3** beschäftigt sich mit der Masse von Kleopatra, die mit Hilfe der Bewegung der zwei Monde abgeleitet werden kann. Sind das Volumen und die Masse bekannt, ist die Dichte berechenbar und Rückschlüsse auf die Zusammensetzung von Kleopatra sind möglich.

## Anhängende Dateien

- Arbeitsblatt1.pdf, Arbeitsblatt1 - Lösung.pdf, Arbeitsblatt1.xlsx, Arbeitsblatt1 - Lösung.xlsx
- Arbeitsblatt2.pdf, Arbeitsblatt2 - Lösung.pdf
- Arbeitsblatt3.pdf, Arbeitsblatt3 - Lösung.pdf, Mond-Orbits.xlsx

## Literaturquellen:

Marchis, F., Jorda, L., Vernazza, P., et al. 2021, A&A, 653, A57

Shepard, M. K., Timerson, B., Scheeres, D. J., et al. 2018, Icarus, 311, 197

Tedesco, E.F., Noah, P.V., Noah, M., Price, S.D., 2002. The Supplemental IRAS Minor Planet Survey. Astron. J. 123, 1056-1085