

Rosetta – Über (2867) Steins und (21) Lutetia zu 67P/Tschurjumow-Gerasimenko

Lutz Clausnitzer

Kometen beeindruckten die Menschheit seit jeher. Wurden sie früher eher als Unglücksboten angesehen, soll ihre Erforschung heute die Entstehung des Sonnensystems erklären helfen. Deshalb stehen sie mit im Zentrum der astronomischen Forschung. Irdische Teleskope richten sich auf die Vagabunden des Alls und Raumfahrtmissionen erkunden sie aus der Nähe.

Nach den Erfolgen von Giotto, Stardust und Deep Impact ist nun „Rosetta“ unterwegs zu einem weiteren Vertreter dieser Himmelskörperklasse. 2014 wird sie Tschurjumow-Gerasimenko erreichen, dessen Kern kartografieren und einer stofflichen Analyse unterziehen. Die mitgeführte Tochtersonde „Philae“ soll erstmals auf einem Kometenkern weich landen.

Auf ihrer zehnjährigen Reise hat Rosetta einige Zusatzaufgaben zu erfüllen, von denen sie die Naherkundung des Planetoiden „Steins“ schon erledigt hat (Abb. 1).

Zur Kometenmission Rosetta werden zwei Projekte vorgestellt: Ein Arbeitsblatt zum Ablauf der Mission (Sek. I), das im Computerkabinett unter Verwendung der Rosetta-Homepage ausgefüllt werden soll und eine komplexe Aufgabe über die Bewegung von natürlichen Kleinkörpern und Raumsonden (Sek. II).

Übersicht der Bezüge im WiS!-Beitrag		
Astronomie	Kleinkörper, Planeten, Raumfahrt	Kometen, Planetoiden (Aufbau und Bahnen), Entstehung des Sonnensystems, Raumsonden
Physik	Mechanik, Quantenphysik	1. keplersches Gesetz, Durchschnittsgeschwindigkeit, Gravitation, Fluchtgeschwindigkeit, Solarzellen
Fächer- verknüpfung	Astro-Info, Astro-Ma, Astro-Bio, Astro-Geschichte, Astro- Fremdsprachen	Internet: Informationsbeschaffung, und Animationen, Kugel, Ursprung des Lebens auf der Erde, Antike: Das ägyptische Reich, Keilschrift: Entschlüsselung und Stein von Rosetta



Abbildung 1: Planetoid (2867) Steins am 5. September 2008 (ESA, Kamera Osiris auf Rosetta)

Hinweise für den Lehrer zum Arbeitsblatt „Rosettas zehnjähriger Flug...“ (Sek I):

Zeitungsumfang: eine Unterrichtsstunde

Vorleistungen:

Für das Projekt sollten die Schüler einige Voraussetzungen mitbringen. Sie sollten

- einen Einblick in den Aufbau unseres Planetensystems besitzen (Eine dafür geeignete Folie findet man unter <http://www.lutz-clausnitzer.de/as/asunte/asunte.html>)
- das erste keplersche Gesetzes kennen
- den Unterschied zwischen einer Raumsonde als Instrumentenplattform und einer Rakete als Antriebsmittel kennen
- mit $v = \frac{s}{t}$ eine Durchschnittsgeschwindigkeit berechnen können
- selbstständig mit dem Internet arbeiten können

Es ist nicht unbedingt erforderlich, die Kleinkörper des Sonnensystems unterscheiden und charakterisieren zu können. Das Arbeitsblatt kann sogar als Einführung in diese Problematik dienen.

Bemerkungen zu den Aufgaben und Lösungen:

zu 1b: Zwei mal 14 m Solarpanelen plus Sonde ergibt etwa 31 m

zu 3: In der Aufgabenstellung wurde absichtlich die (von der Animation abweichende) deutsche Schreibweise gewählt, um dem Schüler die Unterschiede in den Sprachen bewusst zu machen. Im Russischen heißt der Komet mit kyrillischen Buchstaben:

Чурюмова-Герасименко.

zu 4:

$$v = \frac{s}{t} = \frac{5000000000 \text{ km}}{315567000 \text{ s}} = 15,8 \frac{\text{km}}{\text{s}} = 56900 \frac{\text{km}}{\text{h}}$$

Reserveaufgabe für leistungsstarke bzw. geschichtlich interessierte Schüler:

Nutzen Sie beliebige Internetadressen, um Folgendes herauszufinden!

- a) Die Kometenmission wurde nach der altägyptischen Stadt Rosetta (heute: Raschid) benannt. Erläutern Sie auf der Rückseite dieses Blattes den Zusammenhang zwischen dieser Stadt und der Kometensonde!
- b) Der Vorschlag, die Tochtersonde „Philae“ zu nennen, unterbreitete 2004 eine damals 15-jährigen Schülerin aus der Nähe von Mailand. Wie begründete sie ihre Idee?

zu a) Der in der Nähe von Rosetta (Raschid) gefundene „Stein von Rosetta“ enthält ein in drei verschiedenen Schriften eingemeißeltes Dekret des Rates der ägyptischen Priester aus dem Jahre 196 v. Chr. Eine der Schriften war die der ägyptischen Hieroglyphen, die damals als unlesbar galt. Mit der Übersetzung des Textes kam man der Bedeutung der Hieroglyphen weitgehend auf die Spur und konnte daraufhin weitere ägyptische hieroglyphische Inschriften entziffern. Ebenso, wie der „Stein von Rosetta“ damals half, in alten Schriften verborgene Rätsel zu lösen, soll die Kometen-sonde helfen, der Entstehung des Sonnensystems und unserer Erde auf die Spur zu kommen.

zu b) Vom Stein von Rosetta war eine große Ecke abgebrochen und auch der übrige Text war nicht vollständig lesbar. Da fand man im Tempel „Philae“ auf einer Nil-Insel südlich von Luxor einen Obelisken, der die Namenszüge von Kleopatra und Ptolemäus sowohl in Hieroglyphen als auch in griechischer Schrift enthielt. In Verbindung mit dem Rosetta-Text konnten die ägyptischen Hieroglyphen nun vollständig entschlüsselt werden. Die italienische Schülerin Serena Olga Vismara aus Arluno, einer kleinen Stadt bei Mailand beschrieb 2004 vergleichend, dass auch der Orbiter Rosetta seine Aufgaben nur in Zusammenarbeit mit dem Lander (Tochtersonde) vollständig erfüllen kann, und schlug daher vor, ihn „Philae“ zu nennen. Damit gewann sie einen damals ausgeschriebenen internationalen Schülerwettbewerb.

Rosettas zehnjähriger Flug zum Kometen Tschurjumow-Gerasimenko

Arbeitsblatt zur „Informationsbeschaffung im Internet“. Thema: „Rosetta – Kometenmission zur Erforschung der Ursprünge des Leben“ (ESA). Das Blatt ist für eine Unterrichtsstunde (Ph oder As oder Inf in Sek. I) im Computerkabinett konzipiert. Lutz Clausnitzer

Neben den acht Planeten mit ihren Monden ziehen auch Zwergplaneten, Planetoiden (Asteroiden) und Kometen ihre Bahn um die Sonne. Kometenkerne bestehen aus einer lockeren Struktur von Wassereis, gefrorenen Gasen und kosmischem Staub. Da ihr Durchmesser meist nur einige Kilometer groß ist – selten bis 100km – entziehen sie sich den Blicken der irdischen Beobachter so lange, bis sie in Sonnennähe durch Ausgasung eine Koma (Kometenatmosphäre) und manchmal auch einen Schweif bilden.

Kometen erregen schon seit Jahrtausenden die Aufmerksamkeit des Menschen und stehen seit Jahrzehnten im Zentrum der astronomischen Forschung. Der Grund: Sie sind älter als die Erde und somit Zeugen ihrer Entstehung. Nach Ansicht der Forscher könnten sie sogar Wasser und Lebenskeime auf die Erde gebracht haben.

Kometen werden nicht nur von der Erde aus sondern auch mit Raumsonden untersucht. Beispielsweise lieferte „Giotto“ (ESA) 1986 bei 1P/Halley die erste Nahaufnahme eines Kometenkerns und „Deep Impact“ (NASA) erzeugte 2005 auf 9P/Tempel 1 einen künstlichen Meteoriteneinschlag. „Rosetta“ geht neue Wege.



Grafik: ESA

1. Im Auftrag der European Space Agency (ESA) wird die Kometenmission „Rosetta“ von dem European Space Operations Centre Darmstadt (ESOC) und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) betreut. Besuchen Sie die Missionshomepage <http://www.dlr.de/rosetta> und beantworten Sie mit „Überblick/Daten“ folgende Fragen!

- a) Wann, wo und mit welcher Trägerrakete wurde Rosetta gestartet?
.....
- b) Die mit vielen wissenschaftlichen Geräten ausgestattete Sonde besitzt eine Gesamtmasse von kg und ist mit ausgeklappten Solarpanelen etwa m lang.
- c) Zu welchem Kometen ist Rosetta unterwegs?
- d) Nennen Sie eine Hauptaufgabe, die Rosetta dort erfüllen soll!
.....
- e) Rosetta besitzt die Tochtersonde „Philae“. Was soll sie tun?
.....

2. Gehen Sie zurück zur Startseite <http://www.dlr.de/rosetta> . In der Animation sehen Sie, wo sich Rosetta und ihr Zielkomet aktuell befinden. Studieren Sie die Flugbahn der Sonde und finden Sie Folgendes heraus!

- a) Unterwegs inspiziert Rosetta zwei Planetoiden. Geben sie deren Namen und den Tag der größten Annäherung an.
- b) Zwischen den Bahnen welcher Planeten bewegen sie sich?
- c) An welchem Tag wird Philae auf dem Zielkometen landen?

3. Betrachten Sie nun die Bahn des Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko (dt.).

- a) Das Perihel, der sonnennächste Punkt der Kometenbahn, liegt zwischen den Bahnen der Planeten und
- b) In der Nähe welcher Bahn liegt das Aphel des Kometen?

4. Rosetta legt in den etwa zehn Jahren ihres Fluges ca. fünf Milliarden Kilometer zurück.

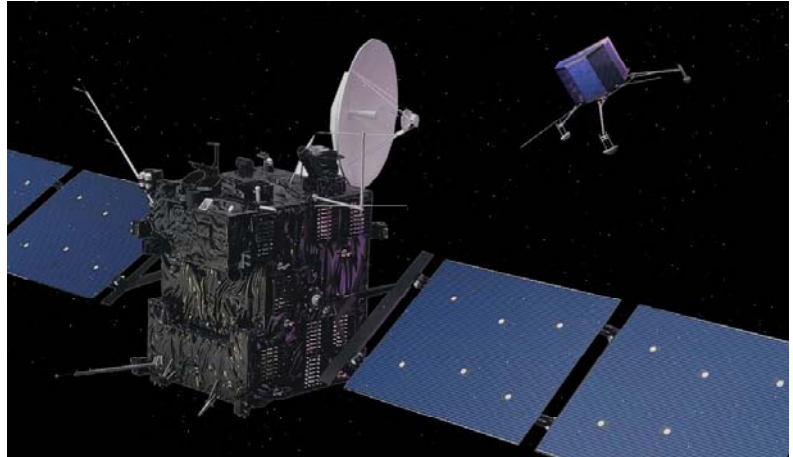
Errechnen Sie ihre Durchschnittsgeschwindigkeit in $\frac{km}{s}$ und in $\frac{km}{h}$!

Rosetta 2014 – Landung auf dem Kometen Tschurjumow-Gerasimenko

Eine komplexe Aufgabe für den Astronomie- oder Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe.

Lutz Clausnitzer

Am 2. März 2004 brach die 3000kg schwere europäische Kometensonde „Rosetta“ zum Kometen „67P/Tschurjumow-Gerasimenko“ auf. Der 1969 von Klim Tschurjumow (Ukraine) auf Fotografien von Svetlana Gerasimenko (Tadschikistan) entdeckte Kleinkörper besitzt einen mittleren Durchmesser von etwa 4,0 km. Bei ihm soll erstmals in der Geschichte der Kometenforschung 2014 ein von Menschenhand geschaffener



Grafik: ESA

Körper in die Umlaufbahn um einen Kometenkern einschwenken und ein Landemodul absetzen. Der 100kg schwere Lander „Philae“ wird wegen der geringen Gravitation des Himmelskörpers so sanft auf dessen Oberfläche stehen, wie ein vier Gramm leichter Körper auf der Erdoberfläche. Um ein Abprallen zu verhindern, wird er beim Landen mittels Gasstrahl gegen den Kometen gedrückt und sogleich an einer in die Oberfläche geschossenen Harpune festgezurt.

- 67P/Tschurjumow-Gerasimenko umläuft die Sonne auf einer Ellipse, die sowohl die Mars-, als auch die Jupiterbahn schneidet. Sein mittlerer Sonnenabstand ist 3,468 AE. Ermitteln Sie mit dem dritten keplerschen Gesetz (aus dem Vergleich mit der Erdbahn) die Umlaufperiode des Kometen!
1AE (Astronomische Einheit) = mittlerer Abstand Sonne-Erde = 149,6 Mio km
- Errechnen Sie aus den Angaben im Text die Masse und die Dichte des als homogene Kugel angenommenen Kometenkerns!
- Die den Himmelskörper umlaufende Muttersonde nimmt mit zwölf wissenschaftlichen Instrumenten die Oberfläche des Kometen und die Koma (Kometenatmosphäre) unter die Lupe und sichert die Funkverbindung zwischen Philae und der Erde. Dabei wird Rosettas Abstand zur Kometenoberfläche zwischen 1 km und 10 km hin- und herpendeln. Welche Umlaufperiode ergibt sich daraus? Gehen Sie von einer Kugelgestalt des Kometenkerns aus!
- Man stelle sich einen fiktiven Astronauten auf der Kernoberfläche vor. Könnte er im Sprint Fluchtgeschwindigkeit erreichen und somit dem Gravitationsfeld des Kometen entkommen?
- Auf ihrem Weg zum Zielkometen besucht(e) Rosetta am 5. September 2008 den Planetoiden (2867) Steins und am 10. Juli 2010 den Planetoiden (21) Lutetia. Diese beiden kompakten Himmelskörper der Mars-Jupiter-Lücke haben einen mittleren Durchmesser von etwa fünf km und 100 km. Betrachten Sie beide Körper vereinfacht als Kugeln gleicher Dichte. In welchem Verhältnis stehen dann ihre Oberflächeninhalte, ihre Massen und die Werte der Fallbeschleunigung an ihren Oberflächen zueinander?
- Rosettas Bordnetz wird von Solarzellen mit einer Gesamtfläche von 64 m² gespeist. Die Energieausbeute der beiden senkrecht zur Sonne ausgerichteten Solarpanelen ist natürlich davon abhängig, wie weit die Sonde von der Sonne entfernt ist. Bei 3,4 AE bringen sie eine elektrische Leistung von 850 W und bei 5,25 AE 395 W. Wie viel Leistung hätten sie, wenn sich Rosetta im Erdumlauf befände?