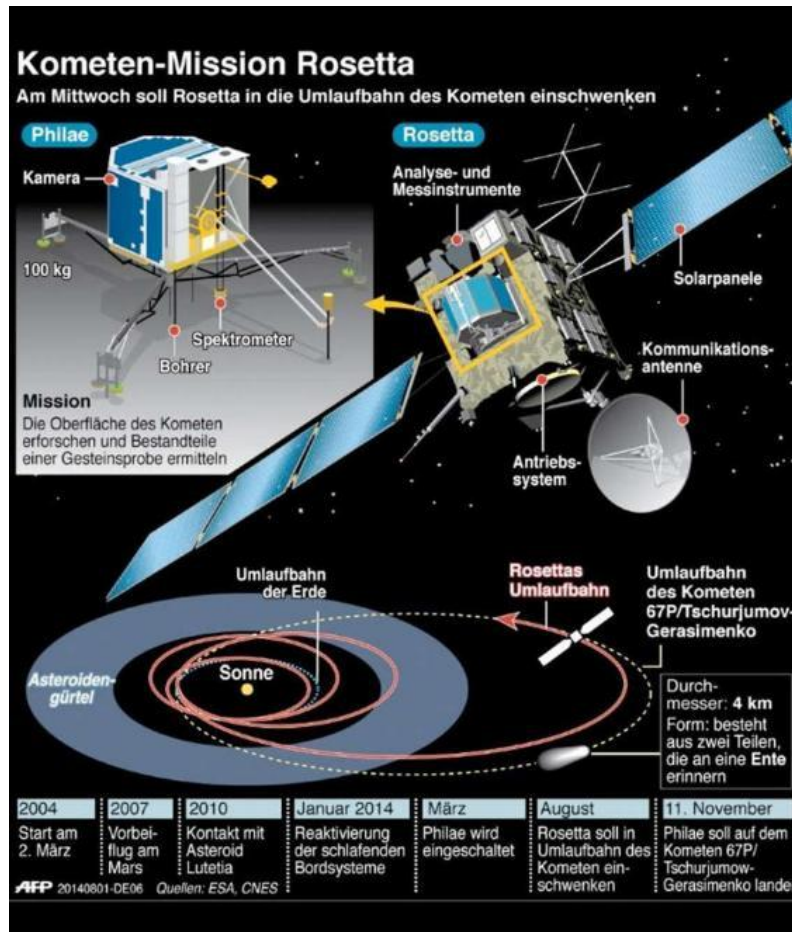


# Raumsonde Rosetta

Ausarbeitung zu einem Vortrag

für Klassenstufe 7



von

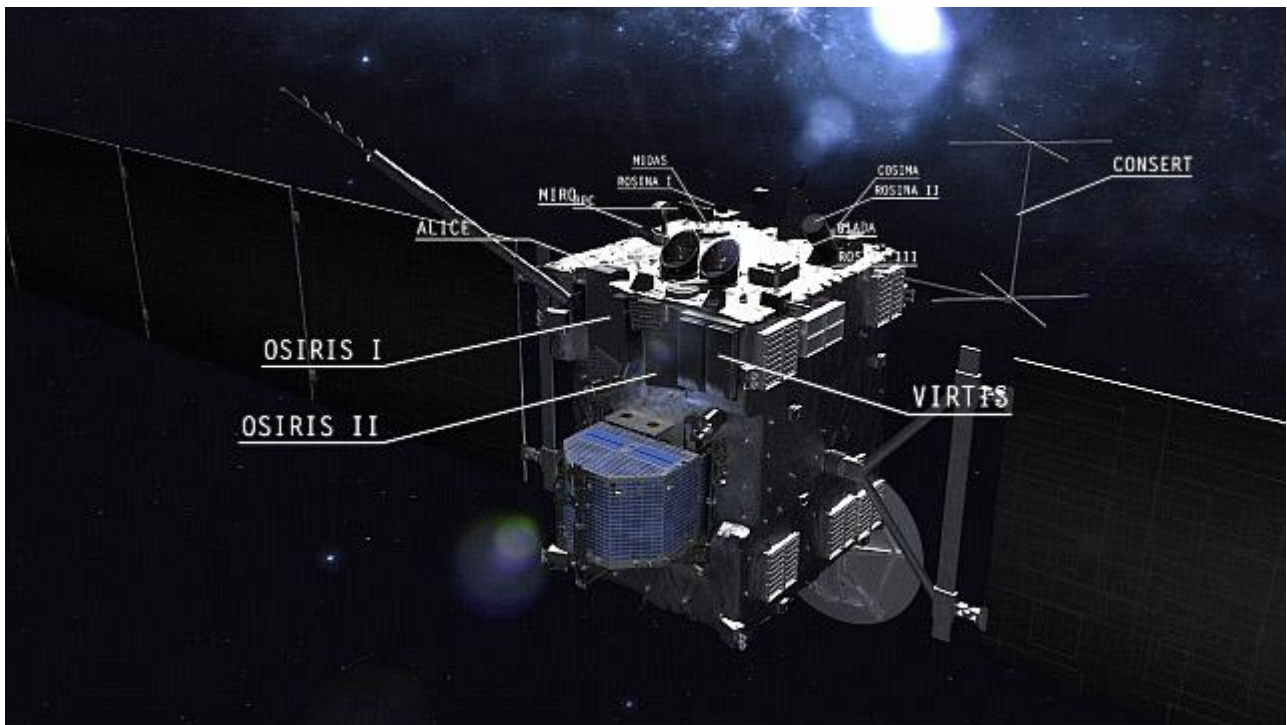
Eva Oettinger

Ursulinen-Gymnasium, Mannheim

20. Oktober 2014



# Gliederung



- 1. Grundsätzliches zu Raumsonden**
- 2. Steckbrief von Raumsonde Rosetta**
- 3. Transport ins All und Flugbahn**
- 4. Mission der Rosetta**
  - 1.1. Ablauf der Mission
  - 1.2. Wissenschaftliche Ziele
  - 1.3. Status quo
- 5. Besondere Herausforderungen**
- 6. Fazit**



### 1. Grundsätzliches zu Raumsonden<sup>1</sup>

Bei Rosetta handelt es sich um eine Raumsonde. Eine Raumsonde bzw. Weltraumsonde ist ein unbemannter Flugkörper, der zu Erkundungszwecken ins Weltall geschickt wird. Eine Raumsonde wird auf die Spitze einer Rakete gesetzt und ins Weltall befördert. Damit sie die gefragte Flugbahn erreicht bzw. Kurskorrekturen vornehmen kann, ist es im Normalfall notwendig, eine Raumsonde mit einem Triebwerk auszustatten.

Die Informationen, die wir von der Erde aus über das Weltall und unser Sonnensystem bekommen, stammen lediglich aus der Licht- bzw. elektromagnetischen Strahlung, die unsere Teleskope auffangen. Die Atmosphäre der Erde absorbiert einige Strahlung, so dass man Weltraumteleskope installiert hat, um ein unverfälschteres Bild zu bekommen. Etwa das Hubble-Weltraumteleskop ist so eines. Weltraumteleskope zählen genauso zu Raumsonden wie Satelliten, die allerdings meist kreisend um einen Himmelskörper einen sehr eingeschränkten Bewegungsbereich haben.

Andere Beispiele für Raumsonden sind die Voyager-Sonden, die innerhalb von 12 Jahren die großen äußeren Planeten Jupiter, Saturn, Neptun und Uranus besucht und phänomenale Fotos zur Erde geschickt haben. Durch sie erst wurde beispielsweise erkannt, dass Neptun und Uranus trotz der großen Entfernung zur Sonne ein Wettergeschehen mit Stürmen haben und somit wohl über innere Wärmequellen verfügen müssen. Die Mariner-Sonden hatten ihren Fokus auf den inneren Planeten Merkur, Venus oder Mars.

Es ist nicht außergewöhnlich, dass Raumsonden einen sogenannten „Lander“ an Bord haben. Dieses Landemodul wird bei der Ankunft am Zielort abgesetzt und kann auf der Planetenoberfläche weitere robotergesteuerte Untersuchungen vornehmen.

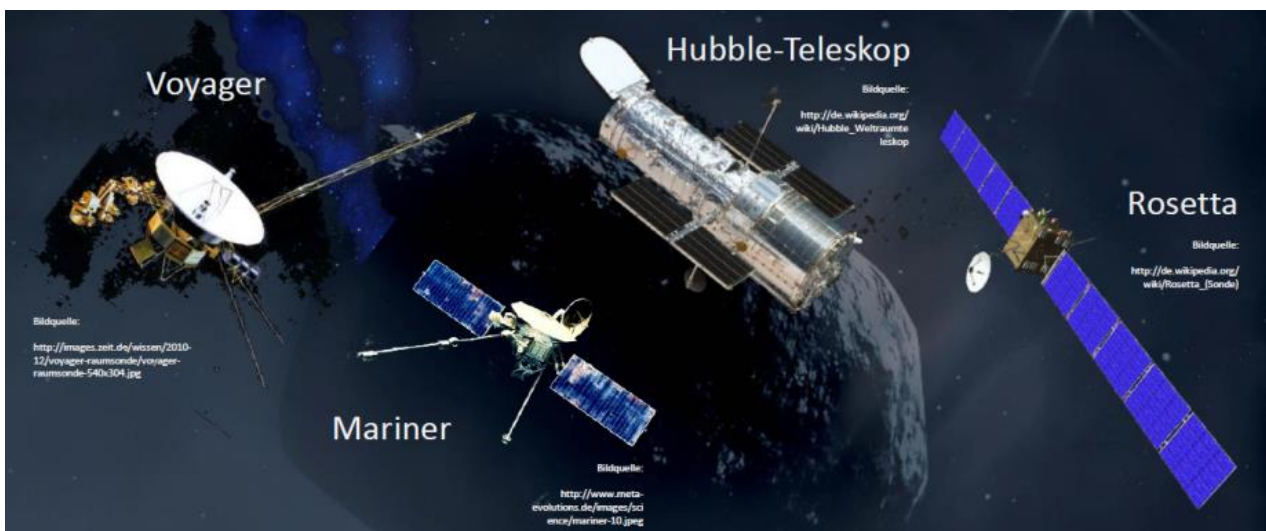


Abb.1 Abbildungen verschiedener Raumsonden

---

<sup>1</sup> Quellen: <http://de.wikipedia.org/wiki/Raumsonden>, <http://de.wikipedia.org/wiki/Voyager-Sonden>, <http://de.wikipedia.org/wiki/Mariner>, <http://de.wikipedia.org/wiki/Hubble-Weltraumteleskop>  
Wolfgang Engelhardt, Galileo, Cassini, Giotto. Raumsonden erforschen unser Planetensystem, Harri Deutsch; Auflage: 1., Aufl. (1. Oktober 2005)

## 2. Steckbrief von Rosetta

---

Raumsonden bewegen sich meistens mit höchsten Geschwindigkeiten mit bis zu 100.000 km/h durch den Weltraum. Diese hohe Geschwindigkeit kann wichtig sein, um nicht von Erde und Planeten in eine feste Umlaufbahn eingefangen zu werden. Zur Beschleunigung kann man bei geschickter Flugbahn mit sogenannten Swing-By-Manövern Raumsonden mit Hilfe der Anziehungskraft großer Himmelskörper stark beschleunigen und benötigt keinen Treibstoff. Die eingebauten Triebwerke sind zu Kurskorrekturen da oder auch wie bei Rosetta zum Abbremsen.

Raumsonden führen meist Kameras unterschiedlichen Zuschnitt mit sich, benötigen Heizelemente, damit die Elektronik nicht eingefriert und beziehen die Energie im sonnennahen Bereich aus Solarpanels und in Regionen fernab der Sonne aus Spezialbatterien.

## 2. Steckbrief von Rosetta<sup>2</sup>

Die Entwicklung der Rosetta-Raumsonde begann 1992 bei EADS-Astrium in Friedrichshafen. Der Name wurde nach der ägyptischen Hafenstadt Rosette benannt, um daran zu erinnern, dass es bei der Mission zur Erkundung eines Kometen quasi um die „Entzifferung“ unseres Sonnensystems geht, wie bei den Hieroglyphen der alten Ägypter.

Die Raumsonde soll den Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko erkunden, ihn dabei umkreisen und einen Lander auf ihm absetzen. Die Mission kostet 1 Milliarde Euro für die Raumsonde Rosetta und nochmals 290 Millionen Euro für den Lander Philae, den sie transportiert, extra. Die Raumsonde hat eine stolze Startmasse von 3000 kg. Davon sind mehr als die Hälfte Treibstoff, der dringend zum Manövrieren und Abbremsen benötigt wird.



- **Name:** ägyptische Hafenstadt Rosette – Entzifferung von Hieroglyphen
- **Entwicklung:** seit 1992, EADS, Astrium in Friedrichshafen
- **Kosten:** 1 Mrd € für die Raumsonde + 290 Mio € für den Lander Philae
- **Startzeit:** 2. März 2004, 8.17 MEZ
- **Startort:** Kourou, Französisch-Guyana
- **Trägerrakete:** Ariane 5G+
- **Startmasse:** 3000 kg
- **Treibstoff:** 1670 kg
- **Wissenschaftliche Nutzlast:** 165 kg
- **Lander Philae:** 100 kg
- **Missionsdauer:** 12 Jahre
- **Ziel:** Komet 67P/Tschurjumow-Gerasimenko
- **Kontrollzentrum:** European Space Operations Center (ESOC), Darmstadt  
außerdem zuständig für Lander Philae: DLR

Abb.2 Steckbrief von Rosetta

---

<sup>2</sup> Quellen: [http://de.wikipedia.org/wiki/Rosetta\\_\(Sonde\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Rosetta_(Sonde)), <http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10394>,  
[http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-6521/10717\\_read-24139](http://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-6521/10717_read-24139)



## 2. Steckbrief von Rosetta

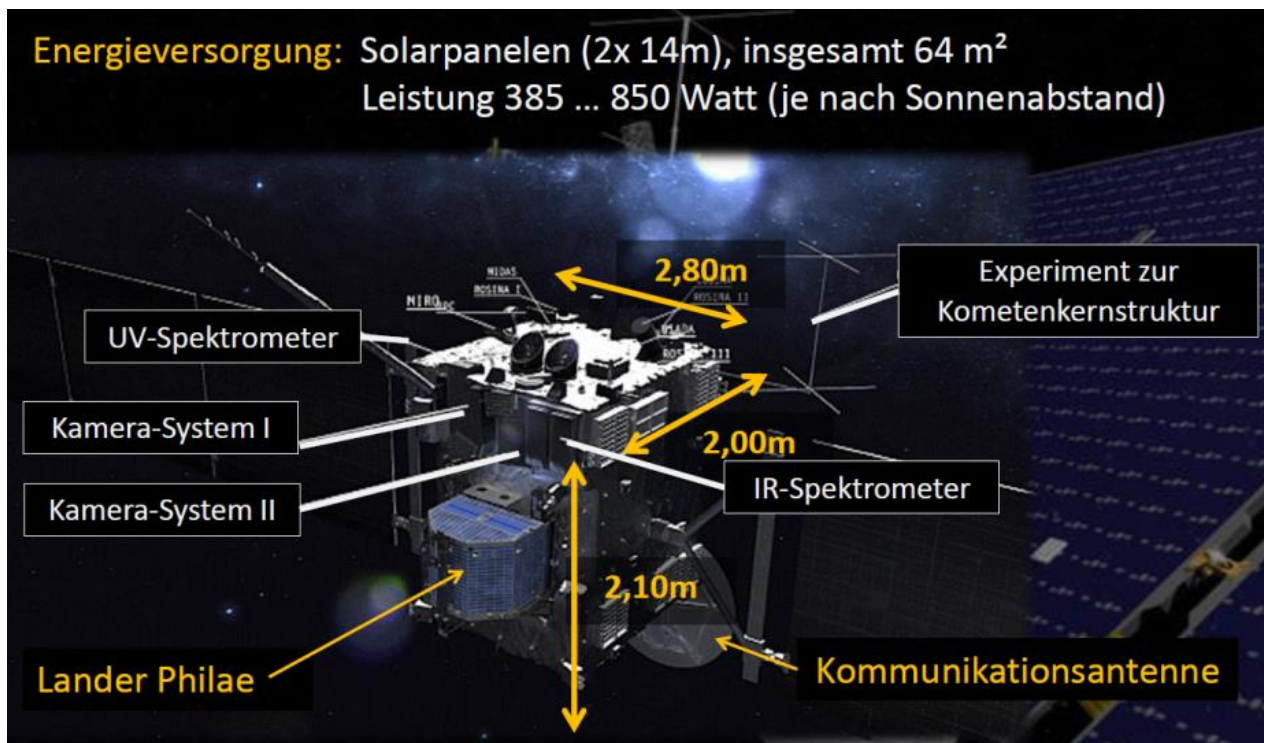


Abb.3 Aufbau und Ausstattung der Raumsonde Rosetta

Der Start fand am 2. März 2004, 817 MEZ in Kourou in Französisch Guyana statt. Als Trägerrakete wurde eine Ariane 5G+ Trägerrakete verwendet. Die Mission soll insgesamt 12 Jahre dauern und im Dezember 2015 beendet werden. Das Kontrollzentrum ist in Darmstadt, also in unserer Region. Es sind 15 Länder an diesem Projekt beteiligt und koordiniert wird das Ganze von der ESA.

Die Ausstattung der Raumsonde beinhaltet 11 Sonden, Kameras und Sensoren. Der Lander Philae hat nochmals 11 solche montiert. In Abb.3 sind Teile der Ausstattung zu sehen. Wesentlicher Bestandteil für jede Raumsonde ist dabei natürlich die Sender- und Empfängerantenne. Außerdem wird die elektrische Versorgung über Solarpanels mit einer Leistung bis zu 850 Watt geregelt. Wichtig für die Mission sind insbesondere verschiedenste Kameras und Spektrometer, die sichtbare, aber auch Infrarotstrahlung und Ultraviolette Strahlung empfangen können.

Die Größe von Rosetta ist schließlich mit (2,80m x 2,00m x 2,10 m) überschaubar. Die Solarpanels ragen mit 14m Länge jeweils und insgesamt 64m<sup>2</sup> Fläche weit hinaus.

Der Lander Philae ist an die Raumsonde derart angedockt, dass er leicht abgekoppelt werden kann.

### 3. Transport ins All und Flugbahn

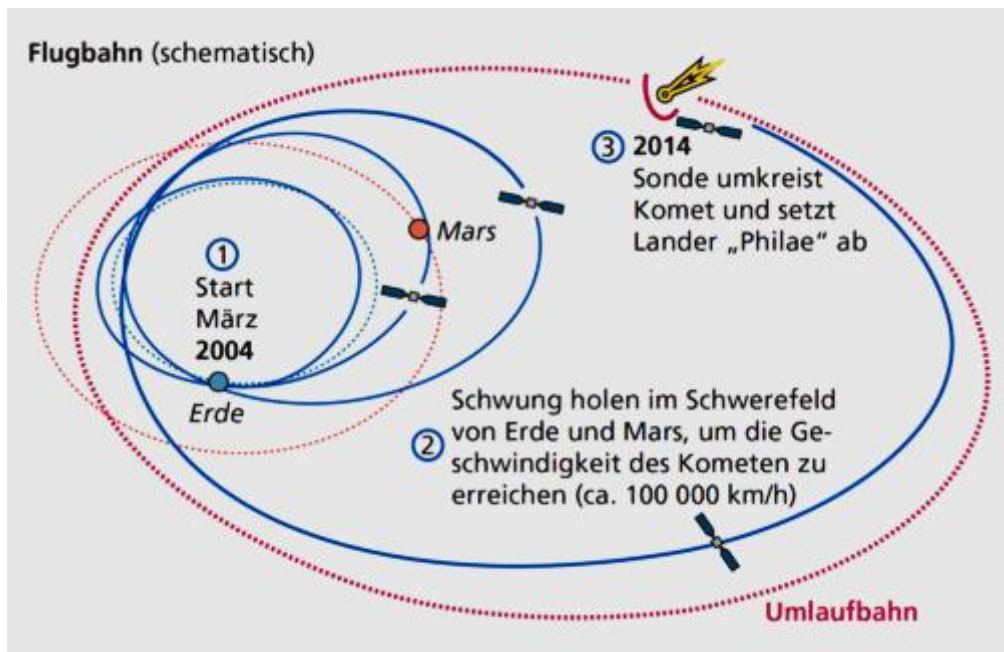


Abb.4 Flugbahn (schematisch) der Raumsonde Rosetta von 2004 bis 2014

### 3. Transport ins All und Flugbahn

Rosetta wurde 2004 mit einer Ariane 5G+ Trägerrakete ins All transportiert. Jedoch keine Trägerrakete der Welt ist in der Lage eine so massereiche Nutzlast wie Rosetta direkt auf die riesige Umlaufbahn eines Kometen zu bringen. Also kann man zunächst nur eine erdnahe Bahn erreichen und muss dann versuchen, mit Hilfe des Triebwerks der Sonde entsprechend Geschwindigkeit zu gewinnen und Korrekturen in der Flugbahn vorzunehmen.

Sehr beliebt sind Swing-By-Manöver. So ließ man beispielsweise Rosetta sich auf die Erde bis auf 1900km zubewegen, um bei geschickter Kurskorrektur die Sonde dann wieder von der Erde so wegzubewegen, dass sie mehr Geschwindigkeit beim Beschleunigen zur Erde hin gewonnen hat als sie beim Wegfliegen aufgrund der Gravitation dann auch wieder verliert.

Bei Rosetta wurde ein zweites Swing-By-Manöver in der Nähe des Planeten Mars durchgeführt, um ein weiteres Mal Tempo zu gewinnen. So erreichte Rosetta schließlich eine Geschwindigkeit von ca. 100.000 km/h, um auf die Umlaufbahn des Kometen zu gelangen und diesen einzuholen.

Anschließend war es allerdings notwendig für 31 Monate die Raumsonde in eine Art „Winterschlaf“ zu versetzen. Da Rosetta für die weitere Annäherung an den Kometen eine Flugbahn hatte, die mit maximal 790 Mio. km Sonnenabstand fast die Jupiterbahn erreicht, war die verfügbare Energie über die Solarpanels so gering, dass die Sonde in einen Schlafmodus versetzt werden musste, die sogenannte „Deep Space Hibernation“. Die geringe verfügbare Solarleistung wurde nur für die „Lebenserhaltung“ von Bordcomputer und einigen Heizelementen für die wissenschaftliche Nutzlast verwendet. Das „Erwachen“ erfolgte zum Januar 2014.



### 4. Mission der Rosetta<sup>3</sup>

#### 4.1 Ablauf der Mission

Nachdem die Raumsonde Rosetta den Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko erreicht hat, bremst sie auf dessen Bahngeschwindigkeit ab und fliegt nebenher, umkreist ihn und macht Aufnahmen von seiner Oberfläche. Diese Daten funkt Rosetta nach Darmstadt. Derzeit benötigt ein Funksignal von Rosetta nach Darmstadt etwa eine halbe Stunde.

Die Kartierung der Oberfläche ermöglicht es mit einer Genauigkeit von 2-3m einen Landeplatz für den Lander Philae zu finden. Sobald dieser gefunden und Philae gelandet ist, beginnen Rosetta, den Kometen umkreisend, und Philae auf dem Kometen diesen zu beobachten und zu analysieren. Rosetta fliegt also mit etwa 55000 km/h neben dem Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko her.

#### 4.2 Wissenschaftliche Ziele

Kometen sind quasi Zeugen der Entstehung unseres Sonnensystems. Wenn man sie analysiert, dann kann man Rückschlüsse auf die chemische und die Isotopenzusammensetzung des frühen Sonnensystems ziehen.

Sehr interessant ist auch die Begleitung des Kometen in seiner „aktiven Phase“, wenn er in der Nähe der Sonne eine Koma und einen Schweif ausbildet. Darüber gibt es bisher keinerlei Beobachtungen. Aufgabe von Philae wird es insbesondere sein, den Kern zu beobachten und zu vermessen und Proben zu analysieren.

Weiter soll das sogenannte Gravitationspotential des Kometen vermessen werden. Das ist insofern interessant, weil der Komet keine Kugelform hat.

#### 4.3 Status quo

Die Raumsonde ist seit Januar 2014 „aufgewacht“ und Philae seit März 2014. Seither wurden alle Funktionen und Sensoren systematisch getestet und sind funktionstüchtig. Es gibt auch erste Bilder, u.a. auch ein „Selfie von Rosetta und dem Kometen“. Die Raumsonde befindet sich derzeit (20. Oktober 2014) etwa 405 Mio. km von der Erde entfernt und bewegt sich mit unglaublichen 55000 km/h neben dem Kometen her, wobei sie ihn gleichzeitig umkreist.

Der Abstand von Rosetta vom Kometen 67P/Tschurjumow-Gerasimenko liegt bei 30 km, die aber langsam auf bis zu 10 km heruntergefahren werden. Funksignale benötigen 28 Minuten zur Erde.

---

<sup>3</sup> Quellen: [http://de.wikipedia.org/wiki/Rosetta\\_\(Sonde\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Rosetta_(Sonde))

Diedrich Möhlmann, Stephan Ulamec, Raumsonde Rosetta: Die abenteuerliche Reise zum unbekanntem Kometen, Franckh Kosmos Verlag, 2014

### Bilderseite

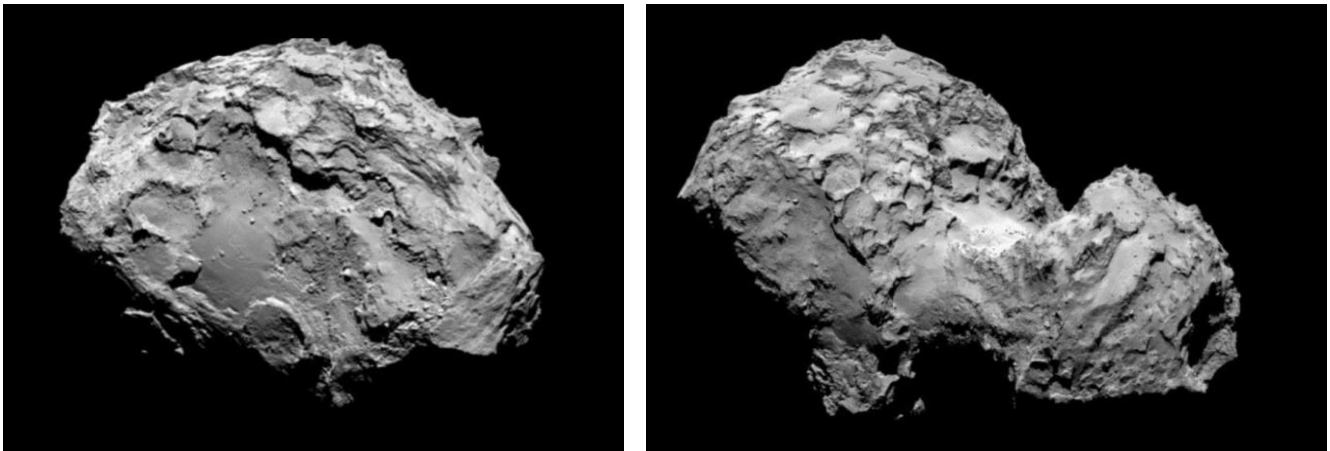


Abb.5 Bilder von 67P/Tschurjumow-Gerasimenko – unförmiger Brocken

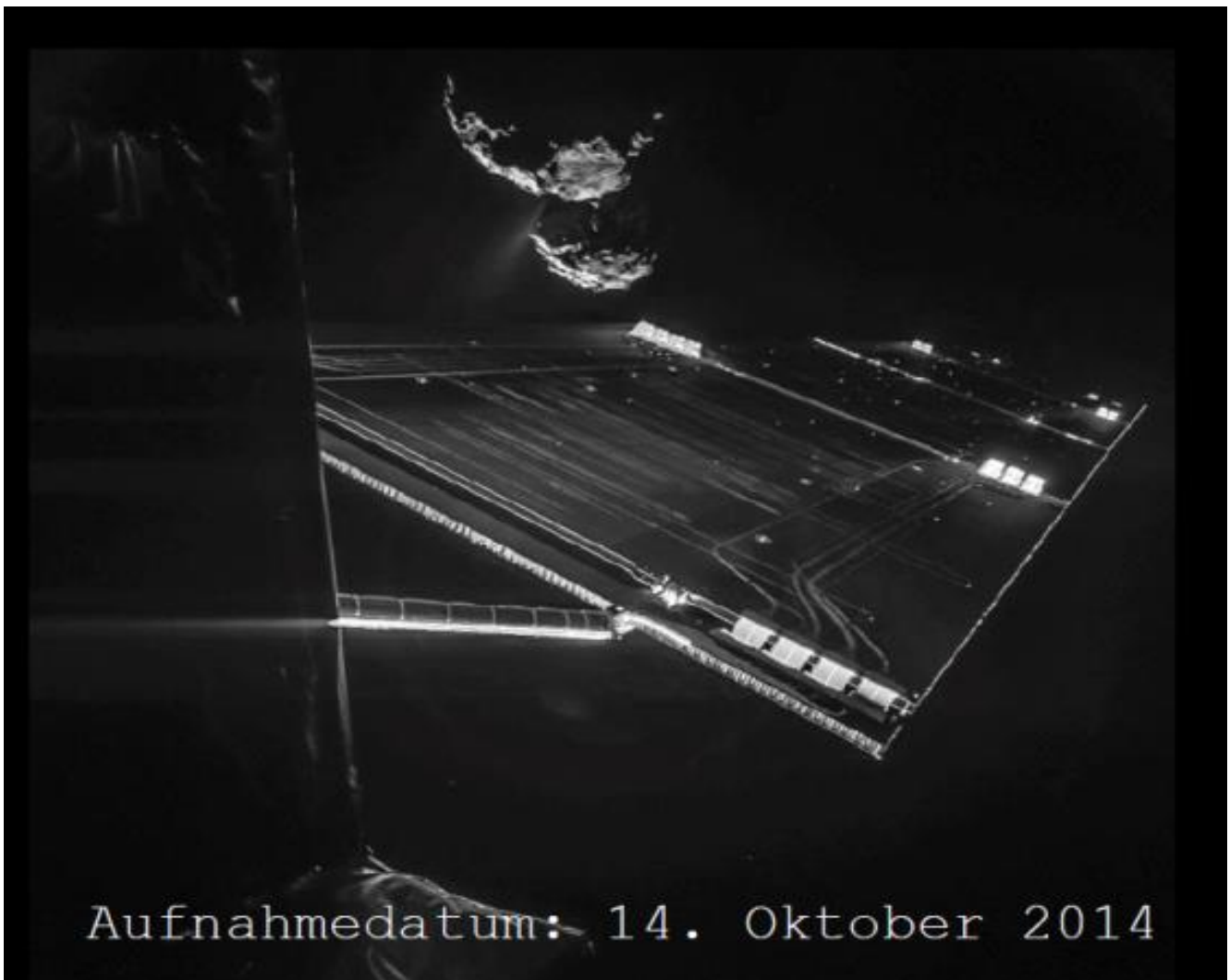


Abb.6 Selfie von Rosetta und 67P/Tschurjumow-Gerasimenko

### 5. Besondere Herausforderungen<sup>4</sup>

Die Mission der Rosetta birgt verschiedenste Herausforderungen. Noch nie wurde ein Komet umkreist oder gar ein Landemodul abgesetzt. Insbesondere der riesige Radius der Kometenbahn und die Frage, wie man diese Umlaufbahn mit einer Sonde erreicht, stellten eine große Herausforderung dar.

Wie also sollte man mit den „energiearmen“ Zeiten umgehen? Man hatte den Mut, die Sonde für 31 Monate in einen „Winterschlaf“ zu versetzen. Das „Aufwecken“ hat erfreulicherweise gut geklappt.

Eine große Herausforderung ist es, einen geeigneten Landeplatz für Philae zu finden. Zusätzlich gibt es eine zeitlichen Verzögerung von etwa 1 Stunde, bis Signale von der Sonde auf der Erde ankommen, analysiert sind und Befehle bei Rosetta ankommen. Manövrieren erfordert also viel Verstand und auch Glück!

Schließlich ist noch wenig kalkulierbar, was passieren wird, wenn Sonde und Lander dem Teilchenstrom des Kometen ausgesetzt sind, sobald dieser in der Nähe der Sonnen Koma und Schweif ausbildet. Es könnte sein, dass die Sonne dann abgebremst wird, aber wie stark? Außerdem kann die Gezeitenkraft der Sonne sich bremsend oder beschleunigend auswirken.

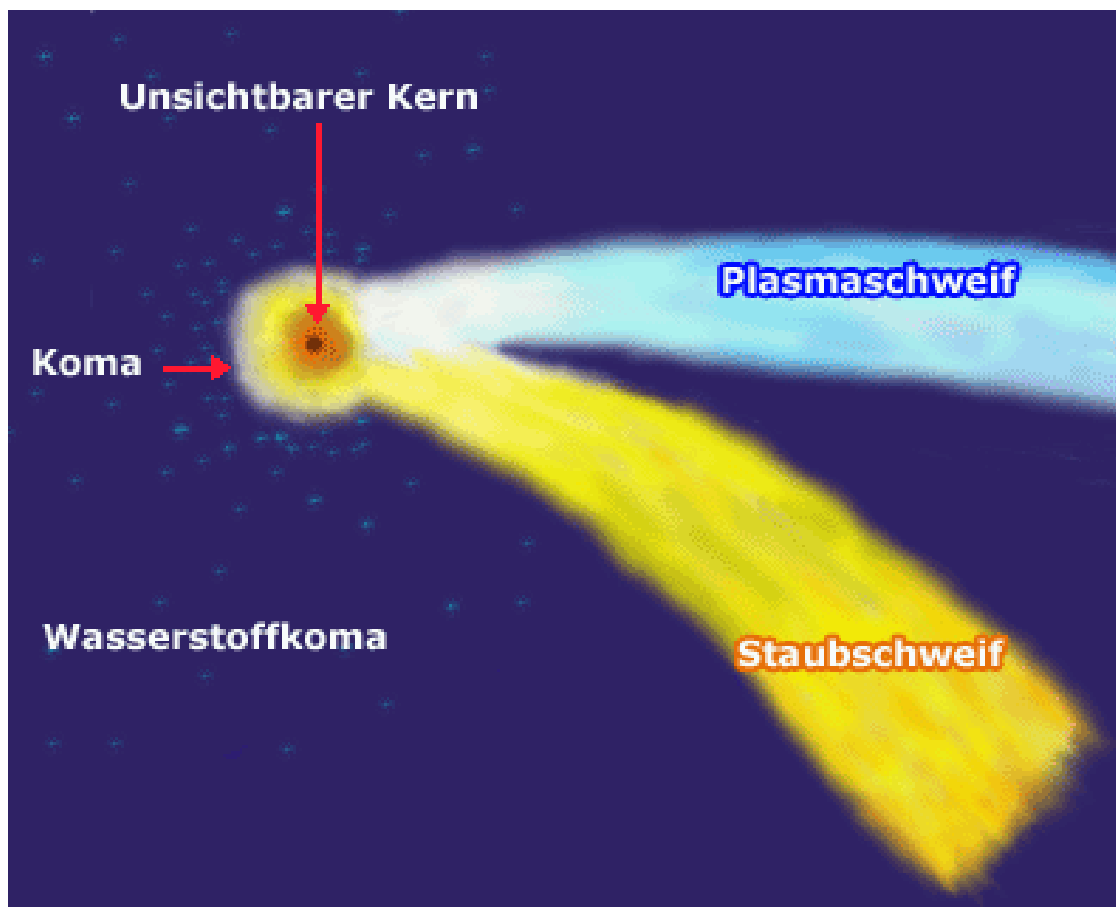


Abb.7 Struktur von Kometen in der „aktiven Phase“

---

<sup>4</sup> Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/Rosetta\\_\(Sonde\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Rosetta_(Sonde))

### 6. Fazit

Die Mission Rosetta scheint sehr spannend und herausfordernd zu sein, weil so vieles bei dieser Mission noch nie getestet werden konnte. Während man bei der Voyagermission zu den großen äußeren Planeten beispielsweise extra kleinere Testsonden vorausschickte, um zu sehen, ob die Elektronik die starken Magnetfelder unbeschädigt überstehen würde und auch der Asteroidengürtel zu überstehen sein, hat man hier ohne Vortests direkt das Risiko in Kauf genommen und vertraut auf die Raumfahrterfahrung der letzten Jahrzehnte.

Besonders bemerkenswert ist der „Winterschlaf“ der Sonde. Hat man bei der Marsmission schon Erfahrung mit eingefrorenen und nicht wiederbelebten Geräten gemacht, so ist es hier gelungen eine energiearme Flugphase elegant zu überbrücken.

Schließlich ist es schön, dass die Informationen über Rosetta in Darmstadt zusammenlaufen, was uns als Menschen in dieser Region sehr freut und eine Exkursion dorthin grundsätzlich möglich macht.

## Quellenangaben

---

- <http://www.srf.ch/wissen/technik/raumsonde-rosetta-ist-am-ziel>
- <http://www.braunschweiger-zeitung.de/img/Wissenschaft/crop1305078/9707569090-cwide-w472/Rosetta-spacecraft.jpg>
- <http://img.welt.de/img/hessen/crop130953655/8976935554-ci3x2l-w900/urn-newsml-dpa-com-20090101-140806-99-06434-large-4-3.jpg>
- <http://bilder.bild.de/fotos-skaliert/rosetta-ablauf-40177250-hf-37129236/2,w=559,c=0.bild.jpg>
- <http://www.berliner-zeitung.de/image/view/2014/7/6/28050470,28444156,dmData,kometenj%25C3%25A4ger.png>
- <http://www.vol.at/2014/08/gra1.jpg>
- [http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/09/Rosetta\\_and\\_Philae\\_at\\_comet2](http://www.esa.int/spaceinimages/Images/2014/09/Rosetta_and_Philae_at_comet2)
- <http://www.space-airbusds.com/de/nachrichten/gute-nacht-rosetta-schlaf%C2%B4gut.html>
- [http://www.dlr.de/dlr-rosetta/en/desktopdefault.aspx/tabid-242/382\\_read-2676/gallery-1/gallery-1/216\\_read-3/](http://www.dlr.de/dlr-rosetta/en/desktopdefault.aspx/tabid-242/382_read-2676/gallery-1/gallery-1/216_read-3/)
- [http://www.dlr.de/dlr-rosetta/en/Portaldata/7/Resources/missionsbilder\\_allg/ros\\_kom2.jpg](http://www.dlr.de/dlr-rosetta/en/Portaldata/7/Resources/missionsbilder_allg/ros_kom2.jpg)
- [http://www.dlr.de/dlr-rosetta/en/Portaldata/7/Resources/portal\\_news/120204\\_rosetta\\_startbereit/rosetta\\_komet.jpg](http://www.dlr.de/dlr-rosetta/en/Portaldata/7/Resources/portal_news/120204_rosetta_startbereit/rosetta_komet.jpg)
- [http://www.dlr.de/rosetta/en/desktopdefault.aspx/tabid-242/382\\_read-2676/gallery-1/gallery\\_read-Image.7.1278/](http://www.dlr.de/rosetta/en/desktopdefault.aspx/tabid-242/382_read-2676/gallery-1/gallery_read-Image.7.1278/)
- [http://www.wz-net.de/wz\\_28\\_109773687-1-56316\\_ESA-Sonde-Rosetta-wird-in-Tiefschlaf-versetzt.html](http://www.wz-net.de/wz_28_109773687-1-56316_ESA-Sonde-Rosetta-wird-in-Tiefschlaf-versetzt.html)
- <http://images.zeit.de/wissen/2010-12/voyager-raumsonde/voyager-raumsonde-540x304.jpg>
- [http://www.first-moon.de/Graphics\\_big/10106.jpg](http://www.first-moon.de/Graphics_big/10106.jpg)
- <http://www.plani.ch/presse/CassiniSaturn.jpg>
- <http://www.meta-evolutions.de/images/science/mariner-10.jpeg>
- [http://d1.stern.de/bilder/stern\\_5/wissen/2014/KW03/Rosetta\\_fitwidth\\_489.jpg](http://d1.stern.de/bilder/stern_5/wissen/2014/KW03/Rosetta_fitwidth_489.jpg)
- <http://img.welt.de/img/weltraum/crop132686081/5036931697-ci3x2l-w900/KINA-Rosetta-hat-einen-Landeplatz-gefunden.jpg>
- [http://www.goettinger-tageblatt.de/var/storage/images/gt-et/nachrichten/wissen/wissen-vorort/esa-raumsonde-rosetta-wird-nach-ueber-zwei-jahren-geweckt/73799809-1-ger-DE/ESA-Raumsonde-Rosetta-wird-nach-ueber-zwei-Jahren-geweckt\\_ArtikelQuer.png](http://www.goettinger-tageblatt.de/var/storage/images/gt-et/nachrichten/wissen/wissen-vorort/esa-raumsonde-rosetta-wird-nach-ueber-zwei-jahren-geweckt/73799809-1-ger-DE/ESA-Raumsonde-Rosetta-wird-nach-ueber-zwei-Jahren-geweckt_ArtikelQuer.png)
- <http://i.prod.nzzdali.ch/eos/v2/image/view/643/-/text/inset/233e92a2/1.18221681.1389784048.jpg>
- [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8c/Cut\\_drawing\\_of\\_an\\_Ariane\\_5\\_GS\\_DE.svg/2000px-Cut\\_drawing\\_of\\_an\\_Ariane\\_5\\_GS\\_DE.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8c/Cut_drawing_of_an_Ariane_5_GS_DE.svg/2000px-Cut_drawing_of_an_Ariane_5_GS_DE.svg.png)
- [http://www.capcomespace.net/dossiers/espace\\_europeen/ariane/2002-2009/2004%20ariane5%20G+.jpg](http://www.capcomespace.net/dossiers/espace_europeen/ariane/2002-2009/2004%20ariane5%20G+.jpg)
- <http://abenteuer-universum.de/plan/koaufbau.gif>
- [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Science/Rosetta/The\\_Rosetta\\_orbiter](http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Rosetta/The_Rosetta_orbiter)
- [http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa\\_multimedia/images/2013/10/rosetta\\_mission\\_milestones/13065019-1-eng-GB/Rosetta\\_mission\\_milestones.jpg](http://www.esa.int/var/esa/storage/images/esa_multimedia/images/2013/10/rosetta_mission_milestones/13065019-1-eng-GB/Rosetta_mission_milestones.jpg)
- <http://blogs.esa.int/rosetta/files/2013/11/IMAG3481.jpg>
- [http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly\\_fs/1.1866819.1390207216!/httpImage/image.jpg\\_gen/derivatives/900x600/image.jpg](http://polpix.sueddeutsche.com/polopoly_fs/1.1866819.1390207216!/httpImage/image.jpg_gen/derivatives/900x600/image.jpg)
- <http://www.gymnasium-wellingdorf.de/wp-content/uploads/2014/01/rosetta.jp>
- [http://www.raumfahrer.net/news/images/landealauf\\_philae\\_aktivaeten\\_big.jpg](http://www.raumfahrer.net/news/images/landealauf_philae_aktivaeten_big.jpg)
- <http://files.newsnetz.ch/upload//4/0/40771.jpg>