

---

**ÖAW**

---

ÖSTERREICHISCHE  
AKADEMIE DER  
WISSENSCHAFTEN

DONNERSTAG, 12. JULI 2018  
BEGINN: 13.00 UHR  
NATURHISTORISCHES MUSEUM  
VORTRAGSSAAL  
MARIA-THERESIEN-PLATZ  
1010 WIEN



# **SYMPOSIUM DIE KOMETEN-MISSION ROSETTA**

VERANSTALTET VON DER KOMMISSION FÜR GEOWISSENSCHAFTEN  
UND DER KOMMISSION FÜR ASTRONOMIE DER ÖAW  
IN KOOPERATION MIT DEM NATURHISTORISCHEN MUSEUM WIEN

**PROGRAMM und ABSTRACTS**

---

## SYMPOSIUM DIE KOMETEN-MISSION ROSETTA

### ABSTRACTS und VORTRAGENDE

#### Christian Köberl

ÖAW | Universität Wien, Department für Lithosphärenforschung | Naturhistorisches Museum Wien

#### Helmut O. Rucker

ÖAW | Universität Graz, Institut für Physik

*Einführung*

#### Pascale Ehrenfreund

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) | Vorstandsvorsitzende, Köln

*Rosetta: Neue Einblicke in den kosmischen Staub*

#### Anny-Chantal Levasseur-Regourd

Universität Sorbonne | LATMOS-Institut, Paris

*From Rosetta to Museums*

*The very long journey of cometary dust particles within the zodiacal cloud*

#### Stephan Ulamec

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) | Nutzerzentrum für Weltraumexperimente (MUSC), Köln

*Philae – Erste Landung auf einem Kometen*

#### Thurid Mannel

ÖAW | Institut für Weltraumforschung (IWF), Graz

*MIDAS – Österreich auf der Spur der Entstehung unseres Sonnensystems*

#### Günter Kargl

ÖAW | Institut für Weltraumforschung (IWF), Graz

*Kometenoberflächen: Ergebnisse und offene Fragen*

#### Oliver Stenzel

Max-Planck Institut für Sonnensystemforschung | Projekt COSIMA, Göttingen

*Einblicke in die Zusammensetzung des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko mit dem COSIMA-Experiment*

#### Kurt Varmuza

TU Wien | Institut für Stochastik und Wirtschaftsmathematik und Institut für Verfahrenstechnik, Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

*Organisch-chemische Substanzen in 67P-Kometenpartikel: Zwischen Hoffnung und Realität*

## ***Rosetta: Neue Einblicke in den kosmischen Staub***

**Prof. Dr. Pascale Ehrenfreund**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) | Vorstandsvorsitzende, Köln

[https://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10329/510\\_read-14467](https://www.dlr.de/dlr/desktopdefault.aspx/tabid-10329/510_read-14467)  
[pehren@gwu.edu](mailto:pehren@gwu.edu)

Der Ursprung des Lebens auf der Erde – und möglicherweise auch auf anderen Himmelskörpern – bleibt eine für die Menschheit zentrale, ungelöste Frage. Wie sich präbiotische Bausteine bilden und zusammensetzen, um einfaches Leben entstehen zu lassen, ist einer der herausforderndsten Forschungsbereiche unserer Zeit. Unser Heimatplanet – die Erde – ist vor etwa 4,6 Milliarden Jahren entstanden und zeichnete sich am Beginn durch starke geologische Aktivität aus und war zahlreichen Einschlägen von Kometen und Asteroiden ausgesetzt. Die Kometen-Rendezvous-Mission Rosetta und die spektakuläre Landung des Philae-Landers auf dem Kometen 67/P ermöglichte erste Messungen von organischen Molekülen auf einer Kometenoberfläche. Diese Ergebnisse tragen zu neuen Erkenntnissen über das Material bei, das durch Einschläge möglicherweise wesentliche Rohstoffe für den Ursprung des Lebens geliefert hat. Darüber hinaus lieferte die Mission verbesserte Daten von Kometenstaub und den Prozessen, die letztendlich Planetensysteme hervorgebracht haben.

Zahlreiche Weltraummissionen haben Planeten, Monde und Kleinkörper innerhalb des Sonnensystems zum Ziel, um organische Moleküle zu identifizieren oder die Bewohnbarkeit dieser Himmelskörper und mögliche Lebensspuren zu erforschen. Rosetta hat einen großen Beitrag dazu geleistet die Entwicklung und Zusammensetzung unseres Sonnensystems und Kometen besser zu verstehen. Diese großartige Raumfahrtmission liefert uns auch wichtige Daten für zukünftige Weltraummissionen zu Kleinkörpern.

***From Rosetta to Museums***  
***The very long journey of cometary dust particles within the zodiacal cloud***

**Prof. Dr. Anny-Chantal Levasseur-Regourd**

Universität Sorbonne | LATMOS-Institut, Paris

<https://www.latmos.ipsl.fr/index.php/en/annuaire?id=3735>

[Anny-Chantal.Levasseur@aerov.jussieu.fr](mailto:Anny-Chantal.Levasseur@aerov.jussieu.fr)

The Rosetta rendezvous mission has established that dust particles in the coma of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko (thereafter 67P) are aggregates, with sizes mainly from tens to hundreds of micrometers. They present a hierarchical structure, are built up from a large number of subunits (at least down to tens of nanometers), and may be rather compact or quite fluffy. Rosetta has also provided evidence for the dominance of organic matter in such particles. Their porous structure and carbonaceous composition, in agreement with results tentatively inferred from other comets, are perfectly consistent with the results established for the nucleus of 67P.

Cometary dust particles, once released from a cometary nucleus, are subjected to gravitational and non-gravitational forces, which scatter them along cometary dust tails and trails, and progressively inject them into the zodiacal cloud (also called interplanetary dust cloud), where they may slowly spiral inwards during tens of thousands of years, before finally falling into the Sun. It has been recently recognized that most of the interplanetary dust particles reaching the Earth's environment originate from comets on orbits comparable to that of 67P.

Some of these numerous dust particles entering the Earth's atmosphere may survive their impact, because of their relatively low velocities and their fluffy structure. They have indeed been collected during the last decades, within the stratosphere, as CP-IDPS (Chondritic Porous Interplanetary Dust particles), and from snow and ice of high-altitude sites in Antarctica, as UCAMMs (Ultra Carbonaceous Antarctica Micro Meteorites). They are presently carefully preserved and analyzed, as unique remnants of the early solar system.

## ***Rosetta Lander – Philae: Erste Landung auf einem Kometen***

**Dr. Stephan Ulamec**

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) |  
Nutzerzentrum für Weltraumexperimente (MUSC), Köln

<https://www.dlr.de>  
[Stephan.Ulamec@dlr.de](mailto:Stephan.Ulamec@dlr.de)

Rosetta ist eine Cornerstone Mission des ESA Horizon 2000 Programms zur genauen Erforschung eines Kometen. Im August 2014 hat die Raumsonde ihr Ziel, den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko, nach zehnjähriger Reise erreicht. Der Kometenkern und die Koma wurden ab dann mit den Instrumenten am Orbiter untersucht. Diese Daten wurden auch genutzt, um einen geeigneten Landeplatz für das Landegerät Philae auszuwählen.

Philae wurde am 12. November 2014 vom Mutterschiff getrennt und berührte die Kometenoberfläche nach siebenstündigem Abstieg. Da ein Kaltgassystem sowie die Ankerharpunen nicht funktionierten, prallte der Lander jedoch wieder ab und kam erst nach mehreren „Sprüngen“, etwa 2 Stunden später, zur Ruhe. Während der Sprünge sowie in den Tagen nach der Landung wurden alle 10 wissenschaftlichen Instrumente an Bord des Landers in Betrieb genommen und spektakuläre Daten von der Kometenoberfläche zur Erde gefunkt. Diese Daten weisen auf eine harte Oberfläche mit einem hohen Anteil organischer Komponenten hin. Die mit den Kameras gewonnenen Aufnahmen zeigen differenzierte Oberflächenstrukturen.

Der Landeplatz von Philae liegt an einer schlecht beleuchteten Stelle. Daher fiel der Lander in einen „Winterschlaf“ nachdem die Batterien erschöpft waren, aus dem er jedoch im Juni 2015 wieder erwachte. Obwohl mehrmals Kontakt zu Philae hergestellt werden konnte, gelang es nicht mehr Experimentsequenzen zu kommandieren. Kurz bevor Rosetta selbst im September 2016 auf Churyumov-Gerasimenko „strandete“ gelangen vom Orbiter aus hochaufgelöste Bilder des Landers auf der Kometenoberfläche.

Rosetta ist eine ESA Mission mit Beteiligungen der Mitgliedsstaaten und NASA. Philae ist eine Beistellung durch ein internationales Konsortium unter der Leitung des DLR mit Beiträgen von MPS, CNES, ASI, sowie aus Ungarn, UK, Finnland, Irland und Österreich.

## ***MIDAS – Österreich auf der Spur der Entstehung unseres Sonnensystems***

**Mag. Thurid Mannel**

ÖAW | Institut für Weltraumforschung (IWF), Graz

<http://www.iwf.oeaw.ac.at/user-site/thurid-mannel>

[Thurid.Mannel@oeaw.ac.at](mailto:Thurid.Mannel@oeaw.ac.at)

Die Rosetta-Mission war eine der gewagtesten und erfolgreichsten Weltraummissionen der letzten Jahre. Viele ihrer Ziele waren technologisch und wissenschaftlich herausfordernd: Der Rosetta-Orbiter war die erste Raumsonde, die einem Kometen extrem nahe gekommen ist und ihn für 2 Jahre durch seine aktivste Phase begleitet hat, die Philae-Landeeinheit konnte die erste Kometenlandung durchführen und den Kometen direkt analysieren. Österreich war bei dieser spannenden Mission an verschiedenen Stellen beteiligt.

Österreichs Hauptbeitrag war die federführende Entwicklung, der Betrieb und die Datenanalyse des MIDAS-Instruments, einem neuartigen, speziell konzipierten Rasterkraftmikroskop. MIDAS sammelte halbautomatisch winzige, mikrometer-große Kometenstaubteilchen in ihrer ursprünglichen Form ein und bildete sie in 3D ab. Die gewonnenen Daten enthalten einzigartige Informationen, welche bereits zur Entschlüsselung der Entstehungsgeschichte unseres Sonnensystems beigetragen haben und großes Potential für weitere Forschung bieten.

## ***Kometenoberflächen: Ergebnisse und offene Fragen***

**Dr. Günter Kargl**

ÖAW | Institut für Weltraumforschung (IWF), Graz

<http://www.iwf.oeaw.ac.at/user-site/guenter-kargl>

[Guenter.Kargl@oeaw.ac.at](mailto:Guenter.Kargl@oeaw.ac.at)

Die Rosetta Mission hat im Sommer 2014 nach zehn Jahren Flugzeit ihr Ziel, den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko, erreicht. Darauf folgte eine intensive Beobachtungsphase von über zwei Jahren, in denen mit der Philae-Landeinheit auch das erste Mal eine Kometenoberfläche berührt wurde.

Die Datenauswertung ist heute immer noch im Gang und wird voraussichtlich auch noch einige Jahre die wissenschaftliche Welt beschäftigen. Rosetta und Philae haben mit ihren Messungen viele neue Erkenntnisse gebracht und gleichzeitig als gesichert geltendes Wissen in Frage gestellt. Es zeigt sich, dass Kometen sehr viel komplexer sind als vor Rosetta gedacht und gerade die Oberfläche auf allen räumlichen und zeitlichen Skalen große Unterschiede aufweist. Der Vortrag wird auf Ergebnisse eingehen, die aus dem Vergleich von verschiedenen Instrumenten auf Philae und Rosetta entstanden sind. Wie bei jeder erfolgreichen Mission werden auch von Rosetta mehr und neue Fragen zu Kometen aufgeworfen, die bei der Konzeption der Mission vor über zwanzig Jahren noch unbekannt waren.

## ***Einblicke in die Zusammensetzung des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko mit dem COSIMA-Experiment***

**Dr. Oliver Stenzel**

Max-Planck Institut für Sonnensystemforschung | Projekt COSIMA, Göttingen

<https://www.mps.mpg.de/1845518/COSIMA>  
[stenzel@mps.mpg.de](mailto:stenzel@mps.mpg.de)

Die ESA-Sonde Rosetta hat den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko ca. zwei Jahre lang begleitet und mit vielen unterschiedlichen Instrumenten den Kern und die Koma des Kometen untersucht. Der Cometary Secondary Ion Mass Analyzer, kurz COSIMA, ist eines der Instrumente, die sich mit der Koma des Kometen beschäftigt haben <sup>1</sup>. Mit COSIMA wurden ca. 35.000 Teilchen der Koma aufgefangen, die meisten davon Fragmente größerer Teilchen, die im Trichter des Instruments zerschellt sind <sup>2,3</sup>. Mit Hilfe eines Mikroskops und eines Flugzeit-Sekundärionen-Massenspektrometers (ToF-SIMS) wurden viele dieser Partikel an Bord untersucht. Die Kometenpartikel haben eine hohe Porosität und wurden in einem Größenbereich von 10 µm (Auflösungsgrenze des Mikroskops) und 2 mm festgestellt <sup>4-6</sup>. Die Partikel zeigen eine Zusammensetzung reich an makromolekularem Kohlenstoffverbindungen <sup>7</sup>. Die Elementenzusammensetzung ist der des Kometen Halley ähnlich und ursprünglicher als die kohligere Chondriten <sup>8,9</sup>.

1. Kissel, J. *et al.* Cosima – High Resolution Time-of-Flight Secondary Ion Mass Spectrometer for the Analysis of Cometary Dust Particles onboard Rosetta. *Space Sci. Rev.* **128**, 823–867 (2007).
2. Merouane, S. *et al.* Dust particles flux and size distribution in the coma of 67P/Churyumov-Gerasimenko measured in-situ by the COSIMA instrument on board Rosetta. *Astron. Astrophys.* (2016). doi:10.1051/0004-6361/201527958
3. Merouane, S. *et al.* Evolution of the physical properties of dust and cometary dust activity from 67P/Churyumov-Gerasimenko measured in situ by Rosetta/COSIMA. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **469**, S459–S474 (2017).
4. Hornung, K. *et al.* A first assessment of the strength of cometary particles collected in-situ by the COSIMA instrument onboard ROSETTA. *Planet. Space Sci.* (2016). doi:10.1016/j.pss.2016.07.003
5. Langevin, Y. *et al.* Optical properties of cometary particles collected by the COSIMA mass spectrometer on-board Rosetta during the rendezvous phase around comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **469**, S535–S549 (2017).
6. Hilchenbach, M. *et al.* Mechanical and electrostatic experiments with dust particles collected in the inner coma of comet 67P by COSIMA onboard Rosetta. *Phil Trans R Soc A* **375**, 20160255 (2017).
7. Fray, N. *et al.* High-molecular-weight organic matter in the particles of comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. *Nature* **538**, 72–74 (2016).
8. Bardyn, A. *et al.* Carbon-rich dust in comet 67P/Churyumov-Gerasimenko measured by COSIMA/Rosetta. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **469**, S712–S722 (2017).
9. Stenzel, O. J. *et al.* Similarities in element content between comet 67P/Churyumov-Gerasimenko coma dust and selected meteorite samples. *Mon. Not. R. Astron. Soc.* **469**, S492–S505 (2017).



## **Organisch-chemische Substanzen in 67P-Kometenpartikel: Zwischen Hoffnung und Realität**

**Prof. Dr. Kurt Varmuza**

TU Wien | Institut für Stochastik und Wirtschaftsmathematik und Institut für Verfahrenstechnik,  
Umwelttechnik und Technische Biowissenschaften

<http://www.lcm.tuwien.ac.at/vk>  
[kurt.varmuza@tuwien.ac.at](mailto:kurt.varmuza@tuwien.ac.at)

Das Instrument COSIMA - an Bord von Rosetta - sammelte über 1000 Kometenstaubpartikel in Entfernungen von etwa 10 bis 200 km vom Kometen 67P/Churyumov–Gerasimenko. Die Partikel mit Durchmessern zwischen 0.01 und 1 mm wurden photographiert und dokumentiert [1, 2]. An einigen Partikeln wurden massenspektrometrische Messungen durchgeführt um die Zusammensetzung der Partikeloberfläche zu untersuchen. Neben mineralogischen Bestandteilen [3] (Masse ca 55 % [4]) wurden organisch-chemische Verbindungen (Masse ca 45 % [4]) nachgewiesen, und zwar in Form von hochmolekularen Substanzen [5]. Während in der Atmosphäre des Kometen einige niedrigmolekularer CHNO-Verbindungen nachgewiesen wurden oder vermutet werden [6], konnten auf den gesammelten Partikeln bisher keine konkreten CHNO-Verbindungen erfaßt werden [7]. Die in den Instrumenten auf Rosetta und in der Landeeinheit Philae verwendeten massenspektrometrischen Methoden sind auch wichtige Labormethoden und beispielsweise unverzichtbar bei der qualitativen und quantitativen Analyse von Schadstoffen in Lebensmittel oder Umweltproben. Die hohe Leistungsfähigkeit dieser Analysenmethoden muss gemeinsam mit den technischen und physikalisch-chemischen Limitierungen gesehen werden um die erhaltenen Messergebnisse realistisch beurteilen zu können.

[1] Hilchenbach M. et al.: *The Astrophysical Journal Letters*, **816**: L32 (2016)

[2] Engrand C. et al.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **462**, S323–S330 (2016)

[3] Stenzel O. et al.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **469** (Suppl\_2): S492-S505 (2017).

[4] Bardyn A. et al.: *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, **469** (Suppl\_2): S712-S722 (2017)

[5] Fray N. et al.: *Nature*, **528**: 72-74 (2016)

[6] Altwegg K. et al.: *Science Advances*, **2**, e1600285 (2016)

[7] Varmuza K. et al.: *Journal of Chemometrics*, **32**, e3001, 1-13 (2018)

Unterstützt durch den FWF, Projekt P 26871-N20.