

# Philae's Landing

Zum ersten Mal in der Menschheitsgeschichte weich auf einem Kometen gelandet: Am Mittwoch, 12. November 2014, stößt die europäische Raumsonde Rosetta ihren Lander Philae planmäßig um 9.35 Uhr Mitteleuropäischer Zeit (MEZ) ab. Philae beginnt daraufhin seinen sieben Stunden langen Abstieg in Richtung des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko. Kurz nach der Trennung von Rosetta fahren die drei Landebeine und die Instrumente CONSERT und ROMAP aus. Um 16.32 Uhr MEZ setzt Philae zum ersten Mal weich mitten im geplanten Landegebiet „Agilkia“ auf. Anschließend federt der Lander aber wieder vom Boden weg und schwebt in einem großen Bogen weiter. Das Bild zeigt eine Fotomontage von verschiedenen Aufnahmen der OSIRIS-Kamera auf dem Rosetta-Orbiter. Der Lander ist zu verschiedenen Zeiten beim Abstieg auf die Oberfläche und nach dem ersten Touchdown mit einer deutlichen Querbewegung zu erkennen. Die großen Quadrate sind Ausschnittsvergrößerungen des Originalbildes. Im kleinen Bild rechts unten markiert der Kreis die Landezone beim ersten Touchdown. Dieses Bild der Landestelle Agilkia wurde am 21. September 2014 von der Navigationskamera (NavCam) an Bord von Rosetta aus etwa 27,8 Kilometern Entfernung zum Kometen aufgenommen. Der abgebildete Bereich ist ungefähr 1,9 Kilometer breit.

## Philae's Touchdown

For the first time in human history, a space probe lands softly on a comet: on Wednesday, November 12, 2014, the European spacecraft Rosetta releases its landing device, Philae, as scheduled at 9.35 a.m. Central European Time (CET). Philae sets off on its seven-hour descent towards the comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Only a moment after its separation from Rosetta, Philae extends its three landing legs and the CONSERT and ROMAP instruments. At 4.32 p.m. CET, Philae performs its first soft touchdown in the middle of the selected landing area, 'Agilkia'. However, it bounces back from the ground and floats sideways on a parabolic trajectory. The picture consists of a series of photographs captured by the OSIRIS camera on board the Rosetta orbiter, showing the lander at various times during its initial approach and on its lateral 'bounce' after the first touchdown. The large squares show enlarged details of the original image. The circle at the bottom right of the small image marks the landing area of the first touchdown. This picture of the Agilkia landing zone was shot on September 21, 2014, by Rosetta's NavCam from a distance of about 27.8 kilometres. The area shown is about 1.9 kilometres wide.

15:23

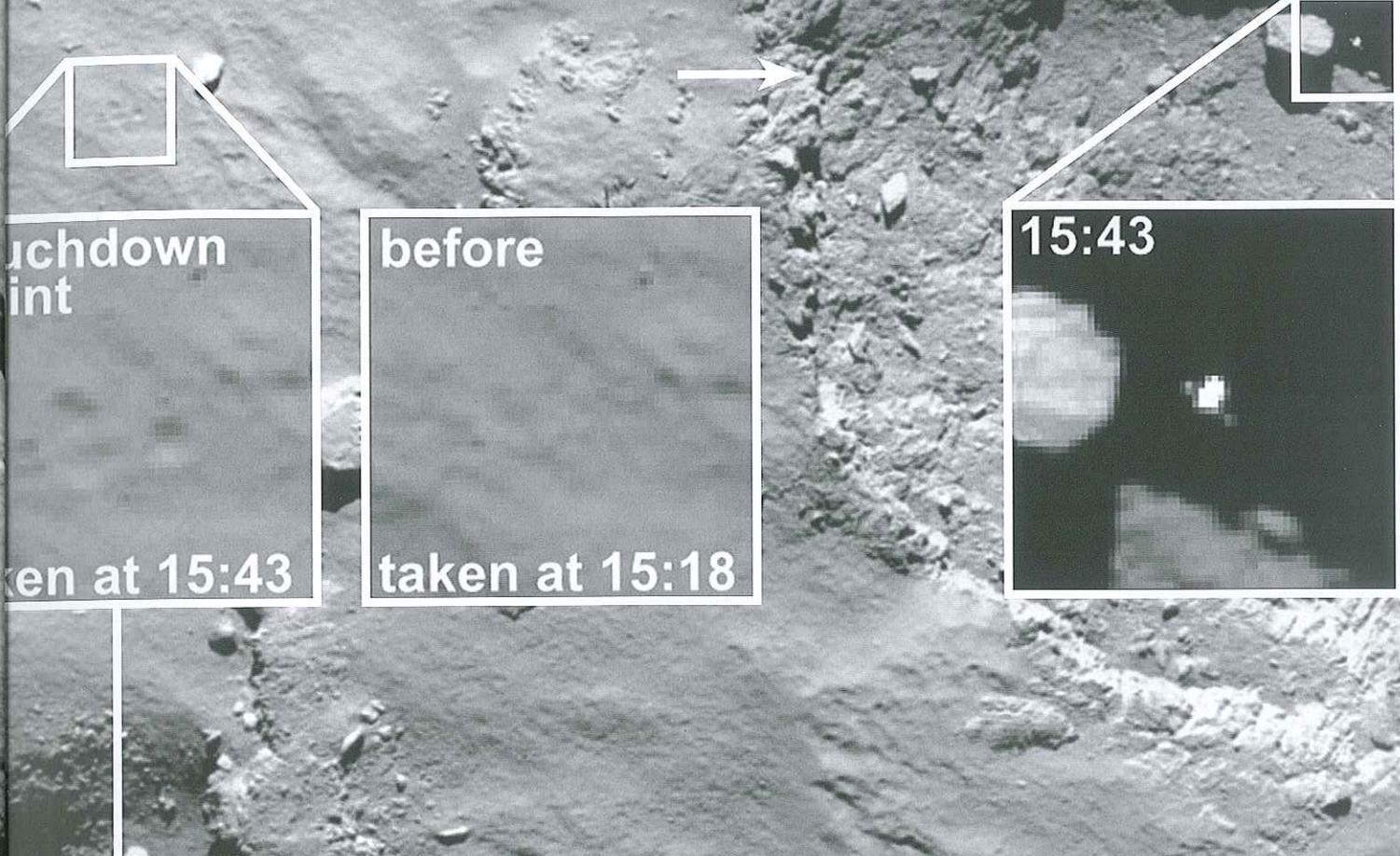
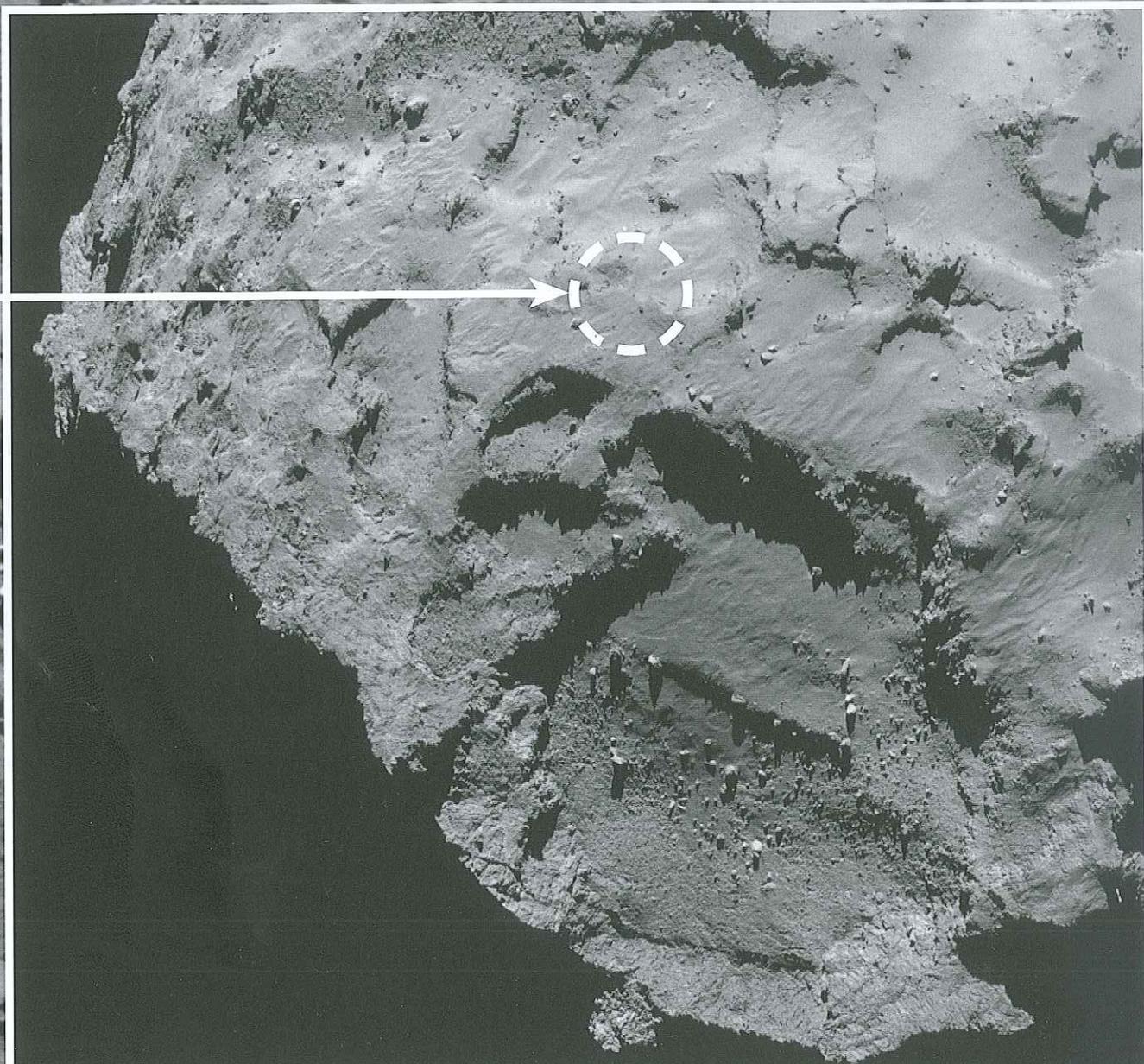
15:19

15:14

Touchdown  
point  
taken at 15:43

before  
taken at 15:18

15:43



# Rosetta

Ein Komet erklärt uns die Ursprünge unseres Sonnensystems

Von Dietmar Friedrichs

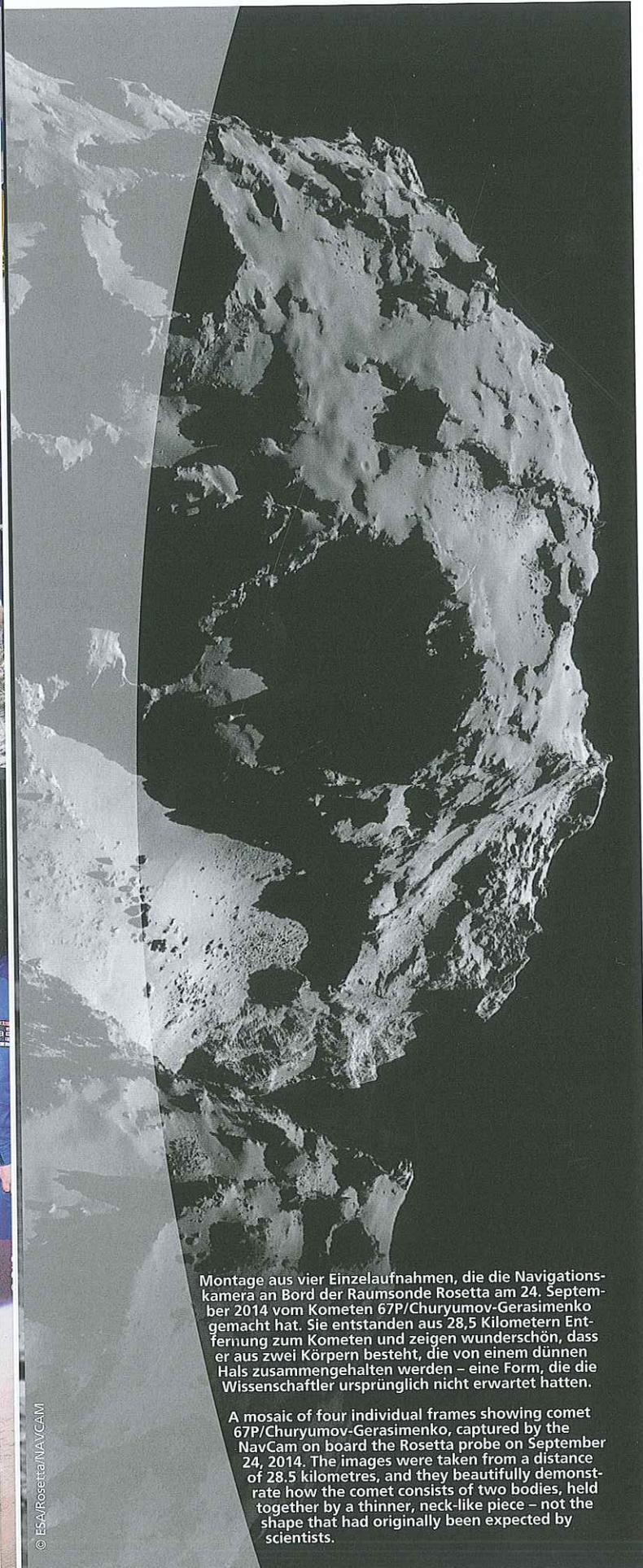
12. November 2014; 16.32 Uhr; 509.500.000 Kilometer von der Erde entfernt: 20 Jahre nach dem Beginn der Arbeiten für die europäische Weltraummission Rosetta und mehr als zehn Jahre nach dem Start setzt ihre Tochtersonde Philae auf der Oberfläche des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko auf. Bis dahin läuft alles nach Plan. Philae hat den Zielpunkt im Landegebiet J – getauft auf den Namen „Agilkia“ – auf etwa 100 Meter genau getroffen. 28 Minuten brauchen die Funksignale dann bis zur Erde. Als die Daten die Landung von Philae melden, bricht großer Jubel im Rosetta-Kontrollzentrum des European Space Operation Center (ESOC) der ESA in Darmstadt aus. Auch bei den Wissenschaftlern, die im Lander-Kontrollzentrum des Microgravity User Support Center (MUSC) beim DLR in Köln versammelt sind, ist die Freude zunächst groß. Einige Minuten später sieht man dann aber wieder skeptische Blicke, als die Daten zeigen, dass Philae weiterhin in Bewegung ist und sich zudem dreht. Der Lander sendet zwar zuverlässig Signale, hat seine Landestelle aber offensichtlich wieder verlassen. Erst zwei Stunden später kommt er dann dauerhaft auf dem Kometenboden zur Ruhe.

## Rosetta

A Comet Explains the Origins of our Solar System

By Dietmar Friedrichs

November 12, 2014; 4.32 p.m. Central European Time; 509,500,000 kilometres away from Earth: 20 years after work began on the European space mission Rosetta and more than ten years after the launch, its landing device Philae touches down on the surface of the comet 67P/Churyumov-Gerasimenko. So far everything has gone to plan. Philae has hit its target in the J landing area – named 'Agilkia' – within about 100 metres. Its radio signals take 28 minutes to reach Earth. When the data show that all four of Philae's feet have touched the ground, great jubilation breaks out at the Rosetta Control Centre in ESA's European Space Operations Centre (ESOC) in Darmstadt. At first, the scientists assembled at the Lander Control Centre in DLR's Microgravity User Support Center (MUSC) in Cologne share these moments of great joy. However, faces begin to take on a puzzled expression a few minutes later when the data show that Philae is still in motion and, what is more, spinning about its axis. Although the lander continues to send signals reliably, it has obviously left its landing site again. As many as two hours later, it comes to rest permanently on the ground of the comet.



Montage aus vier Einzelaufnahmen, die die Navigationskamera an Bord der Raumsonde Rosetta am 24. September 2014 vom Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko gemacht hat. Sie entstanden aus 28,5 Kilometern Entfernung zum Kometen und zeigen wunderschön, dass er aus zwei Körpern besteht, die von einem dünnen Hals zusammengehalten werden – eine Form, die die Wissenschaftler ursprünglich nicht erwartet hatten.

A mosaic of four individual frames showing comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, captured by the NavCam on board the Rosetta probe on September 24, 2014. The images were taken from a distance of 28.5 kilometres, and they beautifully demonstrate how the comet consists of two bodies, held together by a thinner, neck-like piece – not the shape that had originally been expected by scientists.



Autor: **Dietmar Friedrichs** gehört zum Rosetta-Projektteam des DLR Raumfahrtmanagements – dem Bindeglied zwischen ESA, Wissenschaft und Industrie. Er begleitet die Mission seit zehn Jahren und hat bei der Landeveranstaltung in der Bonner Bundeskunsthalle dem „Touchdown“ von Philae entgegengefeiert.

Author: **Dietmar Friedrichs** is a member of the DLR Space Administration's Rosetta project team, which acts as a link between ESA, the research community, and industry. He has been monitoring the mission for ten years and has eagerly awaited Philae's 'touchdown' during the landing event at Bonn's Bundeskunsthalle.

Rosetta untersucht einen Kometen, also einen Himmelskörper, der ursprünglich aus der extrem kalten Randzone unseres Sonnensystems stammt, in der eine Unzahl von vereisten Kleinkörpern vermutet werden. Die Wissenschaftler hoffen, dass im Kern von Kometen noch jene Urmaterie vorhanden ist, aus der sich unser Sonnensystem gebildet hat. Nach Milliarden von Jahren in einer sonnenfernen „kosmischen Tiefkühltruhe“ gelangen einzelne Körper durch Bahnstörungen auf eine Bahn in das innere Sonnensystem. In Folge der steigenden Wärmeeinstrahlung bildet sich dann in Sonnennähe der charakteristische Kometenschweif aus abdampfendem Gas und Staub. Die bisherigen Beobachtungen lassen den Schluss zu, dass diese Kometenkörper aus einem Gemisch aus Eis – neben Wassereis auch gefrorene Gase wie Kohlendioxid, Methan etc. – und Gesteinstaub bestehen. In welchen Formen und Mischungen sich dieses Material im Kometenkern zusammengeballt hat, untersucht die Rosetta-Mission. Bei den Forschungen geht man auch der Frage nach, ob die lebensfreundlichen Bedingungen auf der Erde, wie insbesondere die große Menge an Oberflächenwasser, sich erst nach dem „großen Bombardement“ – einem „Asteroiden- und Kometen-Regen“ vor rund 3,8 Milliarden Jahren – entwickelt haben.

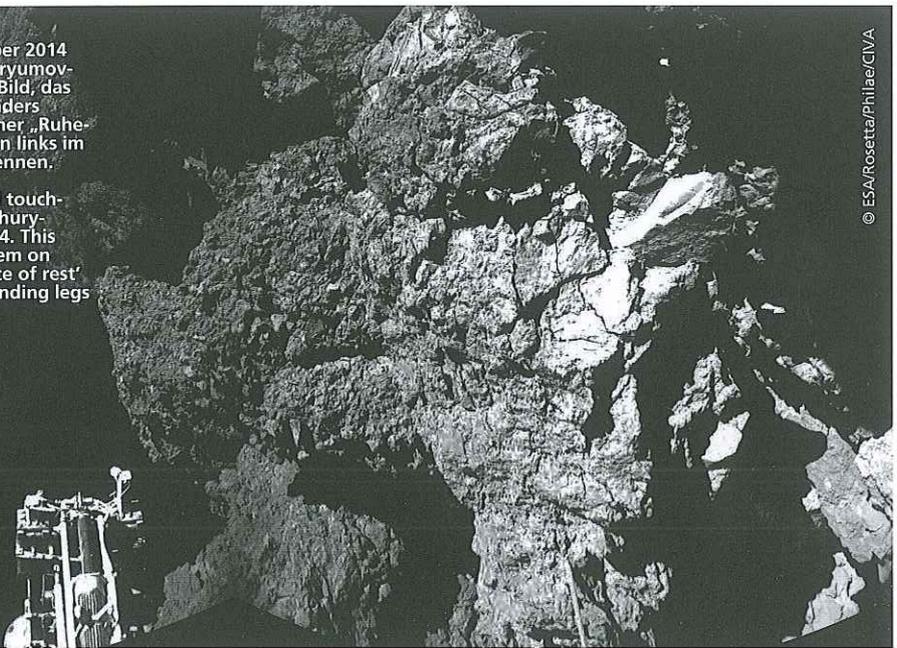
Der Kometenjäger Rosetta ist bereits seit dem Jahr 2004 unterwegs. Seit August 2014 zieht er nun seine Bahnen um den Kometen und beobachtet den Kern aus der Nähe. Hier kommen Kamerainstrumente in verschiedenen Spektralbereichen sowie Fernerkundungsinstrumente im Radio- und Radarwellenbereich zum Einsatz, Magnetfeld- und Plasmamessungen finden statt und auch die in der Umlaufbahn durchquerte Gas- und Staubhülle des Kometen wird an Bord analysiert.

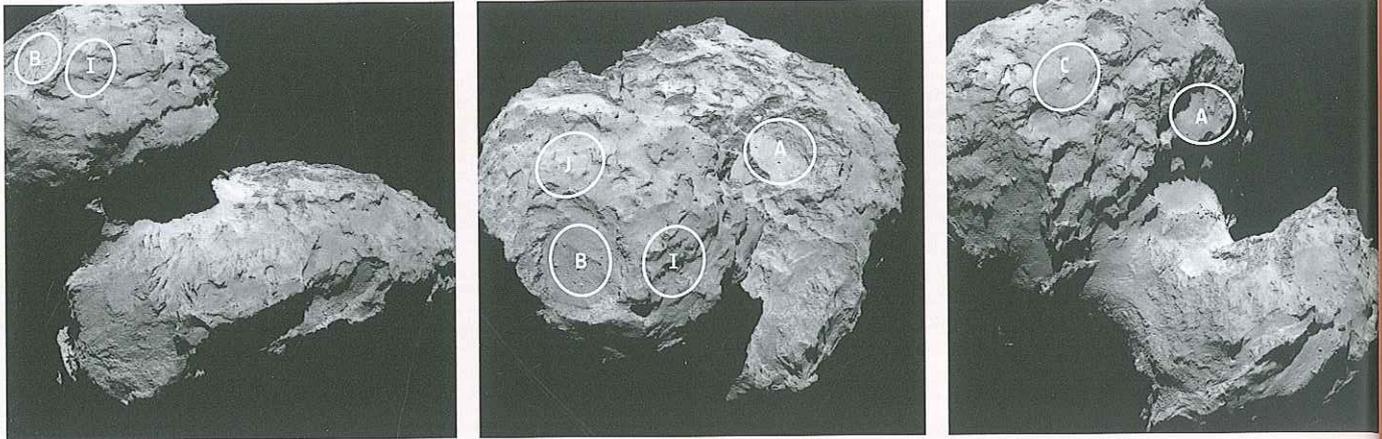
The object of Rosetta's investigation is a comet, a heavenly body that originally comes from the extremely cold fringes of the solar system, where an infinite number of small icy bodies are believed to exist. Scientists hope that the nucleus of the comet harbours that primeval matter from which our solar system formed in the distant past. Having spent billions of years in the 'cosmic chest freezer' far away from the Sun, the orbits of some of these bodies are disturbed, and they enter a trajectory that brings them to the inner solar system. As they approach the Sun, its increasing heat irradiation causes the characteristic cometary tail to form from evaporating gas and dust. Observations made so far suggest that the bodies of these comets consist of a mixture of ice – water ice as well as frozen gases like carbon dioxide, methane, etc. – and rock dust. The Rosetta mission investigates the forms and mixtures in which this material coagulated in the nucleus of the comet. Research also addresses the question of whether the conditions that are hospitable to life on Earth, particularly its large volume of surface water, evolved only after the 'great bombardment' – a 'rain shower of asteroids and comets' that hit the young planet around 3.8 billion years ago.

The comet hunter Rosetta has been on its way since 2004. Since August 2014, it has been orbiting the comet, observing its nucleus from close up. For this purpose, it uses cameras operating in various spectral bands as well as radio and radar-based remote-sensing instruments, magnetic-field and plasma measurements are taken, and the comet's envelope of gas and dust penetrated by the probe on its orbit is being analysed on board as well.

Rosettas Lander Philae ist am 12. November 2014 auf der Oberfläche des Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko mehrmals gelandet. Dieses Bild, das vom CIVA-Kamerasystem an Bord des Landers aufgenommen wurde, zeigt Philae an seiner „Ruhestätte“ nach dem letzten Aufsetzen. Unten links im Bild ist eines der drei Landerbeine zu erkennen.

Rosetta's lander Philae performed several touchdowns on the surface of the comet 67P/Churyumov-Gerasimenko on November 12, 2014. This image, captured by the CIVA camera system on board the lander, shows Philae at its 'place of rest' after its final landing. One of the three landing legs can be seen on the left.





**Fünf Kandidaten für eine Landung:** Für Philae's Landung musste zuvor ein abwechslungsreiches, aber nicht zu sehr zerklüftetes Gebiet mit einer guten Beleuchtung durch die Sonne und kaum steilen Hängen als Landeplatz gefunden werden. Drei der möglichen Landestellen (B, I und J) befinden sich auf dem kleineren der beiden Kometenteile, die beiden anderen (A und C) sitzen auf dem größeren Teil, dem Körper. In einem zweitägigen Auswahlverfahren hat sich das Landerteam unter DLR-Leitung unter fünf möglichen Kandidaten für „Site J“ entschieden. Die Region auf dem Kopf des zweiteiligen Kometen macht nach sorgfältiger Auswertung aller verfügbaren Daten am 15. September 2014 das Rennen.

Five candidate landing spots: prior to the landing, scientists needed to identify a landing site, in a piece of terrain rich in variety but not too rugged with a good amount of sunlight and hardly any steep slopes. Three of the possible spots (B, I, and J) are located on the smaller part of the comet's body, the two others (A and C) lie on the larger part. In a two-day selection process, the lander team, under the lead of DLR, chose 'Site J' from the five candidates. After careful examination of all available data, this region on the head of the dyadic comet was selected as the most favoured site on September 15, 2014.

### Erste Landung auf einem Kometen

Höhepunkt der Rosetta-Mission ist die Landung der Tochter-sonde Philae auf dem Kometenkopf. Das Absetzmanöver am 12. November 2014 läuft so präzise ab, dass die Landesonde pünktlich um 16.32 Uhr fast im Zentrum des Zielgebietes aufsetzt. Allerdings gelingt dabei die Verankerung im Boden nicht. Die Elastizität des Landegestells drückt Philae mit geringer Geschwindigkeit wieder von der Kometenoberfläche weg. Der Lander bleibt nach einigen „Hüpfen“ dauerhaft am Boden.

Damit ist erstmals eine Sonde weich auf dem Kernkörper eines Kometen gelandet. Bisher ist es der amerikanischen Weltraum-agentur NASA gelungen, den Einschlag eines von einer Raum-sonde abgeschossenen Projektils auf einem Kometenkern im schnellen Vorbeiflug zu beobachten. Die Messungen, die jetzt im Rahmen der Rosetta-Mission erfolgen, werden demgegenüber viele neue Erkenntnisse liefern – ein Meilenstein in der Erforschung unseres Sonnensystems. Durch die geringe Anziehungskraft des etwa drei mal vier Kilometer großen Kometenkerns ist die Landeeinheit trotz 100 Kilogramm Masse nur mit der Geschwindigkeit eines vom Baum gewehten Blattes zu Boden geschwebt und hat sich dann trotzdem noch mehrfach von der Oberfläche gelöst, bevor sie etwa ein Kilometer entfernt zur Ruhe gekommen ist. Ihr Abstieg aus 22,5 Kilometern Höhe hat nach der Trennung von Rosetta sieben Stunden gedauert, das „Hüpfen“ auf der Kometenoberfläche weitere zwei Stunden. Die große Entfernung zur Erde hat eine direkte Steuerung vom Philae-Kontrollzentrum in Köln verhindert. Obwohl mit Lichtgeschwindigkeit unterwegs, benötigen die Funkkommandos immer noch knapp 28 Minuten bis zum Eintreffen an der Raumsonde. Ebenso lange brauchen die Rückmeldungen zur Erde. Der Betrieb des Sonden-Gespanns muss daher weitestgehend selbstständig geschehen.

Alle Beobachtungs- und Messsequenzen sind intensiv vorgeplant, am Bodenmodell getestet und werden als Softwareprozedur an die Raumsonde übermittelt. Für die Wissenschaftler und Techniker bleibt es daher immer nervenaufreibend, ob die geplanten Sequenzen im All auch erfolgreich ablaufen. Wenn dann Unerwartetes eintritt, kann erst mit erheblichem, zeitlichen Nachlauf auf die neue Lage reagiert werden. Noch

### The first landing ever on a comet

The landing of the piggyback probe Philae on the head of the comet is the highlight of the Rosetta mission. The precision of the release manoeuvre on November 12, 2014, was such that the lander touched down nearly in the centre of the target area dead on time at 4.32 p.m. However, the attempt to anchor the probe in the ground failed. The elasticity of the landing gear pushed Philae slowly away from the comet's surface. The lander ultimately remained permanently on the ground after a few 'hops'.

This is the first soft landing of a probe on the nucleus of a comet. So far, the only achievement in this field was NASA's observation of the impact of a projectile fired by a space probe at the nucleus of a comet during a fast fly-by. Compared to that, the measurements now being run under the Rosetta mission will provide many new discoveries – a milestone in the exploration of our solar system. Because of the low gravity of the comet's nucleus, which measures about three by four kilometres, the lander module floated to the ground no quicker than a leaf blown from a tree despite its mass of 100 kilogrammes, and even so, it bounced off the surface several times before coming to rest one kilometre away. After its separation from Rosetta, it took seven hours for its descent from an altitude of 22.5 kilometres and spent another two hours 'hopping' on the surface of the comet. Because of the enormous distance to Earth, the probe's systems cannot be immediately controlled from the Philae Control Centre in Cologne. Although travelling at the speed of light, radio commands take almost 28 minutes to arrive at the space probe. Messages sent back to Earth take just as long. Therefore, the spacecraft duo must operate on an almost completely autonomous basis.

Planned ahead in great detail and tested on ground models, all observation and measurement sequences are communicated to the space probe in the form of software procedures. It is a nerve-racking experience for scientists and engineers to see whether the sequences they have planned run successfully in space. If something unexpected happens, it takes considerable time to respond to the new situation.

## Namen und ihre Bedeutung

Die Mission ist nach der ägyptischen Stadt Rosetta benannt. Dort wurde im Jahre 1799 der berühmte Stein von Rosetta gefunden – eine als Fragment erhaltene steinerne Stele mit einem in drei Schriften (Hieroglyphen, Demotisch, Altgriechisch) eingemeißeltes Priestersdekret. Die dreisprachige Inschrift stammt aus dem Jahr 196 vor Christus. Sie ehrt den ägyptischen König Ptolemaios V. und rühmt ihn als Wohltäter. Diese Inschriften und jene auf dem Tempel-Obelisk von der Insel Philae halfen dem Franzosen Jean Francois Champollion bei der Entschlüsselung der altägyptischen Hieroglyphen. Da der Tempelbezirk auf der Insel Philae nach dem Bau des Assuan-Staudamms dauerhaft geflutet wurde, versetzte man den Philae-Tempel auf die Insel Agilkia. 8.300 Vorschläge gingen in einem Wettbewerb der Raumfahrtagenturen DLR, CNES, ASI und ESA um den Namen für den Landeplatz ein. Als Gewinner wurde der Franzose Alexandre Brouste aus Le Mans ausgelost, der wie weitere rund 150 Teilnehmer „Agilkia“ vorgeschlagen hatte.

© ESA



## Names and their meaning

The mission was named after the Egyptian city of Rosetta, where the famous Rosetta stone was found in 1799 – the fragment of a stone stele containing a priest's decree engraved in three scripts (hieroglyphic, demotic, old Greek). This trilingual inscription dates back to the year 196 before Christ. It honours the Egyptian king Ptolemaios V, praising him as a benefactor. These inscriptions, together with those on the obelisk in the temple on the island of Philae, assisted the Frenchman Jean Francois Champollion in decoding the ancient Egyptian hieroglyphs. Because the temple district on the island of Philae was permanently flooded after the Aswan dam was built, the temple of Philae was moved to the island of Agilkia. 8,300 suggestions were submitted in a competition held by the space agencies DLR, CNES, ASI, and ESA to find a name for the landing site. The winner by lot was Alexandre Brouste from Le Mans, a Frenchman who had suggested 'Agilkia' together with around 150 other contestants.

nervenaufreibender für die Wissenschaftler ist, was die gewonnenen Messdaten nach gründlicher, oft wochenlanger Auswertung aussagen und ob dann noch gezielte Nachmessungen zur Überprüfung möglich sein werden.

Die wissenschaftlichen Messungen des Landers haben bereits während des Abstieges auf den Boden begonnen. Nach Philae's erstem Aufsetzen ist das wissenschaftliche Hauptmessprogramm gestartet worden und nach einem ausgeklügelten Plan haben alle zehn Instrumente ihren Betrieb aufgenommen. In dieser „First Science Phase“ hat das „Lander Control Center“ des DLR in Köln Philae kommandiert und überwacht, wobei die Kommunikation von der Erde über die Rosetta-Raumsonde zum Lander erfolgt und nur außerhalb der Funkschatten (durch den Kometen) möglich gewesen ist. Für diese Phase ist nur für rund 60 Stunden Batteriestrom verfügbar. Später hätte die Sekundärbatterie mittels Solarzellen wieder aufgeladen werden sollen. Der endgültige Landeort von Philae liegt allerdings in einer schluchtartigen Vertiefung, in die nur selten etwas Sonnenlicht gelangt. Statt der erhofften Sonnenscheindauer von sechs bis sieben Stunden (je Kometentag ~ 12,8 Stunden) erhalten die Solarzellen nur ein bis anderthalb Stunden Sonne. Noch gravierender für den Lander ist aber die niedrige Temperatur am jetzigen Standort. Nach Aufbrauchen der Stromreserven ist das Innere des Landers soweit abgekühlt, dass ein Aufladen der Batterie momentan nicht möglich ist. Es besteht aber Hoffnung, dass die mit der Sonnenannäherung steigenden Temperaturen ein Wiedereinschalten des Landers zulassen.

Mit der Landung der Tochtersonde Philae kann der Kometenkern, dessen „Ausdünstungen“ und sein Magnetfeld direkt untersucht werden. Auch sein Inneres wird mit Radio- und Schallwellen durchleuchtet. Wenn der Lander aus seinem jetzigen „Winterschlaf“ erwachen sollte, sind hoffentlich – trotz begrenzter Energie – weitere Messungen möglich.

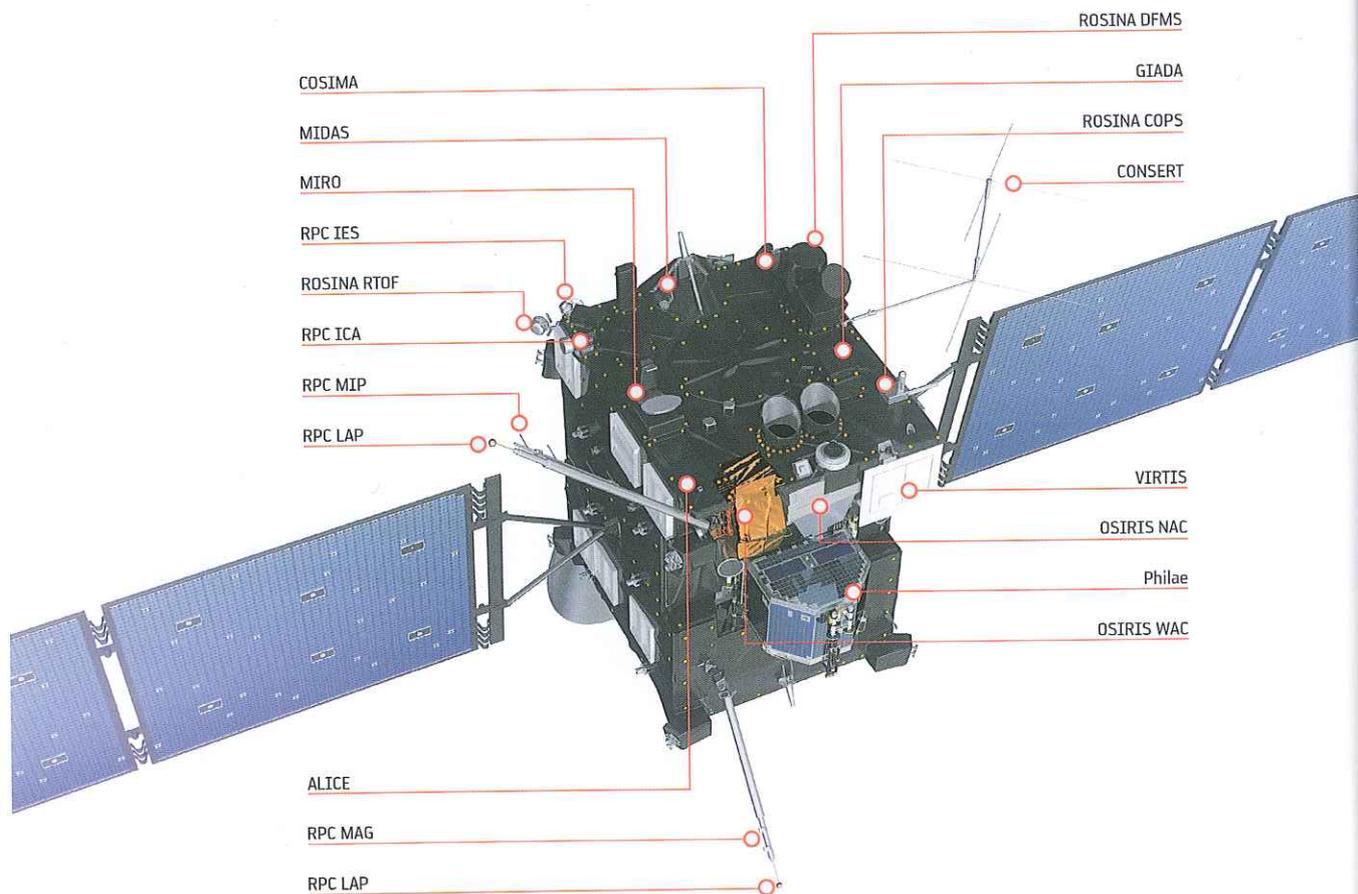
What is even more nerve-racking to scientists is the interpretation of measurement data, whose evaluation often takes weeks, the worrying question being whether specific follow-up measurements for verification will still be feasible at that time.

The lander began its scientific measurements even during its descent to the ground. After Philae's first touchdown, the main programme of scientific measurements was activated and all ten instruments began operations following a sophisticated, result-optimised plan. During this 'first science phase', Philae was commanded and monitored by DLR's Lander Control Centre in Cologne, when Earth communicated with the lander via the Rosetta probe, which can be done only outside the radio shadow cast by the comet. To cover these phases, battery power will be available for no more than around 60 hours. Later on, the secondary battery should have been recharged by solar cells. However, the place where Philae finally landed lies in a gorge-like depression where the light of the Sun reaches only rarely. Instead of the hoped-for six to seven hours of sunshine (per cometary day ~ 12.8 hours), the solar cells receive sunlight only for one to one and a half hours. What is even worse for the lander is the low temperature at its present location. After the power reserves ran out, the lander's interior cooled down so far that it is currently impossible to recharge the battery. However, there are hopes that the lander might be re-setted when temperatures rise as it gets closer to the Sun.

Now that the Philae probe has landed, the body of the nucleus, its 'exhalations', and its magnetic field may be investigated directly. Its interior, too, is being examined with radio and sound waves. If the lander should awaken from its current 'hibernation', further measurements may hopefully become possible despite limited energy resources.

© ESA/Rosetta/NAVCAM





## Rosetta-Instrumente/Rosetta's Instruments

### Alice

ist ein abbildendes Ultraviolett-Spektrometer, das die wichtigsten Gasmoleküle in der Koma, den Anteil der Edelgase sowie die Ionen im Schweif analysiert.

is an ultraviolet-imaging spectrometer that measures the most important gas molecules in the coma, the proportion of noble gases, and ions in the comet's tail.

### CONSERT (Comet Nucleus Sounding Experiment by Radio Wave Transmission)

sendet langwellige Radiosignale durch den Kern, um dessen Beschaffenheit zu erkunden.

sends long-wave radio signals between lander and orbiter to determine the nucleus' properties.

### COSIMA (Cometary Secondary Ion Mass Analyser)

sammelt und analysiert Staubkörner.

collects and analyses dust particles.

### GIADA (Grain Impact Analyser and Dust Accumulator)

bestimmt Anzahl, Größe und Geschwindigkeit der Staubkörnchen in der Koma.

measures frequency, size, and momentum of dust particles in the coma.

### MIDAS (Micro-Imaging Dust Analysis System)

dient der Analyse der Mikrostruktur der Staubteilchen (Staubteleskop).

is intended for the microtextural analysis of cometary dust particles (dust telescope).

### MIRO (Microwave Instrument for the Rosetta Orbiter)

bestimmt die Produktionsrate von Gasmolekülen sowie die Temperatur nahe der Oberfläche des Kometenkerns.

measures the production rate of gas molecules and the near-surface temperature of the comet.

### OSIRIS (Optical, Spectroscopic, and Infrared Remote Imaging System)

ist eine Tele- und eine Weitwinkelkamera zur Beobachtung des Kerns und seiner Umgebung im Bereich des sichtbaren Lichtes.

consists of a narrow-angle and a wide-angle camera for observations of the core and its environment in the range of visible light.

### ROSINA (Rosetta Orbiter Spectrometer for Ion and Neutral Analysis)

bestimmt das Atomgewicht von Gaskomponenten und ermöglicht die Unterscheidung von Isotopen.

is a mass spectrometer determining the atomic weight of gases and is able to distinguish between isotopes.

### RPC (Rosetta Plasma Consortium)

Magnetfeld-, Ionen- und Elektronendetektoren beobachten Wechselwirkungen von Koma und Schweif mit dem Sonnenwind.

is a set of ion, magnetic, and electron detectors to observe the plasma environment of coma and tail interacting with the solar wind.

### RSI (Radio Science Investigation)

nutzt die minimalen Frequenzabweichungen, die durch den Dopplereffekt bei Radiosignalen zur Erde auftreten, um aus den daraus abgeleiteten Bahnstörungen der Sonde die Gravitation, Form und Dichteverteilung des Kometenkerns zu bestimmen.

uses minimal frequency deviations generated in radio signals to Earth by the Doppler effect to yield information on the comet core's gravity, shape, and density distribution from the derived trajectory impairment of the probe.

### VIRTIS (Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer)

misst die Zusammensetzung sowie die Temperatur der Oberfläche und charakterisiert die Gasmoleküle in der Koma.

measures the composition and temperature of the surface and characterises the gas molecules in the coma.

## Philae-Instrumente/Philae's Instruments

### APXS (Alpha Particle X-ray Spectrometer)

untersucht die Verteilung chemischer Elemente auf der Oberfläche des Kometen.

analyses the distribution of chemical elements on the comet's surface.

### CIVA (Comet Infrared and Visible Analyser)

fotografiert den Landeplatz und untersucht die mit dem Bohrer gewonnenen Bodenproben mit Mikroskopen.

images the landing site and analyses the core samples gained from a drilling device with a microscope.

### CONSERT (Comet Nucleus Sounding Experiment by Radiowave Transmission)

durchleuchtet mit Radiowellen im Zusammenspiel mit dem Orbiter das Innere des Kerns.

investigates the inner structure of the comet by propagating radio waves through the core.

### COSAC (Cometary Sampling and Composition)

bestimmt die chemische Zusammensetzung der gefrorenen Oberfläche aus den SD2-Bohrproben.

analyses drill cores to measure the chemical composition of the frozen soil.

### MUPUS (Multi-Purpose Sensors for Surface and Sub-Surface Science)

misst die Temperatur nahe der Oberfläche und die thermische Leitfähigkeit des Bodens.

measures the temperature near the surface and the thermal conductivity of the ground.

### Ptolemy

untersucht die isotopische Zusammensetzung der Bohrproben durch einen Massenspektrometer und vorgeschalteten Gaschromatographen.

analyses the isotopic composition of the drill cores with a mass spectrometer and a gas chromatograph.

### ROLIS (Rosetta Lander Imaging System)

fotografiert während und nach der Landung mit einer Kamera das Gebiet unter dem Lander.

images the landing site and surrounding areas during descent and landing.

### ROMAP (Rosetta Lander Magnetometer and Plasma Monitor)

ermittelt das Magnetfeld an der Landestelle und beim Abstieg.

determines the strength of the magnetic field at the landing site and during descent.

### SD2 (Sample, Drill, and Distribution)

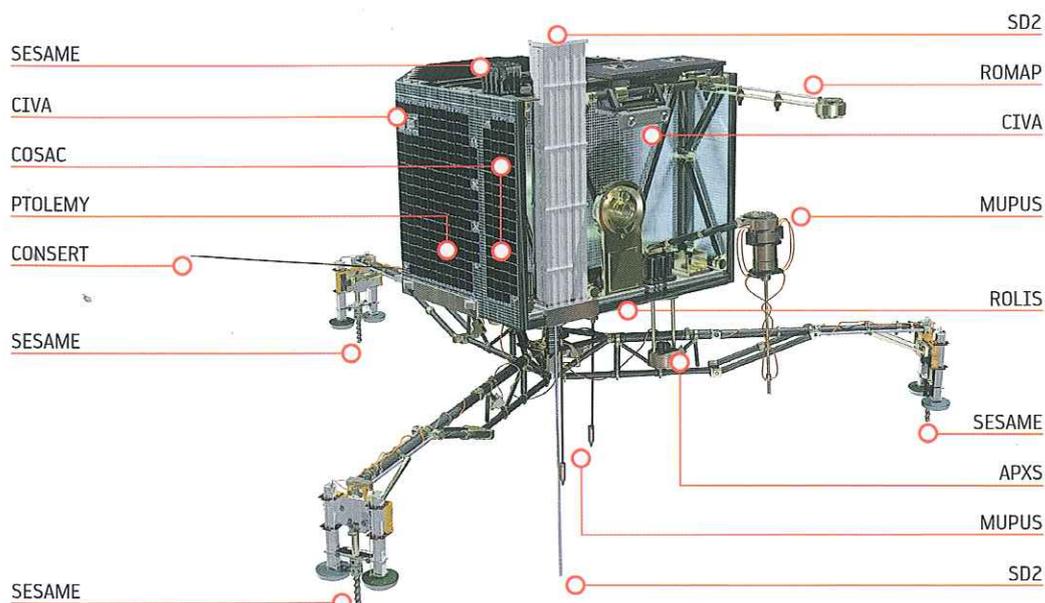
bohrt zur Gewinnung von Bodenproben bis maximal 20 Zentimeter Tiefe.

drills cores to take soil samples to a depth of max. 20 centimetres.

### SESAME (Surface Electrical, Seismic, and Acoustic Monitoring Experiments)

enthält Sensoren zur Messung von mechanischen und elektrischen Eigenschaften der Kometenoberfläche sowie einen Staubeinschlagmonitor.

contains sensors to measure mechanical and electrical properties of the comet's surface and a dust-particle impact monitor.





### Die Reise von Rosetta

Um den Kometen 67P/Churyumov/Gerasimenko zu erreichen, hat das europäische Sonden-Gespann eine 6,4 Milliarden Kilometer lange, zehn Jahre dauernde Reise gemeistert. Dabei hat es sich allerdings größtenteils langsamer als die Erde bewegt, die in gleicher Zeit mehr als zehn Milliarden Kilometer um die Sonne zurücklegte.

Keine Trägerrakete wäre stark genug, um die Raumsonde gleich auf die richtige Bahn in Richtung Komet zu bringen. Darum hat man auf einen „Schleudertrick“ – die sogenannten Swing-By-Manöver – zurückgegriffen, den in den 1970er-Jahren erstmals die NASA bei den US-amerikanischen Voyager Sonden eingesetzt hat: Nach ihrem Start am 2. März 2004 hat man Rosetta auf eine Bahn gebracht, die sie im März 2005 im Gravitationsfeld der Erde „Schwung holen“ lässt. Dieses Bahnmanöver schleudert Rosetta dann bis zum Mars hinaus. Im Februar 2007 passiert sie den Roten Planeten, der ihre Flugbahn abermals zur Erde ablenkt. Im November 2007 holt der Kometenjäger erneut an der Erde Schwung. So wird die inzwischen elliptische Flugbahn bis zum Asteroiden-Gürtel ausgedehnt. Im September 2008 passiert Rosetta dann den Asteroiden Steins. Die elliptische Flugbahn führt die Sonde dann wieder in Erdnähe zurück. Durch einen letzten und noch schnelleren nahen Vorbeiflug an unserem Heimatplaneten gewinnt Rosetta im November 2009 nochmals „Schwung“ für eine Ausdehnung der Bahnellipse in Richtung Jupiterbahn. Sich von der Sonne entfernend passiert sie im Juli 2010 den Asteroiden Lutetia.

Die Bahn der Raumsonde weicht dann nur noch wenig von der Flugbahn des Kometen ab, so dass Rosetta nun alleine mit der Kraft ihrer Triebwerke ihr Ziel erreichen kann. Nun hat die Raumsonde zwar Kurs auf den Kometen genommen, ist dadurch aber weit aus dem inneren Sonnensystem hinaus bis fast zur Bahn des Jupiter gereist. Hier ist das Sonnenlicht nur noch so schwach, dass die Solarzellen sehr wenig Strom produzieren können. Auch die Temperatur in der Raumsonde lässt sich nicht im Betriebsbereich halten. Deshalb verbringt Rosetta von Juni 2011 bis Januar 2014 in einer Art Winterschlaf, bei dem nur Notfunktionen aktiviert sind. Auch die Kommunikation mit der Erde ist unterbrochen – 30 Monate verbringt Rosetta so ohne Kontakt zur Erde. Als im Januar 2014 die Raumsonde selbsttätig aus ihrem „Winterschlaf“ erwacht und sich zurückmeldet, ist daher die Erleichterung im Bodenkontrollzentrum groß. Im Mai 2014 erfolgen größere Triebwerksmanöver, die die Raumsonde endgültig auf Kometenkurs bringen. Im August 2014 erreicht Rosetta schließlich den Kometen. Seitdem umkreist Rosetta seinen Kern und bewegt sich gemeinsam mit ihm wieder auf die Sonne zu.

Die Tochtersonde Philae landet am 12. November 2014, bei einem Abstand zur Sonne, der etwa dem dreifachen Abstand Erde-Sonne entspricht und bei dem der Komet nur schwach aktiv ist. Am 13. August 2015 wird 67P/Churyumov-Gerasimenko dann den sonnennächsten Punkt (Perihel) der Kometenbahn erreichen, der zwischen Erd- und Mars-Bahn beim 1,3-fachen Erde-Sonne-Abstand liegt. Die von der Sonne eingestrahlte Energie wird zwischen Philae-Landung und Perihel etwa um den Faktor fünf ansteigen und das Verdampfen der flüchtigen Bestandteile des Kernmaterials anregen. Diese Phase starker Aktivität im Jahr 2015 und das Verhalten der Gas-Staubhülle – der sogenannten Koma – wird die Raumsonde bis zum Missionsende im Dezember 2015 genau beobachten. Für Philae erhoffen sich die Wissenschaftler, dass sie bei steigenden Temperaturen später noch einmal erwachen wird und weitere Messungen durchführen kann. Ob und für wie lange die rauen Bedingungen an der Oberfläche und der stärker werdenden Kometenaktivität das zulassen, wird sich zeigen.

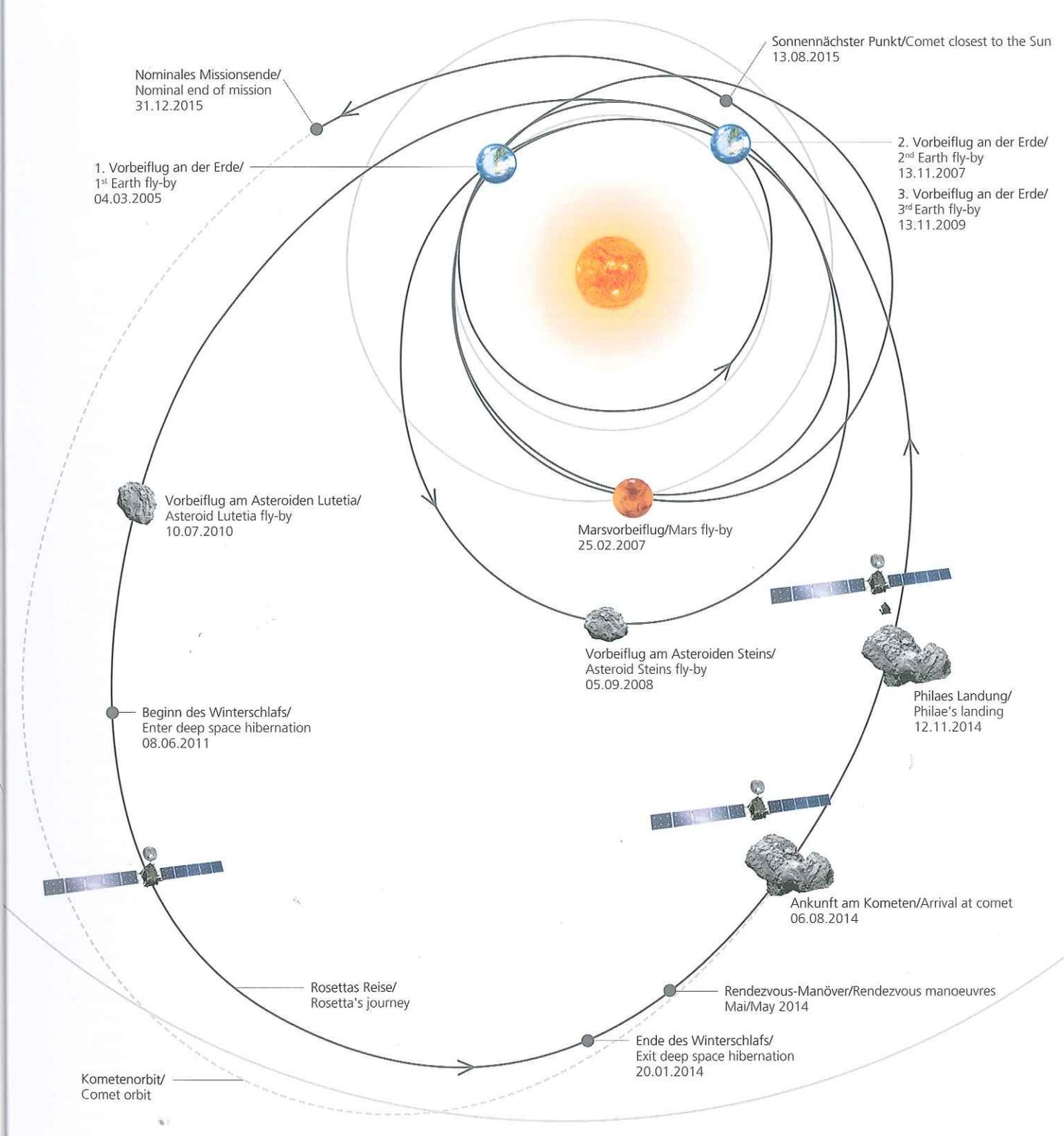
### Rosetta's journey

To reach the comet 67P/Churyumov-Gerasimenko, the European probe team has mastered a journey that spanned 6.4 billion kilometres and lasted ten years. To be sure, it mostly moved more slowly than Earth, which covered more than ten billion kilometres around the Sun during the same time.

No launcher would have been powerful enough to set the probe on the right track towards the comet right away. Therefore, it was decided to use the 'slingshot trick' – so-called swing-by manoeuvres first employed by NASA in the 1970s for the American Voyager probes: after its launch on March 2, 2004, Rosetta was put into a flight path on which it could 'gather momentum' in the Earth's gravitational field in March 2005. This orbital manoeuvre threw Rosetta out as far as Mars. In February 2007, it passed the Red Planet, which turned its flight back to Earth again. In November 2007, the comet hunter once again gathered momentum around Earth, expanding its now elliptical trajectory to the asteroid belt. In September 2008, Rosetta passed the asteroid Steins, after which its elliptical flight path led it again back to the vicinity of Earth. A last, even faster close fly-by around our home planet in November 2009 gave Rosetta yet more momentum, enough to extend its elliptical orbit towards that of Jupiter. Leaving the Sun behind, it passed the asteroid Lutetia in July 2010.

From then on, there was only little discrepancy between the path of the space probe and that of the comet, enabling Rosetta to reach its target by the strength of its engines alone. While the probe was on course for the comet, it travelled far beyond the inner solar system almost to the orbit of Jupiter, where the sunlight is so faint that the probe's solar cells are unable to generate enough electricity for full service. Nor can the temperature inside the spacecraft be kept within the operating range. From June 2011 to January 2014, therefore, Rosetta was put into a kind of hibernation in which only emergency functions remained active. Communication with Earth was similarly interrupted, so that Rosetta spent 30 months without contact with Earth. When the space probe autonomously awoke from its 'hibernation' and reported itself operational in January 2014, relief at the Ground Control Centre was great. In May 2014, major engine manoeuvres were carried out that finally put the space probe on course towards the comet, which Rosetta reached in August 2014. Since then, Rosetta has been orbiting the nucleus, moving back towards the Sun together with it.

On November 12, 2014, the Philae piggyback probe landed at a distance to the Sun amounting to about three times the Earth's distance from the Sun, a distance at which the activity of the comet is weak. On August 13, 2015, 67P/Churyumov-Gerasimenko will reach the point closest to the Sun (perihelion) on its orbit, between the orbits of Earth and Mars at 1.3 times the distance between the Earth and the Sun. Energy flow from the solar radiation will rise by approximately a factor of five between the landing of Philae and the perihelion, causing the volatile components of the nucleus to evaporate. Until the end of its mission in December 2015, the space probe will scrutinise this phase of strong activity and the behaviour of the envelope of gas and dust, the so-called coma. As far as Philae is concerned, scientists hope that rising temperatures will wake it up again, enabling it to carry out more measurements. Whether and for how long the rough conditions prevailing at the surface and the growing activity of the comet permit it to do so will have to be seen.



# Rosetta und Philae

Nach dreißig Jahren am Ziel angekommen

Interview mit Hartmut Scheuerle

Die Rosetta-Mission hat eine lange Geschichte: Im Jahr 1984 hat die Europäische Weltraumorganisation ESA in ihrem Langzeitprogramm „Horizon 2000“ die vier sogenannten „Cornerstone“-Missionen beschlossen – eine davon als eine Reise zu primordialen Körpern. Aus dieser eigentlichen Probenrückführungsmission ist Rosetta entstanden, die die Landesonde Philae dreißig Jahre später auf dem Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko absetzte. Im November 1993 endgültig beschlossen, am 2. März 2004 endlich gestartet, am 20. Januar 2014 aus dem „Winterschlaf“ aufgewacht, am 12. November 2014 gelandet – Rosetta und Philae haben eine lange Reise durch unser Sonnensystem mit vielen „Abenteuern“ hinter sich gebracht. Ein weiteres Highlight kommt, wenn sich der Komet im August 2015 seinem sonnennächsten Punkt nähert und aus seinem gefrorenen Tiefschlaf „erwacht“. Rosetta wird ihn in seiner aktiven Phase dann noch bis zum Ende nächsten Jahres beobachten. Hartmut Scheuerle hat das Sonden-gespann 15 Jahre lang für das DLR begleitet. Im Interview erzählt er, wie er diese Zeit erlebt hat.

## Rosetta and Philae

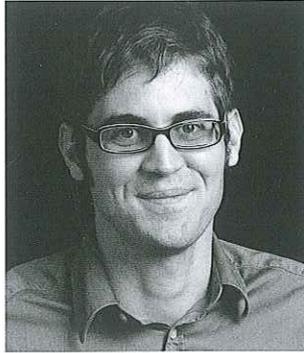
After 30 Years on Target

Interview with Hartmut Scheuerle

The Rosetta mission has a thirty-year history: under its 1984 long-term science programme Horizon 2000, the European Space Agency, ESA, decided to undertake four so-called Cornerstone Missions, one of which was to be a journey to one of the primordial bodies of the solar system. It was on the basis of this mission, which was originally intended to return samples to Earth, that the Rosetta probe evolved, which managed to release its landing device, Philae, to comet 67P/Churyumov-Gerasimenko thirty years later. With the resolution formally adopted in November 1993, Rosetta was finally launched on March 2, 2004, woken up from its hibernation on January 20, 2014, and the landing was finally performed on November 12, 2014. Rosetta and Philae travelled a long way through our solar system and mastered many 'adventures'. The mission will see another highlight when the comet reaches its closest distance from the Sun in August 2015, and 'awakes' from its current deep-frozen state. Rosetta will continue observing it for the rest of its active life, until the end of next year. At DLR, Hartmut Scheuerle has monitored the duo on its journey for 15 years. In an interview he told us how he has experienced this time.

Erste Annäherungsversuche: Diese Aufnahme der WAC-Kamera des OSIRIS-Kamerasystems zeigt den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko vor dem Hintergrund des Sternbildes Schlangenträger. Die abgebildete Region ist in etwa 25-mal so groß wie der Durchmesser des Vollmondes. Das Farbkomposit zeigt im Hintergrund kosmisches Wasserstoffgas und Staubwolken und entstand aus einer Distanz von etwa fünf Millionen Kilometern zu dem Kometen. Rosetta befand sich zu diesem Zeitpunkt etwa 660 Millionen Kilometer von der Erde entfernt. Die Signallaufzeit für die Übertragung der Daten betrug dementsprechend rund 37 Minuten.

Getting closer: this image, captured by the WAC camera of the OSIRIS system, shows comet 67P/Churyumov-Gerasimenko against the background of the Ophiuchus, or Snake Holder constellation. The region shown is roughly 25 times the size of a full-moon disc. The colour composite indicates the presence of cosmic hydrogen gas and dust clouds. It was taken from a distance of about five million kilometres from the comet. At that time, Rosetta was about 660 million kilometres away from Earth, which means that data signals took about 37 minutes to travel to Earth.



**Hartmut Scheuerle** vertritt das DLR Raumfahrtmanagement im Philae-Steering-Committee. Er war Lander-Projektleiter im ehemaligen DLR-Institut für Raumsimulation während der Hardwarephase und begleitet seitdem die Rosetta-Mission. Das Interview führte COUNTDOWN-Redakteur **Martin Fleischmann**.

**Hartmut Scheuerle** represents the DLR Space Administration in the Philae-Steering-Committee. During the hardware phase, he was the project manager for the lander at the former DLR-Institute for Space Simulation. Since this time, he is in touch with the Rosetta mission. The interview was conducted by COUNTDOWN editor **Martin Fleischmann**.

### Der Wissenschaftsjournalist Ranga Yogeshwar hat die Mission Rosetta als größte Raumfahrtmission nach der Mondlandung bezeichnet. Würden Sie seine Meinung teilen?

**Scheuerle:** Mit Superlativen bin ich vorsichtig. Die Mondlandung war schon etwas Einzigartiges. Jeder, der den 21. Juli 1969 miterlebt hat, wird sich daran erinnern, wie zum ersten Mal in unserer Geschichte Menschen einen anderen Himmelskörper betreten. Unsere Familie saß vor dem Fernseher – wie Millionen Menschen weltweit – und ich habe die Sendung sogar mit meinem Tonbandgerät aufgenommen. Das war schon eine tolle Sache. Ein Programm, das nach der legendären Rede von US-Präsident John F. Kennedy am 25. Mai 1961 aus dem Boden gestampft wurde und für das gerade einmal acht Jahre Entwicklungszeit bis zum Start blieben. Das war aus heutiger Sicht ein ungemein schnelles Projekt, und das ging sicherlich nur unter Inkaufnahme erheblicher Risiken.

Bei Rosetta ist es ein bisschen anders gelaufen. Hier hatte man länger Zeit, um die Mission zu planen und umzusetzen. Aber natürlich gibt es schon einige Besonderheiten. Zum Beispiel die Hardwarephase mit all den in Projekten üblichen Problemen, aber mit einem unverrückbaren Startfenster. Das war wie eine Mauer am Ende der Straße. Wenn man es bis dahin nicht geschafft hatte, war der Komet nicht mehr erreichbar, jedenfalls für mehrere Jahre nicht mehr. Dann der Missionsverlauf selbst. Ein Sondengespann nach zehn Jahren Flugzeit, vier Swing-By-Manövern und dem „Wiedererwachen“ nach einem zweieinhalb Jahre dauernden „Schlafmodus“ zu einem Kometen in mehr als 500 Millionen Kilometern Entfernung zur Erde zu bringen, einen Orbit um den Kometen einschlagen und dann noch eine Sonde auf ihm landen zu lassen, ist schon eine phantastische Leistung. Das wird, wie wir an dem weltweiten Medienecho gesehen haben, auch von der Öffentlichkeit verstanden. Wenn Yogeshwar, den ich sehr schätze, Rosetta in der Bedeutung direkt nach der Mondlandung einordnet, ist das schon verständlich und für die Beteiligten auch Grund für etwas Stolz.

**Diese Begeisterung hat aber nicht nur mit dem Missions-szenario zu tun, oder? Wir könnten dank Rosetta vielleicht erfahren, wo wir herkommen und wie Leben auf unsere Erde gelangt sein könnte. Welchen programmatischen Stellenwert haben die Erforschung nach unserer Herkunft und die Erforschung der Kometen?**

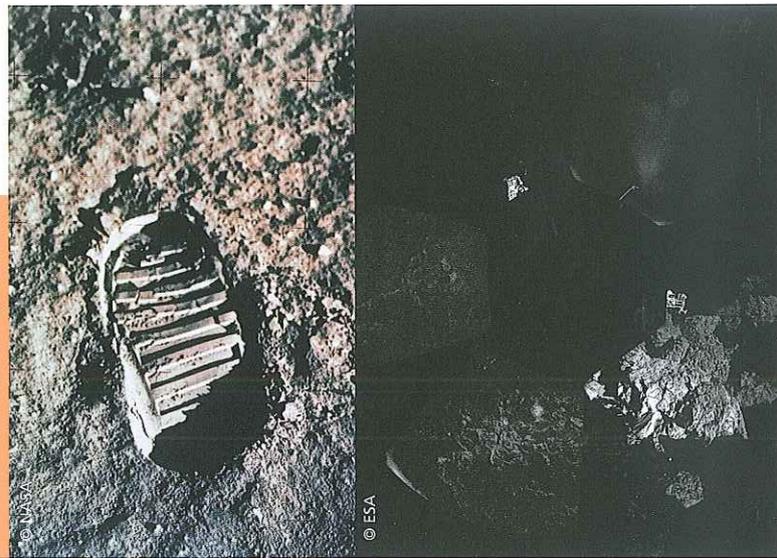
Große Missionen, die Geschichte schrieben: Am 21. Juli 1969 um 3:56 Uhr MEZ betraten mit Neil Armstrong und Buzz Aldrin die ersten Menschen im Zuge der Mission Apollo 11 den Mond. Fünf weitere bemannte Mondlandungen des Apollo-Programms fanden in den folgenden drei Jahren statt. Mit der ersten weichen Landung einer Sonde auf einem Kometenkern leitete das Orbitergespann Rosetta und Philae ein neues Zeitalter in der Erkundung unseres Planetensystems ein.

Great missions that made history: on July 21, 1969, at 3:56 a.m. CET, astronauts Neil Armstrong and Buzz Aldrin were the first humans to step on the surface of the Moon as part of the Apollo 11 mission. Five other lunar landing missions took place in the following three years. Having performed the first soft landing on the nucleus of a comet, the Rosetta/Philae duo marked the beginning of a new era in the exploration of our planetary system.

### Science journalist Ranga Yogeshwar has called the Rosetta mission the greatest spaceflight achievement after the Moon landing. Would you share his opinion?

**Scheuerle:** I am careful with superlatives. After all, the lunar landing was a unique event. Anyone who witnessed what happened on July 21, 1969, will remember how men stepped on another heavenly body for the first time in our history. Our family was watching television – like millions of people worldwide – and I even recorded the programme on tape. It was really amazing. A programme that was conjured up after the legendary speech of President John F. Kennedy on May 25, 1961; a launch date that left the engineers with barely eight years for development. Viewed from today, it was an extraordinarily fast project, and I am sure that running considerable risks was part of the bargain.

Rosetta was a bit different. In this case, there was more time to plan and implement the mission. Naturally, there are a few oddities. The hardware phase, for example, with all the problems that commonly beset projects and a launch window that could not be moved. It was like a wall at the end of the road. If anything had gone wrong, the comet would have been beyond reach, at least for several years. Then, the course of the mission itself. To control a duo of space probes to a comet more than 500 million kilometres distant from Earth; after ten years of flight, four swing-by manoeuvres and a ‘re-awakening’ after a ‘hibernation’ that lasted for two and a half years; making it enter into an orbit around the comet; and then, to top it all, getting a probe to land on the comet is nothing less than a fantastic achievement. The public at large are aware of this, as we can see from the worldwide echo in the media. If Mr Yogeshwar, whom I esteem highly, ranks Rosetta as second in significance only to the Moon landing, it’s a reasonable assessment that should make those involved a little proud.



**Scheuerle:** Wissen wo man herkommt, will doch jeder. Wir sind uns sicher, dass ein Komet diese Information tiefgefroren bei sich trägt. Allerdings ist das Reservoir dieser riesigen Schneebälle mehr als vier Milliarden Kilometer von der Sonne entfernt. Dort, jenseits der Neptunbahn, befindet sich der sogenannte Kuiper-gürtel. Dieser enthält Material, das bei der Entstehung unseres Sonnensystems und der Bildung der Planeten vor rund 4,6 Milliarden Jahren übrig geblieben ist. Also Brocken unterschiedlicher Größe, die im Wesentlichen aus Eis und Staub bestehen. Einige dieser Körper „verirren“ sich ab und zu ins Innere unseres Planetensystems. Jupiter und andere große Planeten ziehen sie mit ihrer Gravitation an und bringen so ein Stück Entstehungsgeschichte unseres Sonnensystems in Reichweite einer Raumsonde. So kam auch 67P/Churyumov-Gerasimenko aus der Tiefkühltruhe unseres Planetensystems zu uns. Bislang haben wir mit Missionen wie Giotto vor fast 30 Jahren einen Kometen beobachtet und zum ersten Mal einen Kern fotografiert. Die NASA-Mission „Deep Impact“ hat den Kometen Temple 1 beschossen und beobachtet, welche Bestandteile durch den Schuss aufgewirbelt wurden. Mit der Rosetta-Mission ist man noch einen Schritt weitergegangen: Ein Kometenkern wird aus unmittelbarer Nähe über einen längeren Zeitraum beobachtet, so dass man seine Entwicklung verfolgen kann. Und mit Philae ist zum ersten Mal eine Sonde weich auf einem Kometen gelandet.

**Rosetta und Philae waren bis zur Landung des Minilabors über zehn Jahre gemeinsam im Weltraum unterwegs. Die gesamte Mission ist aber schon mehr als doppelt so alt. Wie kam die Mission Rosetta zustande?**

**Scheuerle:** Das fing schon 1984 mit dem Langzeitprogramm „Horizon 2000“ der Europäischen Weltraumorganisation ESA an. Die tragenden Elemente dieses Programms sind die sogenannten „Cornerstone“-Missionen und eine davon war eine Reise zu primordialen Körpern, einschließlich der Rückführung von Proben zur Erde. Das war aber ein sehr ambitioniertes Ziel, für das man die Mitwirkung der NASA gebraucht hätte. Unter dem Namen „Comet Nucleus Sample Return“ hat man eine entsprechende Mission untersucht. Sie ließ sich aber nicht verwirklichen und so wurde daraus schließlich eine rein europäische Rosetta-Mission. Auf die Probenrückführung musste man zwar verzichten, aber man hatte immerhin noch einen Lander für Untersuchungen „vor Ort“. Im November 1993 wurde diese Rosetta-Mission dann endgültig beschlossen. In diesen frühen Jahren war ich allerdings noch nicht am Projekt beteiligt. Aber natürlich hat mich diese Mission sehr interessiert. Die Idee, eine Sonde auf einem Kometenkern zu landen, war faszinierend.

**Sie sind eine Strecke dieses Weges für das DLR mitgegangen. Wann sind Sie zu dem Projekt gekommen und in welcher Funktion?**

**Scheuerle:** Das war zur Jahreswende 1999/2000 nach einem Projekttreffen auf Schloss Ringberg in den Tegernseer Bergen. Die ESA hatte damals Zweifel, dass der Lander rechtzeitig fertig

**This enthusiasm is rooted not only in the scenario of the mission, or is it? Thanks to Rosetta, we might learn where we come from and how life might have reached our Earth. In programmatic terms, how important is research into our origins and the exploration of the comets?**

**Scheuerle:** Everyone wants to know where they come from, don't they. We are certain that this information is carried by some comet or other in deep freeze. However, the reservoir of these giant snowballs is more than four billion kilometres away from the Sun. There's a region beyond the orbit of Neptune that is called the Kuiper belt. It contains material that was left over when our solar system was born and the planets were formed around 4.6 billion years ago. We are looking at lumps of various sizes that essentially consist of ice and dust. Every now and then it happens that one of these bodies strays from its original course, wandering into the interior of our planetary system. Jupiter and other large planets attract them by their gravity, thus bringing some of the evidence of the birth of our solar system within reach of a space probe. This was the way in which 67P/Churyumov-Gerasimenko reached us from the 'chest freezer' of our planetary system. Former missions like Giotto almost 30 years ago enabled us to observe a comet and photograph a nucleus for the first time. NASA's Deep Impact mission fired a projectile at the comet Temple 1, observing what constituent elements were released by the impact. The Rosetta mission goes one step further: a comet's nucleus is observed from very close up over a prolonged period so that its development can be followed. And then, Philae was the first probe to make a soft landing on a comet.

**Until the mini-laboratory landed, Rosetta and Philae had been travelling through space together for ten years. The mission as a whole, however, is more than twice as old. How did the Rosetta mission come about?**

**Scheuerle:** It began as early as 1984, when the European space organisation ESA launched its Horizon 2000 long-term programme. The pillars of this programme are formed by so-called cornerstone missions, one of which was a journey to primordial bodies that included the return of samples to Earth. However, that was a highly ambitious objective that would have required a co operation with NASA. Such a mission has been examined under the name of Comet Nucleus Sample Return. However, it proved impossible to implement, which is why it was ultimately turned into a purely European mission, Rosetta. Although the return of samples had to be given up, scientists could still use the lander for investigations on the spot. This Rosetta mission was finally approved in November 1993. I was obviously not involved in the project in those early years, although I found the mission highly interesting. The idea of landing a probe on the nucleus of a comet was fascinating.

Links: Die europäische Kometenmission Giotto hat am 14. März 1986 das erste Bild eines Kometenkerns aufgenommen. Die Aufnahme zeigt den Kometen Halley.

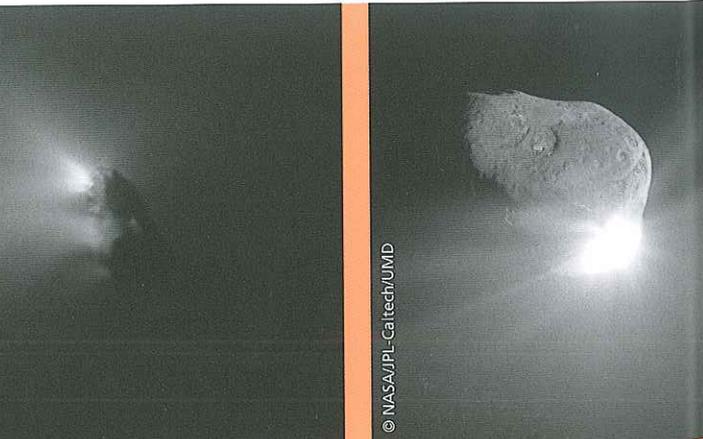
Rechts: Einschlag auf einem Kometen: Die NASA-Sonde „Deep Impact“ hat den Kometen Temple 1 mit einem Projektil beschossen. Diese Aufnahme entstand 67 Sekunden nach dem Einschlag und zeigt, wie die herausgelösten Kometenpartikel im Sonnenlicht scheinen. Streulicht – ausgelöst von der Kollision – füllt die Linse der Kamera und sorgt für den Glanz am südlichen Ende des Kometen.

Left: Giotto, the European cometary mission, took the first picture of a comet's nucleus on March 14, 1986. The image shows Halley's comet.

Right: Hitting the surface of a comet: NASA's 'Deep Impact' spacecraft fired a projectile at comet Temple 1. The image was captured 67 seconds after the impact and shows a spray of blown-out fragments shining in the sunlight. The resulting flare fills the camera lens and creates the impression of a bright glow at the southern end of the comet.

© NASA/JPL-Caltech/UMD

© NASA/JPL-Caltech/UMD



Test der Rosetta-Sonde im Raumsimulator im European Space Research and Technology Centre (ESTEC) in Noordwijk, Niederlande. Links an der Seite erkennt man das mit Solarpanelen bedeckte Philae-Landemodul.

Testing the Rosetta space probe at the space simulator of the European Space Research and Technology Centre (ESTEC) in Noordwijk, The Netherlands. Philae, the landing module, covered in solar panels, can be seen on the left.

wird. Nach einigem Hin und Her hat Berndt Feuerbacher, der damalige Leiter des DLR-Instituts für Raumsimulation, die Projektleitung übernommen und ließ sich dafür von der Institutsleitung freistellen. Mit Unterstützung der ESA wurde das Projektteam um Personal von Astrium verstärkt – unter anderem durch einen erfahrenen Systemingenieur – und ich kam aus der Agentur dazu, um die Kontakte zu den Wissenschaftlern zu betreuen. Nicht zuletzt wurden auch die finanziellen Ressourcen aufgestockt. Als Feuerbacher Ende August 2001 wieder die Leitung seines Instituts übernahm, hat er die Projektleitung an mich übergeben. Diese Funktion behielt ich bis Ende 2004, also bis zum Abschluss der Inbetriebnahme des Landers im Orbit.

### **Die Mission ist ja ein großes Wagnis. Wie programmatisch umstritten war Rosetta denn in Europa und speziell in Deutschland?**

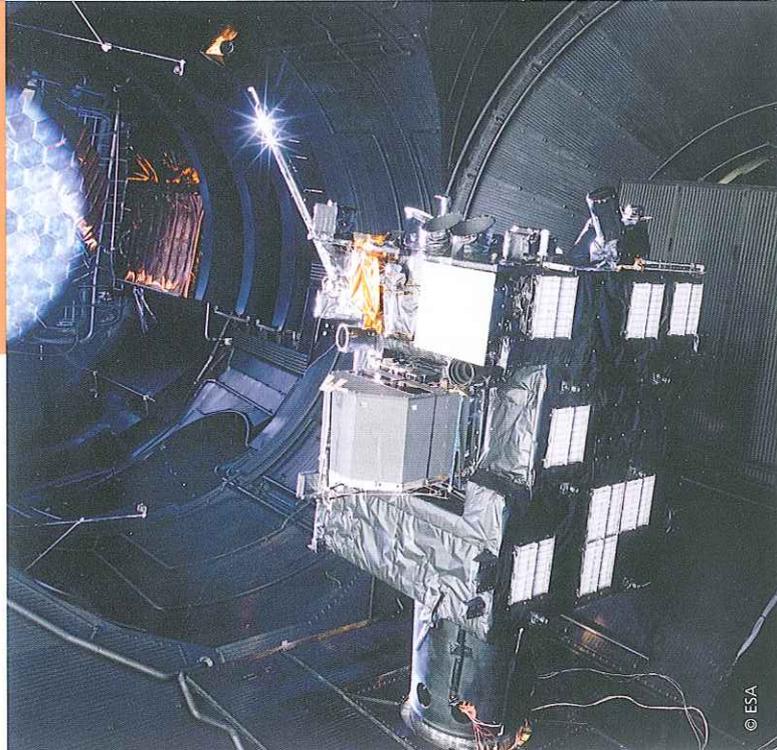
**Scheuerle:** Programmatisch war Rosetta weder in Europa noch in Deutschland umstritten. Sie war im Rahmen des ESA-Wissenschaftsprogramms gesetzt. Jeder wusste, dass wir Rosetta auf eine heikle Reise schicken und technische Risiken bestehen. Dass Missionen auch aus den verschiedensten Gründen scheitern können, sehen wir an einer Reihe von Mars-Missionen. Wenn man kein Wagnis eingeht, dann kommt man in der Erforschung unseres Sonnensystems nicht weit. Wir sind dieses Risiko eingegangen und es hat sich gelohnt. Von den Daten, die die Wissenschaftler von Rosetta und Philae bekommen, werden sie noch Jahrzehnte zehren können und uns vielleicht mehr über unsere Entstehungsgeschichte verraten können. Das war das Risiko wert.

### **Nun war ja nicht nur die Landung auf dem Kometen mit einem großen Risiko verbunden...**

**Scheuerle:** Richtig. Ein besonders kritischer Punkt war eine Startverschiebung, die wir uns im Jahr 2003 eingefangen haben. Ursprünglich sollte Rosetta zum Kometen 46P/Wirtanen fliegen, mit einem Start im Januar 2003. Ich erwähnte bereits, dass eine Besonderheit des Projekts das unverrückbare Startfenster war. Nun, wir waren alle rechtzeitig fertig geworden. Die Sonde stand betankt in Kourou. Dann kam der letzte Ariane-Start vor Rosetta am 11. Dezember 2002. Das war der Jungfernflug der Ariane 5ECA-Rakete. Bekanntlich schlug er fehl. Als Folge wurden sämtliche Ariane 5-Flüge gestoppt. Wir sind aus dem Startfenster gerutscht und das war das Aus für die Mission zum Wirtanen.

### **Also musste ein anderer Komet her?**

**Scheuerle:** So ist es. Das war kurzfristig eine bittere Zeit. Wir waren alle sehr enttäuscht und es war nicht klar, wie es weitergeht. Wir hatten zwar eine fertige Raumsonde, aber kein Ziel mehr. Glücklicherweise hat sich die Situation schnell geklärt und mit 67P/Churyumov-Gerasimenko stand der neue Zielkomet bald fest. Allerdings gab es eine neue Herausforderung: Philae war ja für Wirtanen ausgelegt, einen deutlich kleineren Kometen. Jetzt musste untersucht werden, ob bei der auf dem massiveren Kometen zu erwartenden höheren Aufsetzgeschwindigkeit noch eine sichere Landung möglich war. Am Ende haben wir nur eine kleine Änderung an einem bestimmten Gelenk des Landegestells vorgenommen. Mehr brauchten wir nicht und viel mehr wäre auch nicht möglich gewesen.



### **You got involved in the activities for a while from your position at DLR. When did you join the project, and in what function?**

**Scheuerle:** That was at the turn of 1999/2000 after a project meeting at Ringberg castle in the Tegernsee mountains. At the time, ESA had doubts about the lander getting ready on time. After some give and take, Berndt Feuerbacher, the former director of the DLR Institute of Space Simulation, took over the lead of the project, for which he obtained leave of absence as director of the institute. With the support of ESA, the project team was strengthened by Astrium personnel including, among others, an experienced systems engineer, while I arrived from the agency to look after the interfaces with the external providers. Not least, financial resources were stocked up as well. When Feuerbacher returned to his position as institute director again late in August 2001, he passed the management of the project to me. I continued in this function until the end of 2004, when the lander was finally commissioned in orbit.

### **The mission is a very risky venture. How controversial was Rosetta as a programme in Europe and especially in Germany?**

**Scheuerle:** As a programme, Rosetta was not controversial, neither in Europe nor in Germany. It formed part of ESA's science programme. Everyone was aware that we would be sending Rosetta on a hazardous journey involving major technical risks. There are a number of missions to Mars which illustrate that a mission may fail for a wide variety of reasons. You cannot get far in exploring our solar system without running risks. This is a risk we ran, and it has paid off. The data generated by Rosetta and Philae will provide scientists with decades worth of research material, and perhaps enable them to tell us more about our origin. That was worth the risk.

### **Now, it was not only the landing on the comet that involved a great risk...**

**Scheuerle:** Correct. One particularly critical point was a launch delay with which we got entangled in 2003. Originally, Rosetta was supposed to fly to the comet 46P/Wirtanen, taking off in January 2003. I have mentioned before that the immobility of the launch window was a peculiar feature of the project. Well, we had got everything in place. The probe stood ready fuelled at Kourou. Then came the last take-off of an Ariane before Rosetta on December 11, 2002. It was the maiden flight of the

### Dann kam der Start am 2. März 2004...

**Scheuerle:** ... und mit ihm kam die Erleichterung. Der Start erfolgte fast genau in der Mitte des Startfensters, an einem für den Treibstoffverbrauch optimalen Zeitpunkt. Auch der Einschuss war sehr genau. So konnten wir nicht nur zum Kometen fliegen, sondern vorher noch zwei Asteroiden besuchen.

### Vom Start bis zur Ankunft am Kometen vergingen aber insgesamt zehn Jahre...

**Scheuerle:** Mit der Ariane 5 hatten wir zwar eine starke Rakete, und Rosetta war die einzige Nutzlast. Dennoch reichte die Leistung nicht für einen direkten Einschuss in die Kometenbahn aus. Dafür musste mehrfach Schwung geholt werden, erst an der Erde, dann am Mars und dann noch zweimal an der Erde. Das ist eine wunderbare Methode, um Geschwindigkeit relativ zur Sonne aufzunehmen, aber es dauert halt auch lange, bis man am Ziel ist.

### Dann wurde die Sonde noch in einen Winterschlaf versetzt...

**Scheuerle:** Rosetta hat sich auf dem letzten Bahnsegment fast 800 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt – mehr als das fünffache der Distanz Sonne/Erde. Die Lichtintensität ist da draußen so gering, dass die Solargeneratoren trotz ihrer enormen Größe nicht genug Strom lieferten, um alle Systeme betreiben zu können. Es musste also alles abgeschaltet werden, was nicht überlebensnotwendig war. Selbst die Kommunikation mit den Bodenstationen wurde eingestellt.

### Und dann klingelte am 20. Januar 2014 bei Rosetta der Wecker...

**Scheuerle:** Das klingt banal, aber so ähnlich lief das wirklich ab. An diesen Tag kann ich mich noch sehr genau erinnern. Die ESA hatte aus diesem Anlass zu einem Event nach Darmstadt eingeladen. Der Andrang der Presse war enorm. Ab 11:00 Uhr MESZ sollte die Sonde die Kommandosequenz abarbeiten, die sie wieder in den normalen Betrieb bringen sollte. Dazu gehörten das

Ariane 5ECA launcher. As we all know, it turned out to be a failure. All Ariane 5 flights were halted in consequence. We slipped out of the launch window, and that was the end of the mission to Wirtanen.

### So another comet had to be found?

**Scheuerle:** Exactly. It was a tense situation, at least for a while. All of us were highly disappointed, and it was not clear what would happen next. We did have a finished the space probe, but we had no target for it to go to. Happily, the matter was cleared up quickly, and 67P/Churyumov-Gerasimenko was soon identified as the new target comet. There was a new challenge, however: Philae had been designed for Wirtanen, a markedly smaller comet. Now we had to investigate whether a safe landing was possible at a higher touchdown velocity, as was to be expected on a more massive comet. In the end, all we did was make a small change to a certain joint in the landing gear. More was not required, and much more would have been impossible.

### Then came the launch on March 2, 2004...

**Scheuerle:** ...and relief came with it. The take-off took place almost exactly in the middle of the launch window, at an optimum time for fuel economy. The probe's entry into orbit was very precise as well, enabling us not only to fly to the comet but to visit two asteroids beforehand.

### But a total of ten years went by between the launch and the arrival at the comet...

**Scheuerle:** We did have a powerful rocket in Ariane 5, and Rosetta was its only payload. Even so, there was not enough power for entering the orbit of the comet directly. Momentum had to be gathered on several occasions, first around Earth, then around Mars, and again twice around Earth. It is a wonderful method for gathering speed relative to the Sun, but it does take a long time to reach your target that way.

### And then, the probe was put into hibernation...

**Scheuerle:** On the last segment of its trajectory, Rosetta reached a distance to the Sun of almost 800 million kilometres – more than five times the distance between the Sun and Earth. Out there, the light is so faint that the solar generators, despite their enormous size, were unable to provide enough electricity to operate all systems. So everything that was not necessary for survival had to be switched off. Even communication with the ground stations was shut down.

### And then, on January 20, 2014, Rosetta's alarm clock rang...

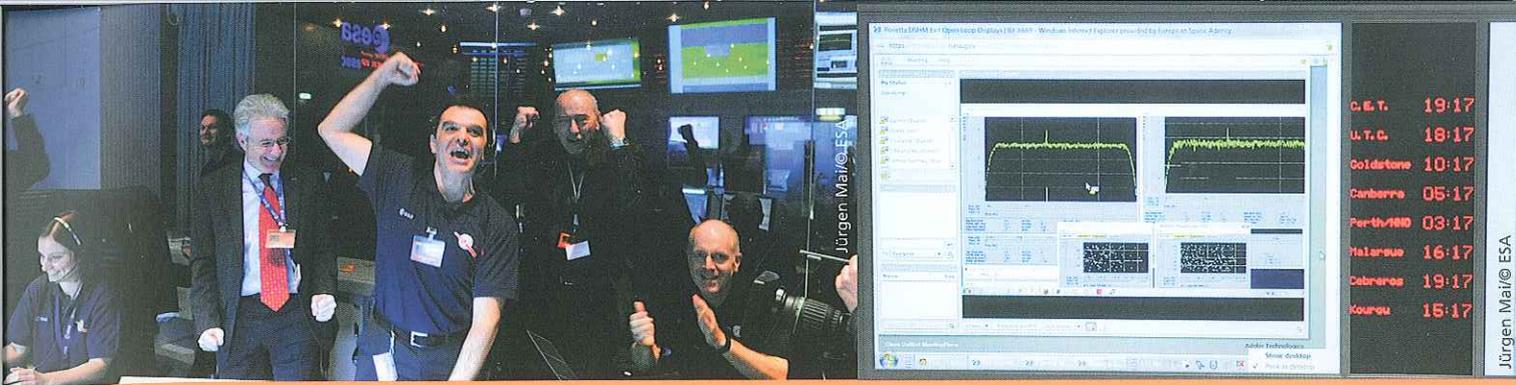
**Scheuerle:** It sounds trivial, but something like that really did happen. I still remember the day very well. To honour the occasion, ESA had issued an invitation to an event in Darmstadt. There was an enormous rush of press people. Starting at 11 a.m. CEST, the probe was supposed to execute the sequence of commands that would put it back into normal operation. This included heating up star sensors, changing from spin to triaxial



© ESA © CNES/© Arianespace

Rosetta's Aufbruch zu 67P/Churyumov-Gerasimenko: Start der Ariane 5 G+ (Flug 158) am 2. März 2004 um 8:17 Uhr MEZ vom Europäischen Weltraumbahnhof Kourou in Französisch-Guyana.

Rosetta's departure for 67P/Churyumov-Gerasimenko: flight 158 of the Ariane 5 G+ took off on March 2, 2004 at 08:17 a.m. CET, from the European spaceport Kourou in French Guiana.



Freude über den Empfang des ersten Rosetta-Signals: Nach 31 Monaten „Winterschlaf“ auf ihrem Weg zum Kometen Churyumov-Gerasimenko wachte die Rosetta-Raumsonde wieder auf. Das erste Signal wurde sowohl von den NASA-Bodenstationen Goldstone und Canberra um 19:18 Uhr am 20. Januar 2014 empfangen und im European Space Operations Centre (ESOC) der ESA in Darmstadt bestätigt. Die Freude dort war dementsprechend groß.

Cheers at the reception of the first signal from Rosetta after a 31-month "hibernation" period on its way to Churyumov-Gerasimenko. The first signal was received at 07:18 p.m. CET on January 20, 2014, by both NASA's ground stations in Goldstone and Canberra, and confirmed by ESA's European Space Operations Centre (ESOC) in Darmstadt. Joy, needless to say, was immense.

Aufheizen der Sternsensoren, der Übergang von der Spin- zur Dreiecksstabilisierung, das Ausrichten der Antenne zur Erde und schließlich die Kontaktaufnahme. Das alles nahm mehrere Stunden in Anspruch, und die Dauer des Vorgangs konnte nicht genau vorhergesagt werden. Frühestens ab 18.30 Uhr konnte mit einem Signal gerechnet werden, nach einer Laufzeit von 45 Minuten, wahrscheinlicher war 19 Uhr. Aber es kam nichts. Die vorher gelöste Stimmung wich einer nervösen Spannung. Den Gesichtern im Kontrollraum konnte man deutlich das Unbehagen ansehen. Und dann der Augenblick, als plötzlich ein Signal im Rauschen auftauchte. Kurz darauf kam die Bestätigung, dass es tatsächlich das erwartete Lebenszeichen von Rosetta war. Was für eine Erleichterung – und dann brach die Begeisterung aus.

#### Danach dauerte es noch bis zum August 2014, bis zum Kometen-Rendezvous...

**Scheuerle:** Zunächst mussten erst einmal alle Systeme der Sonde und die Nutzlastinstrumente einschließlich Lander überprüft werden. Es war ja nicht garantiert, dass nach zweieinhalb Jahren Betriebspause noch alles funktionierte. Erfreulicherweise war aber alles in Ordnung. Genauer gesagt war keine neue Anomalie zu den schon vorher bekannten hinzugekommen. Dann musste die Geschwindigkeit der Sonde so geändert werden, dass sie auf die Kometenbahn führte. Dafür wurden mehrere kleine Manöver durchgeführt und währenddessen kam Rosetta dem Kometen immer näher. Spannend wurde es, als man so nah dran war, dass die OSIRIS-Kamera ihn abbilden konnte. Seine Form wurde sichtbar und die war eine große

stabilisation, pointing the antenna to Earth and, finally, making contact. All that took several hours, and it was impossible to predict exactly how long the process would take. A signal might have been expected at 6.30 p.m. at the earliest, after a run time of 45 minutes, more probably at 7 p.m. But nothing happened. The mood, originally relaxed, changed to a sense of nervous tension. The faces in the control room clearly showed uneasiness. And then came the moment when suddenly a signal could be seen within the background noise. Shortly afterwards, it was confirmed that this actually was the sign of life expected from Rosetta. What a relief – and then enthusiasm broke out.

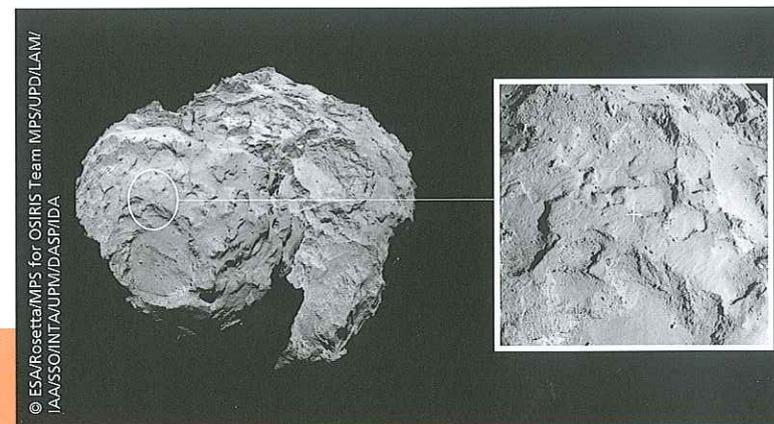
#### After that, time passed by until August 2014, the rendezvous with the comet...

**Scheuerle:** To begin with, all systems of the probe and the payload instruments including the lander had to be checked. After all, there was no guarantee that everything would still be functional after a shutdown of two and a half years. Happily, everything proved to be okay. Or, more precisely, no new anomaly had been added to those that were already known about. Next, the speed of the probe had to be changed so that it could join the orbit of the comet. Several manoeuvres were carried out while Rosetta came ever closer to the comet. The real thrill began when it was so close that the OSIRIS camera could resolve it. Its shape became visible, and it was a big surprise. It was not the simple convex shape that had been expected but a twin structure that resembled a 'rubber duck'. Then, on August 6, the last manoeuvre was carried out, bringing Rosetta to a distance of 100 kilometres from Churyumov-Gerasimenko.



Ein Rendezvous mit einem Kometen: Rosetta nähert sich 67P/Churyumov-Gerasimenko und beginnt ihn zu umkreisen. Die komplizierten Bahnmanöver werden vom Rosetta-Kontrollzentrum in Darmstadt aus gesteuert.

Rendezvous with a comet: Rosetta approaches 67P/Churyumov-Gerasimenko and starts to orbit it. The complicated orbital manoeuvres are under the command of the Rosetta lander control centre in Darmstadt.



Landung auf dem Kopf des Kometen: Landeplatz J befindet sich auf dem Kopf des Kometen. Das Bild wurde mit der OSIRIS-Kamera am 16. August 2014 aus einer Entfernung von etwa 100 Kilometern aufgenommen.

Landing on the comet's head: Landing spot J is situated on the head of the comet. The picture was shot by the OSIRIS camera on August 16, 2014, from a distance of about 100 kilometres.



„Die erste Erleichterung spürten wir in Darmstadt, als Holger Sierks, der PI des OSIRIS-Instruments, ein Bild des Landers auf seinem Weg zur Oberfläche zeigte. Man sah Philae in der korrekten Orientierung, das entfaltete Landebein, die CONSERT-Antennen und den ausgeklappten ROMAP-Sensor. Alles so, wie es sein sollte. Ein wunderschönes Bild“, sagt Hartmut Scheuerle, DLR-Projektteam.

‘The first big relief for us in Darmstadt was when Holger Sierks, the PI of the OSIRIS instrument, presented a picture showing the lander on its way to the surface. We saw Philae in its correct orientation, one of its extended landing legs, the CONSERT antennas and the extended ROMAP sensor. Everything was as it should be. An incredibly beautiful sight’, says DLR project team member Hartmut Scheuerle.

Überraschung. Er hatte nicht die erwartete, einfach konvexe Form, sondern eine Doppelstruktur. Der Vergleich mit einer „Badeente“ kam auf. Das letzte Manöver wurde dann am 6. August durchgeführt und brachte Rosetta bis auf eine Distanz von 100 Kilometern an Churyumov-Gerasimenko heran.

#### Und dann begann die Suche nach einem geeigneten Landplatz.

**Scheuerle:** An den Landeplatz wurden die verschiedensten Anforderungen gestellt: Er musste sich vom Orbiter aus erreichen lassen. Das Terrain sollte für eine sichere Landung möglichst eben sein, mit wenig Geröll. Es sollte einen Tag-/Nacht-Rhythmus besitzen und generell aus wissenschaftlicher Sicht vielversprechend sein. Nun machte die besondere Form des Kometen mögliche Landeszenarien aber nicht gerade einfacher. Schließlich kamen zehn Regionen in die engere Auswahl, denen man Bezeichnungen von A bis J gab.

#### Die Entscheidung fiel am 14. Oktober...

**Scheuerle:** ... und zwar auf die Landestelle J als besten Kompromiss. Später wurde ihr nach einem öffentlichen Wettbewerb der Name „Agilkia“ gegeben.

#### Und dann kam der Tag der Landung....

**Scheuerle:** Zuvor gab es aber noch eine unangenehme Überraschung. Bei den Vorbereitungen für die Landung stellte man fest, dass sich das Kaltgassystem, das Philae beim Aufsetzen auf die Oberfläche hätte drücken sollen, nicht aktivieren ließ. Man hielt das aber für verzichtbar, weil es ja noch andere Mechanismen gab, die für eine sichere Landung sorgen sollten. Also gab es ein „Go“ für Philaes Abstieg. Die Separation fand morgens statt und sie war erfolgreich. Das war gleichzeitig das grüne Licht für die diversen Veranstaltungen, die in vielen europäischen Städten und sogar in den USA geplant waren, um Philaes Reise zur Kometenoberfläche live zu verfolgen.

#### Der Abstieg dauerte mehrere Stunden. War zwischen- durch absehbar, ob die Landung gelingen würde?

**Scheuerle:** Die erste Erleichterung spürte man, als Holger Sierks, der PI des OSIRIS-Instruments, ein Bild des Landers auf seinem Weg zur Oberfläche zeigte. Man sah Philae in der korrekten Orientierung, die entfalteten Landebeine, die CONSERT-Antennen und den ausgeklappten ROMAP-Sensor. Alles so, wie es sein sollte. Ein wunderschönes Bild. Jetzt musste nur noch das Aufsetzen gut gehen.

#### Dann kam der Touchdown, und im Rosetta-Kontrollzentrum in Darmstadt brandete Jubel auf. Im Philae-Kontrollzentrum in Köln herrschte aber Skepsis. Warum?

**Scheuerle:** Im Kontrollzentrum in Darmstadt sah man an der Telemetrie, dass der Lander Bodenkontakt gemeldet hatte und die Winden die Seile der Harpunen straff gezogen hatten. Das deutete auf einen nominalen Verlauf hin, eine geglückte Landung. Das löste natürlich Begeisterung aus. In Köln dagegen, wo die vom Lander kommenden Daten im Detail analysiert wurden, hat man gesehen, dass sich Philae offenbar nach dem Auf-

#### Next, the search for a suitable landing site began.

**Scheuerle:** Very different requirements applied to the landing site: it had to be reachable from the orbiter. For a safe landing, the terrain should be as smooth as possible, with few boulders. It should have a day-night rhythm, and it should be generally promising from a scientific point of view. Now, the peculiar shape of the comet did not really make it easy to develop landing scenarios. Ultimately, ten regions were shortlisted, designated by letters from A to J.

#### The decision was made on October 14...

**Scheuerle:** ...in favour of the J landing site as the best compromise. Later, after a public naming competition, it was given the name Agilkia.

#### And then came the day of the landing...

**Scheuerle:** Before that, however, there was a disagreeable surprise. During the preparations for landing, it was found that the cold-gas system that was supposed to press Philae down on the surface at touchdown could not be activated. However, this was held to be dispensable because there were other mechanisms designed to ensure a safe landing. So, the word was Go for Philae's descent. Separation took place in the morning, and it was successful. At the same time, this was the go-ahead for the various events that had been planned in many European cities and even in the USA to follow Philae's journey to the comet's surface live.

#### The descent took several hours. Was it possible to say at any time whether the landing would be a success?

**Scheuerle:** We felt the first breath of relief in Darmstadt, when Holger Sierks, the PI of the OSIRIS instrument, showed an image of the lander on its way to the surface. You could see Philae in the correct orientation, the landing leg unfolded, the CONSERT antennas, and the deployed ROMAP sensor. Everything as it should be. A wonderful picture. Now, only the touchdown had to go well.

#### Then came the touchdown, and jubilation broke out at the Rosetta control centre in Darmstadt. However, at the Philae control centre in Cologne, people were sceptical. Why?

**Scheuerle:** At the Darmstadt control centre, people could see from the telemetry data that the lander made ground contact and the winches had pulled the harpoon ropes taut. This indicated a nominal course of events, a successful landing. Naturally, people were enthusiastic. In Cologne, on the other hand, where the data coming from the lander were analysed in detail, people saw that Philae had apparently moved on and rotated after touchdown. The conclusion was that the lander could not be anchored to the ground. We, the guests, and the representatives of the press in Darmstadt, only became really aware of this when contact was made with the LCC and the technical manager of the Philae lander, Koen Geurts, explained the situation. Apparently, the lander had taken a great and then a small hop after its first touchdown before it finally came to rest. Because

setzen weiter bewegt und gedreht hat. Der Lander konnte demnach also nicht auf dem Boden verankert sein. Zu uns, den Gästen und Pressevertretern im Veranstaltungsraum in Darmstadt, ist das erst so richtig durchgedrungen, als zum LCC geschaltet wurde und der technische Projektleiter des Philae-Landegeräts, Koen Geurts, die Situation erläutert hat. Der Lander hat also nach dem ersten Aufsetzen einen großen und dann noch einen kleinen Hopser gemacht, bevor er endgültig zum Stehen kam. Wegen der geringen Schwerkraft auf dem Kometen hat das lange gedauert, fast zwei Stunden beim ersten Sprung. Das war schon ein banges Warten.

#### Aber die Wissenschaft bekommt trotz des unerwarteten Ablaufs Daten?

**Scheuerle:** Ja. Einige Instrumente waren schon während des Abstiegs eingeschaltet, unter anderem die ROLIS-Kamera. Mit dem ersten Aufsetzen hat dann automatisch der erste Block der sogenannten „First Science Sequence“ begonnen. Philae ist schließlich an einem schattigen Plätzchen und in einer nahezu vertikalen Lage zum Stehen gekommen. Aber auch unter diesen ungünstigen Bedingungen waren Messungen möglich. Die Mission ist auch in wissenschaftlicher Hinsicht ein Erfolg.

#### Kennt man die endgültige Landestelle?

**Scheuerle:** Noch nicht genau, aber vermutlich liegt Philae am Rand eines Kraters, dessen Innenbereich als Landestelle B untersucht worden war.

#### Wie geht es jetzt weiter?

**Scheuerle:** Der Lander hat jetzt erstmal Pause. Die Primärbatterie ist erschöpft und die Sekundärbatterie kann nicht geladen werden. Was gegenwärtig an Energie erzeugt wird – und das ist wenig – geht in die Heizer. Die Situation wird sich aber verbessern, wenn der Komet in größere Sonnennähe kommt, die Intensität des Lichts zunimmt und die Temperatur im Lander steigt. Dann sollte sich der Akku wieder laden lassen. Philae kann den Betrieb wieder aufnehmen und die wissenschaftlichen Untersuchungen können weitergehen. Es besteht also begründete Hoffnung, den bisherigen Erfolg noch steigern zu können.

of the comet's low gravity, this took a long time, almost two hours for the first hop. That was quite an anxious wait.

#### But science is receiving data despite the unexpected course of events?

**Scheuerle:** Yes. Some instruments had been activated during the descent, including the ROLIS camera. When the lander first touched down, the first block of the so-called 'First Science Sequence' was started automatically. Philae ultimately came to rest in a shady nook in an almost vertical position. But measurements could be carried out even under these unfavourable conditions. The mission is a scientific success as well.

#### Is the final landing site known?

**Scheuerle:** Not exactly yet, but it is supposed that Philae sits on the rim of a crater whose interior had been investigated as landing site B.

#### What is going to happen now?

**Scheuerle:** For the time being, the lander will take a break. Its primary battery is exhausted, and the secondary battery cannot be charged. The energy that is being generated at present – and it is not much – is fed to the heaters. However, the situation will improve as the comet moves closer to the Sun, the intensity of the light increases, and the temperature inside the lander goes up. Then, it should again be possible to charge the battery. Philae may resume operations, and scientific investigations may proceed. So there are well-founded hopes to top the success achieved so far.



© ESA

Erleichterung: Rosetta ist pünktlich um 16.32 auf dem Kometen gelandet. Rund 28 Minuten später wissen das auch der Philae-Projektleiter des DLR, Dr. Stephan Ulamec (2. v. l.), der Rosetta-Missionsmanager, Andrea Accomazzo, die Rosetta Spacecraft Operations Managerin, Elsa Montagnon, und der Rosetta-Flugdirektor, Paolo Ferri (alle ESA; rechts).

A sigh of relief: Rosetta landed on schedule at 04:32 p.m. About 28 minutes later the information has come through to DLR's Philae project manager Dr Stephan Ulamec (2<sup>nd</sup> from left), Rosetta mission manager Andrea Accomazzo, Rosetta Spacecraft Operations manager Elsa Montagnon, and Rosetta flight director Paolo Ferri (all from ESA; right).