

**EUGEN REICHL**

# **SPACE 2015**

**DAS AKTUELLE RAUMFAHRTJAHR MIT CHRONIK 2014**

**KOSTBARE  
STEINE IM ALL**  
ÜBER KOMETEN, ASTEROIDEN  
UND DEN TIUTERRA-KRISTALL



# INHALTSVERZEICHNIS

Editorial .....	4
<b>Themen im Fokus .....</b>	<b>8</b>
Kometen, Samantha und Tiuterra .....	10
Comets, Samantha and Tiuterra.....	11
Rosetta: Flaggschiffmission mit organisatorischen Pannen.....	32
Ariane 6: Wo bitte geht's zum neuen Träger? .....	46
Godspeed Scott Carpenter .....	54
Gravity: Auf Kollisionskurs .....	62
Die Katastrophe von Xichang.....	70
Das Kerbal Space Program .....	86
Simon Marius – Der erste Franke im Weltraum.....	90
ILA und Berlin – Elf Anmerkungen eines Provinzlers .....	96
Plädoyer für einen vergessenen Planeten .....	102
Raumschiff Orion: Auf der Suche nach einer Mission .....	112
Die geheimnisvolle N1 – Gegenspieler der Saturn V .....	124
<b>Science Fiction Kurzgeschichten-Wettbewerb .....</b>	<b>140</b>
Platz 3: „Die Schätze des Himmels“ von Franz Berner .....	142
Platz 2: „MIC“ von Christian Eckard Jäkel .....	151
Platz 1: „Sehenden Auges“ von Stefan Neumärker .....	162
<b>Raumfahrt-Jahreschronik .....</b>	<b>172</b>
September 2013 .....	174
Oktober 2013 .....	189
November 2013 .....	192
Dezember 2013 .....	208
Januar 2014.....	221
Februar 2014.....	227
März 2014.....	235
April 2014.....	241
Mai 2014.....	252
Juni 2014.....	262
Juli 2014.....	266
August 2014.....	280
<b>Raumfahrt-Statistik .....</b>	<b>288</b>
Das Raumfahrtjahr 2013 – Fakten, Fakten, Fakten .....	290
Detaillierte Statistik der Weltraumstarts Januar bis Dezember 2013.....	303
Tabelle Weltraumstarts Januar-August 2014 mit Ausblick September-Dezember 2014.....	310
<b>Anhang .....</b>	<b>312</b>
Glossar .....	314
Bilder des Jahres .....	316

# EDITORIAL

## ***Liebe Freundinnen und Freunde unseres Raumfahrtjahrbuches,***

dieses Jahr sind wir zweisprachig, wenngleich nur mit dem Leitartikel und auch da nur versuchsweise. Jedes Jahr und immer öfter wird an uns der Wunsch herangetragen, unsere Publikation auch ins Englische zu übersetzen. Offensichtlich sind Jahrbücher in der Art von SPACE nicht nur national, sondern auch international dünn gesät. Allerdings: dieses ganze Werk zu übersetzen, und zwei verschiedene Ausgaben desselben Buches zu produzieren würde unsere Leistungsgrenzen im Selbstverlag überschreiten. Aber zumindest die Sache mit dem zweisprachigen Leitartikel möchten wir gerne zur Diskussion stellen. Wir sind schon gespannt auf Ihre Reaktion. Um Sie gleich ein wenig einzustimmen, will ich mit einem Zitat von Kent Rominger beginnen, der fünfmal mit dem Space Shuttle flog, davon zweimal als Kommandant. Er meinte:

*„The most incredible thing I've ever seen is the color looking out into space – and that color is black – a black so dark, so vast, I'd never seen anything like it before. And then it dawned on me, well, it is not the color, it is not the black that is so captivating. What I was really appreciating was the vastness of space. Without the atmosphere, I could tell I was looking trillion and trillion of miles into the depth of space, and it really struck me“.*

*„Die unglaublichste Sache, die ich beim Blick hinaus in das Weltall je gesehen habe, ist die Farbe – und diese Farbe ist Schwarz – ein Schwarz so intensiv, so überwältigend, wie ich nie etwas zuvor gesehen habe. Und dann wurde mir klar, das ist nicht die Farbe, das ist nicht das Schwarz, das einen so berührt. Was mir wirklich klar wurde, war die ungeheure Weite des Weltraums. Ohne die Atmosphäre konnte ich Billiarden und Billiarden von Meilen weit in den Weltraum sehen, und das berührte mich zutiefst“.*

Es sind heiße Tage in der Raumfahrt, an denen dieses Editorial entsteht. Die Ereignisse folgen Schlag auf Schlag und jedes wäre einen Beitrag in diesem Buch wert. Vieles davon können wir tatsächlich abdecken, aber leider bei weitem nicht alles, denn schließlich will jeder in der Fangemeinde von SPACE zu seinem Recht kommen: Die Freunde unserer chronologisch aufberei-

teten Aktualitäten, die Fans der Raumfahrtgeschichte, die Science-Fiction Aficionados, die Zahlenfreaks, die Liebhaber schöner Raumfahrt-Bilder und die Analyse-Gurus. Auch der Humor darf nicht zu kurz kommen. Wie schon in den Jahren zuvor präsentieren wir auch in dieser Ausgabe die Besprechung des populärsten Science-Fiction Filmes des Jahres. Außerdem eine Glosse mit Randnoten zur diesjährigen Internationalen Luft- und Raumfahrttausstellung in Berlin.

Es gibt Ereignisse, die zusammenbringen, was zusammengehört. Im Leitartikel (und bereits im Einklinker unseres diesjährigen Covers) ist so eine Kombination beispielhaft dargestellt: Die Verbindung von Kultur und Raumfahrt. Sie kommt im Symbolcharakter der Tiuterra-Kristalle zum Ausdruck, welche die ESA-Astronautin Samantha Cristoforetti mit ins All nehmen wird. In dem Bericht wird neben dem Ideengeber, dem Österreichischen Weltraumforum, auch die Zusammenarbeit mit dem österreichischen (aber global agierenden) Kristall-Unternehmen Swarovski herausgestellt.

Wie immer widmen wir uns auch dieses Mal in einer Reihe von Beiträgen kritisch dem Stand einzelner Raumfahrt-Themen. Da gibt es viele, die eine tiefere Analyse verdienen. Wir haben uns zwei davon herausgepickt, nämlich die anhaltende Diskussion um den Ariane 5-Nachfolger und den Entwicklungsfortgang des neuen Orion-Raumschiffs der NASA. Es hätte noch wesentlich mehr gegeben, wie zum Beispiel die unendliche Geschichte um das europäische Satellitennavigationssystem Galileo. Mit dem sieht es derzeit mal wieder gar nicht gut aus. Das Projekt erlebt Zeitplan- und Kostenüberzüge, gegen die der Berliner Flughafen fast schon ein Vorzeigeprojekt ist. Von den ersten vier Testsatelliten im Orbit ist einer defekt, und die zwei ersten Serieneinheiten sind auf der falschen Bahn gestrandet.

Mehr Freude macht da schon die europäische Raumsonde Rosetta, Europas Flaggschiff im Weltraum. Sie hat inzwischen ihr Ziel erreicht und schwebt in diesen Tagen in nur wenigen Dutzend Kilometern Abstand über ihrem Ziel, dem Kometen Churyumov-Gerasimenko. Das Raumfahrzeug liefert täglich spektakuläre Bilder. Die aber bekam das interessierte Publikum erst nach einer Welle öffentlichen Protestes zu sehen. Die zuständigen Projektwissenschaftler hätten sie lieber erst für ein halbes Jahr unter Verschluss gehalten. Den Fortgang des Rosetta-Abenteuers mit der (möglichen) Landung der Oberflächensonde Philae sollten Sie sich, liebe Leserin, lieber Le-

ser, nicht entgehen lassen. Man kann davon ausgehen, dass die Medien, die sonst eher sparsam und dann meist negativ über Raumfahrtthemen berichten, sich dieses Themas intensiv annehmen werden.

Wie in der letztjährigen Ausgabe schon versprochen, haben wir in diesem Jahr eine Hintergrundstory zu einem der schwersten Unfälle in der Geschichte der Raumfahrt für Sie parat. Die Geschichte des gescheiterten Jungfernflugs der Langer Marsch 3B-Trägerrakete, die am 14. Februar 1996 mitten in das Raumfahrtzentrum Xichang hineinstürzte. Sie basiert auf Material, das der bekannte chinesische Raumfahrtexperte Chen Lan zusammengetragen hat. Ein zusätzlicher raumfahrtshistorischer Beitrag befasst sich mit der N-1 Rakete, dem sowjetischen Gegenstück zur Saturn V und ihrer unglücklichen Geschichte.

In weiteren Themen befassen wir uns mit dem fränkischen Astronomen Simon Marius, der vor 390 Jahren starb, blicken etwas wehmütig auf den Stand der gegenwärtigen Venus-Forschung und sausen mit den Kerbonauten durch das Sonnensystem.

Ein kleiner Tipp: Die Stories unserer drei Science-Fiction Kurzgeschichten-Preisträger sind diesmal besonders spannend.

Und dann gibt es noch wie in jedem Jahr aktuelle Raumfahrtdetails „satt“ mit unserer ausführlichen Start-für-Start Chronik, dem umfangreichen Statistik-Teil und den wunderbaren „Raumfahrtbildern des Jahres“.

Wie immer will ich auch dieses Mal nicht vergessen, dem SPACE-Team recht herzlich zu danken. Allen voran Peter Schramm, dem „General Manager“ des Projektes und unserem Grafiker, Layouter und Ideengeber Stefan Schiessl, der dafür sorgt, dass dieses Werk von optisch herausragender Qualität ist und der obendrein Jahr für Jahr eine Druckerei findet, die das Buch schnell und günstig produziert. Reinhold Glasl organisierte wie in jedem Jahr den SF-Wettbewerb und Ditmar Eckert ging dem „Wahrheitsgehalt“ des von mir verfassten Statistik-Teils penibel auf den Grund. Nicht vergessen will ich Jacqueline Myrrhe und Bill Carey. An sie geht ein besonders herzlicher Dank für die Übersetzung des Leitartikels.

Schauen Sie auch in unsere Kontakt-Ecke, wo Sie unter [www.vfr.de](http://www.vfr.de) mit der Mail-Adresse [space@vfr.de](mailto:space@vfr.de) direkt mit uns in Verbindung treten können. Oder sehen sie sich unser Internet-Portal [www.space-jahrbuch.de](http://www.space-jahrbuch.de) an, wo sie zukünftig neben interessanten Dingen um das Thema Raum-

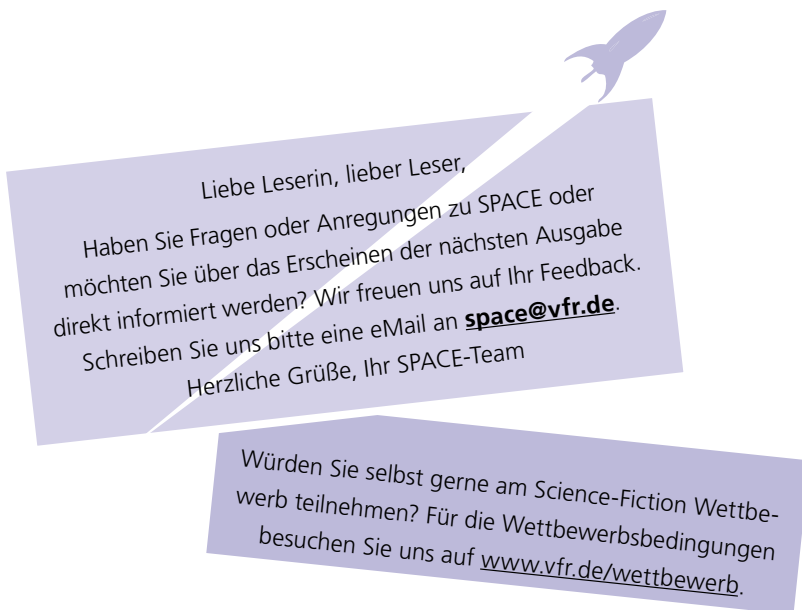
fahrt auch viele Informationen um das Jahrbuch und sein Entstehen erhalten werden.

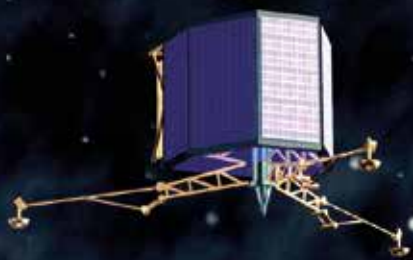
Wenn Sie Kritik haben oder Lob, Tipps oder Meinungen, ein Problem oder eine Frage zu den Inhalten, wenn Sie sich schon mal die Ausgabe für das nächste Jahr reservieren oder gerne der Tochter oder dem Sohn eins der Bücher schenken wollen: schreiben Sie uns einfach eine Mail. Wir freuen uns auf Ihr Feedback.

Und jetzt hinein ins Raumfahrtgeschehen. Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre von SPACE 2015. Bleiben Sie uns treu.

*Im Namen des SPACE-Teams,*

*Ihr **Eugen Reichl***





## THEMEN IM FOKUS



Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko. Aufgenommen am 3. August 2014 von der OSIRIS Kamera aus einer Entfernung von 285 Kilometern. Die Auflösung beträgt 5,3 Meter pro Bildpunkt.

## **ROSETTA: FLAGGSCHIFFMISSION MIT ORGANISATORISCHEN PANNEN**

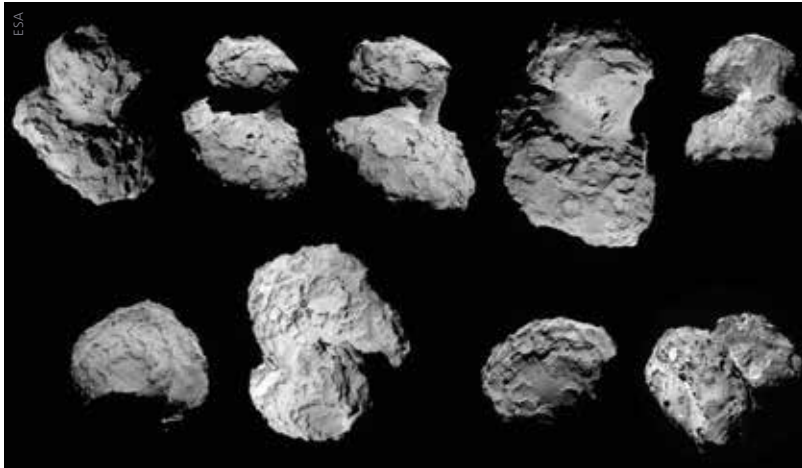
Europas Raumsonden-Flaggschiff „Rosetta“ hat am 6. August 2014, nach mehr als zehnjähriger Reise und einem verschlungenen, sechseinhalb Milliarden Kilometer langen Anflug, endlich sein Ziel erreicht: Den Kometen 67P/Churyumov-Gerasimenko. Mit Recht ist die Europäische Weltraumbehörde (ESA) stolz auf ihre Raumsonde und die Fähigkeiten ihrer Raumfahrtingenieure. Die ESA kann auch stolz auf ihre Public Relations Manager sein, die das Publikum in einer beispiellosen Kampagne, die medientechnisch immer voll auf Höhe der Ereignisse war, auf Rosettas Ankunft an ihrem Ziel vorbereitet haben. Wer sich noch an vergangene grausige PR-Debakel erinnert, wie etwa jenes anlässlich der Landung der Huygens-Sonde auf dem Saturnmond Titan, war höchst angenehm überrascht.



Konsterniert war man dagegen von Rosettas Projektwissenschaftlern, um es milde auszudrücken. Die dachten nämlich nicht daran, Bilder in Echtzeit vom sich nähernden Kometen freizugeben. Der recht eigenartige Plan, den diese Interessengruppe verfolgte, bestand darin, die wirklich interessanten Bilder monatelang von der Öffentlichkeit fernzuhalten. Nur gelegentlich, und nach eingehenden Beratungen und Abstimmungen untereinander, sollten kleine Brosamen davon in die Medien gelangen. Es dauerte eine kleine Weile, bis der perplexen Öffentlichkeit die Tragweite dieses Ansinnens so richtig klar wurde. Begründet wurde dieses Vorgehen damit, dass Wissenschaftler bei dieser Mission untereinander konkurrieren. Daher wollten die Projektwissenschaftler, die teilweise seit Jahrzehnten an diesem Projekt arbeiten, nicht um die Früchte ihrer Forschungsarbeit gebracht werden. Schließlich könnten sonst andere auf den fahrenden Zug aufspringen und sich der Erkenntnisse bemächtigen, die, so ihr Verständnis, nur ihnen selbst zustünden. Sie bestanden deswegen auf Sperrzeiten in denen sie Bilder und andere Daten in aller Ruhe für sich selbst auswerten könnten, um sie dann als Erste in wissenschaftlichen Publikationen zu veröffentlichen. Und offensichtlich bekamen sie diesen Plan von der ESA genehmigt.

Wer jemals den Umgang der NASA mit Rohdaten von Raumsonden erlebt hat, die schon Minuten nach ihrer Ankunft aus den Tiefen des Weltalls in vollem Umfang im Netz stehen, rieb sich verwundert die Augen. Auch bei den US-Kollegen herrscht ja für die Daten jeder einzelnen Raumsonde, die irgendwo im Weltall unterwegs ist, genau die gleiche Konkurrenzsituation. Wieso also kommen US-Wissenschaftler problemlos mit einer Situation zurecht die ihre europäischen Kollegen offensichtlich heillos überfordert? Zudem fehlt bei dieser Interessengruppe wohl das Verständnis dafür, dass diese Mission nicht etwa von irgendwelchen Instituten, Wissenschaftlern oder Privatunternehmen finanziert wurde sondern einzig und allein vom Steuerzahler. Bei dem hat man im Vorfeld großes Interesse geweckt, nur um ihm jetzt zu erzählen, dass man ihm leider keine Daten mehr zukommen lassen könne, weil unter Europas Planetologen der Konkurrenzkrieg ausgebrochen ist.

Hier wird klar, dass sich gewaltig etwas ändern muss im europäischen Forschungsgefüge mit seinen unzähligen kleinen Fürstentümern, die eifersüchtig um Macht, Ansehen und Stellen ringen. Da geht es um Budgets für Professuren, Assistenten, Doktoranden- und Diplomanden. Da geht es um An-



Die Navigationskamera machte diese Bilder des Kometen am 15. August 2014. Sie zeigen ihn unter verschiedenen Beleuchtungsverhältnissen und Rotationsphasen.

sehen und Prestige und all das endet in einem zähen Krieg zwischen zerstrittenen Zirkeln, die keinesfalls von außen gestört werden wollen. Freie Forschung sieht anders aus. Ein besonderes Verdienst dieses eigensinnige Verhalten der europäischen Planetenwissenschaftler kritisch zu hinterfragen, fällt der Internet-Plattform „Raumfahrer.net“ mit ihrem offenen Brief zu. Das Portal erzielte zumindest einen Teilerfolg dahingehend, dass während des Anflugs an den Zielkometen Bilder der weniger leistungsfähigen Navigationskamera an Bord der Sonde (der NavCam) in regelmäßigen und kurzen Abständen veröffentlicht wurden. Von den Resultaten der anderen Instrumente gelangen seither zumindest gelegentlich Updates an die Öffentlichkeit.

Mit Daten zum Kometen hapert es also. Nutzen wir somit die Gelegenheit, in diesem Beitrag 67P/Churyumov-Gerasimenko – „Schuri“ – „67P“ oder einfach „den Kometen“ die Hauptrolle spielen zu lassen und beginnen wir mit seinem nahezu unaussprechlichen Namen.

Wie alle Kometen ist auch 67P nach seinen Entdeckern benannt. Das sind die beiden russischen Astronomen Klim Iwanowitsch Tschurjumow und Swetlana Iwanowna Gerassimenko, die ihn im Herbst 1969 auffanden. In der Folge werden wir für die beiden Entdecker die international übliche englische Schreibweise verwenden, nämlich Churyumov-Gerasimenko.

Klim Churyumov entdeckt „seinen“ (und Swetlana Gerasimenkos) Kometen,

als er eine Fotoplatte des Kometen Comas Solà untersuchte, die von Swetlana Gerasimenko am 11. September 1969 belichtet worden war. Er fand am Rand dieser Platte ein kometenähnliches Objekt und nahm an, dass es sich um Comas Solà handelte. Nach seiner Rückkehr nach Kiew untersuchte er alle Fotoplaten noch einmal genau. Am 22. Oktober ermittelte er, dass das Objekt nicht der fragliche Komet sein konnte, da seine Position um fast zwei Grad von der erwarteten abwich. Das von ihm festgestellte Objekt hatte eine geschätzte Magnitude von 13. Eine genauere Untersuchung deckte ein schwaches Abbild von Comas Solà an der richtigen Stelle auf, was bewies, dass das von Churyumov erkannte Objekt tatsächlich ein neu entdeckter Komet war.

### **SCHON VOR ROSETTA: „SCHURI“ WAR NICHT UNBEKANNT**

Schon vor Rosetta war ziemlich viel über das Objekt der Begierde der europäischen Raumfahrt bekannt. Zu den Daten, die Churyumov und Gerasimenko bei ihrer Entdeckung ermittelt hatten, kam in den darauf folgenden Jahrzehnten noch einiges dazu. Fangen wir aber zunächst bei den „Basics“ an.

67P/Churyumov–Gerasimenko ist ein kurzperiodischer Komet mit einer orbitalen Periode von 6,45 Jahren und einer Rotationsperiode von 12,7 Stunden. Er ist ein Mitglied der so genannten Jupiter-Familie. Das sind die Kometen, deren Umlaufzeit um die Sonne weniger als 20 Jahre beträgt und die eine niedrige orbitale Inklination aufweisen. 67P wird sein nächstes Perihelion (also den Punkt seiner größten Annäherung an die Sonne) am 13. August 2015 erreichen. Die Fluchtgeschwindigkeit auf diesem Himmelskörper ist unglaublich gering. Es sind nur 0,46 Meter pro Sekunde. Ein Mensch, der sich auf seiner Oberfläche befindet, könnte ihn schon mit einem kleinen Hüpfen auf Nimmerwiedersehen verlassen. Die Neigung seiner Bahn zur Ebene der Planeten des Sonnensystems beträgt 7,04 Grad. Während des Aphelions (also seinem sonnenfernsten Punkt) befindet sich „Schuri“ 850 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt, während des Perihelions sind es nur noch 186 Millionen Kilometer. Dann bewegt er sich zwischen den Bahnen von Erde und Mars.

Für die Mission der Raumsonde Rosetta war Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko nur die zweite Wahl. Es gibt hunderte kurzperiodischer Kometen, die im Sonnensystem unterwegs sind und jeder von ihnen hätte ein passendes Objekt darstellen können. Als die Mission in den neunziger Jahren Gestalt annahm, war das Wissenschaftler-Team mit der schwierigen Aufga-



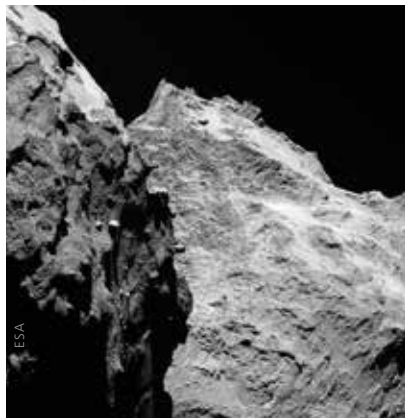
Hier liegt Komet 67P/Churyumov-Gerasimenko malerisch in Echtfarben und wirklicher Größe abgebildet mitten im kalifornischen Los Angeles. Ein sehr anschaulicher Größenvergleich.

be konfrontiert, sich durch die lange Kandidatenliste zu arbeiten und das am besten geeignete Ziel herauszufinden. Von besonderem Interesse waren dabei Kometen, die schon über mehrere Orbits um die Sonne beobachtet worden waren und von denen man wusste, dass sie zwar aktiv, aber nicht zu aktiv waren. Ihre Bahn sollte auch nicht zu weit von der Ebene der Ekliptik abweichen, andernfalls wäre ein Rendezvous mit ihnen sehr schwierig, wenn nicht gar unmöglich geworden. Und schließlich musste der Komet in etwa zu den technischen Möglichkeiten von Rosetta passen. Beide mussten am richtigen Platz zur richtigen Zeit für das historische Rendezvous zusammentreffen damit die Essenz von Rosettas Forschungsauftrag erfüllt werden könnte: Begleite den Kometen auf seinem Weg um das Perihelion und beobachte seine Aktivitäten. Eine der Grundvoraussetzungen war somit auch, dass sich der Komet zum Zeitpunkt des Zusammentreffens erst beim Einflug in das innere Sonnensystem befinden musste und nicht schon wieder auf der Abreise. Nach langer Suche hatte man schließlich das passende Objekt ermittelt: den Kometen 46P/Wirtanen. Aber dann bekam die ESA Probleme mit der Trägerrakete, der Ariane 5 G, und so musste sie Wirtanen ziehen lassen. Immerhin hatte man sich aber vorsichtshalber schon nach Reservekandidaten umgesehen. Von denen schien 67P/Churyumov-Gerasimenko der geeignetste zu sein.

## SCHURIS GESCHICHTE

Man nimmt heute an, dass die Kometen der Jupiter-Familie aus dem Kuiper-Gürtel stammen. Das ist ein riesiges Reservoir kleiner Eiskörper, die ihre Heimat hinter der Neptunbahn haben. Als Ergebnis von Kollisionen oder Gravitationsstörungen, durch Neptun oder die großen Objekte des Kuiper-Gürtels, bewegen sich einige der Objekte gelegentlich in Richtung Sonne. Sobald sie die Jupiterbahn kreuzen, wird es unausweichlich irgendwann dazu kommen, dass sie in eine gravitative Interaktion mit dem Riesenplaneten treten. Dann beginnt sich ihr Orbit als Resultat des Einflusses von Jupiter nach und nach zu ändern. Das kann in seltenen Fällen dazu führen, dass sie das Sonnensystem verlassen. Wesentlich häufiger werden sie aber eines Tages mit einem der inneren Planeten oder der Sonne kollidieren. 67P/Churyumov-Gerasimenko ist ein typischer Vertreter dieser Kometenklasse. Er zeigt den schrittweisen Prozess, wie die Begegnungen mit dem Planeten Jupiter diese speziellen Himmelskörper immer weiter in das innere Sonnensystem hineinziehen. Die Analyse seiner orbitalen Evolution zeigt, dass das Perihelion vor dem Jahr 1840 bei 4,0 Astronomischen Einheiten lag. Er kam somit der Sonne nie näher als etwa 600 Millionen Kilometer. Damit war er zu weit von der Sonne entfernt, als dass Material aus dem eishaltigen Nukleus verdampfen und sich ein Schweif entwickeln konnte. Das bedeutete auch,

dass er als „schlafender“ Komet von der Erde aus nicht sichtbar war, denn als inaktiver Nukleus war er viel zu klein für eine direkte optische Beobachtung. Doch in jenem Jahr – 1840 – ereignete sich eine relativ nahe Begegnung mit Jupiter. In dessen Folge wurde das Perihelion auf 3,0 Astronomische Einheiten gesenkt. Ab dieser Zeit hatte der Komet eine orbitale Periode von nur noch 9,3 Jahren. Im Laufe des folgenden Jahrhunderts sank das Perihelion Schritt für Schritt bis auf 2,77 Astronomische Einheiten. Im Jahre 1959 ereignete sich die



Gezackte Klippen und hervorstechende Felsbrocken sind in diesem Bild der OSIRIS-Kamera gut sichtbar. Das Foto entstand am 5. September 2014 aus einer Distanz von 62 Kilometern. Die linke Seite zeigt einen Ausschnitt des "Körpers" des Kometen, rechts ist ein Teil des "Kopfes" zu sehen. Ein Bildpunkt entspricht einer Auflösung von 1,1 Metern.

nächste Begegnung mit Jupiter. Er kam dem größten Planeten unseres Sonnensystems bis auf 33 Millionen Kilometer nahe. Das sieht nach einem sehr großen Abstand aus. Trotzdem genügte diese Entfernung, um das Perihelion erneut zu senken. Diesmal auf 1,29 Astronomische Einheiten. Das hat sich seither nur noch wenig geändert und wird so bleiben, bis der nächste nahe Vorbeiflug am Jupiter stattfindet.

Seit seiner Entdeckung im Jahre 1969 konnte 67P/Churyumov-Gerasimenko bei allen nachfolgenden sieben Umläufen um die Sonne beobachtet werden. Beim Anflug auf sein erstes Perihelion nach der Entdeckung waren die Bedingungen dafür jedoch nicht sehr vorteilhaft. Er wurde am 8. August 1975 vom Palomar Observatorium in Kalifornien aufgefunden, als extrem lichtschwaches Objekt von nur 19,5 Magnitude. Der Begriff der „Magnitude“, oder „Helligkeit“ meint hier die scheinbare Helligkeit eines Objektes von der Erde aus gesehen. Objekte mit einer Magnitude von 6 sind unter günstigsten Umständen mit bloßem Auge gerade noch zu erkennen. Ein Teleskop mit einer Öffnung von 70 Millimetern, also noch in der Klasse kleinerer Amateurinstrumente, ermöglicht Beobachtungen bis hin zur Magnitude 11. Größere Amateurinstrumente, Teleskope mit Öffnungsweiten von bis zu 20 Zentimetern, ermöglichen es noch, Objekte bis zur Magnitude 13 zu erfassen. Die größten terrestrischen Teleskope dringen bis auf Größenklassen von 30 vor. Das Hubble-Weltraumteleskop kann noch Objekte mit einer Magnitude von 31 wahrnehmen. Zwischen September und November 1975 gelangen Palomar weitere Beobachtungen. Die letzte Sichtung fand am 7. Dezember von der Catalina-Station des „Lunar and Planetary Laboratories“ in Arizona statt. Die Umlaufperiode von 67P wurde bei diesem Durchlauf mit 6,59 Jahren ermittelt.

War die Ausbeute des Jahres 1975 bescheiden, besserte sich das im Jahre 1982 ganz erheblich. 67P wurde am 31. Mai 1982 wieder aufgefunden, als er eine Magnitude von 19 aufwies. Am 27. November kam er der Erde bis auf nur 0,39 Astronomische Einheiten nahe also ca. 58 Millionen km. Interessanterweise erlebte er seine hellste Phase, als er sich bereits wieder von der Sonne entfernte. Im Dezember erreichte er eine Magnitude von 9 und war damit ein Objekt, das noch im Feldstecher zu sehen war. Die letzte Sichtung bei diesem Durchlauf fand am 13. Mai 1983 statt. Die orbitale Periode von Churyumov-Gerasimenko hatte sich nach diesem Perihel-Durchgang auf 6,61 Jahre erhöht.



Für dieses am 11. August 2014 entstandene Bild benötigte eines der Acht-Meter-Teleskope des VLT 40 Belichtungen von jeweils 50 Sekunden, die überlagert wurden, um Kopf und Schweif von 67P/Churyumov-Gerasimenko sichtbar zu machen. Der aus Staub bestehende Schweif war zu diesem Zeitpunkt rund 19 000 Kilometer lang.

1989 war wieder ein schlechter Durchlauf für die Beobachtung von „Schuri“ von der Erde aus. Er wurde am 6. Juli 1988 von Astronomen des Palomar Observatoriums als Objekt 20. Magnitude erneut aufgefunden. Am 12. September beobachtete ihn Mauna Kea auf Hawaii mit einer Magnitude von 18,6. Danach wurde er nicht mehr kontrolliert. Erst am 15 und 16. Mai 1991 wurde er vom Kitt Peak National Observatory in Arizona als winziges Objekt mit einer Magnitude von 22 noch einmal gesichtet. Die orbitale Periode wurde mit 6,59 Jahren ermittelt. 1996 waren die Bedingungen besser. Man erwartete eigentlich, dass 67P ein sehr unscheinbares Objekt bleiben würde, da er sich bei diesem Durchlauf der Erde nicht weiter als 0,9 Astronomische Einheiten näherte. Es ereigneten sich aber massive Gasausbrüche auf seiner Oberfläche, wodurch seine Helligkeit im Februar 1996 auf eine Magnitude von 10,6 anstieg und er damit schon in kleinen Amateur-Instrumenten sichtbar wurde. Die orbitale Periode wurde mit 6,59 Jahren bestätigt.

Am 18. Juni 2002 wurde „Schuri“ erneut erfasst. Lag seine Magnitude zunächst bei 15 verbesserte sich die Sichtbarkeit bis Anfang Oktober auf 12,5. Der Komet wurde das letzte Mal gesichtet, als er schon wieder weit aus dem inneren Bereich des Sonnensystems entschwunden war. Das war am 14. Mai 2005. Die Magnitude lag bei 23. Nie zuvor war er unter so schlechten Bedingungen noch verfolgt worden. Das lag dieses Mal aber daran, dass ihn die europäische Raumfahrtbehörde ESA am 28. Mai 2003 zum Ziel für die Raumsonde Rosetta bestimmt hatte, nachdem Wirtanen nicht mehr erreicht werden konnte. Die Umlaufperiode wurde mit 6,57 Jahren gemessen. Die Erscheinung des Jahres 2009 war die letzte Möglichkeit, genaue Kursdaten für die Raumsonde Rosetta zu bekommen, die zu diesem Zeitpunkt schon seit fünf Jahren unterwegs war. Die Erleichterung war groß, als Churyumov-Gerasimenko von Gustavo Muler vom „Observatorio Nazaret“ im spanischen Teguiße schon am 1. Juni 2008 mit einer Magnitude von 19 aufgespürt werden konnte. Der Komet hellte sich im April 2009 bis auf eine scheinbare Helligkeit von 9,5 auf. Die

letzte Sichtung erfolgte am 7. Juli 2010 vom Observatorium Chante-Perdrix in Frankreich aus. Da lag seine Magnitude nur noch bei etwa 20.

## **ROSETTAS ERSTE FORSCHUNGSDATEN**

Rosetta erreichte den Kometen, als er sich noch drei Astronomische Einheiten von der Sonne entfernt befand. Aber schon im April 2014 hatte „Schuri“ damit begonnen, Eis aus dem Nukleus zu verdampfen. Damit einher ging der Auswurf von größeren Staubmengen. Die Ausgasung von Teilchen in der Größe von einem Mikron begann bereits in einer Entfernung von 4,3 Astronomischen Einheiten. Teilchen in Millimeter-Größe lösten sich ab etwa 3,4 Astronomischen Einheiten von der Sonne entfernt. In dieser Phase begann Churyumov-Gerasimenko auch eine Coma zu bilden, also die charakteristische Wolke aus Staub und Gas, die den festen Nukleus eines Kometen umgibt. Schließlich begann sich auch der Schweif zu entwickeln, der ab August 2014 von der Erde aus mit leistungsstarken Teleskopen sichtbar wurde.

Aufgrund der stetig sinkenden Entfernung zur Sonne steigen die Temperaturen auf der Oberfläche von „Schuri“ und sublimieren die leichtflüchtigen Bestandteile des Kometenkerns. In erster Linie handelt es sich dabei um gefrorenes Wasser, Kohlendioxid, Methan und Ammoniak. Sie entweichen dann mit Geschwindigkeiten von bis zu mehreren hundert Metern in der Sekunde in das umgebende Weltall. Dabei reißen diese freigesetzten Gase regelrechte Fontänen aus Staubpartikeln mit sich. Die dabei ablaufenden Prozesse sind längst noch nicht bis ins Detail verstanden. Welche Faktoren setzen diesen Ausstoß von Gas und Staub in Gang? Wie entwickelt sich die Aktivität? Und welche Prozesse auf der Oberfläche und im Inneren des Kometenkerns spielen dabei welche Rolle?

Während der Erscheinung 2002/2003 war der Schweif, von der Erde aus gesehen, bis zu 10 Bogensekunden lang, mit einem hellen Punkt in einer schwach ausgeprägten Coma. Die größte Helligkeit entwickelte der Komet damals aber erst sieben Monate nach dem Perihelion. Wie bei den meisten Kometen ist auch die Aktivität von Churyumov-Gerasimenko nicht gleichmäßig über die Oberfläche des Nukleus verteilt. Auch bei 67P wurden Staubjets beobachtet, die von mindestens drei Stellen auf dem Kometen herrührten. Im Prinzip könnte eine starke Oberflächentätigkeit auf dem Kometen ein Problem für Rosetta darstellen. Das Missionsteam plant, die Raumsonde vom Nukleus weg



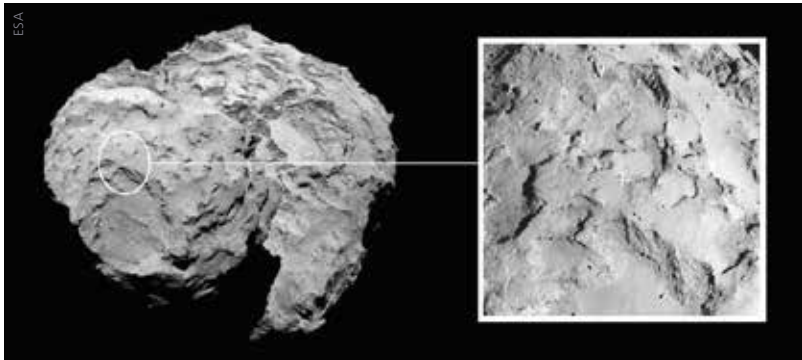
zu bewegen, wenn die Aktivität des Kometen über ein akzeptables Maß hinaus ansteigen sollte. Für den Lander Philae besteht diese Möglichkeit aber nicht.

Comet 67P ist ein ungewöhnlich „staubiger“ Komet. Er hat ein Emissionsverhältnis von etwa 2:1. Zwei Teile Staub kommen dabei auf einen Teil Gas. Die maximale Produktionsrate beim vorletzten Perihel im Jahre 2002/03 wurde auf 60 Kilogramm Gesamtmaterial pro Sekunde geschätzt. In früheren Jahren wurden aber auch schon höhere Raten beobachtet. 1982/83 waren es etwa 220 Kilogramm pro Sekunde.

Bis Rosetta „Schuri“ erreichte, stammten alle Größenschätzungen des Objektes vom Hubble Weltraumteleskop. Die extrem schwachen Bilder deuteten eine Größe von etwa 3 x 5 Kilometern an, und eine annähernd ellip-tische Form. Niemand konnte damals ahnen, wie dieses „Ellipsoid“ in Wirklichkeit aussehen sollte. Die damaligen Daten wurden unabhängig voneinander von einigen der größten irdischen Teleskope der Welt bestätigt, wie zum Bei-spiel der Europäischen Südsternwarte in Chile.

Diese Dimensionsabschätzungen zeigten sich allerdings als erheb-lich vereinfacht, wie bereits die ersten Detailaufnahmen von Rosetta bewiesen. Der Komet war keineswegs das erwartete gerundete und „leicht elliptische“ Objekt, sondern ein extrem unregelmäßig geformter Körper. Eine Art „Kopf-stück“ ist dabei über einen schlanken „Hals“ mit einem Hauptkörper verbun-den. Emily Lakdawalla von der Planetary Society vermutete zu Beginn sogar einen „Contact Binary“, also einen Doppelkörper, der durch den Kontakt von zwei kleineren Körpern entstanden ist. Bald aber zeigte sich, dass dem nicht so ist. Die heutige Form von 67P/Churyumov-Gerasimenko ist seinen sehr unter-schiedlichen Ausgasungsprozessen geschuldet, die er auf seinen letzten Um-läufen um die Sonne erlebt hat. Noch etwas konnte Rosetta schon sehr früh sehr genau präzisieren: Die Rotationsperiode beträgt exakt 12,4043 Stunden.

Die extrem unregelmäßige Form des Kometenkerns macht es schwer, aus den gewonnenen Daten die exakten Abmessungen und das dar-aus resultierende Volumen zu ermitteln. Weiter kompliziert werden diese Be-rechnungen durch verschiedene Oberflächenformationen, die dem Nukleus ein sehr unebenes Profil verleihen. Ein direkt an der Spitze des ‚Kopfes‘ befind-liches Bassin weist zum Beispiel eine Tiefe von etwa 250 Metern auf. Diverse kleinere Bassins erreichen Tiefen von etwa 30 Metern. Größere Depressionen sind sogar bis zu 300 Meter tief.



Die fünf hier markierten möglichen Landestellen kamen bei einem Meeting am 23. und 24. August 2014 in die Endauswahl. Sie sind in einem Bild dargestellt, das von der OSIRIS-Kamera am 16. August 2014 aus einer Entfernung von 100 Kilometern gemacht wurde.

67P verfügt laut den neuesten Daten von Rosetta über die ungefähren Abmessungen von 4,1 x 3,6 x 1,7 Kilometern. Aber auch hier sind viele Einbuchtungen, Dellen, Erhöhungen, Täler, Zacken und Kanten zu berücksichtigen. Für den Hauptkörper berechneten die Wissenschaftler ein Volumen von etwa 13 Kubikkilometern. Der deutlich kleinere ‚Kopf‘ weist ein Volumen von rund 5,7 Kubikkilometern auf. Zusätzlich zu diesen beiden Werten muss noch das Volumen des ‚Halses‘ berücksichtigt werden, welches mit einem Wert von rund zwei Kubikkilometern zu Buche schlägt. Das Volumen des gesamten Kometenkerns liegt demzufolge bei rund 21 Kubikkilometern mit einem Unsicherheitsfaktor – zum Zeitpunkt an dem diese Zeilen entstehen – von immer noch plus/minus zwei Kubikkilometern.

Außerdem konnten mit Rosettas Daten auch erste Aussagen über die Masse des Kometen gemacht werden. Sie liegt bei einem Wert von 10,2 Milliarden Tonnen, wobei der Unsicherheitsfaktor derzeit noch bei plus/minus 700 Millionen Tonnen liegt. Anhand der Angaben über Masse und Volumen konnte schließlich auch die mittlere Dichte des Kometen auf einen Wert von 0,43 Gramm pro Kubikzentimeter berechnet werden. Dieser Wert deutet daraufhin – und bestätigt damit frühere Messungen – dass der Kern des Kometen in seiner Gesamtheit sehr porös sein muss. Derzeit werden dabei verschiedene Modelle bezüglich des inneren Aufbaus des Kometen sowie der Mengenanteile und der Verteilung von Wassereis, Gestein und Staub diskutiert.

Trotz dieser gigantisch erscheinenden Masse ist die daraus resultierende Gravitation nur sehr gering. Rosetta ist von den Effekten kaum betrof-

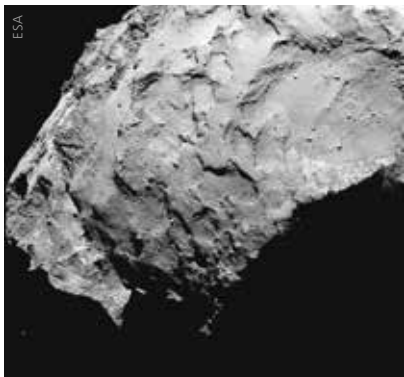
fen, solange sie sich in einem gewissen Abstand hält, und keine Präzisionsmanöver erforderlich sind. Dennoch wird gerade zum Zeitpunkt, an dem diese Zeilen entstehen, intensiv gemessen, denn eine möglichst präzise Kenntnis des Gravitationsfeldes von 67P ist vor allem nötig, um die Landung der von Rosetta mitgeführten Landesonde Philae genau zu planen. Für die Festlegung des Abtrennungszeitpunktes des Landers muss exakt bekannt sein, wie stark die Gravitation des Kometen seine Flugbahn beeinflussen kann. Auch für Rosetta selbst sind genaue Daten notwendig, denn im späteren Verlauf der Mission soll sich die Raumsonde der Oberfläche des Kometen bis auf eine Entfernung von nur zehn Kilometern nähern. Da muss man dann schon sehr genau wissen, zu welchen Zeitpunkten es erforderlich sein wird, die Flugbahn der Raumsonde durch kurze Aktivierungen der Triebwerke zu korrigieren.

## **SCHWÄRZER ALS HOLZKOHLE**

Rosetta stellte auch bereits fest, dass „Schuri“ ein ungewöhnlich dunkles Objekt ist. Einen Kometen stellt man sich ja gemeinhin sehr hell vor. Tatsächlich gilt das auch für seine Coma und den Schweif. Es gilt jedoch nicht für den Nukleus selbst, denn der ist schwärzer als Holzkohle.

Auffallend an der Kometenoberfläche ist, dass dort bislang – entgegen den Erwartungen der Kometenforscher – keine größeren zusammenhängenden Ablagerungen von Wassereis gefunden wurden. Der durch die ungemein dunklen Ablagerungen bedingte sehr niedrige Albedo-Wert von 67P, könnte dazu führen, dass ein Großteil der von der Sonne empfangenen Wärmestrahlung zunächst gespeichert wird. Das wiederum könnte heftige Gassausbrüche im späteren Stadium des Wegs von „Schuri“ um die Sonne zur Folge haben. Die Beobachtungen seiner bisherigen Durchläufe scheinen genau das zu bestätigen. Vier Monate vor dem Perihelion wird die Sonne über dem Kometen im Zenit stehen. Wenn er sich ähnlich wie bei den Erscheinungen der Jahre 2003 und 2009 verhält, würde das bedeuten, dass die größten Jets etwa einen Monat vor dem Perihelion sichtbar werden. Das wäre etwa Mitte Juli 2015. Und das wäre dann auch der Zeitpunkt, an dem es für die Sicherheit von Rosetta und seinem Lander Philae kritisch werden könnte.

Tatsächlich begann die aktive Phase aber schon viel früher. Anfang September konnte Rosetta selbst mit der Navigationskamera Gasströme erkennen, die vom Kometen weggehen. Selbst mit diesen Bildern, die um Größenord-



Nahaufnahme der geplanten Landestelle von Philae.

nungen schlechter sind, als diejenigen der OSIRIS-Kamera von Rosetta, können die Ausgangsgebiete einiger Jets einzelnen Oberflächenformationen zugeordnet werden. Neben verschiedenen Gräben und Rissen fallen hier besonders mehrere kraterähnliche Gruben im Bereich des Halses auf. Nach einer entsprechenden Bildbearbeitung ist auf einigen der hochaufgelösten OSIRIS-Aufnahmen zum Beispiel deutlich erkennbar, wie aus

einem dieser fast kreisrunden ‚Löcher‘ gleich mehrere Jets austreten und sich dabei in leicht voneinander abweichenden Richtungen orientieren. Quellen für weitere Jets müssen dagegen erst noch ermittelt werden.

Erste Forschungsergebnisse wurden auf dem European Planetary Science Congress in Lissabon bekannt gegeben. Auch über die Landung von Philae, der kleinen Landesonde, die Rosetta mit sich führt, wurde debattiert. Philae soll nach dem gegenwärtigen Stand am 11. November von der ‚Muttersonde‘ abgekoppelt werden, fünf bis acht Stunden später auf der Oberfläche des Kometen niedergehen und diesen anschließend mit den zehn mitgeführten Instrumenten über einen Zeitraum von mindestens 50 Stunden eingehend erforschen. Unter optimalen Bedingungen könnten diese Untersuchungen aber monatelang fortgesetzt werden.

*...Weiter geht's im vollständigen SPACE2015...*