

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 73 (2015)
Heft: 387

Artikel: Liegt der Schlüssel zum Rätsel des Lebens ausserhalb der Erde : etwa auf Kometen und Asteroiden? : 67P : der heilige Gral der Biologie?
Autor: Geiger, Hansjürg
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897347>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Liegt der Schlüssel zum Rätsel des Lebens ausserhalb der Erde – etwa auf Kometen und Asteroiden?

67P – der heilige Gral der Biologie?

■ Von Dr. habil. Hansjürg Geiger

Bis vor kurzer Zeit konnten sich die Biologen kaum eine lebensfeindlichere Umgebung vorstellen als das Weltall. Und doch haben die Astronomen gezeigt, dass es im Universum von den Grundstoffen des Lebens, den organischen Molekülen, nur so wimmelt. Damit eröffnen sich völlig neue Perspektiven für die Suche nach unserem Ursprung. Haben Himmelskörper die Bausteine des Lebens auf die Erde gebracht?



BILD: R. HURT, NASA, JPL-CALTECH

Abbildung 1: Zeichnerische Darstellung der beiden protoplanetaren Scheiben im System HK Tauri.

Vielleicht war es ein zufälliger Blick auf ein auffälliges Stück Stein, welches beim Abbruch eines alten Festungswalls in Ägypten aus dem Gemäuer hervorlugte, vielleicht war es sein stolperndes Pferd, welches die Aufmerksamkeit auf den Stolperstein lenkte, vielleicht ging die Geschichte auch ganz anders. Tatsache ist, dass der französische Offizier PIERRE F.X. BOUCHARD den gut einen Meter hohen und eine dreiviertel Tonne wiegenden, dunkelgrauen Stein mit den seltsamen Zeichen während der napoleonischen Expedition nach Ägypten am 15. Juli 1799

bei Rosetta entdeckte und damit den Schlüssel zur Entzifferung der Hieroglyphen lieferte. Endlich war es möglich, die Schriften der alten Ägypter zu lesen und Einblicke in ihr Leben zu gewinnen.

So ähnlich haben es sich wohl die Planer der Rosetta-Mission vorgestellt, als sie in den frühen 1990er Jahren ihre Ideen für einen Flug zu einem Kometenkern entwickelten. Für die damalige Zeit ein wahrlich kühnes Vorhaben! Ging es doch nicht nur darum, in die Nähe des Schweifsterns zu fliegen, ein paar grobe Analysen durchzuführen und

einige Schnappschüsse zu knipsen. Dieses Kunststück war bereits 1986 mit der Sonde Giotto am Kometen 1P/Halley gelungen. Rosetta sollte, einmal angekommen, in den Orbit um den Kometen 67P/Tschurjumow-Gerassimenko¹, kurz 67P oder weniger technisch und liebevoller oft Tschury genannt, einschwenken und den himmlischen Wanderer auf seiner Umlaufbahn um die Sonne begleiten. Ziel war es, nach Hinweisen zu fahnden, wie das Leben auf der Erde entstanden sein könnte. Und weil es immer etwas schwierig ist, einen Gegenstand aus der Ent-

«Jede Person, die dir erzählt, er oder sie wisse, wie das Leben auf der nicht mehr frischen Erde vor 3.45 Milliarden Jahren begann, ist entweder ein Trottel oder ein Schurke.»

STUART KAUFFMAN, University of Calgary, *At Home in the Universe*, 1995

kosmischen Heimat sind deshalb in diesem Urmaterial tiefgefroren erhalten geblieben.

Den Astrobiologen, den Wissenschaftlern, die sich für die Entstehung des Lebens im Weltall interessieren, könnten sie sogar den Schlüssel für das Verständnis des Phänomens Leben liefern. Ganz wie einst der Stein in Ägypten ein Rätsel lösen half.

Schon die ersten Fernanalysen von Kometen im 20. Jahrhundert zeigten, dass sie nicht einfach nur unreinigte Eisklötze sind, die mit ihren Schweifen, je nach Grad der esoterischen Beeinflussbarkeit, entweder Faszination oder Angst und Schrecken auslösen. In den Spektren der Kometen fanden die Forscher nebst dem erwarteten Wasser

fernung gründlich zu untersuchen, planten die Ingenieure eine kleine Landesonde ein, die auf dem Eisklotz aufsetzen und seine Oberfläche mit damals modernen, chemischen Analysemethoden gründlich unter die Lupe nehmen sollte.

Zeugen aus der Urzeit des Sonnensystems

Wieso aber der riesige Aufwand, um einen verschmutzten Schneeball zu besuchen? Immerhin zeigt das Preisschild an der Sonde und ihrem Lander den stolzen Betrag von etwas über einer Milliarde Euro an. Viel Geld in einer Währung, die es damals noch gar nicht gab, deren Gegenwert aber wesentlich höher lag als heute.

Für die Forschung sind Kometen zunehmend ins Zentrum des Interesses gerückt, weil sie sich als wertvollste Zeugen aus der Embryonalzeit unseres Sonnensystems vor über 4.5 Milliarden Jahren erwiesen haben. Nach allem, was wir heute wissen, entstanden sie in den äusseren Regionen unseres Sonnensys-

tems, aus Materialien, die nie in einen Planeten eingebaut worden sind, also quasi in der Schutthalde der protoplanetaren Scheibe (Abb. 1). Die Startbedingungen unserer

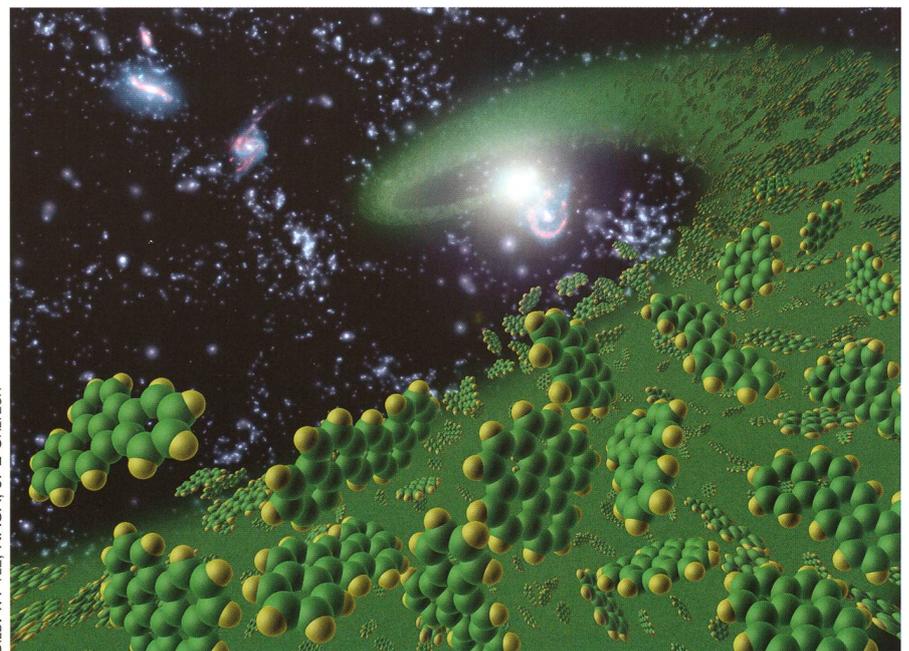


Abbildung 3: Das Weltraumteleskop Spitzer konnte grosse organische Ringmoleküle anhand ihrer charakteristischen Infrarotstrahlung im frühen Weltall nachweisen.

auch einige Mineralien, Ammoniak und eine Vielzahl von einfachen Kohlenstoffverbindungen. Dazu gehörten Methan, Zyan, Kohlenwasserstoff, elementarer Kohlenstoff, Kohlenmonoxid und -dioxid.

Wie viel mehr aber auf der Oberfläche der Kometen zu finden sein könnte, begannen die Forscher zu erahnen, als die europäische Sonde Giotto im März 1986 den HALLEY'schen Kometen besuchte. Die Oberfläche von Halley erwies sich als so schwarz, dass die Kameras der Sonde ihn vor dem dunklen Hintergrund des Weltalls kaum abbilden konnten. Die dunkle Färbung, dies war schnell klar, stammte sowohl von Mineralien, als auch den zahllosen Kohlenstoffverbindungen, die sich durch das Verdampfen des Eises bei den Sonnenpassagen auf seiner Oberfläche angesammelt hatten. Weisses, sauberes Wassereis war auf der Oberfläche nicht auszumachen.

Leider befinden sich viele Kometenkerne auf Umlaufbahnen weit ausserhalb jener der grossen Planeten. Sie gelangen kaum je in den inneren Bereich des Sonnensystems. Einige wenige hingegen bewegen sich in grösseren oder kleineren zeitlichen Abständen bis in die Sonnennähe und transportieren die konservierten Baumaterialien unseres Planetensystems damit in die Reichweite menschlicher Messinstrumente.

Aber wie kommt man an das Kometenmaterial heran? Weil die Landung auf einem fliegenden Eisbrocken technisch extrem anspruchsvoll und daher teuer ist, wählte die NASA für ihren Versuch im Jahre 2005 einen typisch amerikanischen Ansatz. Sie starteten die Sonde Deep Impact mit einer Bombe an Bord auf Kollisionskurs mit dem Kometen 9P/Tempel 1. Passend zum Datum bohrte sich der «Impactor» am amerikanischen Unabhängigkeitstag mit rund 37'000 km/h in den Kometenkern, explodierte dabei in einem spektakulären Lichtblitz und riss ein etwa 100 m breites und 30 m tiefes Loch in die Oberfläche (Abb. 2). Deep Impact selbst konnte nur in bescheidenem Umfang beobachten, was sein Geschoss aus dem Kometen gesprengt hatte, dazu fehlten ihm aus finanziellen Gründen die Instrumente. Die Rolle des Datensammlers übernahm das NASA-eigene Spitzer-

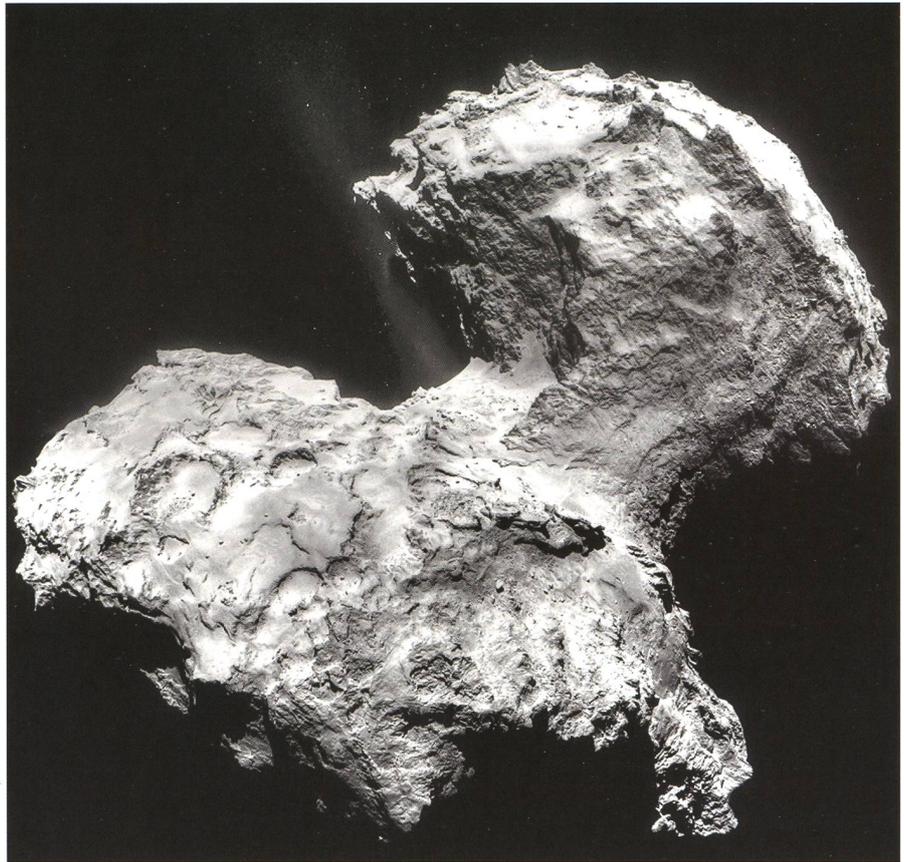


BILD: ESA, ROSETTA

Abbildung 4: Wie ein angegessener Apfel präsentierte sich der Kern des Kometen 67P/Tschury der Navigationskamera von Rosetta. Einen Landeplatz in dieser zerklüfteten Umgebung zu finden, war keine einfache Aufgabe!

Weltraumteleskop, das mit seiner Infrarotkamera das Auswurfmaterial beobachtete und der Analyse zugänglich machte.

Und da waren sie im Spektrum des Explosionsmaterials von 9P, die charakteristischen Spuren, nicht nur der kleinen Moleküle, sondern auch jene von komplexen organischen Stoffen aus mehreren Kohlenstoffringen, den polyaromatischen Kohlenwasserstoffen.

Ingredienzen des Lebens

Für Laien ist der Begriff «organischer Stoff» leicht missverständlich. Die Chemiker meinen damit nämlich nicht Stoffe, die aus Lebewesen stammen, sondern Moleküle, die aus Kohlenstoffatomen aufgebaut, aber nicht notwendigerweise durch Lebensprozesse entstanden sind. Solche grossen, organische Moleküle fanden die Forscher mithilfe von Spitzer auch im freien Weltall, weit weg von der Erde,

schon in der Jugendzeit des Weltalls (Abb. 3). Sie entstehen in der Nähe junger Sterne unter dem Einfluss energiereicher UV-Strahlen aus einfachen Grundstoffen und sammeln sich so in einer protoplanetaren Scheibe an. Kometen und Asteroiden, die Überreste aus der frühesten Phase eines Sonnensystems, konservieren diese Stoffe bis in die heutige Zeit.

Haben also einschlagende Himmelsbomben tatsächlich zur Entstehung von Leben hier auf der Erde beigetragen? Es gibt einige spektakuläre Hinweise auf ein mögliches Mitwirken von Stoffen aus dem Weltall. Sie stammen bisher aber nicht von Kometen, sondern aus Meteoritenmaterial.

Jeder Meteorit bringt Weltraummaterial zu uns. Das Problem ist allerdings, dass der Meteorit sich beim Einschlag in die Erde eingräbt und dabei durch irdisches Material verschmutzt wird. Besonders spannend sind deshalb Meteoriten, die unmittelbar nach ihrer Ankunft eingesammelt und analysiert werden können. Dies gelang beispielsweise mit dem etwa 100 kg schweren

¹ Ursprünglich war geplant, den Kometen 46P/Wirtanen anzufliiegen. Weil aber der Start aus technischen Gründen verschoben werden musste, war es nötig eine neues Ziel zu wählen.

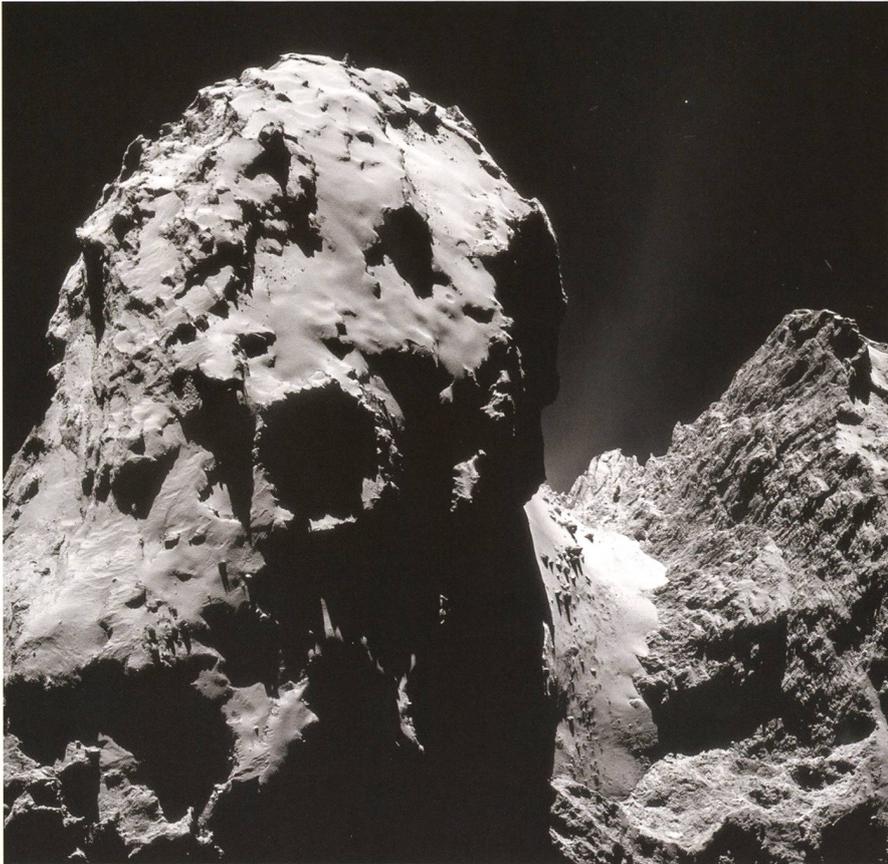


BILD: ESA, ROSETTA

Abbildung 5: Und noch eine Aufnahme, die eindrücklich veranschaulicht, weshalb hollywoodreifer Stunt nötig war, um auf diesem taumelnden Gesellen zu landen.

Stein, der am 28. September 1969 über dem australischen Murchison in einer Kuhweide niederging. Schnell zeigte es sich, dass dieser Meteorit, ein primitiver, kohligter Chondrit, uraltes Material unseres Sonnensystems in die Labors der Forscher brachte. Und tatsächlich fanden die Wissenschaftler in seinem Innern eine ganze Laborausstattung organischer Stoffe, unter anderem grosse Ringmoleküle und zahlreiche verschiedene Aminosäuren, die Bausteine der Eiweisse. Einer der Wissenschaftler, der den Meteoriten untersuchte, war DAVID DEAMER im kalifornischen Davis. DEAMER ging einen Schritt weiter und beobachtete, was diese Moleküle in einer wässrigen Umgebung tun. Ganz so, wie wenn sie auf der Erde in einen Tümpel gefallen wären. Was DEAMER dann aber in seinem Mikroskop sah, muss bei ihm ein Gefühl metaphysischen Grusels erzeugt haben. Die kleinen fettähnlichen Moleküle aus dem Meteoriten begannen sich nämlich zu winzigen, zweischichtigen Kügelchen zu formieren! Das Verrückte an der Beobachtung war, dass die Wände dieser «Vesikel» sehr ähn-

lich aufgebaut sind, wie die Membrane unserer Zellen, wenn auch deutlich primitiver. Selbstverständlich sind DEAMERS «Vesikel» definitiv nicht vergleichbar mit lebenden Zellen. Dazu fehlen ihnen alle Zellvorgänge und ein Vererbungsapparat. DAVID DEAMER

konnte aber zeigen, dass das Material aus dem frühen Sonnensystem die Grundstoffe für abgegrenzte, zellähnliche Strukturen enthält – zumindest in einer ganz einfachen Form.

Wie gross aber ist der Beitrag des Weltalls an die Ausgangsstoffe des Lebens hier auf der Erde? Haben Kometen, Asteroiden und Meteoriten wirklich das Startmaterial für das Leben auf der Früherde deponiert?

Antworten auf diese Fragen sind nicht nur aus naturwissenschaftlicher Sicht interessant, sie haben auch eine tiefe weltanschauliche Bedeutung. Denn wenn in unserem Sonnensystem chemische Reaktionen in der protoplanetaren Scheibe zum Start des Lebens beigetragen haben sollten, so dürften an zahllosen anderen Orten im All ähnliche Prozesse abgelaufen sein, was bedeuten würde, dass es «da draussen» von Leben nur so wimmeln müsste. Hier kommt Rosetta ins Spiel, die uns mit ihrem Flug zu Tschury neue Hinweise zur Beantwortung der alten Fragen liefern soll.

Erste Resultate

Nun ist Philae also am 12. November irgendwo und irgendwie in einer finsternen Ecke auf Tschury gelandet und fünf Tage später verstummt (Abb. 4). Die Flugleiter vermuten, die Sonde sitze an einer Stelle, die etwa ab Mai 2015 wieder genügend Sonnenlicht ausgesetzt sein könnte, um die Batterien des

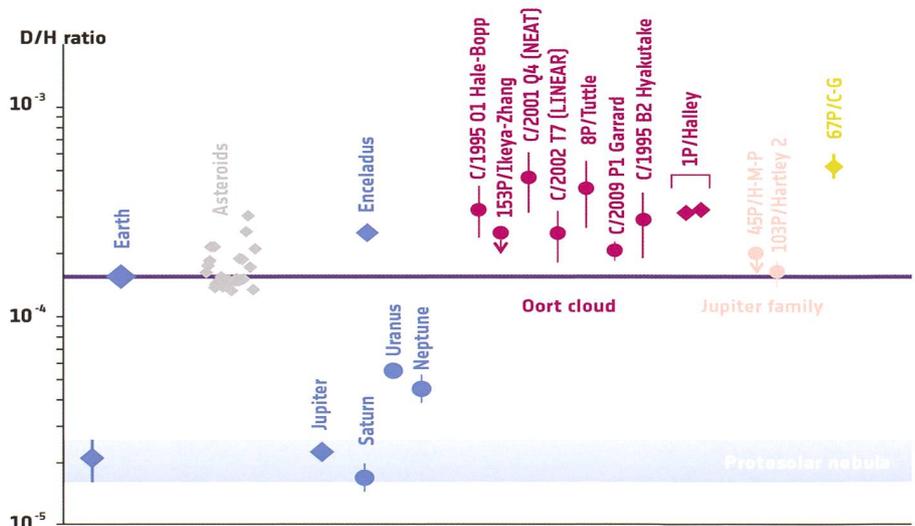


Abbildung 6: Das Verhältnis von schwerem Wasserstoff (Deuterium = D) zu normalem Wasserstoff (H) ist so etwas wie ein atomarer Fingerabdruck für Wasser. Unser Wasser (Earth) zeigt ein Verhältnis D/H, wie es in Asteroiden und zwei Kometen der Jupiterfamilie gefunden worden ist, nicht aber wie in 67P.

Leser-Feedback

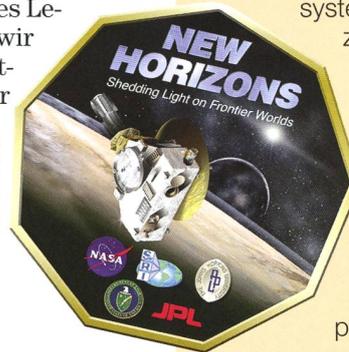
Es liegt mir daran, den ORION-Machern auch einmal zu sagen, wie sehr ich die zweimonatlich erscheinende SAG-Zeitschrift schätze. Ihnen und Ihrem Team gebührt Dank und Anerkennung, nicht nur von uns Hobby-Astronomen, sondern ebenso von Profis.

Das erfrischende Layout der farbenfrohen Schrift lädt zum Blättern ein, um sich dann den einen oder andern Artikel zu Gemüte zu führen. Die Auswahl der Themen ist ausgewogen und gekonnt auf Amateurastronomen und in diesem Bereich Interessierte zugeschnitten. Schade, dass nicht mehr Astronomiebegeisterte zu den ORION-Abonnenten gehören. (Leo Hofstetter)

kleinen Roboters neu aufzuladen. Immerhin ist es gelungen, erste Resultate zur Erde zu übermitteln, die Ende Januar in der Zeitschrift Science veröffentlicht worden sind. Eine der wichtigsten Entdeckungen betrifft das Wasser des Kometen. Wie die Berner Professorin KATHRIN ALTWEGG und ihr Team mit dem ROSINA-Instrument zeigen konnten, passt der chemische Fingerabdruck des Wassers auf dem Kometen nicht zum flüssigen Nass hier auf der Erde (vgl. dazu Abb. 6). Es scheint im Moment, als hätten vor allem Asteroiden unsere Ozeane gefüllt.

Gespannt warteten die Astrobiologen auch auf die ersten Resultate der chemischen Analysen von Tschurys Oberfläche. Die bereits auf den ersten Bildern erkennbare extreme Schwärze seiner Fassade deutete schon kurz nach dem Eintreffen der Sonde beim Kometen an, dass seine äusserste Schicht kaum Wassereis enthält, dafür aber enorm kohlenstoffreich ist. Wie nun das Team um FABRIZIO CAPACCIONI vom INAF in Rom mit dem VIRTIS-Instrument zeigen konnte, gehören zu den organischen Molekülen auf Tschury auch Karbonsäuren, welche die biologisch so wichtigen Amino- und Fettsäuren aufbauen. Mehr noch, kurze Varianten der Karbonsäuren sind exakt die Moleküle, welche die Membrane in DAVID DEAMERS Experimenten aufbauten. Ihre länger-kettigen Verwandten grenzen unsere Zellen nach aussen ab! Haben also Himmelskörper zum Start des Lebens hier auf der Erde beigetragen? Waren sie so etwas wie der wundertätige Stein der mittelalterlichen Sage, der Topf, der die Ingredienzien des Lebens mit sich brachte, der heilige Gral des Lebens? Noch können wir diese Frage nicht beantworten, die Indizien dafür aber mehren sich. Philae, bitte melde dich! Wir warten gespannt auf neue Resultate.

■ **Dr. habil. Hansjürg Geiger**
Kirchweg 1
CH-4532 Feldbrunnen



Im Anflug auf Pluto

Nach einer neunjährigen Reise ist die Raumsonde «New Horizons» der NASA ihrem Ziel schon ordentlich nah! Sie wird am 14. Juli 2015 den Zwergplaneten Pluto erreichen und danach weiter in den Kuipergürtel vordringen. Der Vorbeiflug soll mehr Aufschlüsse über Pluto selbst, Charon sowie die beiden 2005 neu entdeckten kleineren Monde Nix und Hydra geben. 2011 und 2012 kamen die «Zwergmonde» Kerberos und Styx hinzu. Das Plutosystem ist einiges komplexer, als man bislang annahm. Umso gespannter darf man sein, wenn «New Horizons» die allerersten Nahaufnahmen dieser fernen Welten zur Erde übermittelt. Die Entfernung zu Pluto beträgt im kommenden Juli 2015 etwa 9'600 km, zu Charon 27'000 km. Nach dem Vorbeiflug am Zwergplaneten wird die Sonde ihre Reise aus dem Sonnensystem hinaus fortsetzen und dabei durch den Kuipergürtel fliegen, wo zwischen 2018 und 2019 ein Vorbeiflug an einem Kuipergürtel-Objekt mit einer Grösse von 30 bis 55 km Durchmesser geplant ist. (Red.)

BILD: PATRICIO CALDERARI

Extrem schmale Mondsichel kurz nach Neumond

Am 19. Februar 2015 um 19:18 Uhr MEZ fotografierte PATRICIO CALDERARI von Baldovana aus die junge Mondsichel wenige Stunden nach Neumond.