

# Ein **Kometenjäger** – auf **Eis** gelegt

*Die Reise ins All steht in den Sternen. Im Januar sollte der europäische Kundschafter Rosetta Kurs auf den Kometen Wirtanen nehmen. Doch der Absturz einer Ariane im Dezember letzten Jahres erzwang die Unterbrechung des Programms – und jetzt ist das Startfenster geschlossen. Die Raumsonde bleibt vorläufig auf der Erde. Wird sie jemals zu Wirtanen aufbrechen? Müssen die Experten ein neues Ziel anvisieren? Kurz: Welche Rakete bringt Rosetta wo hin? Diese Fragen beschäftigen die Wissenschaftler am **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR AERONOMIE**, die seit mehr als einem Jahrzehnt hart an dieser Mission arbeiten. **HELMUT HORNING**, Leitender Redakteur der MAXPLANCKFORSCHUNG, hat nachgefragt und erfahren, dass die Forscher dennoch optimistisch sind. Ihr Trost: „Besser sicher am Boden, als in hundert Kilometer Höhe explodiert ...“*

**G**eschmückt mit einem Millionen Kilometer langen Schweif aus Gas und Staub, zuweilen Funken sprühend wie ein Vulkan, umläuft Wirtanen die Sonne. Als frostig abweisende, unwirtliche Welt präsentiert er sich auf teleskopischen Aufnahmen, wenn er fern dem Zentralgestirn auf seiner Bahn durch das Planetensystem zieht. Kein Mensch wird je einen Fuß auf ihn setzen. Ob ihn ein von Menschenhand gebauter automatischer Kundschafter erreichen und berühren wird, ist noch unsicher. Im Jahr 2012 hätte genau das geschehen, hätte sich ein Vehikel namens Roland in der Kruste des schmutzigen Schneeballs festhaken und die bizarre Landschaft erkunden sollen. Doch endete die Reise zum Kometen, bevor sie begann.

Kourou, 11. Dezember 2002: Stampfend steigt die Trägerrakete Ariane 5 ECA in den Himmel über Französisch-Guayana. Nach sieben Minuten und sechsunddreißig Sekunden regnet das Zugpferd der europäischen

Raumfahrt einem Meteorschauer gleich vom Firmament. Einen Monat später nennt ein erster Zwischenbericht Risse im Kühlsystem des Haupttriebwerks Vulcain 2 als Unglücksursache: Dadurch habe sich der Motor überhitzt und an Leistung verloren. Die Rakete geriet auf die schiefe Bahn und musste gesprengt werden. Mit ihr platzte vorläufig der Traum, einen irdischen Vorposten auf Wirtanen zu errichten: Gut einen Monat später hätte ein anderer Typ der Ariane 5 die Sonde Rosetta und ihren Lander Roland in den Weltraum transportieren sollen, doch die europäische Betreibergesellschaft Arianespace setzte die Starts der neuen „Lastesel“ vorübergehend aus.

So bleibt Rosetta noch auf unbestimmte Zeit in der Garage. Selbst wenn Arianespace den Flugbetrieb mit der Ariane 5 demnächst fortsetzt, kann die Sonde nicht einfach an Bord genommen und ins All geschossen werden. Denn Rosetta steht vor verschlossenem Startfenster.

FOTOS: ASTROPHOTO (1) / ESA (1)

Geöffnet war es vom 13. bis zum 29. Januar an sieben Tagen für jeweils zwanzig Minuten täglich. Nur während dieser kurzen Zeitabschnitte hätte die Kometen-sonde mit der Ariane auf einem durch die Schwerkraft bestimmten Netz aus unsichtbaren „Schienen“ und „Weichen“ ihr Ziel ansteuern können.

Das Ziel hieß 46P/Wirtanen und war mit Bedacht gewählt: Der Komet – ein Klumpen aus Eis, Schmutz und gefrorenen Gasen – hat einen Durchmesser von ungefähr einem Kilometer und damit eine entsprechend geringe Anziehungskraft. Auf seiner ellipsenförmigen Bahn umrundet er alle fünfzehn Jahre die Sonne und verliert dabei Substanz: In jeder Sekunde bis zu sechshundert Kilogramm Wasser und einhundert Kilogramm Staub – der „verdampft“ und wegen der recht lockeren Schwerkraftfesseln ins All entweicht, statt sich wieder auf dem Kern abzulagern. Dessen Oberfläche wird also ständig gereinigt und dadurch frisch gehalten, so, als würde man Schnee am Straßenrand vom Schmutz befreien und in seinem ursprünglichen Zustand freilegen. Gerade die „unverdorbene“ Kometenmaterie ist für die Wissenschaftler besonders wertvoll.

Mit rund eineinhalb Jahrzehnten Planungs- und Bauzeit sowie zehn Jahren Flugzeit gehört Rosetta schon zu jenen generationsübergreifenden Langzeitprojekten, wie sie für Raumfahrt-Missionen typisch sind. Weshalb will man eine Sonde auf eine so lange Reise schicken? Welche Erwartungen knüpfen sich an ein Unternehmen, dessen Planer vielleicht nicht mehr leben, wenn der

tausend Kilometer große Gashülle um den Kern – birgt organische Moleküle wie Ethan, Formaldehyd, Zyanwasserstoff oder Methylalkohol.

Diese Entdeckung regt die Phantasie an: Haben Kometen so etwas wie „Lebenskeime“ auf die Erde gebracht? Die Anhänger der von Svante Arrhenius (1859 bis 1927) entwickelten und heute modifizierten „Panspermie-Hypothese“ bejahen dies. Die junge Erde war nach ihrer Geburt einem heftigen Bombardement kosmischer Trümmer ausgesetzt – übrig gebliebenes Material, das nicht in den großen Planeten „verbaut“ worden war. Unter diesen Brocken befanden sich viele Kometen, die nach Meinung ernst zu nehmender Wissenschaftler zumindest einen Teil des Wassers auf unseren Globus transportiert haben. Wirken die Schweifsterne zusätzlich als kosmische „Saatmaschinen“?

Gemeinsam mit den Planetoiden gehören die Kometen zum „Kleinkram“ in unserem Sonnensystem. Einige Zehntausend kennen die Astronomen bereits – und vermutlich existieren noch viel mehr, die sich den Blicken entziehen. Das P im Namen 46P/Wirtanen kennzeichnet ihn als einen periodischen, in regelmäßigen Abständen wiederkehrenden Schweifstern; die Ziffer 46 gibt seinen Platz in einer Liste gut bekannter periodischer Kometen an, die derzeit mehr als 130 Einträge aufweist. Und Wirtanen hieß der Forscher, der den kosmischen Vagabunden aufgespürt hat.

Carl Wirtanen (1910 bis 1990) stammte aus Wisconsin und arbeitete am Lick Observatorium der Universität von Kalifornien. Der Astronom fand den zunächst mit der Bezeichnung 1948b versehenen Himmelskörper am 15. Januar 1948 als schwaches Lichtfleckchen auf einer Fotoplatte. Die Umlaufzeit um die Sonne betrug damals 6,71 Jahre. Nahe Vorbeiflüge am Jupiter 1972 und 1984 verkürzten die Periode zunächst auf 5,87, dann auf 5,50 Jahre. Die Periheldistanz – Wirtanens kleinster Sonnenabstand – sank dabei auf rund 150 Millionen Kilometer, was zufällig der mittleren Entfernung zwischen Erde und Sonne entspricht.

Auf den ersten Blick mutet es absurd an, auf diesem kosmischen Schmutzball zu landen – auf einem nicht einmal einen Kubikkilometer großen Himmelskörper, der Abermillionen Kilometer entfernt mit „astronomisch“ hohem Tempo die Weiten des Weltraums durchmisst. Tatsächlich war der Weg zu Rosetta mindestens ebenso verschlungen wie die geplante Flugbahn. Die Idee, von einem Kometenkern Materialproben zur Erde zu bringen, entstand bereits knapp ein Jahr vor dem Vorbeiflug von Giotto am Halleyschen Kometen im März 1986: Fachleute der europäischen Weltraumagentur ESA empfahlen im Mai 1985 die „Comet Nucleus Sample Return (CNRS)“-Mission als besonders wichtigen Eckpfeiler des wissenschaftlichen Raumfahrtprogramms. Ende 1985 formierte sich eine gemeinsame ESA-NASA-Planungsgruppe, zwei Jahre später erhielt das Projekt seinen Namen. Zuvor war eine Zwischenstufe, das „Co-

met Rendezvous and Asteroid Flyby (CRAF)“, verworfen worden.

Rosetta sollte nach den ursprünglichen Plänen zwei Landegeräte transportieren: Roland (= *Rosetta Lander*), konstruiert von einem Konsortium unter deutscher Führung, und Champollion, gebaut von Amerikanern und Franzosen. Im Jahr 1993 entschied man sich gegen eine angesichts der knappen Gelder viel zu ehrgeizige „Sample Return“-Mission, die Kometengestein ins irdische Labor hätte bringen sollen. Im September 1996 machten die USA aus Budget- und Programmgründen einen Rückzieher. Champollion war nun für eine Landung auf dem Kometen 9P/Tempel 1 im Rahmen der NASA-Technologie-Mission „Deep Space 4“ vorgesehen; doch Mitte 1999 wurde auch dieser Plan aufgegeben. Die Amerikaner trieben andere Kometenprojekte voran, und an Rosetta arbeiteten die Europäer fortan allein.

Die vorgesehene Route des Kometenjähgers gleicht einem Billardspiel. Weil Rosetta nicht auf direktem Weg zum Ziel gelangt, muss sich die Sonde bei engen Vorbeiflügen an Planeten den nötigen Schwung holen; *gravity assist* nennen Fachleute dieses kosmische Katalpult. Zunächst knobelten die Bahnmechaniker enge Passagen aus: am Mars (August 2005) und zwei Mal an der Erde (November 2005 und November 2007) sowie zu Forschungszwecken an den Asteroiden Mimistrobell (September 2006) und Rodari (Oktober 2008). Später änderten sie ihren Plan, um interessantere Asteroiden anzusteuern: Vorgesehen waren jetzt Begegnungen mit Mars (Mai 2005), Erde (Oktober 2005 und Oktober 2007) sowie den Asteroiden Otawara (Juli 2006) und Siwa (Juli 2008). Etwa 600 Millionen Kilometer von der Sonne entfernt sollte im Jahr 2011 Rosettas Rendezvous mit Wirtanen beginnen: Die Sonde hätte zunächst den Kern umkreisen und ihn mehrere Monate lang bis zum Perihel begleiten sollen. Im Jahr 2012 schließlich wäre Roland auf dem tiefgekühlten Brocken niedergegangen.

In der von Carl Loewe (1796 bis 1869) vertonten Ballade „Der Komet“ werden an den Schweifsternen drei Fragen gestellt: „Wo kommst du her?“, „Verweilst du hier?“ und „Wo willst du hin?“. Die Antwort ist jeweils ein seelenloses „Weiß nicht!“. Die Fragen, die Rosetta-Forscher an ihren Kometen richten wollen, sind wesentlich spezifischer, und sie erhoffen sich sehr konkrete Antworten. So sollen die zehn Instrumente des Landegeräts Roland die Zusammensetzung von Kometenmaterie untersuchen, mechanische, thermische, elektrische und magnetische Eigenschaften des Kometenkerns ausloten sowie Oberflächenformen und innere Strukturen studieren.

Am Anfang des Projekts stand neben umfangreichem Fachwissen der Forscher und Konstrukteure die Vision vom Schritt in eine unbekannte Welt. Neben Mut und Phantasie waren schnell Nüchternheit und



Ausdauer gefragt, um in jahrelanger mühevoller Arbeit die Sonde und ihre „Fühler“ zu entwickeln und zu bauen. Die größtenteils noch unbekannteren äußeren Bedingungen auf dem Kometenkern erforderten technische Lösungen *en miniature*, die auch nach einem „erschütternden“ Start und einer Odyssee durch den Weltraum noch

perfekte Ergebnisse liefern sollten.

Am Max-Planck-Institut für Aeronomie in Katlenburg-Lindau arbeiteten bis zu 30 Wissenschaftler, 35 Ingenieure und Techniker sowie 15 Facharbeiter an dem Projekt – manchmal geradezu verbissen darauf bedacht, Termine einzuhalten. Feierabende, Nächte, Wochenenden, Urlaub wurden geopfert, man ging bis an die Leistungsgrenzen und darüber hinaus. Das Wort von der „neuen 68er-Generation“ machte die Runde: Die „68“ bezog sich auf die Zahl der Wochenarbeitsstunden. Dem leitenden Personal gelang es immer wieder, die hochmotivierten Mitarbeiter zu Spitzenleistungen zu bewegen. Und als dann die Experimente endlich abgegeben und in die Raumsonde eingebaut waren, kehrte immer noch keine Ruhe ein: Tests waren zu wiederholen, neue Projekte warteten bereits – und der Start musste auch noch gelingen. Doch Starts sind heikel.

Die Kometenforscher wussten schon vor Jahren, worauf sie sich einließen. Anders als der Molekularbiologe, der den Fadenwurm *C. elegans* oder das Bakterium *E. coli* problemlos im Labor untersucht, trennen den Astronomen und Astrophysiker Hunderte Millionen von Kilometer vom Objekt seiner Begierde. Diese Strecke muss erst einmal überwunden werden, und das geht nur mit

### Alltag – aber längst noch nicht Routine

komplizierter Technik. Nicht zuletzt die Tragödie um das amerikanische Spaceshuttle Columbia am 1. Februar 2003 zeigt, dass Raumfahrt alles andere ist als Routine – auch wenn sie mittlerweile zum Alltag gehört wie Handys oder Internet.

Eine Ariane 5 sollte Rosetta am 13. Januar 2003 in den Weltraum hieven. Während ihr Vorläufer Ariane 4 eine eindrucksvolle Bilanz aufwies – vom 15. Juni 1988 bis zum 15. Februar 2003 schlugen nur drei von hundertsechzehn Starts fehl – gab es mit der Baureihe Ariane 5 allerlei Probleme: Am 4. Juni 1996 endete der Jungfernflug in einem Feuerregen; mit der Ariane versanken die Trümmer von vier Forschungssatelliten in den Mangrovensümpfen Französisch-Guayanas. Bei Starts am 30. Oktober 1997 und am 12. Juli 2001 lieferte die Rakete ihre Nutzlasten nicht in der vorgesehenen Umlaufbahn ab. Und dann scheiterte im Dezember vergangenen Jahres auch noch der erste Start der neu entwickelten Ariane 5 ECA. ▶

### Astronomen suchen den Schlüssel zur Vergangenheit

Strom der am Kometen gesammelten Messdaten zu fließen beginnt? Eine erste Antwort gibt der Name der Mission: Nahe der Stadt Rosette im Nildelta fand man 1799 einen etwa quadratmetergroßen Stein, in den ein Dekret der ägyptischen Priestersynode in Memphis aus dem Jahr 196 v. Chr. in zwei Sprachen und drei Schriften eingemeißelt war – in ägyptischen Hieroglyphen, in Demotisch und in Griechisch. Dieser Stein ermöglichte es dem Franzosen Jean-François Champollion (1790 bis 1832), die Hieroglyphen zu entschlüsseln.

Auch Astronomen graben in der Vergangenheit: Wenn sie einen Roboter auf einem Kometen landen und dessen Boden „beackern“ lassen, dringen sie in die Geschichte des Sonnensystems ein. Denn die Kometenmaterie ist nahezu unverändert, seit sich Sonne und Planeten vor rund 4,6 Milliarden Jahren aus dem Urnebel geschält haben. So sollte Rosetta ein wichtiges Mosaiksteinchen liefern für das Bild vom Ursprung unserer kosmischen Heimat – und vielleicht Aufschluss darüber geben, wie das Leben auf die Erde kam und hier „ausgetrieben“ hat. Schließlich entstehen auf den Oberflächen von Kometenkernen unter Strahlungseinfluss vermutlich Aminosäuren (siehe MAXPLANCKFORSCHUNG 2/2002, S. 11 f.). Und die Koma – eine mehrere zeh-

Was wird nun aus Rosetta? Vorübergehend spekulieren die Fachleute über einen Start im Januar 2004 mit einer europäischen Ariane 5 ECA oder einer russischen Proton Block DM, die vor einigen Monaten den Gamma-Satelliten Integral auf eine perfekte Bahn gebracht hat. Doch die Probleme wären mannigfaltig: Die Ariane ist nicht qualifiziert und fliegt voraussichtlich erst wieder 2005; für die Proton müsste eine neue Nutzlastverkleidung konstruiert und getestet werden, um die Sonde unterzubringen, denn Rosettas Durchmesser ist 40 Zentimeter zu groß. Und manche fragen: Soll eine europäische Prestige-Mission wirklich auf einer russischen Rakete fliegen – jetzt, da sich Europa als „Raumfahrtmacht“ etabliert? Natürlich müsste die Antwort ja lauten, denn im Vordergrund steht das Gelingen eines wissenschaftlichen Projekts – und Rosetta ist nun einmal maßgeschneidert für Wirtanen. Ihn zu erreichen, wäre daher unbedingt wünschenswert.

Kurz nach der Verschiebung der Mission zerbrachen sich die Experten über ein anderes Problem den Kopf: Nach einem späteren Start mit einer Ariane 5 hätte Rosetta auf ihrem Flug zu Wirtanen an der Venus Schwung holen müssen. Weil der Planet der Sonne viel näher kommt als die Erde oder der Mars, ist es in der Umgebung der Liebesgöttin sehr warm. Rosetta verträgt jedoch nur Temperaturen zwischen minus 180 und plus 50 Grad Celsius und wäre daher „ins Schwitzen“ geraten – Bordinstrumente und Elektronik hätten das nicht unbeschadet überstanden. Eine ähnliche Situation hatte es im Jahr

stand von rund 500 Millionen Kilometern umläuft er in 6,57 Jahren einmal die Sonne.

„Chury“ ließe sich mit einer Ariane 5 G+ bei einem Start im Februar 2004 innerhalb von elf Jahren erreichen. Der Himmelskörper ist mit einem Kerndurchmesser von rund vier Kilometern fast noch typischer als Wirtanen. Doch genau das macht Schwierigkeiten: Wegen seiner im Vergleich zu Wirtanen etwa vierfachen Größe besitzt Chury auch eine deutlich höhere Anziehungskraft. Roland würde mit vergleichsweise hohem Tempo einschweben; doch das würde die für Wirtanen konstruierten, filigranen Landebeine stärker belasten. Derzeit unterziehen die Fachleute Roland einem virtuellen Belastungstest, um seine „Standfestigkeit“ mit Modellrechnungen und Simulationen zu prüfen.

Die ESA will sich im Mai entscheiden. Eile ist geboten, Rosetta lässt sich nur für einen begrenzten Zeitraum einlagern. Aber nicht nur aus diesem Grund hoffen die Forscher in Katlenburg-Lindau ebenso wie ihre Kollegen an den Max-Planck-Instituten für extraterrestrische Physik in Garching und für Chemie in Mainz, die beide ebenfalls mit Experimenten vertreten sind, auf eine rasche Entscheidung. Denn Zeit ist auch hier Geld: Die Rosetta-Mission kostet 700 Millionen, die Verzögerung weitere 100 Millionen Euro. Allein das Max-Planck-Institut für Aeronomie hat rund 34 Millionen Euro investiert, vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) kamen Drittmittel in Höhe von 18,2 Millionen Euro hinzu.

Darüber hinaus müssen die Expertenteams weiter zusammengehalten werden. Verlängerungen der Arbeitsverträge sind aber wegen geltender Verordnungen oder wegen persönlicher Planungen nicht immer und zudem nicht ohne sichere finanzielle Grundlage möglich. Offen ist derzeit zum Beispiel die Finanzierung von bis zu 20 Zeitverträgen. Und jüngste Meldungen über Sparpläne des Haushaltsausschusses im Bundestag tragen nicht gerade zu einem Stimmungshoch am Institut bei. Die Mitarbeiter können die Situation nicht beeinflussen. Sie haben für die Startabsage durchaus Verständnis, unvorhergesehene Änderungen wissenschaftlicher Pläne kennen sie von früher. Dennoch empfinden sie eine gewisse Müdigkeit – wie ein Hundert-Meter-Läufer, der vier Jahre für Olympia trainiert, sich ins Finale vorgekämpft hat und eine Minute vor dem Endlauf erfahren muss, dass das Rennen auf unbestimmte Zeit verschoben ist.

Wenn es aus der Geschichte um Rosetta eine Lehre zu ziehen gibt, dann diese: Warum bei zukünftigen Missionen nicht schon während der Planung nach Alternativen suchen? Warum nicht zu einem möglichst frühen Zeitpunkt flexibel agieren und sich Optionen offen lassen, auch wenn das vielleicht etwas mehr Geld kostet? So bleibt zu hoffen, dass Rosetta bald eine neue Chance erhält und Roland irgendwann tatsächlich „auf Eis liegt“ – auf dem gefrorenen Kern eines Kometen. ●

### Erfolgreiche Fahndung am Firmament

1986 bei Galileo gegeben: Als damals die starke amerikanische Rakete für einen direkten Schuss der Sonde zum Jupiter nicht mehr zur Verfügung stand und sich ein *gravity assist* an der Venus als Ausweg anbot, wurden Umbauten und spezielle Hitzeschilde notwendig.

Aber muss es unbedingt Wirtanen sein? Ende Februar hat das „Science Program Committee“ der ESA weitere Szenarien durchgespielt. Dabei tauchte „Chury“ am Horizont auf – 67P/Churyumov-Gerasimenko. Seine Entdeckung gleicht einer Detektivgeschichte: Am 20. September 1969 studierte Klim Ivanovic Churyumov, Gast-Astronom am Astrophysikalischen Institut im kasachischen Alma-Ata, eine Himmelsfotografie. Sie war wenige Tage zuvor von Svetlana Ivanovna Gerasimenko aufgenommen worden und sollte den bereits bekannten Kometen 32P/Comas Solá zeigen. Am Rand der Aufnahme spürte Churyumov wie erwartet ein nebliges Fleckchen auf – der vermeintliche Komet. Aber weitere Berechnungen ergaben, dass Comas Solá eigentlich an einer anderen Position stehen sollte. Die Fahndung verlief erfolgreich, Churyumov entdeckte ihn auf der fotografischen Platte als kaum wahrnehmbares Wölkchen am berechneten Ort. Daher konnte der erste Fund nur ein neuer Komet sein: Churyumov-Gerasimenko. Im Ab-