

ROSINAS Reise zurück zum Ursprung

Nach zehn Jahren Flug wird die Raumsonde Rosetta 2014 beim Kometen Churyumov-Gerasimenko ankommen. Mit an Bord ist das an der Universität Bern entworfene Spektrometer ROSINA. Die Mission führt zum Ursprung unseres Sonnensystems – und vielleicht zu den Anfängen des irdischen Lebens.

Von Kathrin Altwegg

Am 2. März 2004 startete eine Ariane 5-Rakete von Französisch-Guyana aus mit grossem Getöse in den wolkenverhangenen Nachthimmel. Damit begann die lange Reise der europäischen Kometenmission Rosetta zum Zielkometen Churyumov-Gerasimenko, eine Reise durchs All und gleichzeitig eine Reise zurück zu unserem Ursprung. Wir Berner Forschende nahmen mit einem lachenden und einem weinenden Auge Abschied von unserer ROSINA (Rosetta Orbiter Sensor for Ion and Neutral Analysis), die uns während der vorangegangenen acht Jahre intensiv beschäftigt hatte.

1995 wurde unser Antrag von der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) angenommen, 1996 begannen wir mit dem Design von Prototypen. Der Bau des Instruments mit seinen Hochs und Tiefs, die teils aufreibende, teils äusserst anregende Zusammenarbeit mit der Schweizer Industrie, die unsere Pläne und Konzepte in ein flugfähiges Instrument umgesetzt hatte, waren damit zu Ende. All die unzähligen Nachtschichten bei der Weltraum-Testkammer, die hitzigen Diskussionen nach dem Auftreten von Anomalien, die vielen Telekonferenzen mit unseren ausländischen Partnerinstituten gehörten der Vergangenheit an. Aus den anfänglichen Projektzeichnungen und den ersten Prototypen waren funktionierende Weltrauminstrumente geworden, die sorgfältig in die Rosetta-Sonde eingebaut wurden und mit dieser zusammen die letzten Tests vor dem Start mit Bravour bestanden hatten.

Schreckstunden und Nervenproben

Einige Mitarbeiter, Ingenieurinnen und Postdocs mussten sich nach dem Start anderen Aufgaben zuwenden, und manche verliessen unser Institut. Nicht, dass damit das ROSINA-Projekt zu Ende war. Im Gegenteil, es folgten und folgen noch viele weitere Jahre mit zum Teil intensiver Arbeit – aber die Arbeit ist seit dem fulminanten Start von Rosetta eine andere. Zurück im Labor blieben neben einigen Wissenschaftlern auch das Zwillinginstrument von ROSINA, ein komplettes Ebenbild des Fluginstruments im All. In den Monaten nach dem

Start wurden unsere Instrumente im Flug getestet: eine Nervenprobe sondergleichen.

Es begann harmlos mit der Inbetriebnahme des kleinsten Sensors, unseres Druckmessgeräts COPS, das ohne Probleme seine Arbeit aufnahm. Das Aufsprengen der Deckel der beiden Massenspektrometer im Weltall hingegen gelang erst im zweiten Anlauf. Da wurde uns so richtig bewusst, was es heisst, ein Fluginstrument zum Laufen zu bringen, das sich im Weltall halt doch ein bisschen anders verhält als im Labor, so ganz ohne Gravitation und bei anderen Temperaturbedingungen. Es waren einige Schrecksekunden oder eher -stunden zu überstehen, bis wir wussten, dass die Deckel richtig offen waren. Nach ein paar Monaten, während denen die Instrumente ausgasen konnten, wurde dann zuerst beim Massenspektrometer DFMS die Hochspannung eingeschaltet – und es passierte, was jeder, der mit Weltrauminstrumenten zu tun hat, besonders fürchtet: Es kam zu elektrischen Überschlügen. Da bei den Instrumenten jedes Gramm gespart werden muss, um sie flugtauglich zu machen, geht man punkto Isolationsabstände nahe an die physikalische Grenze – und hier ging man offensichtlich zu nahe daran. Hat sich beim Start irgendetwas verschoben oder gelöst?

Wir wissen es auch heute noch nicht. Glück im Unglück! Mit Hilfe des Zwillinginstruments fanden wir im Labor einen Parametersatz für die Hochspannungen, bei dem die kritische Spannung erheblich gesenkt werden konnte, ohne die Eigenschaften des Instruments zu verändern. Mit einem Software-Update per Funk wurde das Problem so behoben.

Zehn Jahre Zeit, um Fehler zu beheben

Das andere Massenspektrometer, RTOF, liess sich ohne weiteres einschalten. Ein paar Monate später, bei einem weiteren Test, verhielt sich dann aber genau dieser Sensor sehr sonderbar, entwickelte ein Eigenleben, verstellte seine Spannungen, ohne Kommandos zu bekommen. Wir brauchten mehrere Jahre, um das zu verstehen, unzählige Tests am Zwilling-

instrument im Labor, wiederum unzählige Konferenzen mit unseren internationalen Partnern, die die Elektronik gebaut hatten. Glücklicherweise dauert die Reise von Rosetta zehn Jahre und glücklicherweise hatten wir Zwillinginstrumente hier auf der Erde. Diese Abklärungen wurden mit der Zeit nicht einfacher, wurden doch Mitarbeitende bei uns in Bern und im Ausland pensioniert, wechselten die Stelle, ein konstanter Abfluss von Know-how.

Per Zufall konnten wir schlussendlich den Fehler im Labor reproduzieren, wiederum Hochspannungsüberschläge in der Elektronik, und – dank dem Einfallsreichtum unseres Berner Elektronikingenieurs – dann mit einer reinen Softwarelösung beheben. Im März 2010, fast genau sechs Jahre nach dem Start, funktionierte dann auch RTOF wie gewünscht, nachdem die entsprechende Software per Funk an das Fluginstrument übermittelt wurde. Genau rechtzeitig, um während dem Vorbeiflug am Asteroiden Lutetia im Juli 2010 die ersten wissenschaftlichen Messungen machen zu können.

Anlauf holen beim Mars

Unterdessen hatte Rosetta drei Erdvorbeiflüge und einen Marsvorbeiflug hinter sich und befand sich in einer Distanz von der Sonne, die vor ihr noch keine Raumsonde nur mit Sonnenenergie erreicht hatte. Die Vorbeiflüge an den Planeten waren eine Art kosmisches Pingpong. Durch die Gravitation wurde ein klein bisschen der Bewegungsenergie der Planeten um die Sonne auf die Sonde übertragen, so dass Rosetta bei jeder Begegnung mit einem Planeten mehr Geschwindigkeit erhielt. So erreichte sie schliesslich die Bahn, die sie zum Kometen bringen wird.

Regelmässig testeten wir unsere Geräte und stellten dabei fest, dass Rosetta ganz schön «dreckig» ist. Unsere Massenspektrometer sind so empfindlich, dass sie alles Gas, das aus Rosetta auch nach vielen Jahren noch austritt, analysieren können. Vakuumfett, Epoxid-Harze, Polyurethane und vieles mehr können wir so nachweisen. Glücklicherweise wird die Koma, also die leuchtende Gashülle des Kometen, dann



Rosetta über dem Mars. Im Vordergrund sind die Konturen der Raumsonde zu erkennen. Bild: © ESA Steiner



Im Kontrollzentrum der ESA in Darmstadt herrscht Hochspannung: Warum sendet das ROSINA-RTOF-Instrument bloss «Error»-Meldungen aus dem All? © CSH Uni Bern, Foto Rudolf

aber um mehrere Grössenordnungen dichter sein als die «Koma» von Rosetta, so dass uns diese Wolke nicht mehr stören wird. Unser Instrument im Labor setzen wir absichtlich ähnlichen Substanzen aus. Fast täglich werden die Instrumente seit vielen Jahren von unseren Masterstudierenden, Doktorierenden und Postdocs betrieben und mit allem Möglichen geeicht. Damit wollen wir die Reaktion der Instrumente auf verschiedenste Gase und Gasmischungen testen, damit wir dann die Signale, die uns vom Kometen per Funk übermittelt werden, richtig interpretieren können.

Dies hilft aber auch, damit uns das Wissen nicht abhandenkommt. Zehn Jahre sind schon eine sehr lange Zeit. Es umfasst mehrere Generationen von Doktorierenden. Niemand von den Wissenschaftlern ausser den Professorinnen mag sich noch an die Zeit des Instrumentenbaus erinnern. Umso wichtiger sind unsere langjährigen Techniker, die an unserem Institut die Infrastruktur betreuen. Sie wissen um die Eigenheiten der Sensoren, sie kennen die Tricks, die es braucht, diese heiklen Instrumente zu unterhalten. Mit viel Geduld weisen sie jeweils junge Doktorierende in die Geheimnisse der komplizierten Eichenlagen und der Handhabung der Experimente ein. Sie sind somit absolut unentbehrlich für den Erfolg einer solchen Mission.

Landung auf dem Kometen am 11. 11. 2014

Jetzt rückt also das eigentliche Ziel, der Komet Churyumov-Gerasimenko mit gerade einmal vier Kilometern im Durchmesser, immer näher. In einem Jahr werden die ersten Bilder vom Kometen auf die Erde gefunkt werden. Im September 2014 wird

Rosetta dann in eine Umlaufbahn um den Kometen gehen und ihn während fast eineinhalb Jahren auf seiner Bahn um die Sonne begleiten. Am 11. November 2014 soll dann eine Landeeinheit abgesetzt werden. So steht uns eine wissenschaftlich äusserst interessante Zeit bevor.

Wieso eigentlich ein Komet, und wieso ausgerechnet Churyumov-Gerasimenko? Die zweite Frage ist einfach zu beantworten: Churyumov-Gerasimenko war einfach am richtigen Ort, als wegen einer Startverzögerung der Ariane 5 im Jahr 2003 die Reise zu unserem ursprünglichen Zielkometen Wirtanen nicht mehr möglich war. Wir brauchten einen Kometen auf einer Bahn, die wir mit der Energie einer Ariane 5 und mit einigen Erd- und Mars-vorbeiflügen in einem vernünftigen Zeitrahmen erreichen konnten. Kometen gibt es glücklicherweise relativ viele und «Chury» ist ein absolut gleichwertiges Ziel wie der ursprüngliche Wirtanen – bis auf den unaussprechlichen Namen.

Brachten Kometen Wasser auf die Erde?

Die erste Frage zu beantworten dauert etwas länger: Kometen stammen aus der ganz frühen Zeit unseres Sonnensystems. Sie sind sozusagen die übriggebliebenen Klumpen in der Ursuppe unseres Sonnenebels, aus dem die Sonne und alle Planeten entstanden sind. Man nimmt an, dass die heutigen Kometen aus der Gegend von Uranus und Neptun stammen und nie nahe bei der Sonne waren. Durch die Gravitation der grossen Planeten wurden sie ins äussere Sonnensystem hinaus katapultiert, ähnlich wie mit einer Steinschleuder. Von dort können sie durch Einflüsse der

Gravitation wie zum Beispiel durch Gezeitenkräfte unserer Galaxie oder vorbeiziehende Sterne wieder ins Innere des Sonnensystems gelangen.

Kometen bestehen hauptsächlich aus Eis (Wasser und Kohlendioxyd) und Staub. Dieses Material wurde während den 4,6 Milliarden Jahren, die unser Sonnensystem existiert, gut tiefgefroren und damit konserviert. Nur wenn ein Komet in die Nähe der Sonne kommt, verdampft dieses Material, was dann zu den schönen Kometenschweif führt. Durch die Analyse dieses Materials können wir Rückschlüsse auf die Bedingungen ziehen, unter denen es entstand und auf die Verhältnisse, die damals im Sonnenebel herrschten. Wir können klären, ob mindestens ein Teil des irdischen Wassers durch Einschläge von Kometen gebracht wurde und welche organischen Materialien, die man in Kometen nachweisen kann, eventuell die Bildung von Leben auf der Erde erst möglich gemacht haben.

Mit Kometenforschung machen wir also eine Reise zurück in die Urgeschichte unseres Sonnensystems und zum Ursprung des irdischen Lebens. Es ist Archäologie der Frühzeit, allerdings haben die Jahreszahlen bei dieser Art von Archäologie ein paar Nullen mehr. Dies sind die zentralen Fragen, die an der Universität Bern seit mehr als 40 Jahren mit Weltraumforschung untersucht werden und die jetzt mit dem Center for Space and Habitability auch auf Sterne und Planeten ausserhalb unseres Sonnensystems ausgedehnt werden.

Kontakt: Prof. Dr. Kathrin Altwegg, Physikalisches Institut, Abteilung Weltraumforschung und Planetologie, Center for Space and Habitability, kathrin.altwegg@space.unibe.ch