

ESA-Mission startet mit Schwetzingen Kometenexperiment

Schwetzingen/Kourou

1 Aktuelles

Die für einen Start gegen Ende Januar in Kourou/Französisch-Guayana vorbereitete Ariane-Rakete „Flug 158“ der ESA hat wieder einmal ein großes Raumfahrtexperiment aus Schwetzingen mit an Bord: Das Experiment **COSIMA**, entwickelt und gebaut von der traditionsreichen Firma von Hoerner & Sulger GmbH, wird im Rahmen der unbemannten ESA-Mission ROSETTA den Staub des Kometen Wirtanen chemisch untersuchen. Leider ist der ROSETTA-Start momentan wegen Komplikationen mit der Rakete verschoben worden, und so bleibt für das COSIMA-Team einstweilen nur das Hoffen auf einen möglichst baldigen Ersatztermin.

Das COSIMA Instrument (**CO**metary **S**econdary **I**on **M**ass **A**nalyser), ein deutscher Beitrag unter der wissenschaftlichen Leitung des Kometenforschers Dr. Jochen Kessel vom Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik in Garching, ging an die Firma vH&S als Hauptauftragnehmer. Mehrere nationale und internationale Institute waren an der Entwicklung dieses komplexen Instruments mit Beiträgen beteiligt. Das COSIMA-Projekt wurde vom deutschen Forschungsministerium und entsprechenden Ministerien der beteiligten Staaten finanziert.

2 Die ROSETTA Mission

Die Langzeit-Mission ROSETTA der ESA ist ein wichtiger Meilenstein zur Erforschung unseres Sonnensystems. Ihr ursprüngliches Ziel, den Komet Wirtanen, sollte die ROSETTA Raumsonde nach langer Reise im Jahr 2011 erreichen. Mit der Startverschiebung müssen nun auch andere Kometen als alternative Ziele in Betracht gezogen werden.

Die ROSETTA Raumsonde besteht aus dem „Orbiter“, welcher den Kometen für mehrere Jahre umkreisen und auf seinem Weg in größere Sonnennähe begleiten soll, und dem „Lander“, einer mitgebrachten Landestation. Der ROSETTA Orbiter wird zunächst Digitalfotos vom Kern des Kometen schießen und zur Erde funken. Bald darauf wird der Lander, bestückt mit zehn wissenschaftlichen Experimenten, auf dem Kometenkern abgesetzt. Diese werden viele neue Detailinformationen zum Aufbau des Kometenkerns liefern. Die Funkverbindung zwischen dem Lander und der Erde erfolgt über den Orbiter. Auch zum ROSETTA Lander hat vH&S mit der Zentralelektronik für das Experiment SESAME einen wichtigen Beitrag geleistet.

3 Die COSIMA Geschichte

Die Entwicklung des COSIMA-Experiments begann bereits 1992 mit einer Vorstudie der ESA zu einer neuen Kometenmission „ROSETTA“. Dr. Kissel, damals noch am Max-Planck-Institut für Kernphysik (MPK) in Heidelberg, wurde aufgefordert, der ESA das Konzept eines Staubspektrometers zu Studienzwecken zur Verfügung zu stellen. Zu dieser Zeit gab es bei vH&S bereits ein für das MPK fertig entwickeltes Spektrometerexperiment „CoMA“, das in der leider im Februar 1991 abgebrochenen NASA-Mission CRAF hätte eingesetzt werden sollen. Unter mehreren Kandidaten wählte die ESA im September 1993 ROSETTA als Gewinner aus, und definierte diese Mission als neue „Cornerstone Mission“ des ESA-Programmes.

Um die deutsche Kostenlast für die Experimententwicklung zu verringern, besuchte Dr. Kissel im Juni 1994 mehrere wissenschaftliche Institute im In- und Ausland, sammelte extern finanzierte Beiträge zum Instrument, und reichte bei der ESA einen Experimentvorschlag „COSIMA“ als Nachfolge zu CoMA ein.

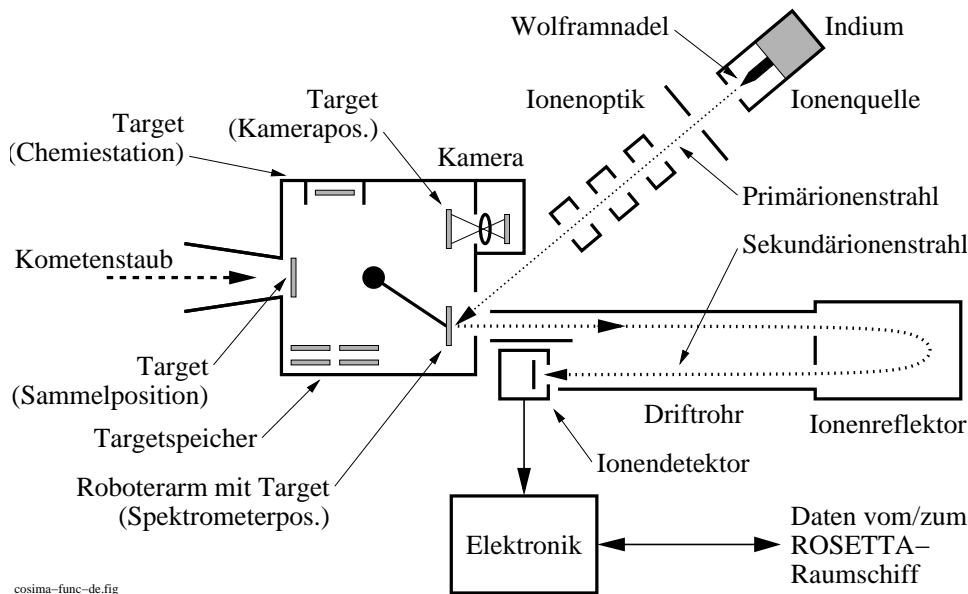
Am 22. Dezember 1995 wählte die ESA das Experiment COSIMA als einen der wichtigsten Beiträge für ROSETTA aus. Mit der Entwicklung des COSIMA Prototypen (Ingenieurmodell) begann die Firma vH&S Mitte 1996. Das COSIMA Instrument wurde von der deutschen DARA (heutige DLR) zunächst als Technologische Vorentwicklung an vH&S vergeben, und von vH&S in Verbindung mit einem weiteren Staubexperiment CIDA erst im Konzept und dann als Gerät entwickelt. Der Auftrag an vH&S zum Bau des COSIMA Flugmodells erfolgte im Jahr 1998. Das endgültige COSIMA Fluginstrument wurde im Juli 2002 bei der ESTEC in Noordwijk/Niederlande abgeliefert und in die ROSETTA Raumsonde eingebaut. Seither wartet COSIMA auf den Start.

4 COSIMA sammelt und analysiert Kometenstaub

Der Komet Wirtanen wird sich zu Beginn des Rendezvous mit ROSETTA in weiter Ferne (5 AU) zur Sonne befinden. ROSETTA wird den Kometen bei seiner Reise in Richtung Sonne verfolgen. In dieser Phase wird sich der Komet an der Oberfläche aufheizen, wobei Gase und feste Partikel, vor allem Eis und Staub, aus seiner Oberfläche freigesetzt und vom Sonnenwind weggedrückt werden (so entsteht der charakteristische Kometenschweif). Dies ist die Projektphase, in der das COSIMA-Instrument Staubpartikel sammeln und analysieren wird. Die Staubteilchen bleiben auf der porösen Oberfläche kleiner Metallsubstrate (Targets) haften, die dem Weltraum ausgesetzt werden. Im COSIMA-Instrument werden die gesammelten Staubteilchen auf den Targets zunächst mit Hilfe einer Digitalkamera lokalisiert. Anschließend werden die Targets mit Hilfe des COSIMA Massenspektrometers auf ihre chemische Zusammensetzung hin analysiert. Die hierbei gewonnenen Massenspektren werden als Rohdaten über die Telemetrie der ROSETTA Raumsonde zur Erde gefunkt, wo sie aufbereitet und wissenschaftlich ausgewertet werden.

5 Detailbeschreibung der COSIMA Baugruppen

Siehe hierzu die folgende Funktionsübersicht:



5.1 Die Staubsammeleinheit

Die Staubsammeleinheit hält 24 Targets auf Vorrat. Ein miniaturisierter Roboterarm bringt ein ausgewähltes Target entweder nach draußen zum Sammeln, oder in eine von mehreren Analysepositionen, wo die Untersuchung des eingefangenen Staubes erfolgt. Die Targets sind aus verschiedenen hochreinen Metallen hergestellt, an der Oberfläche zum Einfangen von Staub präpariert, und unter extremen Reinheitsbedingungen im Reinraum von vH&S in COSIMA montiert. Natürlich muß vermieden werden, daß mitgebrachter Staub von der Erde später für Kometenstaub gehalten wird. Zusätzlich untersucht COSIMA noch kurz vor dem Sammeln des Kometenstaubs alle Targets auf eventuelle Verunreinigungen, und reinigt sie mit einem Ionenstrahl (s. u.).

5.2 Die Kamera

Wenn ein Target genug Staub gesammelt hat, bringt es der Roboterarm der Staubsammeleinheit zunächst vor das Objektiv einer digitalen Mikroskopkamera. Mehrere Leuchtdioden beleuchten die Targetoberfläche im Streiflicht, so daß die Staubkörner durch ihre langen Schatten erkennbar werden. Die Kamera berechnet zu jedem gefundenen Staubteilchen gleich dessen Ort auf dem Target.

5.3 Die Chemiestation

In einer weiteren Analyseposition kann das Target aufgeheizt werden. Hier wird untersucht, wie sich die Staubteilchen bei Erwärmung verändern.

5.4 Das Massenspektrometer

Die wichtigste Analyseposition gehört zum Massenspektrometerteil von COSIMA. Hier wird das Target mit wenigen Nanosekunden kurzen Impulsen aus einer Ionenquelle beschossen. Trifft dieser primäre Ionenstrahl auf ein Staubteilchen, schlägt er Sekundärionen heraus. Diese werden durch elektrische Felder beschleunigt und legen eine feste Distanz in einem vergoldeten Driftrohr zurück, werden durch elektrische Felder in einem Reflektor zurückgelenkt, und durchlaufen das gleiche Driftrohr ein zweites Mal. Dieser doppelte Weg reduziert die Baulänge von COSIMA und erhöht zusätzlich die erzielbare Massenauflösung. Am Ziel wird der Sekundärionenstrahl durch einen hochempfindlichen Ionendetektor aufgefangen. Alle Ionen erhalten am Anfang die gleiche Energie. Dadurch fliegen schwerere Ionen langsamer als leichte, so daß leichte Ionen früher als schwere am Ziel eintreffen. Damit entspricht der Zeitverlauf des Signals am Ionendetektor direkt dem Massenspektrum des Staubteilchens. Solche Spektrometer werden aufgrund ihres Arbeitsprinzips Flugzeit-Massenspektrometer genannt. Das Meßprinzip besitzt eine hohe Auflösung, ist gut überschaubar, extrem zuverlässig, und sehr dafür geeignet, automatisch ohne Bedienpersonal Messungen durchzuführen—Voraussetzungen, die es für die Raumfahrt prädestinieren. Das Spektrometer kann Elementmassen im Bereich von 1... 4000 AMU bestimmen, bei einer relativen Massenauflösung von 3000 (bei 13 AMU).

Die Firma von Hoerner & Sulger hat langjährige Erfahrung mit diesem Spektrometertyp. Bereits im Jahr 1986 haben gleich drei von vH&S gebaute Massenspektrometer den Kometen Halley besucht, die ersten Spektrometer überhaupt, die je einen Kometen erreicht haben! Ein weiteres Massenspektrometer CIDA, das ebenfalls von vH&S gebaut wurde, befindet sich seit 1999 auf der NASA-Mission STARDUST auf dem Weg zum Kometen Wild 2.

5.5 Die Indiumquellen des Massenspektrometers

Als Ionenquellen verwendet COSIMA zwei Flüssigmetall-Emitter, die mit dem Element Indium gefüllt sind. Dieses Metall hat einen niedrigen Schmelzpunkt und kann durch ein kleines Heizelement leicht verflüssigt werden. Das flüssige Indium kriecht entlang einer Wolframnadel zu dessen Spitze. Dort zieht ein elektrisches Feld Indiumionen ab, so daß ein feiner Indiumstrahl entsteht. Dieser wird durch Ionenoptiken gebündelt und in kurze Pulse zerhackt. Schließlich trifft der Indiumstrahl das Target mit dem zu untersuchenden Kometenstaub.

Eine zweite Indiumquelle mit separater Ionenoptik wird zur Reinigung der Targetoberflächen durch „Sputtering“ verwendet. Sie dient auch als Ersatzquelle (Redundanz), falls die Hauptionenquelle ausfallen sollte.

5.6 Die COSIMA Elektronik

Zur Realisierung aller beschriebenen Funktionen enthält COSIMA eine große Zahl elektronischer Komponenten, verteilt auf 32 eng gepackte gedruckte Schaltungen. Viele Präzisions-Hochspannungsgeneratoren stellen sicher, daß die Ionen auf exakt vorgegebenen Flugbahnen bleiben und ihren Weg zum Ionendetektor finden. Die Flugzeiten der Ionen werden mit Nanosekundengenauigkeit durch eine Hochgeschwindigkeitselektronik gemessen. Ein schneller Signalprozessor steuert und überwacht alle Funktionen und stellt die Datenverbindung zur Raumsonde her. Das gesamte COSIMA Experiment verbraucht im Normalbetrieb dennoch weniger als 20 Watt Leistung; es wird von der Raumsonde mit einer einzigen Spannung (28 V) versorgt und erzeugt sich alle intern erforderlichen Betriebsspannungen selbst. Das komplette COSIMA-Experiment wiegt knapp 20 kg.

6 Zuverlässigkeitsaspekte beim Bau von COSIMA

Bei der Entwicklung eines solchen komplexen Systems spielt die Zuverlässigkeit und Robustheit unter extremen Weltraumbedingungen natürlich eine große Rolle. Zu den enormen Schwankungen der Umgebungstemperatur je nach Entfernung von der Sonne kommt die im Weltraum überall vorhandene radioaktive Strahlung. Bauteile können wegen der fehlenden Atmosphäre nicht durch Lüfter gekühlt werden (wie dies auf der Erde z. B. einfach in jedem PC erfolgt). Eine weitere kritische Randbedingung für alle Experimente der ROSETTA Mission ist auch, daß die wichtige Betriebsphase erst in neun Jahren sein wird. Daher müssen für alle Systeme besonders zuverlässige und langlebige Bauteile verwendet werden. Die Firma vH&S hat auf den Bau des Instruments und die Komponentenauswahl besonders große Sorgfalt verwendet. Zum Beispiel wurden mehrere in COSIMA verwendete Bauteile eigens von vH&S mit der Hilfe der ESTEC auf ihre Strahlungstauglichkeit hin untersucht. Es fliegt sogar ein kleiner Strahlungssensor in COSIMA mit, um die eintreffende Weltraumstrahlung zu protokollieren; sozusagen ein Experiment im Experiment.

7 vH&S Firmenprofil

Die Firma von Hoerner & Sulger ist ein unabhängiges mittelständisches Unternehmen („KMU“) mit Sitz in Schwetzingen, gegründet im Jahr 1971 von Frau Dr. Hanna von Hoerner. Neben Sonderentwicklungen für die Medizintechnik und industrielle Anwendungen sind Instrumentensysteme für die wissenschaftliche Raumfahrt eine Spezialität der Firma. Mit ca. 20 Mitarbeitern hat die Firma vH&S schon mehr als 15 Raumfahrtinstrumente als Hauptauftragnehmer entwickelt und gebaut. Hinzu kommen eine Vielzahl von ballistischen Raketenexperimenten und wissenschaftlichen Studien für die Raumfahrt. Die wichtigsten Raumfahrtprojekte bei vH&S sind zur Zeit:

- Flugzeit-Massenspektrometer COSIMA auf ROSETTA.
- Instrumentenelektronik SESAME auf dem Landegerät der ROSETTA Mission.
- Lyman-Alpha Strahlungsdetektoren für die amerikanische TWINS Mission, im Hauptauftrag des Instituts für Atmosphärenphysik der Universität Bonn.
- Technologiestudie zur Entwicklung des Mikrorovers „NANOKHOD“ für die Erkundung der Oberfläche des Planeten Merkur, im Hauptauftrag für die Europäische Raumfahrtagentur ESA.
- Technologiestudie für einen Minirover zur regionalen Erkundung der Marsoberfläche mit einem neuen Antriebs/Chassis-Konzept (SOLERO), im Hauptauftrag für die Europäische Raumfahrtagentur ESA.
- Entwicklung und Bau eines digitalen Echtzeit-Videosystems für robotische Anwendungen (ROKVISS) auf der Internationalen Raumstation, im Unterauftrag der Firma Astrium GmbH.

8 Bilder zum Download

Die Originale der folgenden Bilder mit hoher Auflösung können von der vH&S Homepage heruntergeladen werden, siehe Links bei den Bildern.



Photo 1 des COSIMA Flugmodells

vH&S URL: <http://www.vh-s.de/projects/cosima/press/cosima-fm-a.jpg>



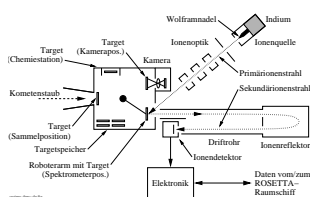
Photo 2 des COSIMA Flugmodells

vH&S URL: <http://www.vh-s.de/projects/cosima/press/cosima-xm-a.jpg>



Photo 3 des COSIMA Flugmodells

vH&S URL: <http://www.vh-s.de/projects/cosima/press/cosima-xm-b.jpg>



COSIMA Funktionsüberblick. Dieser zeigt schematisch die wesentlichen Baugruppen von COSIMA, die verschiedenen Analysepositionen, und die Bahnen der primären und sekundären Ionen.

vH&S URL: <http://www.vh-s.de/projects/cosima/press/cosima-func-de.jpg>



Blick in den vH&S Reinraum, während der Instrumentkalibration. Die COSIMA Elektronik-Box ist in der Bildmitte. Rechts im Bild: Dipl.-Ing. Andreas Koch (vH&S) beim Bedienen der Testapparatur.

vH&S URL: <http://www.vh-s.de/projects/cosima/press/xm-020228.jpg>

9 Kontaktadresse und Ansprechpartner bei vh&s

von Hoerner & Sulger GmbH
Schlossplatz 8
D-68723 Schwetzingen

Tel.: 0 62 02 / 57 56-0

FAX: 0 62 02 / 57 56-55

E-Mail: cosima@vh-s.de

9.1 Projektleitung COSIMA

Dr. Hanna von Hoerner

Tel.: 0 62 02 / 57 56-12

E-Mail: vonhoerner@vh-s.de

Dr.-Ing. Hartmut Henkel

Tel.: 0 62 02 / 57 56-16

E-Mail: henkel@vh-s.de

10 Weitere Informationen aus dem Internet

Homepage der ROSETTA Mission: <http://rosetta.esa.int>

Homepage von vh&s: <http://www.vh-s.de>

Die COSIMA Projektseite bei vh&s: <http://www.vh-s.de/projects/cosima/cosima.html>

Informationen zu COSIMA beim FMI: <http://www.geo.fmi.fi/PLANETS/Cosima.html>

Homepage der Arianespace: <http://www.arianespace.com>

Homepage der ESA: <http://www.esa.int>

11 Abkürzungen

AU	Astronomical Unit
CIDA	Cometary and Interstellar Dust Analyzer
CoMA	Cometary Mass Analyzer
COSIMA	COmetary Secondary Ion Mass Analyzer
CRAF	Comet Rendezvous and Asteroid Flyby
ESA	European Space Agency
ESTEC	European Space Research & Technology Centre
KMU	Kleine und Mittelständische Unternehmen
MPE	Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik
MPK	Max-Planck-Institut für Kernphysik