

Pressemitteilung

Kometenstaub kommt zurück – wir waren schon da

Ein Staubanalysator aus Schwetzingen hat bereits vor Ort den Kometenstaub unter die Lupe genommen, von dem am 15. Januar Proben auf der Erde landen

Schwetzingen, 11.1.2006 Wenn kommenden Sonntag zum ersten Mal Staub von einem fernen Kometen in einer Kapsel zur Erde herab schwebt, haben die Mitarbeiter eines Schwetzinger Raumfahrt-Unternehmens – und ihre Auftraggeber in der Wissenschaft – gut Lachen: Sie haben sich den Staub schon vor zwei Jahren angeschaut. Und zwar mit dem Experiment CIDA, dem „Cometary and Interstellar Dust Analyzer“, der ebenso wie der Staubfänger auf der NASA-Raumsonde Stardust sitzt und mit ihr am 3. Januar 2004 durch die staubige Atmosphäre des Kometen Wild 2 gerast war. Stardusts Hauptaufgabe war es damals, eine Art kosmische Fliegenklatsche auszufahren und ein paar jener Staubteilchen einzufangen, die gerade erst aus dem Kometenkern herausgetrieben wurden: Sie dürften zur urtümlichsten Materie gehören, die das Sonnensystem heute noch zu bieten hat. Vor sieben Jahren war die Mission gestartet worden (am 7.2.1999), vor zwei Jahren war sie am Ziel, und nun rast Stardust wieder auf die Erde zu, nach einer 4,6 Mrd. km langen Reise. Und an Bord vielleicht ein Milligramm jener Urmaterie, aus der später das ganze Sonnensystem entstand.

Beim Besuch des Kometen war die Geschwindigkeit des Vorbeiflugs so niedrig wie möglich gewählt worden: 6,1 km/s oder 22000 Stundenkilometer, was im Kosmos als ziemlich langsam gilt. So sollte ein möglichst sanfter Einfang der winzigen Staubteilchen ermöglicht werden, die in einem sogenannten Aerogel stecken bleiben. Dieser erstaunliche Werkstoff besteht aus Siliziumdioxid, jedoch in einer schwammartigen Struktur, die zu über 99 % aus leerem Raum besteht – mit 1000-mal geringerer Dichte als Glas. Wenn ein kleines Teilchen mit hoher Geschwindigkeit auf solch ein Aerogel aufschlägt, dann wird es relativ langsam auf Null abgebremst und hinterläßt dabei einen sichtbaren Kanal im Material, der etwa 200-mal so lang ist wie das Teilchen groß. Nicht daß die Teilchen unbeschadet im Aerogel sitzen würden: Durch die Reibung heizen sie sich auf tausende Grad Celsius auf, das Aerogel

schmilzt rund um die heißen Teilchen und schließt sie zusätzlich in eine Art Glas ein. Viele flüchtige Bestandteile, die ursprünglich in den Teilchen steckten, sind dann allerdings verschwunden.

Was steckt im Kometenstaub?

Ganz anders arbeitete dagegen CIDA, das die von Hoerner & Sulger GmbH im Auftrag von Dr. Jochen Kessel vom Max Planck Institut für Sonnensystemforschung in Katlenburg-Lindau und dem Max Planck Institut für extraterrestrische Physik in Garching gebaut hatte. Das Instrument hielt ein sogenanntes Target aus Silber in den Strom der Kometenteilchen: Dort schlugen sie auf und wurden in ihre einzelnen Moleküle zerrissen, die als solche jedoch weitgehend intakt geblieben sein dürften. 29-mal geschah das während des Vorbeiflugs an Komet Wild 2, als typischerweise ein halbes Billionstel Gramm leichte Staubpartikel in das Instrument gelangten. Die Moleküle werden beim Einschlag elektrisch aufgeladen (ionisiert), wegen der geringen Impaktgeschwindigkeit allerdings nur jene Verbindungen, die in der alleräußersten Kruste der Staubteilchen steckten: Sie werden nun durch ein Gitter beschleunigt, wobei jedes Molekülion dieselbe Energie mitbekommt. Die schweren Moleküle fliegen daher langsamer als die leichten: Zuerst schlagen die kleinen, dann die großen Moleküle auf einem Detektor auf – und schon hat man ein erstes Massenspektrum. Aus welchen konkreten chemischen Verbindungen die zerkleinerten Kometenteilchen bestanden, weiß man damit aber noch lange nicht.

Die Wissenschaftler bemühen sich zunächst, einen Molekülmix zu finden, der das beobachtete Massenspektrum verursacht haben könnte. Viel Wissen über Chemie und umfangreiche Laborversuche gehen in die Analyse der CIDA-Spektren ein, wobei die aussagekräftigsten von den – leider nur zwei – negativen Ionen

stammen. Im Wesentlichen ähnelt der Staub von Wild 2 den Teilchen, die mehrere Vorgänger von CIDA bereits 1986 beim Halleyschen Kometen untersuchen konnten: Die Partikel sind im wesentlichen organisch, also aus komplizierten Kohlenstoffverbindungen aufgebaut. Da CIDA nur die äußerste Schicht der Teilchen „sehen“ konnte, paßt dies perfekt zu dem schon 1/4 Jahrhundert alten und immer noch vorherrschenden Bild von Kometenstaub als einem mineralischen Kern in einer Eishülle, in der viel aufregende Chemie steckt. Die Wild-Teilchen waren besonders reich an Stickstoff und Schwefel, während Sauerstoff selten war und Wasser ganz fehlte: In den 20 bis 60 Minuten, die die Staubteilchen für den Weg vom Kern bis zu CIDA benötigten, hatten die meisten flüchtigen Gase die Teilchen bereits verlassen. Ebenfalls abwesend waren z. B. Aminosäuren: Die organische Materie in Kometen mag bei der Entstehung des Lebens auf der Erde geholfen haben, aber fertige Bausteine lieferten sie nicht.

Die Quelle: Impressionen von Wilds Kern

Der Kern des Kometen Wild 2 zeigte sich Stardusts Navigationskamera als der am wenigsten zerklüftete unter den inzwischen vier Exemplaren, die Raumsonden aus der Nähe untersuchten (die anderen waren Halley 1986, Borrelly 2001 und Tempel 1 vergangenen Juli). Die rundliche Gestalt des $3 \times 4 \times 5$ km großen Wild-2-Kerns spricht dagegen, daß er das Produkt einer Kollision ist – außer es gibt Prozesse, die Kometkerne anschließend wieder stark abrunden. Die „Landschaften“ auf der Oberfläche sind vielgestaltiger als auf den meisten anderen Kernen: Insbesondere gibt es viele Vertiefungen von bis zu 2 km Durchmesser, wobei bis heute unklar ist, ob es sich um Einschlagskrater oder vielmehr Senken handelt, die beim Ausgasen des Kerns entstanden. Farblich ist dessen Oberfläche ziemlich eintönig: Nur vereinzelte helle Flecken konnte Stardusts Kamera aufspüren, die vielleicht im Zusammenhang mit etwa 20 gebündelten Strahlen stehen, in denen Gas und Staub den Kern verlassen. Quellen solcher sogenannten Jets müssen an Dutzenden von Stellen vorhanden sein, ohne daß man die eigentlichen Öffnungen ohne weiteres erkennen würde.

Mit diesen Jets bekam es Stardust auch direkt zu

tun, wie ein Staubzähler an Bord meldete: Durch etliche der staubgefüllten Gasstrahlen ist die Sonde direkt hindurch geflogen, und es konnte eine Fülle von Feinstruktur in der räumlichen Staubverteilung aufgelöst werden. In der Nähe des Kerns – die Sonde wagte sich bis 236 km nah heran – schlug vor allem der Sensor für die größeren Partikel aus – aber es gab rund 4000 km vom Kern entfernt noch einmal einen heftigen Staubschuß, diesmal mit sehr kleinen Teilchen. Dieser Ausbruch läßt sich mit keinem der von der Kamera gesichteten Jets in Verbindung bringen: Man vermutet eher, daß in der Nähe ein nur metergroßes Kernfragment kurz vorher zerplatzt war. Kurioserweise widersprechen sich die Zahlen zur Staubmenge von CIDA und diesem Staubzähler erheblich: Aus den Messungen des letzteren läßt sich hochrechnen, daß die Staubbänger mindestens 2300 Partikel aus der inneren Koma und rund 500 aus der später durchquerten Wolke mit jeweils mindestens $15 \mu\text{m}$ Durchmesser erwischte haben sollten. Aber nach den CIDA-Daten könnten es auch erheblich weniger sein, und die „offizielle“ Erwartung liegt nun bei rund 1000 auswertbaren Kometenteilchen.

Die Natur des interstellaren Staubes

Noch bevor sich Stardust Wild2 genähert hatte, war dem CIDA-Experiment schon eine erste überraschende Entdeckung gelungen – nicht am Staub eines Kometen sondern an Teilchen, die aus den Tiefen der Milchstraße kommen und mit hoher Geschwindigkeit durch das Sonnensystem schießen. Dieses Phänomen ist erst seit 1992 bekannt, und CIDA wurde ab Februar 2000 zum ersten Instrument im Raum zwischen den Planeten, das der Natur dieses interstellaren Staubes direkt nachspüren konnte. Die Analyse der insgesamt 45 interstellaren Teilchen ist mindestens so schwierig wie bei den kometaren, zumal sie mit 20 bis 40 km/s einschlugen: Aus vieldeutigen Massenspektren mußte auf eine zunächst fast völlig unbekannte Chemie geschlossen werden, und eindeutig beweisen läßt sich das Vorhandensein bestimmter Verbindungen fast nie. Aber eine Stoffklasse nach der anderen ließ sich systematisch ausschließen: Interstellare Staubteilchen bestehen weder aus Silikaten noch reinen Metallen noch so manchem einmal für vielversprechend gehaltenen

organischen Material. Nur Derivate von sogenannten Chinonen scheinen als dominanter Bestandteil übrig zu bleiben.

Chinone (englisch: quinones) definiert das Lexikon als „sehr reaktionsfähige, farbige organische Verbindungen, die sich von aromatischen Dioxy-Verbindungen durch Abspalten von zwei Wasserstoffatomen ableiten und als Ausgangsstoffe für Farben und Arzneimittel Bedeutung haben.“ Sauerstofforganische Verbindungen also, Aromate, bei denen zwei Wasserstoffatome im Ring gegen Sauerstoff ausgetauscht wurden. Und solche Verbindungen dominieren nun den interstellaren Staub: Das ist insofern aufregend, weil diese Substanzen in der Biologie eine große Rolle z. B. als Enzyme spielen und einst als Katalysatoren bei der Entstehung des Lebens auf der Erde geholfen haben könnten, in deren chemischem Verständnis noch große Lücken klaffen. Und der interstellare Staub ist *noch* ursprünglichere Materie als was in Kometen steckt! Leider dürften die von Stardust ebenfalls zwecks Transport zur Erde eingefangenen vielleicht einhundert interstellaren Teilchen durch die viel höhere Impaktgeschwindigkeit als beim Kometenstaub erheblich „demoliert“ worden sein: Die direkten CIDA-Messungen im Welt- raum könnten für lange Zeit einzigartig bleiben.

Überhaupt ergänzen sich die innovative Proben- sammlung mit Transport ins irdische Labor einerseits und die Analyse bereits vor Ort andererseits geradezu ideal: Am Ende wird die umfassendste Charakterisie- rung von Kometen- wie interstellarem Staub stehen, die jemals möglich war. Bereits 10 bis 15 Minuten nach der Landung – um 11:12 MEZ – am Morgen des 15. Januar sollten die Hubschrauber der Bergungsmannschaften bei der Kapsel eintreffen. Noch ungeöffnet wird sie rasch nach Houston in Texas gebracht, in die Labora- torien des Johnson Space Center, wo einst auch die Apollo-Proben vom Mond eintrafen: Konkret geht es in einen Reinraum, wo die Luft 100-mal sauberer als in einem irdischen Operationssaal ist. Ab dem 17. Januar sollen hier die wertvollen Staubteilchen Stück für Stück aus dem Aerogel herauspräpariert und katalogisiert werden – anschließend stehen sie qualifizierten Labors auf der ganzen Welt zur Verfügung, darunter auch Ein- richtungen in Frankfurt und Mainz. Der Vergleich der Laboruntersuchungen mit modernster Feinsondierung mit den direkten CIDA-Spektren wird spannend, und schon nach wenigen Monaten darf mit ersten konkreten

Ergebnissen gerechnet werden.

Nach dem Abwurf der Kapsel steht mit der Raum- sonde Stardust immer noch eine vollwertige Raumson- de zur Verfügung: Die NASA wird um Vorschläge für eine sinnvolle fortgesetzte Mission zu einem anderen Ziel bitten, das mit den großen verbliebenen Treibstoff- vorräten noch zu erreichen wäre. Die Kamera Stardusts käme dabei wieder zum Einsatz – und auch CIDA wäre erneut bereit, sollte die Wahl auf einen anderen Kome- ten fallen. Denn auch nach sieben Jahren im All zeigt das robuste Instrument keinerlei Alterung.

Einen Grund dafür, daß CIDA die ganze Missi- on über hervorragend funktioniert hat, beschreibt der CIDA-Projektleiter Dr. Hartmut Henkel im Rückblick: „So etwas gelingt nur mit einem hochmotivierten Team. Wir hatten viel Spaß beim Bau dieses Instruments, auch wenn wir uns in der Endphase des Projekts an Samsta- gen und Sonntagen im Reinraum trafen.“ Nur so konnte das unter großem Zeitdruck gebaute CIDA terminge- recht geliefert werden.

Noch ein weiterer Staubanalyzer aus dem Hause von Hoerner & Sulger ist derzeit im Weltraum unter- wegs: Das Instrument COSIMA, das ebenfalls für das Team um Jochen Kissel für die große Kometen- sonde Rosetta der europäischen Raumfahrtbehörde ESA ent- wickelt wurde. Die ist bereits seit Anfang 2004 im All und wird ihr Ziel, den Kometen Churyumov-Gerasi- menko, zehn Jahre später erreichen. Dann wird erst- mals eine Sonde in eine Umlaufbahn um einen Kome- ten einschwenken – und das mechanisch und elektrisch höchst anspruchsvolle COSIMA kann den wertvollen Kometenstaub noch weit schonender unter die Lupe nehmen, als es selbst bei CIDA möglich war.

Weitere Instrumente der Firma vH&S sollen jedoch wesentlich früher interessante Erkenntnisse aus dem Weltall liefern: Zur Zeit warten alle gespannt auf den Start der ersten amerikanischen TWINS Raumsonde, die einen Lyman-Alpha-Detektor zur Untersuchung der Strahlung aus der Erd-Korona mit sich führt. Zwei die- ser wissenschaftlichen Instrumente – LAD1 und LAD2 genannt – wurden von vH&S im Auftrag der Univer- sität Bonn (Professor H.-J. Fahr) entwickelt. Leider hat sich der TWINS-Start bei der NASA mehrmals verzögert, doch sollte es dieses Jahr endlich klappen. Wir werden über den Start separat berichten.

Zur Zeit bearbeitet vH&S mehrere spannende Raumfahrtprojekte: Ein Kamerasystem für den On-

Orbit Servicing Satellit „ConeXpress“ soll helfen, die Lebensdauer von Satelliten zu verlängern. vH&S bereitet die zukünftige Erforschung des Planeten Merkur gleich mit mehreren laufenden Projekten vor: Ein sehr kleiner selbstfahrender Roboter „Nanokhod“ mit drei miniaturisierten wissenschaftlichen Experimenten als Nutzlast – von vH&S im Auftrag der ESA entwickelt – soll von einem zukünftigen Landegerät auf der Merkuroberfläche ausgesetzt werden und in der extremen Kälte der Merknacht mineralogische und chemische Analysen durchführen. Das ganze System wiegt weniger als 3 kg und hat eine Reichweite von über 100 m. Zwar ist der Lander der BepiColombo Mission noch nicht beschlossen, jedoch wird sich auf dem BepiColombo Orbiter ein sehr präziser Laser-Höhenmesser befinden, für den vH&S zur Zeit den Hochleistungs-Pulslaser entwickelt und baut. Auch zur Erforschung der Marsoberfläche entwickelt vH&S zur Zeit ein Chassis für den europäischen Marsrover der ExoMars Mission.

Bildmaterial und weitere Presse-Informationen

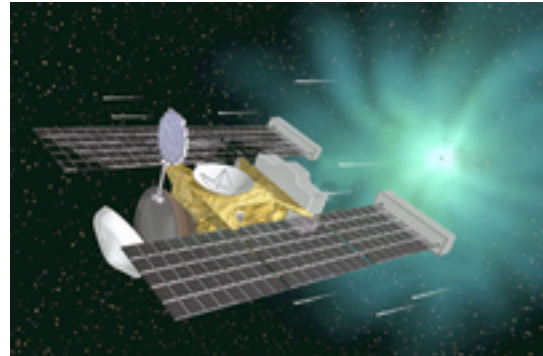


Abbildung 1: Die Raumsonde Stardust im Anflug auf den Kometen Wild 2 (CIDA befindet sich aus dieser Perspektive auf der Unterseite). Künstlerische Darstellung: NASA

<http://stardust.jpl.nasa.gov/images/sc0297b.gif>

Mehr über die beiden Kometenstaubexperimente

aus dem Hause von Hoerner & Sulger, über ihre Funktionweise und die fundamentalen wissenschaftlichen Fragestellungen, finden Sie in umfangreichen früheren Pressemitteilungen zu CIDA

<http://www.vh-s.de/projects/cida-stardust/press/cida-031225-de.html>
und zu COSIMA

<http://www.vh-s.de/projects/cosima/press/cosima-040216-de.html>.

Die ersten Fachveröffentlichungen zu den Beobachtungen mit CIDA sind Krueger et al., Assignment of quinone derivatives as the main compound class composing „interstellar“ grains based on both polarity ions detected by the „Cometary and Interstellar Dust Analyser“ (CIDA) onboard the spacecraft STARDUST, *Rapid Communications in Mass Spectrometry* **18**, 103-111 (2004), zu den interstellaren Teilchen und Kissel et al., The Cometary and Interstellar Dust Analyser at Comet 81P/Wild 2, *Science* **304**, 1774-1776 (2004), letzteres Teil einer umfangreichen Special Section mit allen Ergebnissen des Kometen-Vorbeiflugs.



Abbildung 2: Das CIDA-Instrument, bestehend aus Sensor (im Vordergrund) und Elektronik-Box (geöffnet, im Hintergrund). Foto: vH&S

<http://www.vh-s.de/projects/cida-stardust/press/cida-star-bench.jpg>



Abbildung 3: Das CIDA-Instrument. Foto: J. Kissel
<http://stardust.jpl.nasa.gov/mission/cida3.jpg>

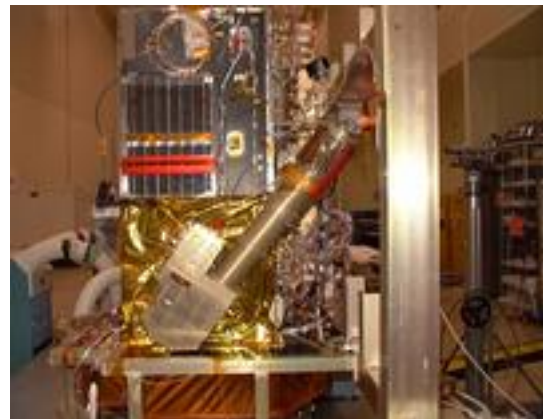


Abbildung 5: Der Sensor des CIDA-Instruments, montiert auf der Stardust Raumsonde. Foto: Lockheed-Martin

<http://www.vh-s.de/projects/cida-stardust/press/cida-star-sat.jpg>



Abbildung 4: Der Start von Stardust am 6. Februar 1999. Foto: NASA

<http://stardust.jpl.nasa.gov/photo/ksc9902077.jpg>

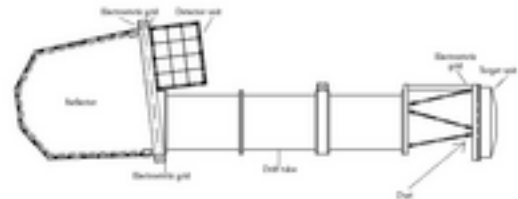


Abbildung 6: Zeichnung des CIDA Sensors. Grafik: FMI

<http://www.fmi.fi/img/en/research/space/link/cidasensop.jpg>



Abbildung 7: Viele Photos vom Kometen Wild 2 finden Sie im JPL PhotoJournal zum Herunterladen.

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/target/Other?subselect=Target%3AWild+2%3A>

Aktuelle Informationen zur Landung der Kapsel gibt es im STARDUST Media Room beim JPL

<http://www.jpl.nasa.gov/news/stardust.cfm>

URL dieser Pressemitteilung

Diese Pressemitteilung finden Sie als PDF-Dokument unter folgender URL:

<http://www.vh-s.de/projects/cida-stardust/press/cida-060111-de.pdf>

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
Web Site: <http://www.vh-s.de>

Dr. Hanna von Hoerner, Geschäftsführerin

Tel.: 0 62 02 / 57 56-12
E-Mail: vonhoerner@vh-s.de

Dr. Hartmut Henkel, Projektleiter CIDA

Tel.: 0 62 02 / 57 56-16
E-Mail: henkel@vh-s.de

Autoren dieser Pressemitteilung: Daniel Fischer und Hartmut Henkel.