Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 63 (2005)
Heft: 331

Artikel: Erfolgreiche Mission Deep Impact : Schuss auf Komet Tempel 1
Autor: Schmidt, Men J.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-897784

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

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

Erfolgreiche Mission Deep Impact:

Schuss auf Komet Tempel 1

MEN J. SCHMIDT

Die amerikanische Raumsonde Deep Impact hat zum ersten Mal ein Geschoss (Impactor) auf einen Kometen abgefeuert, um das Material unter der Oberfläche näher zu untersuchen und Aufschlüsse über den Aufbau des Kometen zu gewinnen. Die Mission mit Ihrem Höhepunkt am 4. Juli 2005 verlief nahezu fehlerfrei. Der Impactor fand sein Ziel selbständig. Zuvor führte er wie vorgesehen drei Kurskorrekturmanöver durch. Er sendete bis zuletzt Bilder vom Kometen. Der Impactor wurde einen Tag früher von der Muttersonde auf Kollisionskurs gebracht. Die Muttersonde Deep Impact konnte den Einschlag fotografieren und hat etliche weitere Bilder und Messungen der Kometenoberfläche gemacht. Einige Minuten nach dem Einschlag flog die Muttersonde wie geplant am Kometen vorbei.

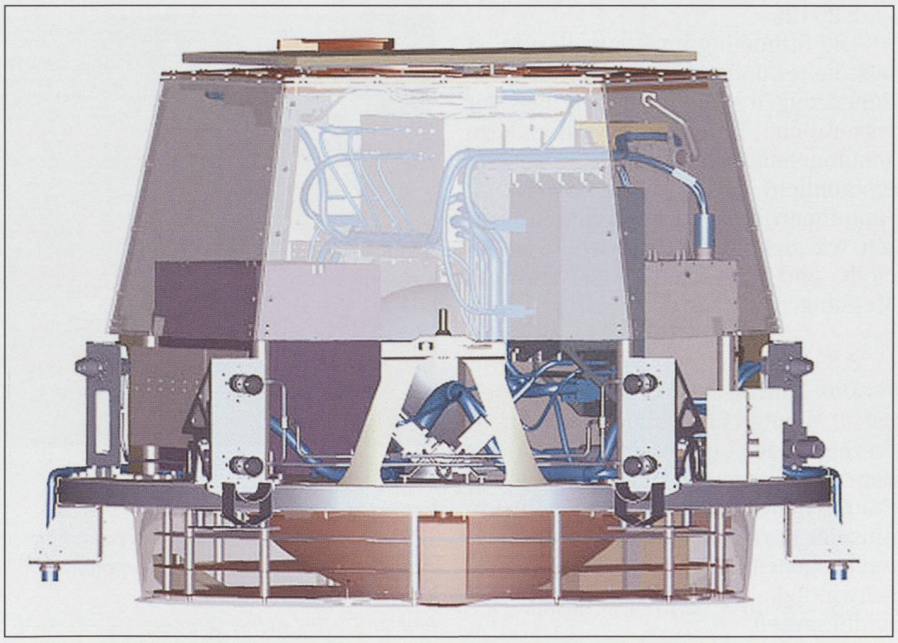
Deep Impact hatte ein klares Missionsziel: Durch den Einschlag eines gesteuerten Geschosses soll Material aus einigen Metern Tiefe aus einem Krater herausschlagen. Die ein paar Minuten nach dem Einschlag des Geschosses den Kometen passierende Sonde (Flyby) soll die Entwicklung des Einschlagkraters fotografieren und spektroskopisch untersuchen. Dieses Missionsziel wurde erreicht. Als einziger kleiner Minuspunkt bleibt, dass das Fokussierungsproblem an der hochauflösenden Kameras der Flyby-Sonde nicht gelöst werden konnte und so nur mit einem numerischen Verfahren die Bilder etwas geschärft werden können. Trotzdem erhielt man auch von der Flyby-Sonde die Detailreichsten Bilder, die je von einem Kometen gemacht wurden.

Entdeckung vor 138 Jahren

Der Komet Tempel 1 wurde 1867 vom deutschen Astronom Ernst Tempel (1821-1889) entdeckt. Seitdem hat der Komet dem inneren Sonnensystem viele Besuche abgestattet. Er umkreist die Sonne dabei in einem Zyklus von 5,5 Jahren. Das macht Tempel zu einem guten Objekt, um die Evolution des Kernes und der oberen Kruste zu untersuchen. Beides verändert sich mit jedem Umlauf um die Sonne.

Kometen sind aus zwei Gründen sichtbar. Zum Ersten durch den Staub, der durch den Sonnenwind vom Kometen weggeblasen wird und zum Zweiten durch das Gas, das durch die Sonneneinstrahlung aus dem Kometenkern freigesetzt wird.

Mit der Zeit nimmt die Aktivität eines Kometen immer mehr ab und er kann sogar einschlafen und seine Aktivität zur Gänze einstellen. Forscher sind bestrebt, die Vorgänge innerhalb des Kometenkernes und die Vorgänge des Ausstosses von Staub und Gas zu verstehen, ebenso wie die Zusammensetzung und Struktur des Inneren von Kometen zu untersuchen und wie sich diese von der Oberfläche unterscheiden. Die Deep Impact-Mission verspricht eine Antwort auf diese Fragen zu finden.



Kupfergeschoss auf Tempel 1

Die von der NASA konzipierte 2-teilige Raumsonde Deep Impact hat nach erfolgreichem Start am 12. Januar 2005 den Zielkometen in 133 Millionen Kilometern von der Erde entfernt am 4. Juli 2005 erreicht. Der einschlagende Flugkörper setzt sich vor allem aus Kupfer zusammen, von dem nicht angenommen wird, dass es in Kometen in wesentlichen Mengen vorkommt. Deshalb können Kupferanteile aus der gemessenen Staubzusammensetzung herausgefiltert werden. Für die kurze Zeit seiner eigenständigen Operation nutzt der Impactor einfachere Versionen der Hard- und Software der Muttersonde.

Nebenstehend sind die wichtigsten Ereignisse der Annäherung, des Einschlags und des Vorbeiflugs am Kern des Kometen Tempel 1 dargestellt:

Sonntag, 3. Juli 2005

08.07 Uhr:

Der Impactor trennt sich mit einer Geschwindigkeit von rund 30 Zentimetern pro Sekunde von der Muttersonde Deep Impact und bewegt sich mit 37 000 Kilometern pro Stunde auf den Kometen Tempel 1 zu. Das rund 370 Kilogramm schwere Projektil aus Aluminium und Kupfer wird während seines Soloflugs drei Kurskorrekturen ausführen, bis es Montag früh um ca. 07.52 Uhr auf dem Kometen einschlägt.

Montag, 4. Juli 2005

6.04 Uhr

Ein Raunen geht durch den NASA-Kontrollraum: Der Impactor, d.h. das Einschlagsprojektil, konnte sein Navigationssystem erfolgreich aktivieren. Damit ist die Hürde zur ersten der drei Kurskorrekturen genommen, die in wenigen Minuten stattfinden soll.

6.25 Uhr

Der Impactor startet seine erste Kurskorrektur, indem seine Schubdüsen etwa für 20 Sekunden zünden.

6.32 Uhr

Der Impactor scheint nach überstandener Kurskorrektur in gutem Zustand zu sein. Das nächste von insgesamt drei Manövern ist etwa für 7.17 Uhr geplant. Der Einschlag findet dann gegen 7.52 Uhr statt.

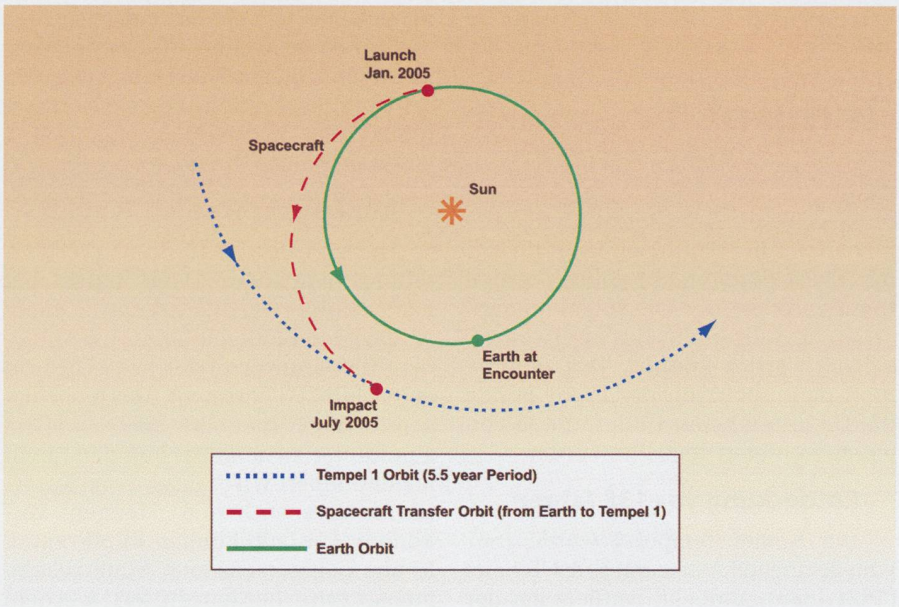


Bild 1: Flugbahn der U.S. Raumsonde Deep Impact zum Kometen Tempel 1. Der Start erfolgte am 12. Januar 2005 und der Komet wurde am 4. Juli 2005 erreicht.
Bild: NASA-JPL / Archiv Schmidt

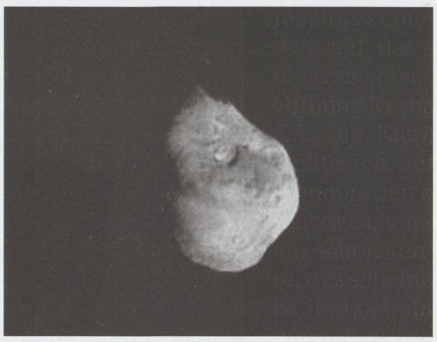


Bild 2: Wenige Minuten vor dem Einschlag auf der Kometenoberfläche übermittelte die Kamera des Impactors zahlreiche Anflugbilder des Kerns vom Kometen Tempel 1 in hoher Qualität. Erstmals konnte die genau Form des kartoffelförmigen Kerns erkannt werden.
Bild:NASA-JPL /Archiv Schmidt

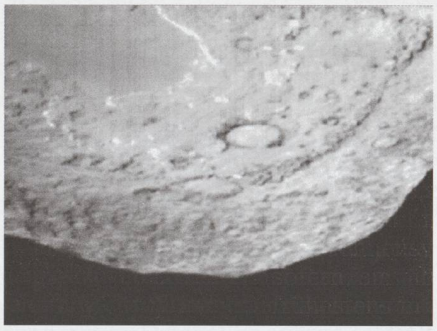


Bild 3: Immer deutlicher werden die Oberflächenstrukturen des Kometenkerns sichtbar. Einige wenige Krater und relativ flache Regionen können auf dieser Aufnahme des Impactors ausgemacht werden.
Bild :NASA-JPL / Archiv Schmidt

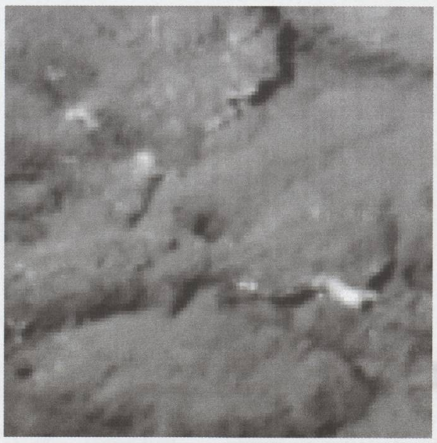


Bild 4: Eines der letzten Bilder vor dem Einschlag. Details von nur noch 5 Metern Grösse können erkannt werden. Die Aufnahme wurde etwa 100 Kilometer vom Kern entfernt aufgenommen.
Bild:NASA-JPL/ Archiv Schmidt

6.50 Uhr
Projektwissenschaftler RICK GRAMMIER sagte, dass der Komet anders als bisher angenommen nicht Zucchiniähnlich sondern eher Bananen-ähnlich geformt ist. Deep Impact kommt derzeit dem Kometen immer näher, um ihn kurz nach dem Einschlag in etwa 600 Kilometern Höhe zu überfliegen.

7.09 Uhr
Auf den Rohbildern von Deep Impact erscheint der Komet allmählich nicht mehr nur punktförmig, sondern man meint, eine Form wahrzunehmen.

7.14 Uhr
Nur noch wenige Minuten bis zum zweiten Korrekturmanöver des Impactors!

7.21 Uhr
Beim zweiten Korrekturmanöver hat der Impactor nur 0,36 kg Treibstoff verbraucht, ein Hinweis auf eine nur geringfügige Korrektur. Beim ersten Manöver waren es noch ca. 3 kg gewesen. Der gesamte Treibstoffvorrat beträgt 7 kg.

7.35 Uhr
NASA-TV zeigt erste Bilder des hochauflösenden Teleskops vom Mutterschiff. Darauf sieht man bereits deutlich die Form des Kometen. Er scheint relativ glatt zu sein, abgesehen von einer dunklen Stelle, die ein Krater sein könnte oder auch der Schatten eines Berges.

7.51 Uhr
NASA-TV zeigt beeindruckende Bilder des Kometen.

7.55 Uhr [ESOC]
Die ersten Bilder der ESA-Sonde Rosetta werden in etwa einer Stunde erwartet.

7.58 Uhr
Überschwänglicher Jubel und Klatschen im Kontrollraum! Die Explosion ist auf den Bildschirmen zu sehen! Einschlagszeitpunkt war wie erwartet 7.52 Uhr.

8.00 Uhr
Die Bilder sprechen für sich: Eine gleissende Explosion am einen Ende des länglichen Kometen! Es sieht genau so aus, wie man sich das immer vorgestellt hat...

8.26 Uhr
Die Stimmung im Kontrollraum ist jetzt heiter und gelöst. Die Verantwortlichen zeigen sich erleichtert, dass der wesentliche Teil der Mission nahezu schulbuchmässig ablief. "Es ist absolut erstaunlich", sagte AL DIAZ vom NASA-Hauptquartier. Jetzt kann man abwarten, wie sich die Trümmerwolke entwickelt und wie die Bilder und die Messungen ausfallen.

8.33 Uhr
Das Mutterschiff befindet sich seit ca. 30 Minuten im Schildmodus, d.h. es "verbirgt" sich hinter seinem Schild vor dem zu erwartenden Hagel aus Eis- und Staubteilchen, die von der Explosion plus der normalen Aktivität des Kometen ausgehen und wie winzige Hochgeschwindigkeitsgeschosse durch den Raum sausen.

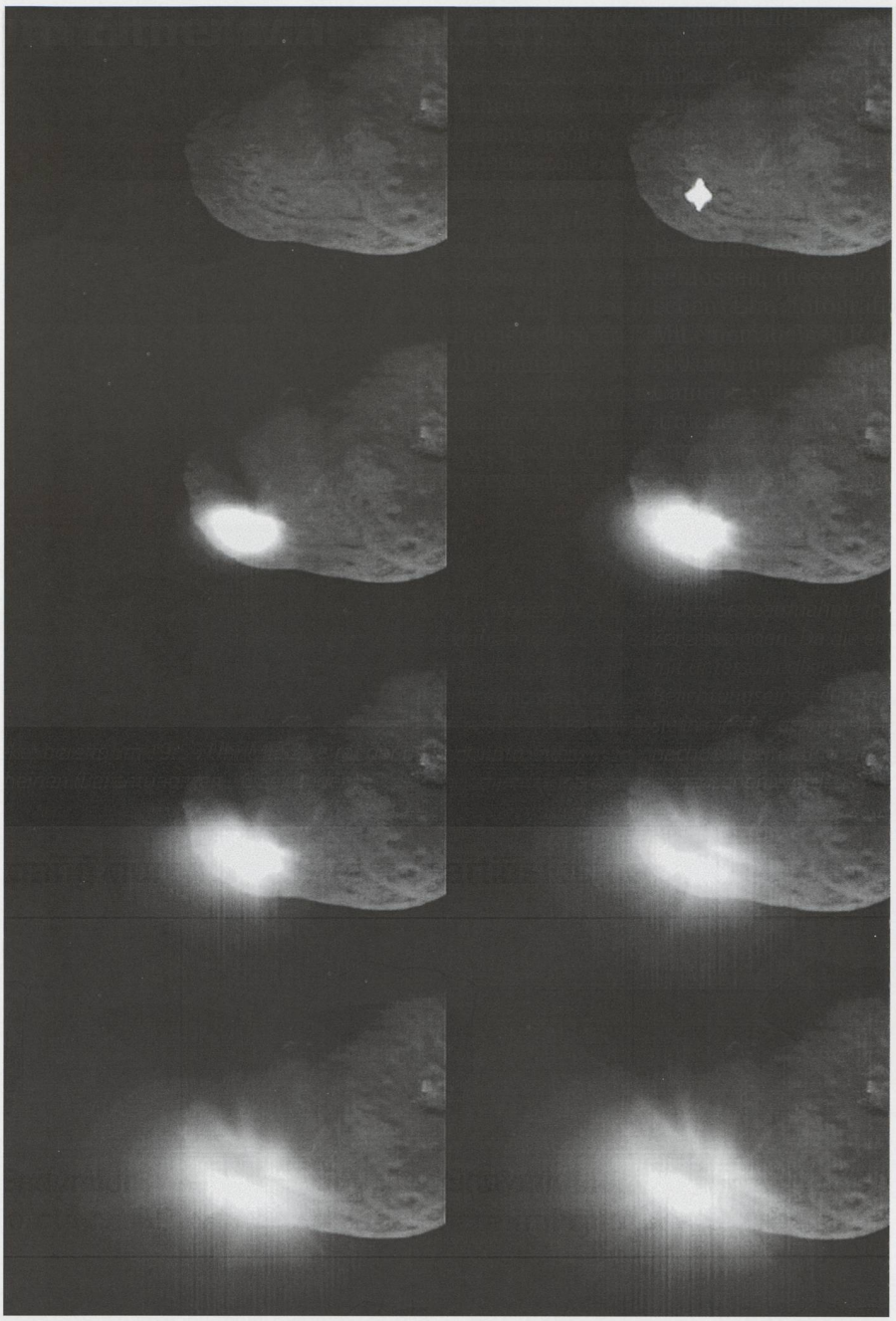


Bild 5: Volltreffer: Das Projektil schlägt auf "Tempel 1" ein und verursacht einen hellen Explosionsblitz. Die Aufprallenergie entsprach der von rund fünf Tonnen TNT. Die Bildsequenz zeigt den dramatischen Einschlag des Impactors auf den Kometenkern und die Entwicklung der daraus resultierenden Explosionswolke.
Bild: NASA-JPL / Archiv Schmidt

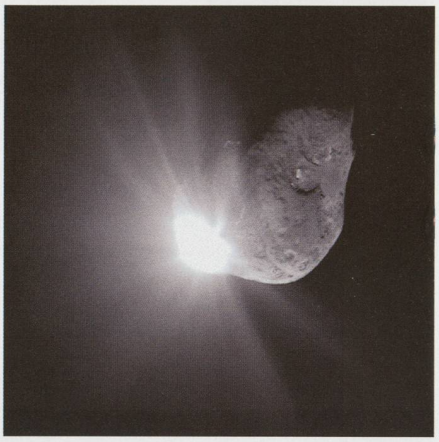


Bild 7: Kurz nach dem Einschlag kann die Explosionswolke in allen Details beobachtet werden. Das Bild entstand nur 67 Sekunden nach dem Einschlag des Impactors auf die Kometenoberfläche.
Bild NASA-JPL/ Archiv Schmidt

8.38 Uhr

Hier ein Bild des Impactors kurz vor dem Einschlag, bei dem er sich in einer Plasmawolke auflöste.

"Ich denke, es war jeden Cent wert, den wir dafür ausgegeben haben", sagte JPL-Direktor CHARLES ELACHI.

9.01 Uhr

Der Projektwissenschaftler DON YEOMANS zeigte sich überrascht vom Ausmass der Explosion: "Ich kann nicht erklären, wie unser kleines, waschmaschinengrosses Projektil solch eine Explosion hervorrufen konnte. Und ich denke, einige meiner Kollegen im Wissenschaftsraum werden ähnlich überrascht sein. Es wird einige Arbeit kosten, dies zu erklären." Der Impactor verfügte zwar über ähnliche Steuerungsfähigkeiten wie ein Marschflugkörper, enthielt aber schliesslich keinerlei Explosivstoffe - so gesehen war er nichts weiter als eine etwa 370 Kilogramm schwere Kanonenkugel.

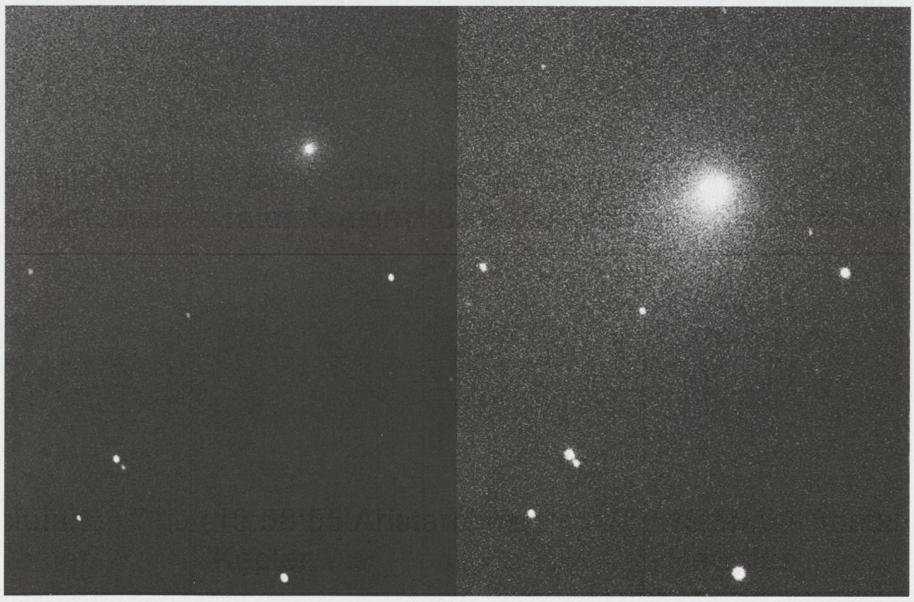


Bild 6: Heller Blitz: Das Faulkes-Teleskop auf Hawaii hat als erstes erdgebundenes Observatorium Bilder vom Kometen-Crash geschossen.
Bild: ESA / Faulkes Telescope /Archiv Schmidt

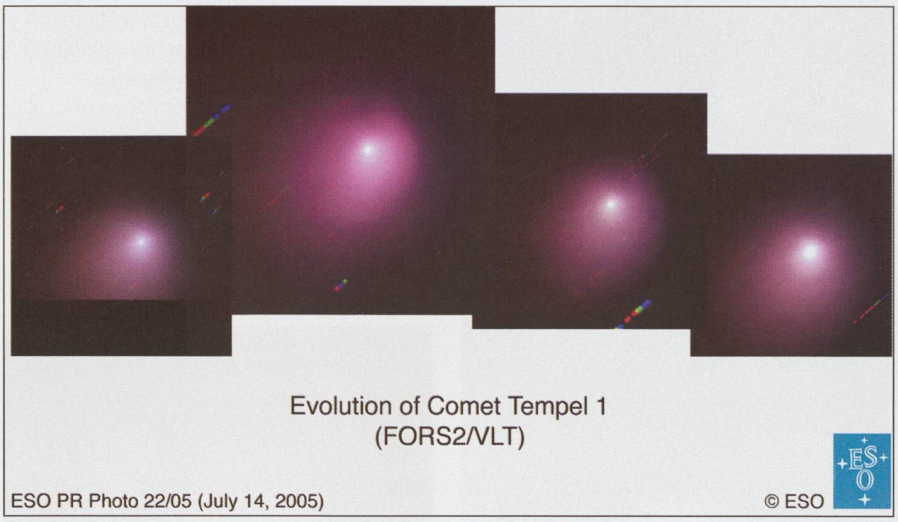


Bild 8: Bildsequenz vor, während und nach dem Einschlag auf Tempel 1, aufgenommen mit der FORS 1 Kamera am 8.2 Meter Teleskop des Europäischen Südsternwarte ESO auf dem Cerro Paranal in Chile. Deutlich kann die um den Faktor 2 veränderte Helligkeit der Umgebung des Kometenkerns sowie die geänderte Helligkeit der Gaswolke um den Kometen erkannt werden. Bild: ESO / Archiv Schmidt

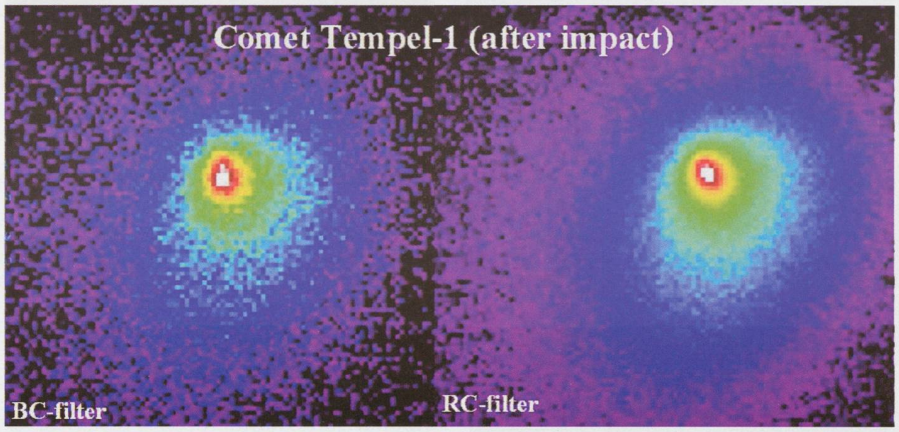


Bild 9: Die Bilder der Optical Ground Station der ESA auf Teneriffa zeigen, dass das von "Tempel 1" ausgestossene Gas nach dem Treffer mit kleineren Staubpartikeln vermischt ist als vorher. Blau steht für kleine, Rot grössere Partikel

9.51 Uhr [ESOC]
Die ersten Teleskope auf der Erde haben Bilder des Kometen kurz nach dem Einschlag geliefert. Aus den Bildern kann eine kurzfristige Verzehnfachung der Helligkeit des Kometen abgeleitet werden. Die Helligkeit scheint nun wieder zurückzugehen.

10.03 Uhr
Die ersten Bilder von erdgebundenen Teleskopen laufen ein.

10.20 Uhr
Das NASA-Team zeigt sich auf der ersten Pressekonferenz nach dem Einschlag äusserst zufrieden und von den Ergebnissen überwältigt. Vor allem die Grösse des Einschlagereignisses wurde zuvor wohl vollständig unterschätzt. Erdgebundene Teleskope haben Tempel 1 teilweise mehr als 10-mal heller als normal gesehen. Doch auch das Projektil machte bis 3,7 Sekunden vor dem Einschlag etliche Aufnahmen, bevor es nach Projektmanager RICK GRAMMLER "totally vaporized" wurde.

10.25 Uhr [ESOC]
"Die Bilder des Impactors sind die deutlichsten, die jemals von einem Kometenkern gemacht wurden", sagte MICHAEL A'HEARN.

10.30 Uhr [ESOC]
Bis jetzt sind erst zehn Prozent der Daten auf der Erde empfangen worden. Ob der Einschlagkrater deutlich aufgenommen worden ist, ist noch nicht klar. Die Helligkeit des Einschlags deutet bereits auf die Menge des ausgeschlagenen Materials hin, genauere Informationen hierzu werden jedoch frühestens in der zweiten Pressekonferenz zur Verfügung stehen.

11.17 Uhr
Eine erste Aufnahme von Hubble ist untersucht worden. Auch hier ist ein deutlicher Helligkeitsunterschied vor und nach dem Einschlag erkennbar.

20.10 Uhr
Die NASA-Pressekonferenz hat gerade begonnen. Deep Impact hat den ersten Angaben auf dieser Pressekonferenz zufolge den Vorbeiflug an Tempel 1 gut überstanden. Auf der Pressekonferenz wird ein beeindruckendes Bild gezeigt, dass Deep Impact vom Einschlag des Impactors gemacht hat.

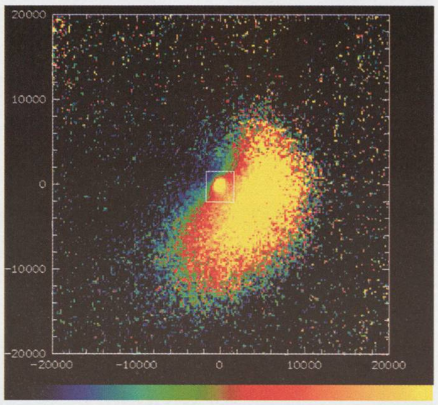
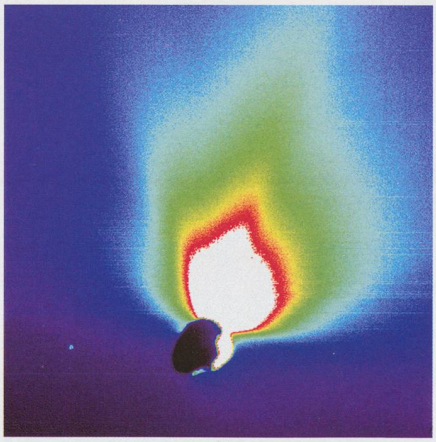


Bild 10: Staubwolke: Das Bild des La Silla Paranal Observatory, aufgenommen im sogenannten J-Band, zeigt links unten den Materialauswurf nach dem Aufschlag des "Impactors". Das Innere des Kometen (weisser Kasten) zeigte für längere Zeit erhöhte Aktivität
Bild ESO/Archiv Schmidt

Bild 11: Tempel 1 fliegt nach dem Beschuss durch "Deep Impact" davon. Das Falschfarbenbild zeigt die gewaltige Explosionswolke im Gegenlicht, sowie die Nachtseite des Kometenkerns.
Bild: NASA-JPL /Archiv Schmidt



20.20 Uhr

MICHAEL A'HEARN, der leitende Projektwissenschaftler, erläutert verschiedene Aufnahmen. Er weist darauf hin, dass Nahaufnahmen des Kometen einige sehr weiche Oberflächenregionen zeigen, deren Vorhandensein man sich noch nicht erklären könne. Einige Aufnahmen des Impactors zeigen Details mit einer Auflösung von vier Metern je Pixel.

Das Missionsteam ist insgesamt sehr zufrieden mit dem Ablauf der Mission.

20.27 Uhr

Nach einer ersten, vorläufigen Analyse der Bilder vom Einschlag des Impactors scheint die Oberfläche von weichem Material bedeckt zu sein, so PETER SCHULTZ von der Brown University. Die ersten Spektralanalysen zeigen darüber hinaus deutliche Veränderungen des Kometenspektrums nach dem Einschlag, was darauf hindeutet, dass durch den Einschlag verschiedene Elemente aus dem Kometen geschleudert worden sind, die an der Oberfläche nicht vorhanden sind.

Mittwoch, 6. Juli 2005

ESA-Wissenschaftler bestätigen den Fund von Wasser auf Tempel 1. Durch das Röntgen- und Ultraviolett-Teleskop XMM-Newton der ESA wurden diese Entdeckungen gemacht, die sich laut Wissenschaftler bereits angekündigt haben, denn einige Geräte an Bord von Rosetta (die ja auch einen Kometen besuchen wird und dementsprechend spezialisierte Geräte an Bord hat) wiesen bereits seit Wochen auf die Existenz von Wasser hin. Trotzdem bleibt dies nun eine kleine Sensation, denn so richtig konnte man nicht daran glauben.

Teleskop- und Raumsonden Beobachtungen

Doch nicht nur die beiden Kameras der NASA Raumsonde Deep Impact und der ITS (Impactor Target Sensor) an Bord des Impactors haben Daten über Tempel 1 geliefert. Die Europäische Weltraumorganisation ESA hat den Aufschlag sowohl mit ihrer Kometensonde Rosetta als auch mit ihrem Observatorium XMM-Newton verfolgt; beide Sonden werden vom ESOC-Kontrollzentrum in Darmstadt gesteuert. Für Beobachtungen vom Erdboden aus hat die ESA zusätzlich das 1-Meter-Teleskop ihrer optischen Bodenstation auf der Kanareninsel Teneriffa eingesetzt. Die dem Ereignis nächste Raumsonde ist Rosetta - immer noch runde 80 Millionen Kilometer entfernt, aber dafür mit mehreren Instrumenten ausgestattet, die speziell für die Kometenbeobachtung entworfen worden sind. Zudem sieht Rosetta ihn in einem Winkel von 90 Grad zur Sonne. Damit ist die Beobachtungsgeometrie wesentlich besser als von der Erde. Die europäische Sonde hat Tempel 1 vom 29. Juni bis zum 14. Juli beobachtet, also vor, während und nach der Kollision mit Deep Impact.

Eingesetzt wurden dabei insgesamt vier Instrumente, insbesondere das Mikrowellen-Spektrometer MIRO (Microwave Spectrometer) und das Ultraviolett-Spektrometer VIRTIS (Visual and IR Mapping Spectrometer), an dem das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) beteiligt ist. MIRO hat sich auf die chemische Zusammensetzung und Temperatur konzentriert, während VIRTIS die thermische Emission des freigesetzten Kometenstaubs bestimmen sollte, um die mineralogische Besonderheit des Kometen zu entschlüsseln, unterstützt von dem Ultraviolett-Spektrometer ALICE.

Das OSIRIS-Instrument, das unter Federführung des Max-Planck-Instituts für Sonnensystemforschung (MPS) in Katlenburg-Lindau entwickelt wurde, sollte mit seinen Kameras Bilder des Kometenkerns liefern. Es wird erhofft, daraus später eine 3-D-Rekonstruktion der Kometenstaubwolke herzustellen, unter Nutzung der Daten von Bodenobservatorien. Das DLR-Raumfahrtmanagement fördert das OSIRIS-Instrument im Rahmen des Deutschen Weltraumprogramms.

Im Erdorbit haben darüber hinaus Weltraumteleskope die Kollision beobachtet. Zusätzlich haben über sechzig (!) grosse Observatorien über die ganze Welt verteilt das Ereignis verfolgt. So wurden beispielsweise die vier gigantischen VLT-Teleskope der Europäischen Südsternwarte ESO in Chile ihre 8,2 Meter-Spiegel mehrere Tage lang rund um den 4. Juli auf Tempel 1 gerichtet, wie auch das vergleichbar leistungsfähige Keck-Observatorium auf Hawaii, um nur zwei mehrerer Grossobservatorien herauszugreifen.

Unerwartet heftige Explosion

Der Einschlag sorgte für eine unerwartet heftige Explosion auf dem Kometen selbst. Es wurde viel Material ausgeworfen, das auf den Bildern gut zu sehen ist. Diese Bilder konnte die Flyby-Sonde aus etwa 8000 km Distanz fotografieren. Während sie sich dem Kometen näherte, gelangen weitere Bilder von der Kraterbildung. Nur ein kleiner Teil der Bilder konnte Live zurückgesendet werden. In den folgenden Stunden sendet die Flyby-Sonde die an Bord gespeicherten Bilder und Daten zur zurück und macht weitere Bilder vom Kometenkern, während sie sich wieder entfernt.

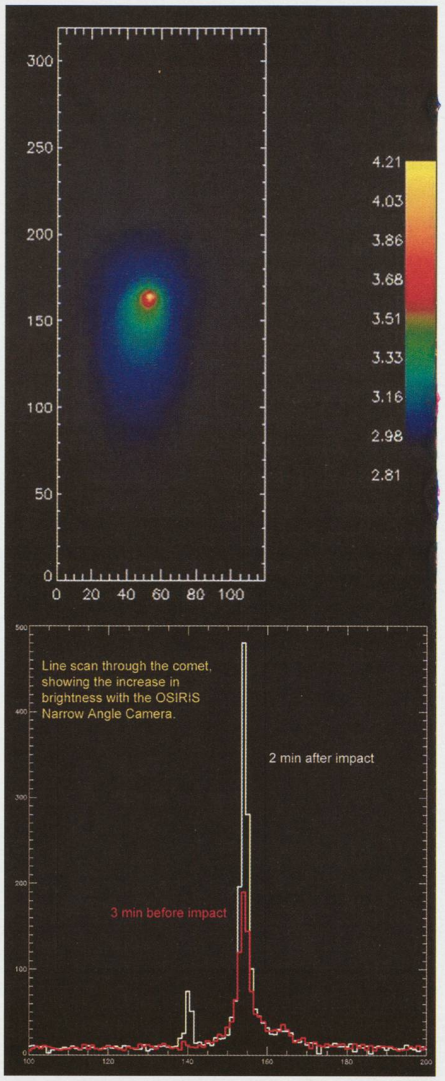


Bild 12: Der Komet Tempel 1, aufgenommen mit der OSIRIS Kamera auf der Raumsonde Rosetta aus 80 Mio. km Entfernung. Das Bild zeigt die Helligkeit des Kometen in Falschfarben, um den Kontrast zu erhöhen. In der rechten Aufnahme ist die Helligkeit des Kometenkopfes 3 Minuten vor dem Einschlag sowie 2 Minuten danach dargestellt. Die Helligkeit des Kometenkopfes (um den Kometenkern herum) ist innerhalb von 2 Minuten auf das 2.5-fache des Ausgangswertes angestiegen Bilder: ©2005 MPS for OSIRIS Team / MPS/ UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA - ESA / Archiv Schmidt

Als das 372 Kilogramm schwere Projektil mit 37.000 Kilometern pro Stunde (10.3 Km/s) in "Tempel 1" eindrang, muss die Explosion gewaltig gewesen sein. Der Staub aus den Resten des pulverisierten "Impactors" und Kometenmaterial breitete sich nach Erkenntnissen der NASA mit rund fünf Kilometern

pro Sekunde aus. Der Einschlagkrater liege mit einem Durchmesser von rund 250 Metern an der Obergrenze der vorherigen Schätzungen.

Den Grund dafür fanden die Forscher in der riesigen Wolke, die sich nach dem Treffer halbkreisförmig ausbreitete.

Extrem feiner Staub

Die "grosse Überraschung" sei die Trübung der Wolke und das von ihr abgestrahlte Licht, sagte MICHAEL A'HEARN, Chefwissenschaftler der "Deep Impact"-Mission. Die Messungen legten nahe, dass der von der Oberfläche aufgewirbelte Staub extrem feinkörnig ist - "eher wie Talkumpulver als Sand", sagte A'HEARN. "Die Oberfläche sieht definitiv nicht so aus, wie die meisten Leute sie sich vorstellen – wie ein Eiswürfel."

Die Konsistenz des Kometenmaterials bedeute wahrscheinlich, dass "Tempel 1" über lange Zeit entstanden ist. Schon vorher hatten die Wissenschaftler Wasser, Kohlendioxid und organische Verbindungen in der Materialwolke entdeckt. Derzeit arbeiten sich die Experten der NASA durch Gigabytes von Daten, die beim Aufprall des waschmaschinengrossen Kupfer-Projektils auf der Kometenoberfläche gesammelt wurden. Darunter sind auch rund 4500 Bildaufnahmen des Einschlags.

"Unser Experiment ist sehr, sehr gut verlaufen", sagte PETE SCHULTZ von der Brown University in den USA. "Wir haben einen Kometen erwischt, und wir haben ihn hart erwischt." Der Aufschlag, der sich 133 Millionen Kilometer von der Erde entfernt ereignete, lasse auf eine weiche Oberfläche des Kometen schliessen. Darunter könnte laut SCHULTZ Eis eingeschlossen sein, das wiederum das Urmaterial unseres Sonnensystems beinhaltet. Wissenschaftler erhoffen sich von der Analyse der Staubwolke und des Inneren von "Tempel 1" neue Erkenntnisse über die Entstehung des Sonnensystems.

Erste Ergebnisse

Die Bilder übertreffen laut A'HEARN alle Erwartungen. Vor allem die Fotos, die der "Impactor" in den Sekunden vor dem Aufschlag geschossen hat, begeistern die Forscher. "Wir können sogar Objekte mit einem Durchmesser von nur vier Metern ausmachen", sagte A'HEARN. Das sei zehnmal besser als alles, was bislang bei anderen Kometenmissionen gelungen sei.

Auch die erdgebundenen Beobachter gingen nicht leer aus. Die Helligkeit des Kometen stieg um etwa zwei Grössenklassen (sie war also nun ca. 8m hell und mit einem kleineren Teleskop beobachtbar). Das Aufbrechen der Kometenkruste verursachte eine über mehrere Tage dauernde Aktivitätssteigerung

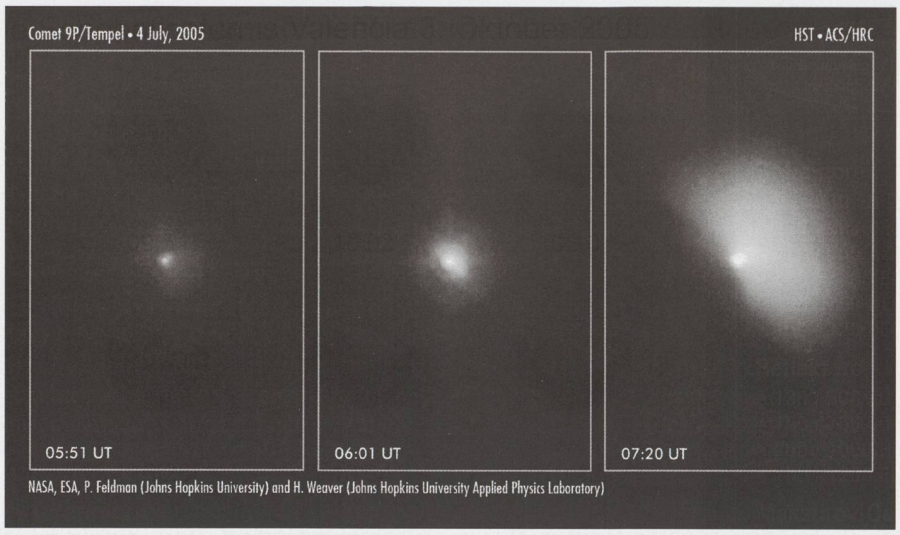


Bild 13: Vorher und nachher: Bilder des Hubble-Weltraumteleskops vom Einschlag des "Deep Impact"-Projektils auf dem Kern des Kometen Tempel 1. Eine gewaltige Gas- und Staubwolke wird aus dem Kometen herausgeschleudert.
Bild: STScI-NASA-ESA / Archiv Schmidt

Viele Observatorien und auch die europäische Rosetta-Sonde haben den Einschlag mit Ihren Instrumenten verfolgt und werden das wissenschaftliche Bild ergänzen. Rosetta wird in einigen Jahren – wenn alles gut geht – Deep-Impact übertreffen. Als erste Sonde wird sie in eine Umlaufbahn um einen Kometenkern einschwenken. Ihr Lander wird nicht hart aufschlagen, sondern weich landen und direkt auf dem Kometen Untersuchungen machen.

Die Attacke auf "Tempel 1" wurde von zahlreichen Observatorien im All und überall auf der Erde verfolgt. Die Teleskope der Europäischen Südsternwarte (ESO) in Chile schossen phantastische Bilder. Die Wolke habe sich halbmondförmig ausgebreitet und am frühen Dienstagmorgen einen Durchmesser von 20.000 Kilometern erreicht, sagte ESO-Astronomin MONIKA PETR-GOTZENS. Das Material sei nach dem Einschlag mit einer Geschwindigkeit von 500 Kilometern pro Stunde weggeflogen. Andere Berechnungen ergaben gar ein Auswurftempo von 700 bis 1100 km/h. Bei ersten Spektralanalysen seien Zyanid sowie weitere Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen im Auswurf des Kometen entdeckt worden, sagte PETR-GOTZENS. Solche Stoffe und Wasser seien auch in der gewöhnlichen Gashülle vorhanden, die einen Kometenkern umgibt. Der Einschlag des Projektils habe jedoch die Aktivität auf "Tempel 1" deutlich erhöht. "Das Material an dieser Stelle schlummerte unter der Oberfläche und findet nun seinen Weg nach aussen."

Wasser- und Kohlendioxideis

Das Weltraumobservatorium XMM-Newton hat unterdessen wie erwartet Wasser auf "Tempel 1" entdeckt. Wie die ESA mitteilte, decke sich dies mit vorherigen Beobachtungen der europäischen Raumsonde "Rosetta".

Auch das Weltraumteleskop Hubble lieferte zahlreiche Daten der Himmelskollision.

"Die Wolke besteht aus einer Mischung von Wassereis und Kohlendioxideis sowie aus Substanzen, die wir noch nicht identifizieren konnten", sagte RUDOLF ALBRECHT von der Europäischen Koordinationsstelle des Hubble-Weltraumteleskops in München. Die noch nicht identifizierten Stoffe seien neuartig für Kometen und bislang auch nicht in ihren Gashüllen entdeckt worden. "Das ist Material, das seit Milliarden von Jahren sozusagen im Tiefkühlfach lag", erklärte ALBRECHT.

Der "Impactor" sei vermutlich nicht sehr tief in "Tempel 1" eingedrungen, meint der Forscher. Darauf lasse die Form der Wolke schliessen: Ihre Ausdehnung sei nicht kegelförmig gewesen, wie zunächst erwartet, sondern habe die Form einer Halbkugel gehabt.

Der Aufschlag habe einer Energie von 4,5 Tonnen TNT entsprochen. "Die Energie wurde in Wärme verwandelt und hat vermutlich zu einer Dampfexplosion geführt", meint ALBRECHT. Die Verdampfung habe nur Bruchteile einer Sekunde gedauert, dann seien die

Substanzen sofort wieder auf unter minus 100 Grad Celsius abgekühlt und gefroren.

Meilenstein in der Kometenforschung

Mit Deep-Impact macht die Kometenforschung sicher einen wichtigen Schritt vorwärts und wird unser Bild vom frühen Sonnensystem ergänzen oder sogar revolutionieren. Dies müssen die Auswertungen der kommenden Monate und Jahre zeigen. Die "Deep Impact"-Mission war nicht nur optisch ein spektakulärer Erfolg. Die Attacke auf den Kometen "Tempel 1" hat Wissenschaftler mit einer Unmenge von Daten versorgt, die schon jetzt völlig neue Erkenntnisse versprechen.

Deep Impact verfügt derzeit noch über rund 160 Kilogramm Treibstoff, allerdings ist derzeit keine Fortsetzung der Mission geplant, so dass die Raumsonde nach der noch mehrere Tage dauernden Übertragung der gespeicherten Bilder zur Erde in einen Ruhemodus geschaltet und dann um die Sonne kreisen wird.

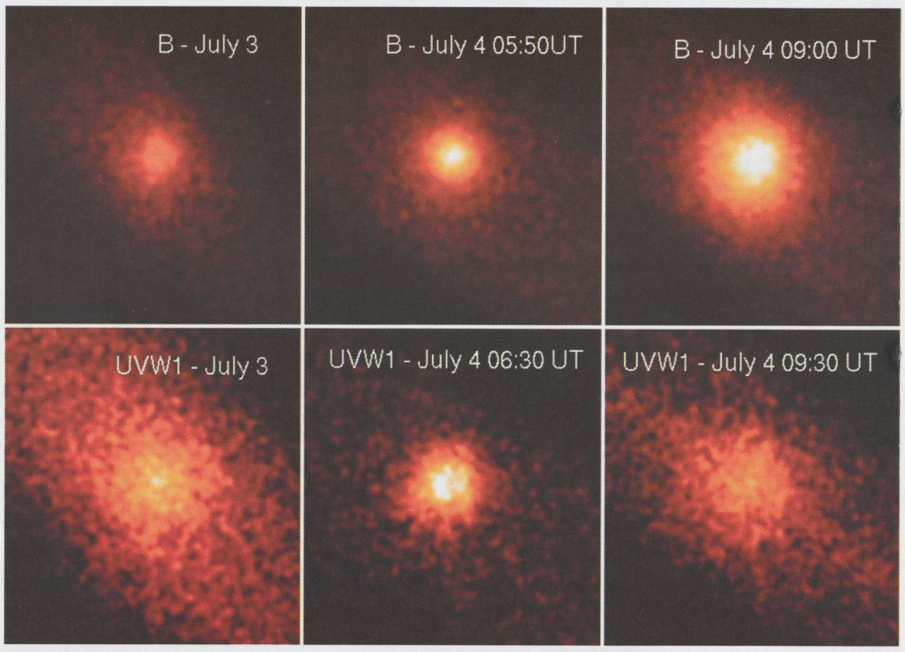
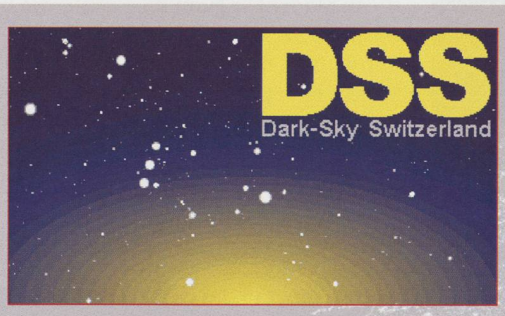


Bild 14: Bilder des Weltraum-Observatoriums XMM-Newton von "Tempel 1" vor und unmittelbar nach dem Aufprall des "Impactors". Wasser in grossen Mengen wurde dabei nachgewiesen. Bild: ESA / Archiv Schmidt

Die Deep Impact Mission ist eine Zusammenarbeit der Universität of Maryland (UMD), des Jet Propulsion Laboratory (JPL) und Ball Aerospace and Technology Corp. Die wissenschaftliche Leitung der Mission obliegt dabei UMD. Ingenieure von Ball Aerospace haben die Sonde unter der Leitung des JPL gebaut und entworfen. JPL selber kontrolliert die Kometensonde Deep Impact nach deren Start und empfängt die Daten zur Analyse. Das gesamte Team besteht aus mehr als 250 Wissenschaftlern, Ingenieuren, Managern und Lehrern. Deep Impact ist eine NASA Discovery Mission, eine von acht Low-Cost-Missionen des NASA Discovery Programms zur präzisen und zielgerichteten wissenschaftlichen Untersuchung. Das Projekt kostet die NASA rund 333 Millionen Dollar.

MEN J. SCHMIDT
Projektleiter Optische Systeme
FISBA OPTIK AG
Rorschacher Strasse 268, CH-9016 St. Gallen



Dark-Sky Switzerland

Gruppe für eine effiziente Aussenbeleuchtung
Fachgruppe der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Mitglied der International Dark-Sky Association

www.darksky.ch info@darksky.ch

Wir brauchen Ihre Unterstützung, denn wir wollen

- die Bevölkerung über Lichtverschmutzung aufklären
- Behörden und Planer bei Beleuchtungskonzepten beraten
- neue Gesetzestexte schaffen

Dazu brauchen wir finanzielle Mittel* und sind auf Ihren Beitrag angewiesen. Ihr Beitrag zählt und ist eine Investition in die Qualität des Nachthimmels. Direkt auf PC 85-190167-2 oder über www.darksky.ch

DSS Dark-Sky Switzerland - Postfach - 8712 Stäfa - PC 85-190167-2

* z.B. für Pressedokumentation, Material, Porto, Telefon