



## Die Geysire auf Enceladus

Die amerikanische Raumsonde CASSINI fotografierte im Jahre 2005 auf dem Saturnmond Enceladus ein interessantes Phänomen: In der Nähe des Südpols stiegen geysirartige Fontänen bis in eine Höhe von 500 Kilometern auf. Untersuchungen der freigesetzten Gase und Partikel ergaben, dass sie zu 90 Prozent aus Wasserdampf und zu etwa zehn Prozent aus Kohlendioxid, Stickstoff und Methan bestehen. Sie bilden mit Wassereis so genannte Clathrate, chemische Verbindungen, in denen andere Stoffe in Hohlräumen des Kristallgitters eingelagert sind, ohne mit diesem zu reagieren.

Sie werden deshalb auch als »Käfigverbindungen« bezeichnet. Wie ein Forscherteam um Susan Kieffer von der University of Illinois in Urbana berichtete, könnten sich dicht unter der Oberfläche von Enceladus größere Ansammlungen solcher Clathrate befinden, die bei tektonischen Aktivitäten (»Erdbeben«) an die Oberfläche gelangen. Da an der Oberfläche des kleinen Saturnmonds praktisch ein perfektes Vakuum herrscht, sind diese aber nicht stabil und zersetzen sich rasch. Dabei werden die in ihren Hohlräumen befindlichen Gase explosionsartig freigesetzt, reißen Wassereispartikel mit sich und bilden so die gigantischen Gas- und Staubsäulen.

MANFRED HOLL

## Raumsonde MARS GLOBAL SURVEYOR wahrscheinlich verloren

Nach fast zehn Jahren in der Marsumlaufbahn ist der Kontakt zu MARS GLOBAL SURVEYOR (MGS) am 2. November 2006 abgebrochen. Wie das Jet Propulsion Laboratory (JPL), mitteilte, ist leider davon auszugehen, dass die Sonde verloren ist. Dennoch hat die NASA allen Grund, mit MARS

GLOBAL SURVEYOR hochzufrieden zu sein, ihre ursprünglich vorgesehene Lebensdauer hat die Mission um mehr als das Vierfache überbitten. Statt, wie geplant, ein Marsjahr lang (knapp zwei Erdjahre) aus der Umlaufbahn Bilder und Messdaten zu funken, sendete MGS seit April

1999 bis zum Oktober dieses Jahres insgesamt mehr als 240 000 Bilder zur Erde. Ende Oktober erhielt das JPL erste Hinweise darauf, dass etwas mit der Sonde nicht stimmt, denn einer der beiden Solarzellenausleger ließ sich nicht mehr optimal zur Sonne ausrichten. Der Sonde wurde daraufhin ein detaillierter Befehlssatz zur Neuausrichtung übermittelt, aber seit dem 2. November war nichts mehr zu hören. Die Missionskontrolleure vermuten daher, dass die Sonde nicht mehr richtig auf die Sonne ausgerichtet ist, sodass zu wenig Strom zum Betrieb der Bordgeräte erzeugt wird. Um mehr über das Schicksal von MGS zu erfahren, richtete die NASA die ebenfalls in einer Marsumlaufbahn befindliche Sonde MARS RECONNAISSANCE ORBITER (MRO) auf die Schwestersonde, um mit der extrem scharfsichtigen Kamera HIRISE Informationen über MGS zu erhalten. Bislang gelang es aber nicht, die vermisste Sonde auf den Bildern aufzufuspihren. (NASA/JPL)



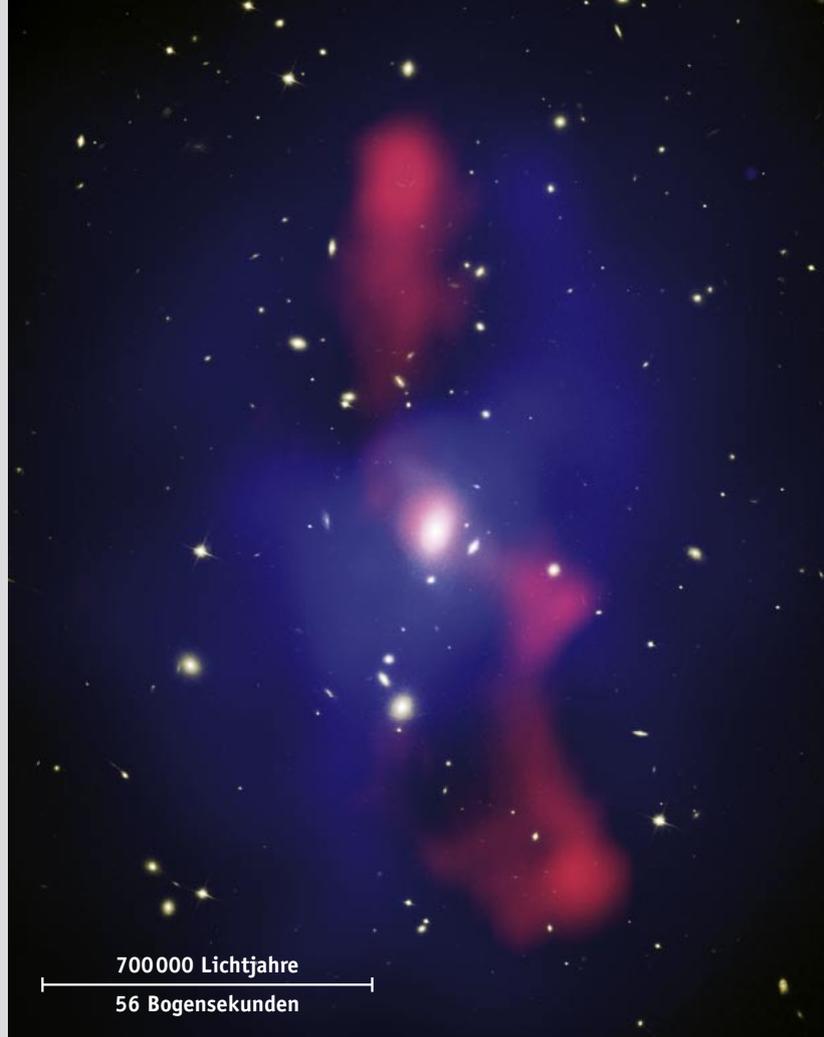
## Japan will 2030 zum Mond

Immer mehr Länder der Erde scheinen sich intensiv für Missionen zum Mond zu interessieren. Nach den erfolgreichen APOLLO-Mondlandungen zwischen 1969 und 1972 stand der Erdtrabant jahrzehntelang im Schatten der Planetenforschung. Mittlerweile scheint aber eine neue Art »Mondeuphorie« ausgebrochen zu sein, denn immer mehr Nationen planen mehr oder weniger ernsthaft Missionen zu unserem Trabanten. Neben den USA, Russ-



## Größter Ausbruch aller Zeiten

Im Weltall ist alles ein bisschen größer und geht heftiger vonstatten als in unserer vertrauten Umgebung. Im Galaxienhaufen MS0735.6+7421 im Sternbild Giraffe laufen selbst für astronomische Skalen gigantische Prozesse ab. Rund 2.6 Milliarden Lichtjahre von der Erde entfernt gruppieren sich in ihm Dutzende von Sternsystemen zusammen. Im Zentrum befindet sich eine Galaxie, aus der mit Urgewalten riesige Materiewolken ausgeschleudert werden. Als Energiequelle wird ein extrem massereiches Schwarzes Loch vermutet. Ein neues Kompositbild, das aus drei mit verschiedenen Instrumenten in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen aufgenommenen Bildern zusammengesetzt wurde, zeigt die gewaltige Dynamik. Das Weltraumteleskop HUBBLE lieferte ein Bild im sichtbaren Licht. Von der hellsten Galaxie im Zentrum gehen zwei gewaltige Jets aus hochenergetischen Teilchen aus. Diese Materieauswürfe sind in der Radiokarte, die das Very Large Array erstellt hat, rot eingefärbt. Die Jets drücken das heiße Gas, das den Raum zwischen den Galaxien erfüllt und im Röntgenbereich leuchtet (blau eingefärbt), zur Seite und formen auf diese Weise zwei große Hohlräume. Aufgenommen wurde dieses Röntgenlicht vom Weltraumteleskop CHANDRA. Das Resultat illustriert die Vorteile der Kombination aus optischem, Röntgen- und Radiobild. Offenkundig werden so die gewaltigen Kräfte, mit denen ein massereiches Schwarzes Loch seine Umgebung im Umkreis von vielen Hunderttausend Lichtjahren beeinflusst. (NASA/ESA/CXC/STScI und B. McNamara, University of Waterloo) U.R.



land und China konkretisiert nun auch die wohlhabende Industrienation Japan ihre bereits 2005 vorgestellten Mondflugpläne. Schon 2007 sollen erste Satelliten zum Mond entsandt werden und in eine Umlaufbahn eintreten. Ihnen folgen drei unbemannte Sample-Return-Flüge, bei denen Proben von der Mondoberfläche aufgenommen und zur detaillierten Untersuchung zur Erde zurückgebracht werden. Bis 2030 soll dann die japanische Mondstation aufgebaut sein, die durch halbjährlich wechselnde Besatzungen permanent bemannt sein soll. Bei der europäischen Welt- raumbehörde Esa wurden die japanischen Pläne allerdings eher skeptisch und mit Blick auf die immensen Kosten als von »Kühnheit« geprägt aufgenommen. Die Esa, so ihr Sprecher Bruno Gardini, plane derzeit keine eigene Mondmission, treibe aber die Entwicklung der Robotertechnik für die Erforschung des Mars voran.

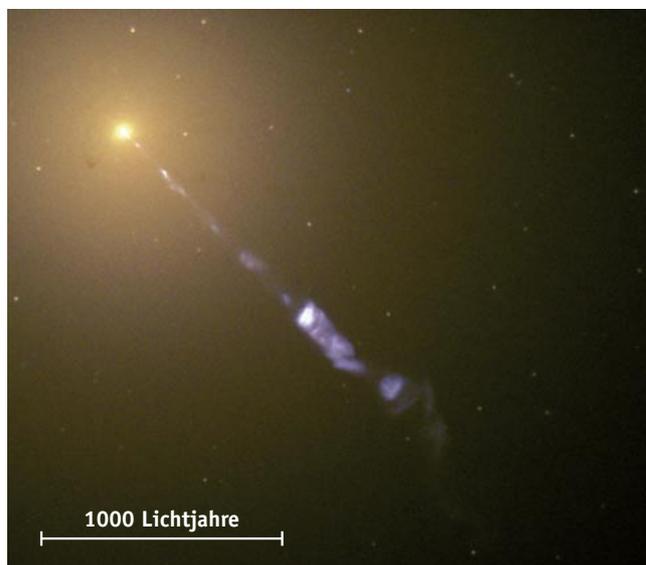
MANFRED HOLL

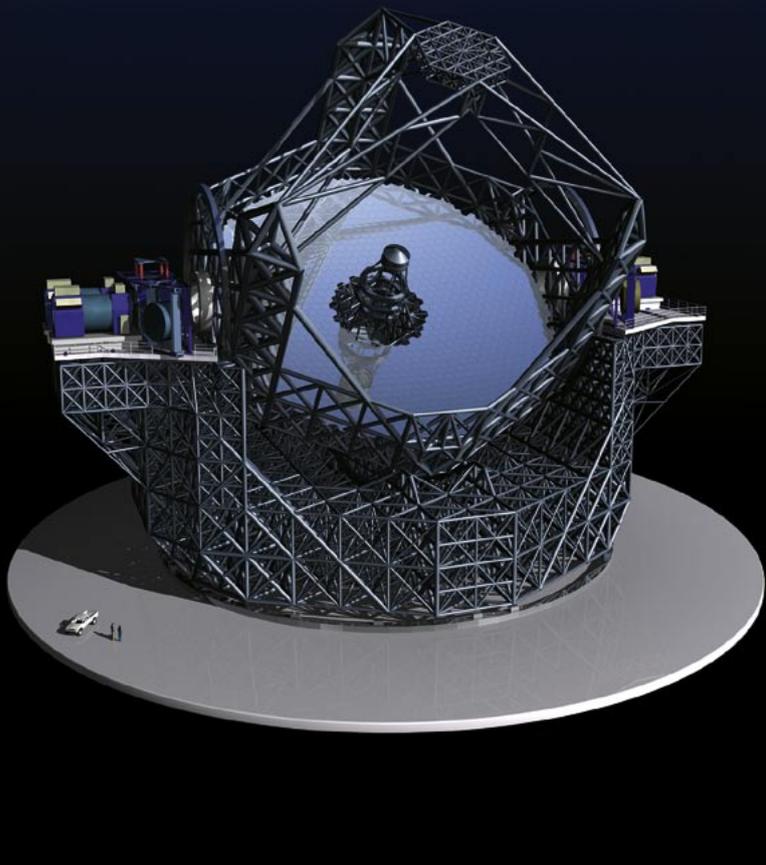
## Blick in den »Maschinenraum« einer Galaxie

Von der riesigen Radiogalaxie M87 gehen große Mengen an hochenergetischer Gammastrahlung aus. Besonders überraschend ist, dass sich die Intensität dieser Strahlung innerhalb nur weniger Tage drastisch ändern kann. Derart schnelle Änderungen des Strahlenflusses lassen sich nur verstehen, wenn die Quellregion der Strahlung

ungewöhnlich kompakt ist – kleiner als wenige Lichttage. Die einzige hierfür in Frage kommende Region ist die unmittelbare Umgebung des extrem massereichen Schwarzen Lochs im Zentrum von M87 mit einer Masse von drei Milliarden Sonnenmassen. Aus dem Zentralbereich von M87 tritt ein relativistischer Plasmastrom aus, ein so ge-

nannter Jet, der in optischen, in Radio- und in Röntgenaufnahmen sichtbar ist. Im Gegensatz zu den bislang nachgewiesenen extragalaktischen Quellen sehr hochenergetischer Gammastrahlung (den so genannten Blazaren) zeigt der Plasmastrom von M87 nicht direkt auf die Erde, sondern weist mit einem Winkel von 30 Grad an ihr vorbei. Die aus Blazaren nachgewiesene Gammastrahlung wird vermutlich in den Plasmaströmen erzeugt, wobei die Intensität und Energie der Strahlung aufgrund der extremen Geschwindigkeiten in Richtung des Stroms gebündelt und verstärkt wird. Solch gebündelte Strahlung aus dem Jet von M87 würde aber die Erde gar nicht treffen. M87 stellt daher vermutlich einen ganz neuen Typ extragalaktischer Quellen von sehr hochenergetischer Strahlung dar. Die Galaxie befindet sich im Virgo-Haufen, etwa 50 Millionen Lichtjahre von der Erde entfernt. (Hess)





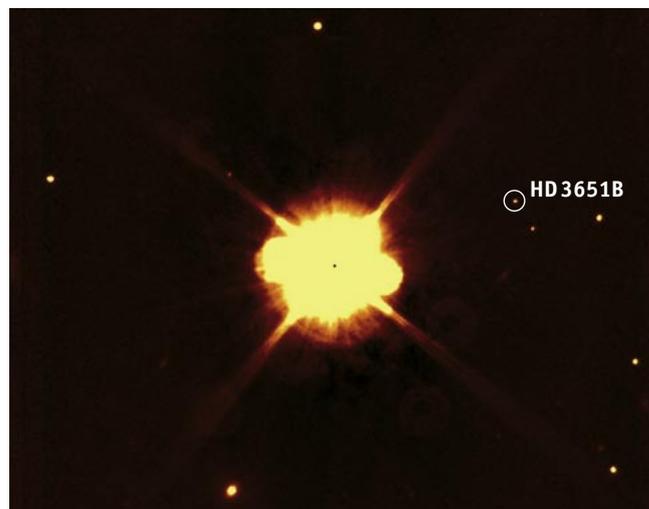
## Ein Riesenteleskop für Europa

Die Europäische Südsternwarte Eso gab am 11. Dezember 2006 eine dreijährige Detailstudie zum Bau eines 42-m-Teleskops für die optische Astronomie in Auftrag. Das Ziel der Studie besteht in der Ausarbeitung eines Konzepts für ein Instrument mit der vorläufigen Bezeichnung E-ELT für »European Extremely Large Telescope«. Wird es tatsächlich gebaut, so dürfte es zumindest für einige Jahre das größte Teleskop der Welt sein. Für die Studie werden 57 Millionen Euro zur Verfügung gestellt, die Realisierung des Instruments soll etwa 800 Millionen Euro kosten. Der geplante 42 Meter große Hauptspiegel lässt sich selbstverständlich nicht in einem Stück fertigen. Stattdessen soll er aus 906 hexagonalen Segmenten mit einem Durchmesser von je 1.45 Metern bestehen. Seine Bauart ähnelt jener der viel kleineren 10-m-Hauptspiegel der beiden KECK-Teleskope auf dem Mauna Kea in Hawaii. Der Sekundärspiegel wird einen Durchmesser von bis zu sechs Metern aufweisen und das auf ihn fallende Licht auf einen 4.2 Meter großen Umlenkspiegel werfen. Dieser reflektiert dann das Licht auf eine adaptive Optik, welche den störenden Einfluss der Luftunruhe ausgleicht. Das E-ELT wird mindestens hundert Mal so empfindlich sein wie das derzeitige Very Large Telescope der Eso in Chile, das aus vier 8.2-m-Teleskopen besteht. Mit dem Baubeginn des E-ELT ist frühestens im Jahr 2010 zu rechnen, bis zum Jahr 2017 soll das Gerät dann einsatzbereit sein. Der Aufstellungsort ist derzeit noch nicht festgelegt, dürfte aber wohl in Chile liegen. (Eso)

## 2007 ist »Internationales Heliophysikalisches Jahr«

Genau fünfzig Jahre nach der Ausrufung des »Internationalen Geophysikalischen Jahres IGY«, des ersten von vielen Wissenschaftsdisziplinen organisierten Großangriffs auf ein wichtiges Forschungsthema, wird am 19. Februar 2007 in der österreichischen Hauptstadt Wien das »Internationale Heliophysikalische Jahr IHY« offiziell eröffnet. War das IGY seinerzeit auf die Erde beschränkt (erst im Laufe des Jahres 1957 startete der erste künstliche Erdsatellit SPUTNIK-1), ist diesmal der Rahmen wesentlich ausgedehnter. Das IHY

widmet sich vor allem der Sonne und der Heliosphäre, also jenem Bereich des Weltraums, der durch die von unserem Zentralgestirn ausgehenden Partikelströme, den Sonnenwind, dominiert wird. Eines der Ziele des IHY ist das verbesserte Verständnis von heliophysikalischen Prozessen, die den Einfluss der Sonne auf die Erde und die Heliosphäre bestimmen. Weiterhin soll das IHY die Tradition des Internationalen Geophysikalischen Jahres fortsetzen und die internationale Zusammenarbeit der Forscher weltweit verstärken. Ein weiterer Aspekt ist die Darstellung der Bedeutung von Erd- und Weltraumforschung für die allgemeine Öffentlichkeit. Insbesondere erhoffen sich die Organisatoren davon auch eine Inspiration künftiger Nachwuchsforscher. Dazu sind im laufenden Jahr viele öffentliche Veranstaltungen geplant.



## HD 3651 – Ein Stern mit zwei Begleitern

Der 36 Lichtjahre von uns entfernte Stern HD 3651 im Sternbild Fische wird von zwei sehr verschiedenen Objekten begleitet, einem Exoplaneten und einem Braunen Zwerg. Wie ein Forscherteam um Markus Mugrauer von der Universität Jena mitteilte, ist dies das erste Mal, dass man einen Braunen Zwerg bei einem Stern mit einem Exo-

planeten nachweisen konnte. »Solch ein System ist ein interessantes Beispiel dafür, dass sich Planeten und Braune Zwerge gemeinsam um den gleichen Stern bilden können«, sagte Mugrauer. HD 3651 ist ein sonnenähnlicher Stern des Spektraltyps K0 mit einer Masse von 0.79 Sonnenmassen. Der schon seit 2003 bekannte Exopla-



17. November 2005



9. September 2006

3 Lichtjahre  
27.8 Bogensekunden

## Das Lichtecho um V838 Monocerotis

Das Weltraumteleskop HUBBLE nahm diese beiden Ansichten des irregulär veränderlichen Sterns V838 Monocerotis im Sternbild Einhorn (Monoceros) auf. Dieser erregte erstmals im Januar 2002 große Aufmerksamkeit, als er plötzlich seine Helligkeit um etwa das 4000-fache steigerte. Die Gründe für den Lichtausbruch des 20000 Lichtjahre entfernten Sterns sind nach wie vor unbekannt. Seit seinem Ausbruch ist V838 Mon ein bevorzugtes Objekt für HUBBLE. Das neueste Bild (rechts) stammt vom 9. September 2006 und enthüllt den sich ständig ändernden Anblick von V838 Mon (siehe

hierzu auch SuW 5/2003, S. 8 und SuW 4/2005, S. 10). Der Stern ist von einer ausgedehnten Hülle aus Gas und Staub umgeben, die er schon lange vor dem Ausbruch ausgestoßen hatte. Das Licht des Ausbruchs erzeugt in dieser Hülle ausgeprägte Lichtechos, die sich durch einen Projektionseffekt scheinbar schneller als das Licht ausbreiten. Mittlerweile hat das Lichtecho einen Durchmesser von etwa zwölf Lichtjahren erreicht. Die Aufnahmen entstanden mit der »Advanced Camera for Surveys (ACS)« bei Wellenlängen von 606 Nanometern und 814 Nanometern. (NASA/ESA/H. Bond/STScI)

net umläuft sein Zentralgestirn in 62,23 Tagen auf einer stark elliptischen Umlaufbahn in einem mittleren Abstand von 0,284 AE. Er ist damit seiner Sonne näher als der Planet Merkur in unserem Sonnensystem. Die Masse des Exoplaneten liegt bei 0,2 Jupitermassen oder 63,6 Erdmassen. Der neu entdeckte Braune Zwerg ist mit 480 AE erheblich weiter vom Hauptstern entfernt. Nach den vorläufigen Messungen liegt seine Masse zwischen 20 und 60 Jupitermassen und seine Oberflächentemperatur beträgt nur 500 bis 600 Grad Celsius. Er gehört damit zur Spektralklasse T und würde aus der Nähe betrachtet nur ganz schwach dunkelrot glühen. Derartig leuchtschwache T-Zwergsterne sind sehr schwierig aufzuspüren, sodass bislang nur zwei weitere Objekte dieser Art bekannt sind. Bei einer Durchmusterung aller nahegelegenen Sterne mit Exoplaneten stieß das Forscherteam bislang auf zwei M-Zwergsterne und zwei Weiße Zwerge als Begleiter. (ESO)

## Raumsonde MESSENGER passiert die Venus

Fast völlig unbemerkt von der Öffentlichkeit passierte die US-Raumsonde MESSENGER am 24. Oktober 2006 unseren inneren Nachbarplaneten. MESSENGER ist schon seit zwei Jahren im inneren Sonnensystem unterwegs und soll im März 2011 in eine Umlaufbahn um den sonnennächsten Planeten Merkur einschwenken. Merkur ist vom energetischen Standpunkt aus gesehen eine schwierig zu erreichende Welt. Der Grund dafür ist die hohe Bahngeschwindigkeit der Erde von rund 30 km/s, welche die Raumsonde beim Abflug mitnimmt. Bei Flügen zu den äußeren Planeten wie Mars oder Jupiter ist diese Extrageschwindigkeit hochwillkommen, für Flüge in Richtung Sonne ist sie aber ein großes Hindernis. Um zum Merkur zu gelangen, muss die Sonde also kräftig an Bewegungsenergie verlieren. Eine Möglichkeit wäre es, MESSENGER mit einem kräftigen Raketenmotor stark abzubremsen, sodass die

Sonde in Richtung Sonne »fällt«. Dies würde jedoch riesige Mengen an Treibstoff verschlingen. Daher bedient man sich der Schwerefelder von Erde, Venus und Merkur, um die Sonde schließlich so weit abzubremsen, dass sie mit geringem Raketenschub in eine Umlaufbahn um Merkur einschwenken kann. Seit ihrem Start im August 2004 passierte MESSENGER bereits einmal die Erde, um in eine Transferbahn zur Venus zu gelangen. Die Passage am 24. Oktober 2006 erfolgte in einem Abstand von 2990 km zur Oberfläche. MESSENGER be-

findet sich nach diesem Manöver auf einer Bahn, welche die Sonde im Juni 2007 wieder dicht an der Venus vorbeiführen wird. Danach ist sie so weit abgebremst, dass sie bis zum Merkur vordringt, den sie in den Jahren 2008 bis 2010 insgesamt dreimal passieren wird. Schließlich erreicht MESSENGER im März 2011 ihr Ziel und wird zum Merkursatelliten. Leider gibt es von dem kürzlich erfolgten Venusvorbeiflug keinerlei Bilder und Messdaten, denn sowohl Venus als auch MESSENGER befanden sich zum Zeitpunkt des Vorbeiflugs in Konjunktion mit der Sonne. Daher war nur ein stark eingeschränkter Funkverkehr möglich. Das Bild wurde drei Wochen vor dem Vorbeiflug aus einer Entfernung von 16,5 Millionen Kilometern aufgenommen. Beim Vorbeiflug im Juni 2007 ist die Konstellation günstiger. Dann wird MESSENGER die Venus mit allen Messinstrumenten unter die Lupe nehmen. (JHU-APL/NASA)

