

Dicke Luft

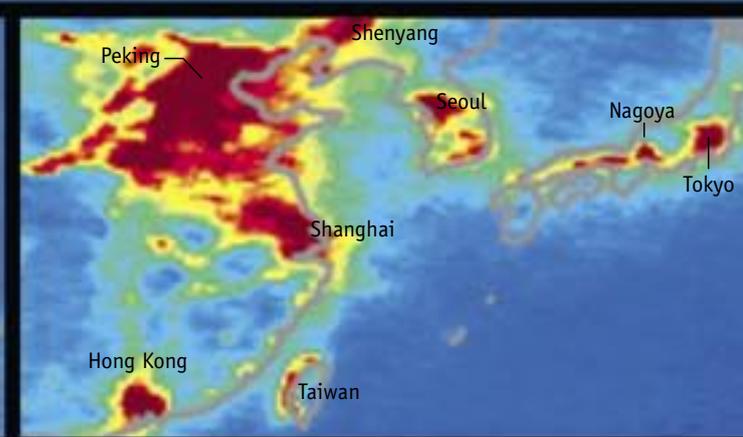
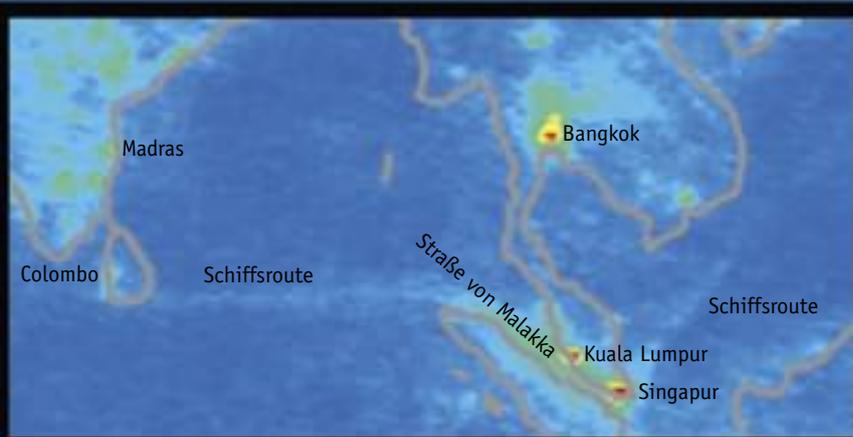
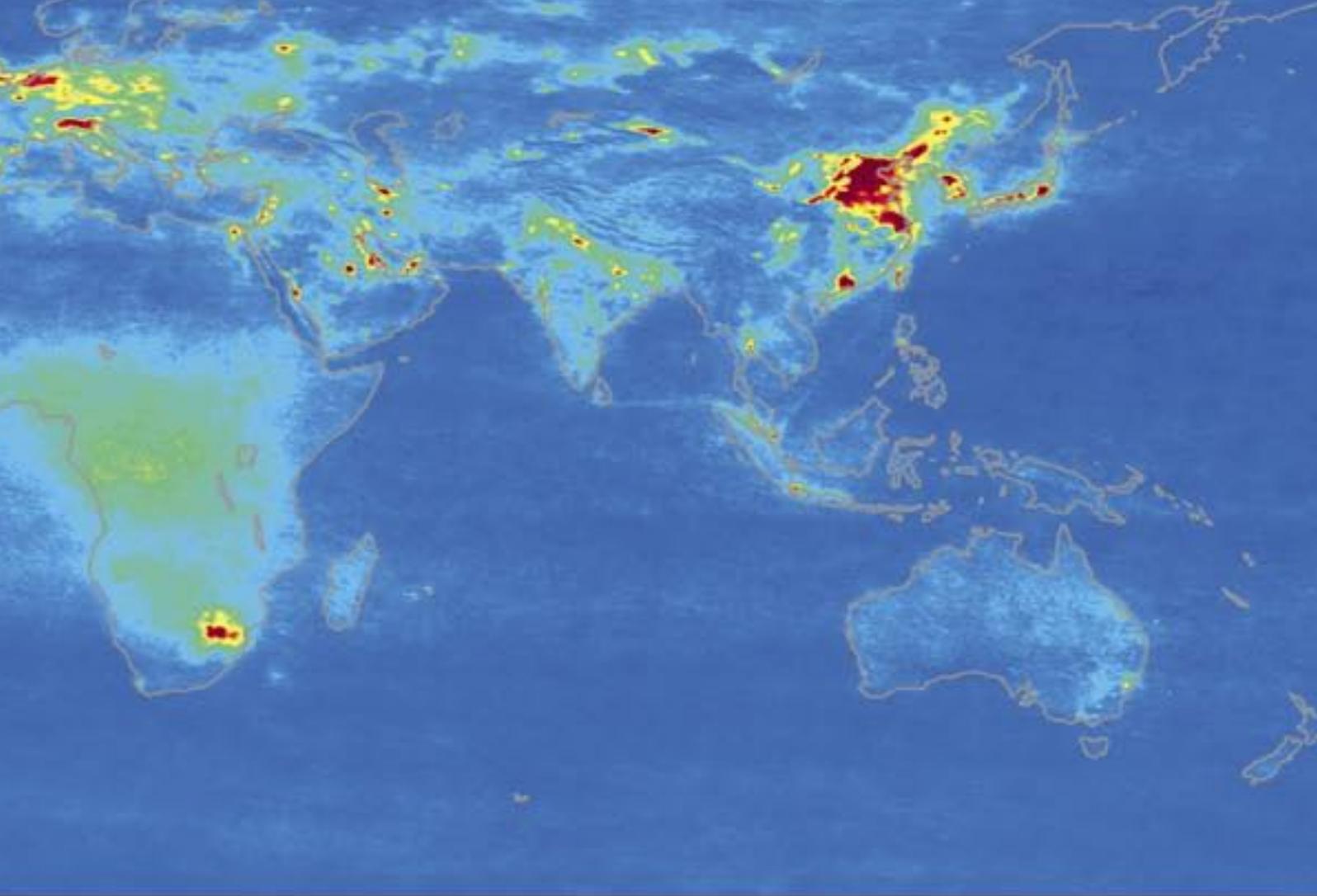
Industrieanlagen im Nordosten Chinas, den USA und Europa, Waldbrände in Afrika sowie die Seerouten von Frachtschiffen zwischen Indien und Indonesien: All dies ist auf dieser Weltkarte des troposphärischen Gehaltes von Stickstoffdioxid in der Luft zu erkennen. Die Konzentration des Gases ist in Falschfarben dargestellt, wobei Rot für die höchsten und Blau für die geringsten gemessenen Werte steht. Zwischen Januar 2003 und Juni 2004 sammelte das Instrument SCIAMACHY

auf dem Satelliten ENVISAT die Messdaten, aus denen die detailreiche Karte erstellt wurde. ENVISAT, ein Projekt der ESA, ist weltweit der größte Satellit für Umweltbeobachtungen (siehe SuW 3/2002, S. 22).

Stickstoffdioxid entsteht bei einer Vielzahl von Verbrennungsprozessen. Industrieanlagen, der Kraftverkehr sowie die Verbrennung von Biomasse sind die wichtigsten irdischen Quellen dieses Gases. Dessen hohe Konzentration fällt auf dieser Karte vor allem in aus-

gedehnten städtischen Ballungsräumen auf. Darüber hinaus hinterlassen Waldbrände im äquatornahen Afrika einen ausgedehnten Schleier, der in der Abbildung grünlich erscheint. Im Gegensatz zu diesen künstlichen Quellen werden in Gewittern und durch den Stoffwechsel von Mikroben im Boden nur geringe Spuren dieses Gases frei. Für Menschen ist Stickstoffdioxid schädlich, da es Lungenschäden und Atemprobleme verursachen kann.

Das Instrument SCIAMACHY (Scanning Imaging Absorption Spectrometer for Atmospheric Cartography) untersucht mit der spektroskopischen Technik DOAS (Differential Optical



Absorption Spectroscopy) das von der Erdatmosphäre gestreute und durchgelassene Licht. Anstatt das integrierte Spektrum des atmosphärischen Streulichtes zu analysieren, wird bei diesem Verfahren die Tiefe und Breite einzelner Absorptionslinien untersucht. Das liefert genaue Hinweise auf die Konzentration von Spurengasen. Stickstoffdioxid weist im ultravioletten und sichtbaren Spektralbereich eine Reihe charakteristischer Absorptionslinien auf, die mit der DOAS-Technik untersucht werden können. SCIAMACHY wurde unter der Leitung von John Burrows am Institut für Umweltphysik der Universität Bremen entwickelt; die DOAS-

Methode beruht auf Arbeiten von Ulrich Platt vom Institut für Umweltphysik der Universität Heidelberg.

Dank seiner hohen Empfindlichkeit im sichtbaren, ultravioletten und infraroten Licht kann SCIAMACHY auch für andere Spurengase regelmäßig ähnliche Weltkarten erzeugen. Dazu gehören Kohlendioxid (CO_2) und Methan (CH_4), die für die Erwärmung des Erdklimas verantwortlich sind, sowie Gase, die für die Ozonchemie von Bedeutung sind (unter anderem O_3 , BrO , OCIO). SCIAMACHY nutzt auf geschickte Weise die unterschiedliche Beleuchtung der Erdatmosphäre beim Umlauf von ENVISAT. Beobachtet wird

die seitlich von der Sonne beleuchtete Atmosphäre direkt unterhalb des Satelliten sowie der Rand der Atmosphäre mit und ohne Sonne und Mond als Lichtquellen im Hintergrund. Insgesamt kann so innerhalb von sechs Tagen der Großteil der Erdatmosphäre abgetastet werden. In Zukunft könnte es möglich sein, mit solchen Karten Vorhersagen der regionalen Luftbelastung zu gewinnen und darüber hinaus die Quellen und Mengen der Emission von Treibhausgasen genauer zu ermitteln.

G. H.

(Bild: S. Beirle, T. Wagner, U. Platt/Universität Heidelberg)



Tethys en detail

Die Raumsonde *CASSINI* lieferte diese Ansicht des Saturnmonds Tethys aus einer Entfernung von ca. 253 000 km. Das Bild entstand während des ersten Durchflugs von *CASSINI* durch das Saturnsystem am 28. Oktober 2004. Die Aufnahme erreicht eine Auflösung von ca. 1.5 km pro Bildpunkt und ist damit besser als alle bisherigen Bilder dieses mittelgroßen Saturnmonds. Sehr gut ist die kraterübersähte Oberfläche des 1050 km großen Mondes zu erkennen, die auf ein hohes Alter im Bereich mehrerer Milliarden Jahre hindeutet. Der Krater nahe des linken Rands des Mondes heißt Penelope und weist einen Durchmesser von ca. 180 km auf. Auffällig ist, dass dieser Krater von vielen kleineren Einschlagskratern übersät ist, welche die Feinstruktur des großen Kraters fast völlig ausgelöscht haben. Man spricht hier auch von einer kratergesättigten Oberfläche, d. h. jeder neu entstehende Einschlagskrater zerstört dabei ältere Strukturen. Am linken Bildrand ist neben dem Krater Telemachus das langgestreckte Tal Ithaca Chasma zu erkennen, welches Tethys möglicherweise völlig umspannt. Für seine Entstehung werden zur Zeit zwei Theorien diskutiert. Eine Vorstellung geht davon aus, dass der überwiegend aus Wassereis zusammengesetzte Mond schon recht bald nach seiner Entstehung erstarre und das beim Ausfrieren sich ausdehnende Eis die äußere Kruste sprengte. Nach der anderen Theorie ist die Entstehung des ca. 400 km großen Kraters Odysseus auf der anderen Seite von Tethys für den Riss in der Oberfläche verantwortlich. (NASA/JPL/SSI)

Exoplaneten von Uranusmasse entdeckt

Mit Hilfe des Spektrographen HARPS (High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher) am 3.6-m-Teleskop der Europäischen Südsternwarte Eso in Chile gelang beim 50 Lichtjahre entfernten sonnenähnlichen Stern μ Ara der Nachweis eines weiteren Exoplaneten. Bisher waren zwei Begleiter dieses Sterns bekannt, ein Planet mit 1.97 Jupitermassen, der den Stern in 743 Tagen umrundet, und ein Planet mit einer Jupitermasse, der für einen Umlauf etwa 1300 Tage benötigt. Der neu entdeckte Planet umkreist in 9.5 Tagen den Stern in einem Abstand von 0.09 AE (13.5 Millionen km). An sich ist der Nachweis eines weiteren Exoplaneten schon fast keine Meldung mehr wert, aber in diesem Falle ist seine Masse das besondere: Sie beträgt nur etwa 14 Erdmassen oder 0.04 Jupitermassen. Der neu entdeckte Planet ist also etwa so massereich wie Uranus in unserem Sonnensystem. Die Entdecker, ein

Team um Michel Mayor am Observatorium Genf, gehen aufgrund der Nähe zum Stern davon aus, dass es sich bei diesem Objekt möglicherweise nicht um einen Gasriesen handelt. Stattdessen wird vermutet, dass es ein riesiger, aus Metall und Gestein bestehender terrestrischer Planet ist, der von einer Gas-hülle mit etwa einem Zehntel der Gesamtmasse umgeben ist. Es würde sich um eine Art »Super-Erde« handeln. Der Spektrograph HARPS verwen-

det die Radialgeschwindigkeitsmethode zum Nachweis von Exoplaneten und ist besonders präzise. Nur wenige Tage nach der Bekanntgabe der Entdeckung durch die Eso veröffentlichte die Gruppe um Paul Butler den Nachweis eines Exoplaneten mit 18 Erdmassen beim Stern 55 Cancri, der nun von vier bekannten Exoplaneten begleitet wird. Dieser benötigt drei Tage für einen Umlauf, seine Masse ist mit der des Neptun vergleichbar. (Eso)



SWIFT im All

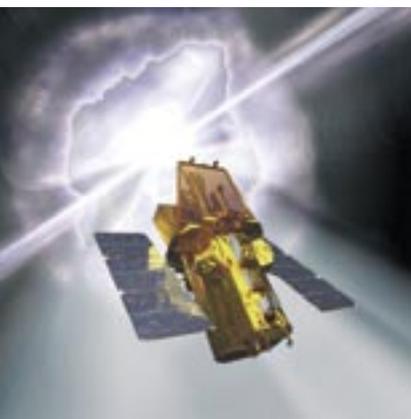
SWIFT startete am 20. November 2004 ins All und befindet sich nun für einen Monat in der Erprobungsphase. Die Hauptaufgabe von SWIFT ist die Überwachung des gesamten Himmels auf Gammastrahlenausbrüche. Dazu ist der Satellit mit drei Hauptinstrumenten ausgestattet. BAT oder Burst Alert Telescope verfügt über ein großes Gesichtsfeld und kann daher im Gammastrahlenbereich große Gebiete des Himmels überwachen. Es wird erwartet, dass BAT ca. zwei Gammastrahlenausbrüche pro Woche registriert und innerhalb von 20 s eine erste grobe Position an erdgebundene Überwachungsteleskope übermittelt. Hat BAT einen Gammastrahlenausbruch registriert, so richtet sich der Satellit schnell (englisch »swift«) auf die Position aus und die beiden anderen Instrumente übernehmen die weitere Beobachtung. Das XRT (X-Ray Telescope) verfügt über eine deutlich bessere räumliche Auflösung als BAT



M 51 im Infraroten

Diese Falschfarbenaufnahme der Spiralgalaxie M 51 im Sternbild Jagdhunde mit dem Infrarot-Weltraumteleskop SPITZER wurde kürzlich von der US-Raumfahrtbehörde NASA freigegeben. Sehr gut ist die Spiralstruktur dieser Galaxie zu erkennen, die ihr den Namen »Whirlpool-Galaxie« einbrachte. Das bläuliche Gebilde rechts der Spiralgalaxie ist die Begleitgalaxie NGC 5195, mit der M 51 in Schwerkraft-Wechselwirkung steht. Durch die Schwerkraft-Wechselwirkung kommt es in M 51 zu stark erhöhter Bildung von neuen Sternen,

die im sichtbaren Licht den Spiralarmen ein weiß-bläuliches Schimmern verleihen. Dieses Licht stammt überwiegend von massereichen Sternen, die sehr hohe Oberflächentemperaturen aufweisen. Im Infraroten herrschen bei M 51 dagegen die Emissionen warmen Staubs vor, im Bild rötlich eingefärbt. Dagegen dominiert in NGC 5195 das Licht der Sterne, hier in bläulichen Farben dargestellt. In dieser Galaxie gibt es offenbar nur wenig Gas- und Staubwolken, sie besteht überwiegend aus älteren Sternen. M 51 ist ca. 37 Millionen Lichtjahre entfernt und erreicht eine scheinbare Helligkeit von ca. 8.4 mag. (SPITZER, Norden ist rechts)



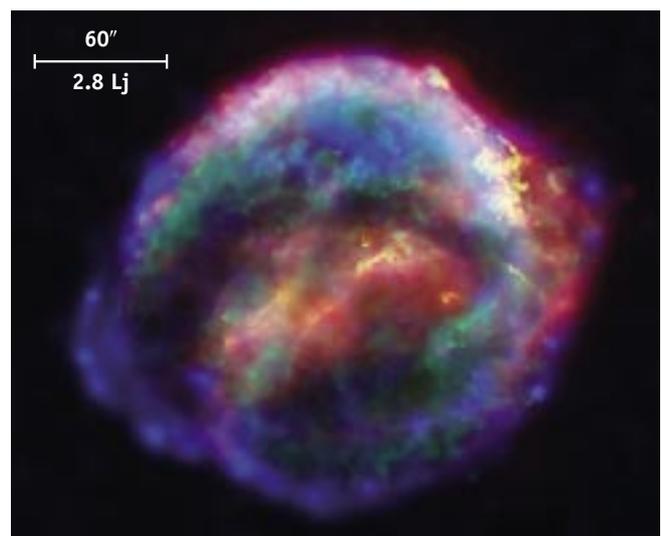
und soll vor allem Spektren der Gammastrahlenausbrüche liefern. So lassen sich detaillierte Informationen über den zeitlichen Verlauf dieser Ausbrüche gewinnen. Das dritte Hauptinstrument ist UVOT, das Ultraviolett/Optical Telescope. Es ist ein 30-cm-Spiegelteleskop mit CCD-Detektor und untersucht die Region des Gammastrahlenausbruchs im Ultravioletten sowie im sichtbaren Licht. Hierdurch lassen sich die Positionen der Ausbrüche auf unter eine Bogensekunde genau bestimmen, wesentlich besser als bisher möglich. (NASA-GSFC)

Keplers Supernova in neuem Licht

Diese Aufnahme des Supernova-Überrests SN 1604 im Sternbild Ophiuchus ist ein Komposit aus Bildern der drei Weltraumobservatorien CHANDRA, SPITZER und HUBBLE und kombiniert Aufnahmen im Röntgenlicht, im Infraroten und im sichtbarem Licht. Die Kombination dieser Aufnahmen ermöglicht neue Einblicke in die Struktur des Supernovaüberrests. Die Supernova leuchtete am 9. Oktober 1604 auf und wurde von vielen Beobachtern weltweit gesehen, darunter auch der berühmte Astronom Johannes Kepler. Aufgrund seiner Beschreibungen des Himmelsereignisses wird daher auch von »Keplers Supernova« gesprochen. Sie war die letzte gut sichtbare Supernova in unserem Milchstraßensystem und konnte in ihrer hellsten Phase sogar am Tageshimmel gesehen werden. Anders als die Supernova von 1054, die den hellen Krebsnebel als Überrest hinterließ, ist der Nebel der Sternexplosion von 1604 im

sichtbaren Licht nicht sehr auffällig. Die Aufnahme des Weltraumteleskops HUBBLE enthüllt feine Gasschleier, wo die Stoßwelle der Supernova auf das umgebende interstellare Medium trifft (hier gelb dargestellt). Dabei wird das Gas komprimiert, aufgeheizt und zum Leuchten angeregt. Die Stoßwelle breitet sich mit ca 10 000 km/s aus. Die Ausdehnung des Supernovaüberrests beträgt 14 Lichtjahre. Die Aufnahmen des Röntgensatelliten CHANDRA (in grün und blau) zeigen weitere Details der Explosionswol-

ke, sie geben die heißesten Regionen wieder, die so hohe Temperaturen aufweisen, dass die Gase Röntgenstrahlung aussenden. Die heißesten Gebiete befinden sich dicht hinter der Stoßwellenfront. Die Infrarotaufnahme von SPITZER (rot) zeigt die Gebiete, in denen sich aufgeheizter Staub befindet. Sie fallen mit den hellsten Regionen im sichtbaren Licht zusammen, allerdings enthüllt das Infrarotbild die gesamte Ausdehnung der Stoßwelle. Nach wie vor ist nicht bekannt, von welchem Typ das Supernova-Ereignis war. (NASA/ESA/Ravi Sankrit u. William Blair)



MARS EXPRESS studiert Phobos

Dieses Bild vom Marsmond Phobos wurde mit der High Resolution Stereo Camera HRSC an Bord der europäischen Raumsonde MARS EXPRESS aufgenommen. Es ist eines der besten jemals von diesem Marstrabanten erhaltenen Bilder. Es entstand aus einem Abstand von ca. 200 Kilometern, und die kleinsten erkennbaren Details sind ca. sieben Meter groß. Am linken Rand von Phobos ist der etwa zehn Kilometer große Einschlagskrater Stickney zu sehen. Er erreicht damit eine Größe, die hart an der Grenzen dessen liegt, was Phobos beim Einschlag eines Impaktors aushalten konnte, ohne dabei in kleine Bruchstücke zu zersplittern. Möglicherweise sind die auf dem ganzen Bild sichtbaren Furchen auf die Entstehung des Kraters zurückzuführen. Auch ihre Entstehung durch Gezeitenwechselwirkung mit dem Mars wird diskutiert. Phobos umkreist den Roten Planeten in einem Abstand von nur 6000 Kilometern und ist sehr unregelmäßig geformt. Seine Maße betragen nur 27 km × 22 km × 19 km, es handelt sich um einen sehr kleinen Planetenmond. Von seiner Zusammensetzung her dürfte er Asteroiden vom Typ der kohligen Chondriten ähneln, Phobos weist eine sehr dunkle und einförmig gefärbte Oberfläche auf. Auf ihren Umläufen um den Mars nähert sich die Raumsonde MARS EXPRESS relativ häufig Phobos beim Durchlaufen des marsfernsten Punkts ihrer Umlaufbahn an. Daher ergeben sich immer wieder gute Gelegenheiten, den Marsmond mit der HRSC unter die Lupe zu nehmen. Auch für die nächsten Monate sind Beobachtungen vorgesehen, man erhofft sich dadurch eine vollständige Kartierung von Phobos. (ESA/DLR/Gerhard Neukum/FU Berlin)



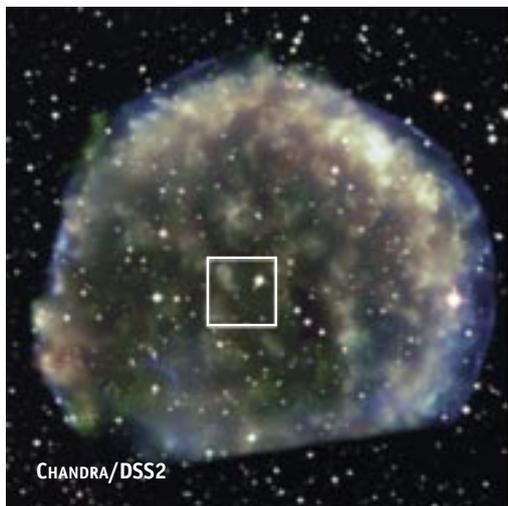
Partnerstern der Supernova von 1572 entdeckt

Mit Hilfe des Weltraumteleskops HUBBLE ist es möglicherweise gelungen, den Partnerstern der Supernova von 1572 zu identifizieren. Diese Supernova im Sternbild Cassiopeia wurde am 11. November 1572 von Tycho Brahe bemerkt, sie hatte bereits die scheinbare Helligkeit von Jupiter erreicht. Wenige Tage später überstieg sie diejenige der Venus (-4.5 mag) und der Stern konnte sogar am

Tageshimmel gesehen werden. Mehr als 16 Monate lang konnte man die Supernova mit bloßem Auge sehen, das Teleskop war zu dieser Zeit noch nicht erfunden. Anhand der sehr genauen Aufzeichnungen Tycho Brahes über den Helligkeitsverlauf gelang es, die Supernova als eine Sternexplosion vom Typ Ia zu bestimmen. Solche Supernovae entstehen in engen Doppelsternsystemen

aus sonnenähnlichen Sternen. In diesen ist ein Stern etwas massereicher als sein Begleiter. Daher durchläuft er schneller als sein Partner seine stellare Entwicklung, bläht sich zum Roten Riesen auf und endet schließlich als Weißer Zwerg, der nach wie vor vom Partnerstern umkreist wird. Einige hundert Millionen Jahre später entwickelt sich auch der Begleiter zu einem Roten Riesen.

Nun kann Materie des Begleiters in großer Menge auf den Weißen Zwerg strömen, dessen Masse schnell anwächst. Überschreitet er dabei die kritische Grenze von ca. 1.6 Sonnenmassen, so kann die entartete Materie des Weißen Zwergs, überwiegend Kohlenstoff, den hohen Drücken und Temperaturen nicht mehr standhalten. Schlagartig setzen Kernfusionsreaktionen ein, und der Weiße Zwerg explodiert in einer gewaltigen thermonuklearen Explosion, einer Supernova vom Typ Ia. Dabei wird der Weiße Zwerg vollständig zerstört. Plötzlich seines Partners beraubt, wird dabei der Begleiter aufgrund seiner Bahngeschwindigkeit fortgeschleudert und entfernt sich mit hoher Geschwindigkeit. Der jetzt von einem Team um Pilar Ruiz-Lapuente an der Universität von Barcelona aufgespürte Stern bewegt sich etwa drei Mal so schnell wie die Sterne seiner Umgebung und ist im Übergang zum Roten Riesen begriffen. (NASA/ESA/CXO und Pilar Luiz-Lapuente)





NGC 3949 im Blick von HUBBLE

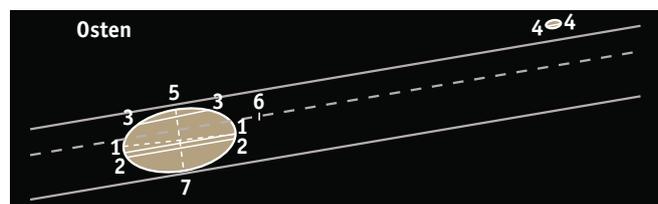
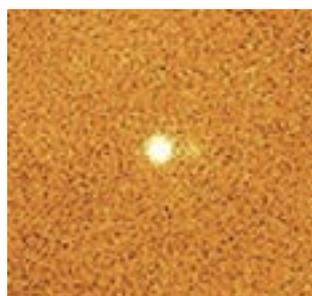
Die Spiralgalaxie NGC 3949 wurde hier mit der Weitfeld/Planetenkamera des Weltraumteleskops HUBBLE portraitiert. NGC 3949 befindet sich ca. 50 Millionen Lichtjahre entfernt im Sternbild Großer Bär. NGC 3949 ähnelt in ihrer Erscheinung sehr unserem Milchstraßensystem, aber mit einem Durchmesser von ca. 20 000 Lichtjahren ist sie erheblich kleiner (Milchstraße: ca. 100 000 Lichtjahre). Sehr schön sind die einzelnen Spiralarme und dunkle Anhäufungen von Gas- und Staubmassen zu erkennen. Diese sind die Geburtsstätten neu-

er Sterne. In den bläulichen Regionen im äußeren Bereich von NGC 3949 entstanden vor kurzer Zeit viele neue und massereiche Sterne. Da massereiche Sterne sehr heiß sind, strahlen sie in einem bläulichen Ton. Derartige Sterne sind aber im Vergleich zu Sternen wie unserer Sonne recht kurzlebig, die massereichsten von ihnen dehnen sich schon nach wenigen Millionen Jahren zu Roten Riesen aus. Ein Stern wie unsere Sonne weist dagegen eine Lebensdauer von ca. zehn Milliarden Jahren auf. Der Zentralbereich von NGC 3949 erscheint gelblich, hier dominiert das Licht von sonnenähnlichen und noch masseärmeren, langlebigen Sternen. (NASA/STSCI/AURA)

Kristalline Silikate in protoplanetarer Scheibe

Mit Hilfe der Cooled Mid-Infrared Camera and Spectrometer (COMICS) des 8.2-m-SUBARU-Teleskops auf dem Mauna Kea in Hawaii, gelang es dem Team um Mitsuhiro Honda, kristalline Silikate in einer protoplanetaren Scheibe um den Stern Hen 3-600A aufzuspüren. Hierbei handelt es sich um einen jungen, sonnenähnlichen Stern in etwa 160 Lichtjahren Entfernung, der zum TW-Hydrae-Haufen gehört. Diese Gruppe von zwei Dutzend Sternen ist etwa fünf bis zehn Millionen Jahre alt und befindet sich noch im T-Tauri-Stadium. Bisher hatte man in den Infrarot-Spektren dieser Sterne nur amorphe Silikate nachgewiesen, kristalline Silikate noch nicht. Die spektralen Signaturen kristalliner Silikate sind aufgrund der im mittleren Infrarot relativ geringen Helligkeiten protoplanetarer Scheiben von T-Tauri-Sternen nur schwie-

rig nachzuweisen und waren daher nur von den Scheiben heller, massereicher Sterne bekannt. Im Fall von Hen 3-600A konnten nun die Minerale Quarz (SiO_2), Enstatit ($\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$) und Forsterit (Mg_2SiO_4) eindeutig identifiziert werden. Diese Entdeckung weist darauf hin, dass das Material in protoplanetaren Scheiben sonnenähnlicher Sterne auf mehr als 600 °C erhitzt wird, so dass sich die amorphen Silikate in kristallisierte Minerale umwandeln können, aus denen sich letztlich dann terrestrische Planeten bilden. (SUBARU)



Hat Asteroid (302) Clarissa einen Mond?

Am 24. Juni 2004 bedeckte der Asteroid (302) Clarissa den Stern SAO 118 999 im Sternbild Jungfrau. Diese nur von Nordamerika aus sichtbare Bedeckung wurde von zahlreichen Amateurastronomen verfolgt. Dabei beobachtete Phil Dombrowski in Glastonbury, Connecticut nach dem eigentlichen Ereignis eine 0.25 s lange Verdunkelung. Ursprünglich dachten die Auswerter, dass Dombrowski den äußersten Rand von Clarissa erwischte haben könnte, aber nachfolgende Auswertungen der Aufzeichnungen der Bedeckung von anderen Amateurastronomen zeigten, dass es einige Sekunden nach der Bedeckung des Sterns

durch Clarissa stattfand, so dass Clarissa möglicherweise einen Begleiter hat. Dieser würde dann einen Durchmesser von ca. fünf bis sechs Kilometern aufweisen. Aus den Beobachtungen ergibt sich für Clarissa selbst eine ovale Form mit einer Länge von 64 km und einer Breite von 35 km, siehe Graphik. Hier sind die Beobachtungen in Abhängigkeit von Zeit und Ort eingetragen, wobei zwischen den einzelnen Beobachtungen interpoliert wurde. Clarissa ist erheblich größer als erwartet, gerechnet wurde mit einem Durchmesser um ca. 38 km. Nun müssen Beobachtungen klären, ob Clarissa wirklich einen Mond besitzt. (IOTA)