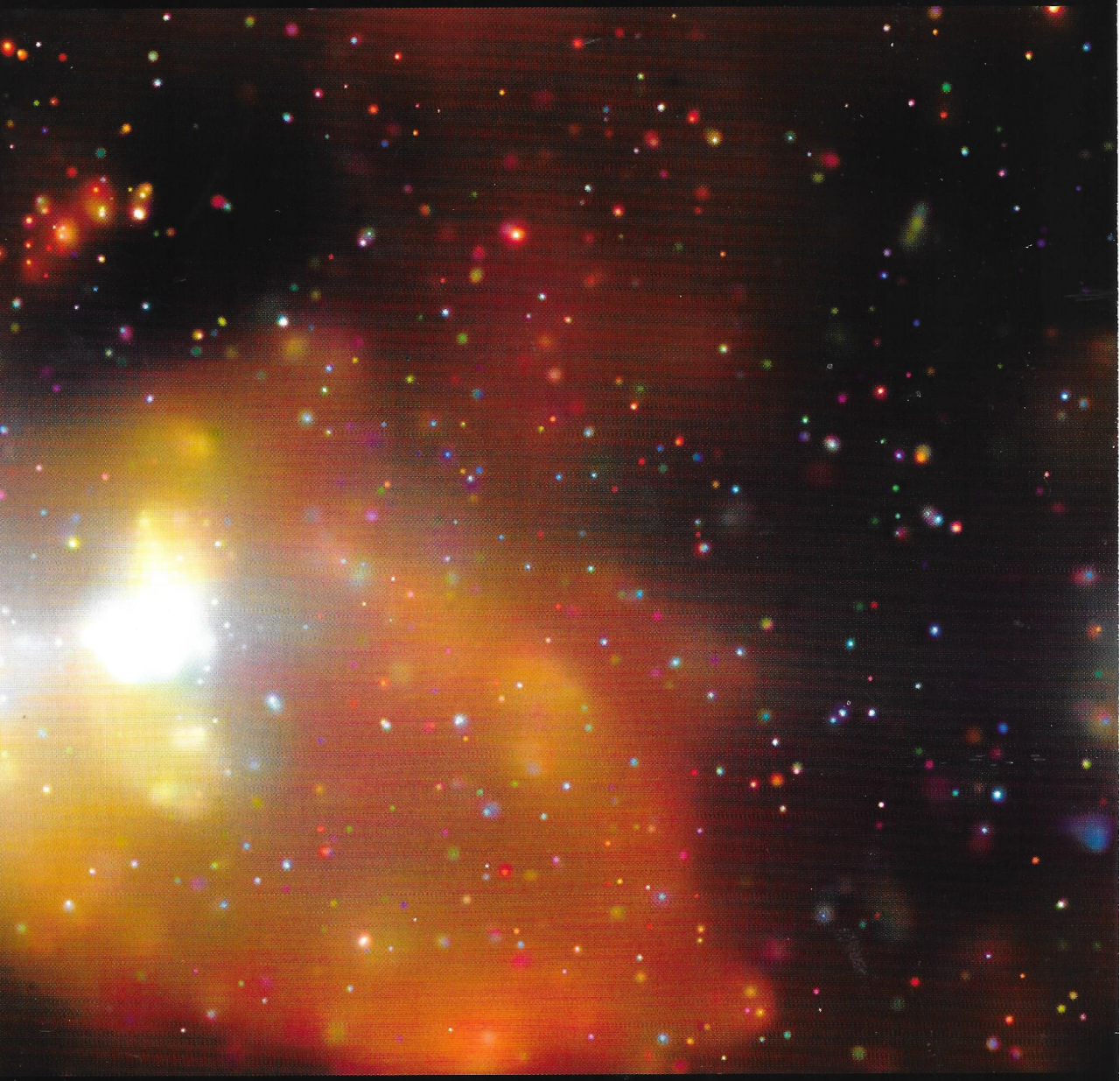
CHANDRA'S SUPEROGEN

CHANDRA, HET SPECIALE RÖNTGENOBSERVATORIUM VAN NASA IN DE RUIMTE, ONTHULT EEN WOEST EN WERVELEND HEELAL.

C

De röntgenstraling die Chandra waarneemt, H onthult de meest turbulente gebeurtenissen in de kosmos. Het röntgenobservatorium, genoemd naar de vermaarde astrofysicus Subrahmanyan Chandrasekhar, is het derde A van NASA's vier Grote Observatoria – de andere zijn de Hubble-ruimtetelescoop, het niet meer bestaande Compton Gamma Ray Observatory en de binnenkort te lanceren N Space Infrared Telescope Facility. Sinds de lancering in juli 1999 heeft Chandra de astro- D nomie verrast met ontdekkingen over de aard van zwarte gaten, de vorming van sterren- stelsels en de levensloop van sterren. R

A



DIT MOZAÏEK VAN RÖNTGENOPNAMEN toont de kern van ons melkwegstelsel. Het turbulente gebied ligt op 25.000 lichtjaar van de aarde en bevat vele zwarte gaten, witte dwergen,

TEKST: MICHAEL KLESIUS

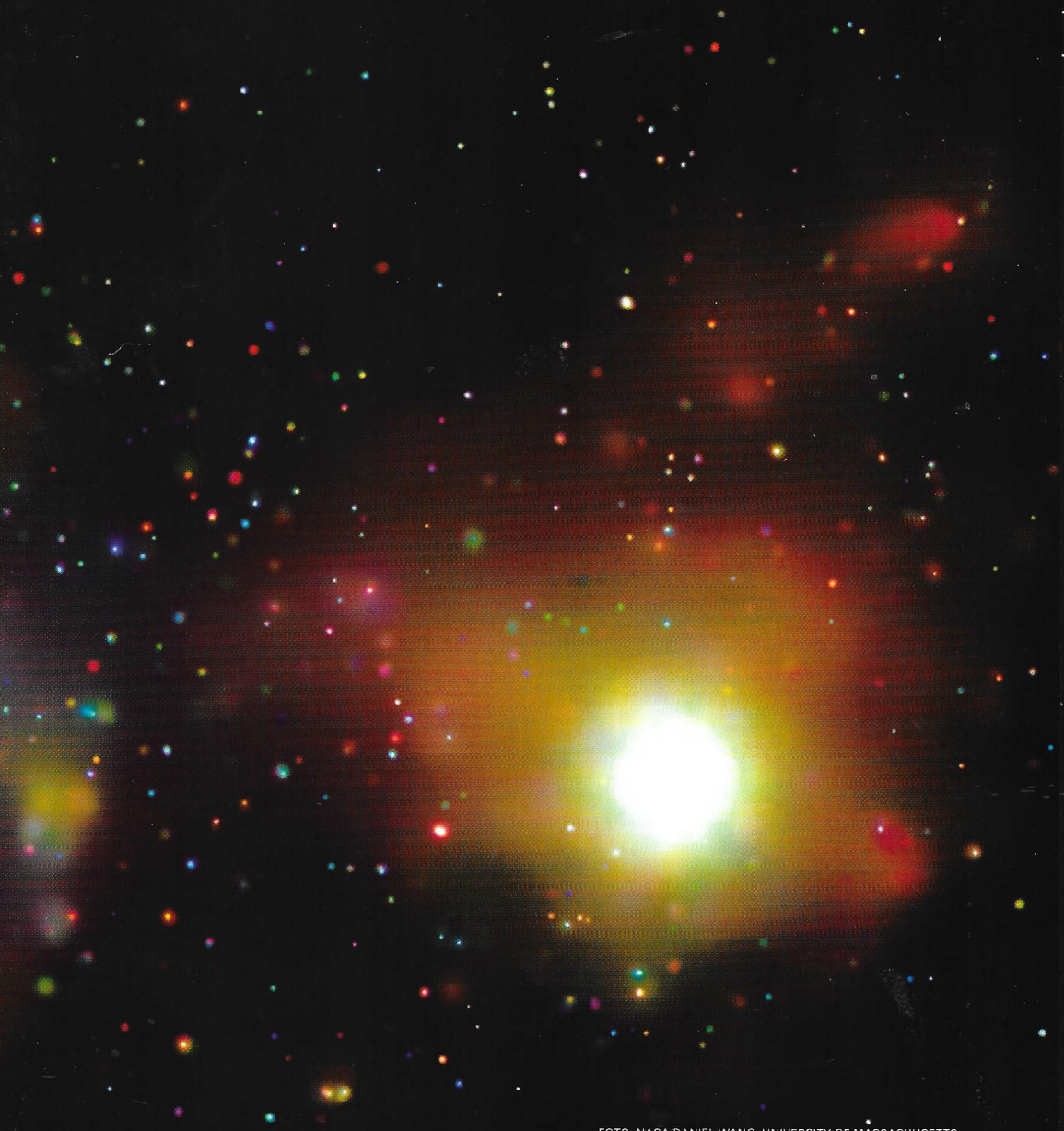
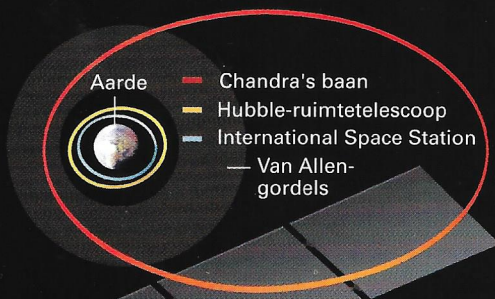


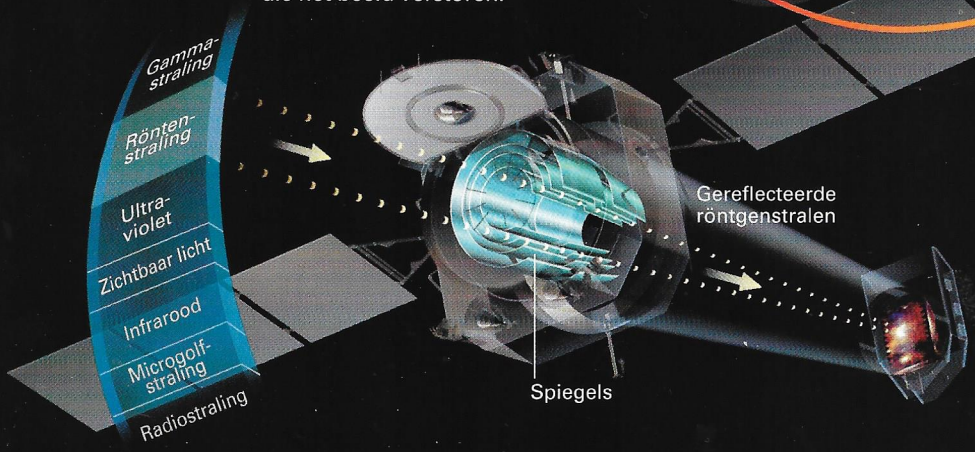
FOTO: NASA/DANIEL WANG, UNIVERSITY OF MASSACHUSETTS

neutronensterren en supernova's omringd door gas met een temperatuur van miljoenen graden Celsius. De röntgenogen van Chandra laten – voor het eerst zo helder – de wisselwerking zien tussen sterren, gas en stof. Chandra kan hoogenergetische straling waarnemen, en dat leidt tot nieuwe inzichten.

CHANDRA RÖNTGENOBSERVATORIUM

Anders dan satellieten als de Hubble die in negentig minuten om de aarde draaien, doet Chandra 2,6 dagen over een omloop. Ze reist tot een derde van de afstand naar de maan om zo langer te kunnen waarnemen buiten de Van Allen-gordels die het beeld verstoren.



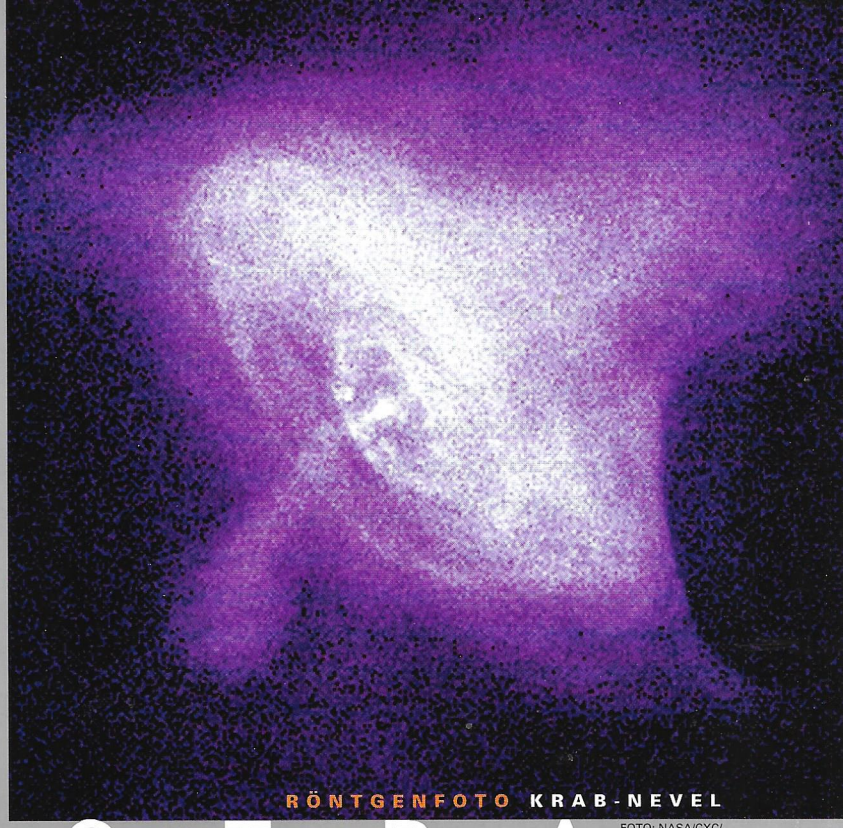


Röntgenstraling bestaat uit lichtfotonen met extreem korte golflengten binnen het elektromagnetisch spectrum. Ze wordt pas door een spiegel weerkaatst als ze onder een zeer scherpe hoek invalt. Daarom heeft Chandra vier paar in elkaar passende spiegels die vrijwel parallel lopen aan binnenkomende röntgenstraling. Deze spiegels – ruim een ton aan glas – zijn de gladste ooit gemaakt. Hun oppervlakte varieert slechts drie Ångström, zodat er geen oneffenheden zijn die de precieze weerkaatsing van de röntgenstralen, op hun weg naar de CCD-afbeeldende spectrometer of de hogeresolutiecamera, kunnen verstoren. Chandra wordt van stroom voorzien door zonnepanelen en gebruikt niet meer energie dan twee kleine haardrogers.

ILLUSTRATIES: DANA BERRY; BRON: NASA/CHANDRA X-RAY CENTRE (CXC)

Deze kosmische wervelstorm (rechts) is een pulsar in het hart van de Krab-nevel die bundels met hoogenergetische deeltjes afvuurt.

In 1054 keken Chinese astronomen met verbazing naar een oplichtende ster in sterrenbeeld Stier. De ster was zesduizend jaar eerder geëxplodeerd, maar het licht bereikte nu pas de aarde. Het restant van deze supernova, de Krab-nevel, is een wolk van gas en stof met een doorsnede van zes lichtjaar.
In het hart van de nevel ligt

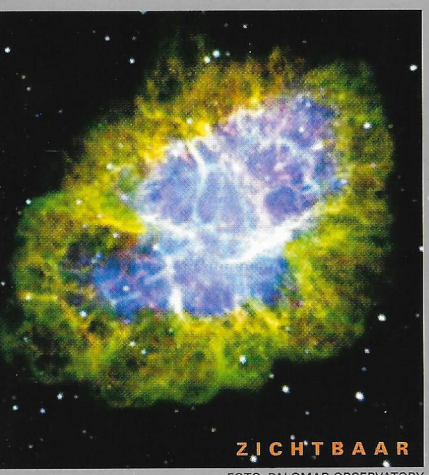


RÖNTGENFOTO KRAB-NEVEL

FOTO: NASA/CXC/ SMITHSONIAN ASTROPHYSICAL OBSERVATORY

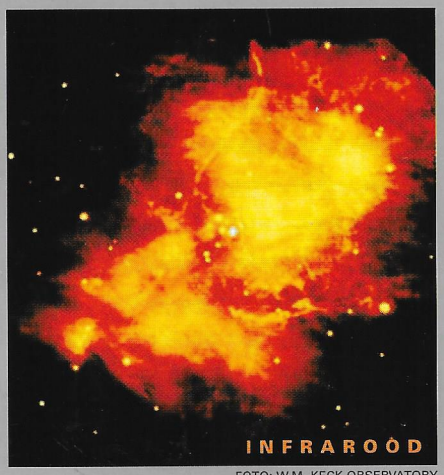
SPECTRA

een pulsar, een neutronenster. Met een doorsnee van slechts twintig kilometer draait hij dertig keer per seconde om zijn as waarbij hij hoogenergetische deeltjes uitstoot. Onderweg verliezen de deeltjes energie en geven straling in langere golflengten af. Weergegeven in valse kleuren (onder) toont dit beeld de deeltjes met gemiddelde energie van de pulsar (blauw), en materiaal dat de ruimte is in geslingerd door de explosie zelf (groen en rood). Infrarood- en radiobeelden tonen waar zich laagenergetische deeltjes bevinden.
Op Chandra's röntgenfoto van de pulsar (boven) zien onderzoekers voor het eerst een donutvormige ring van materie. De binnenste ring is de schokgolf die wordt veroorzaakt door deeltjes die van de pulsar wegschieten. Ook zijn deeltjes te zien die rechtstreeks uit de pulsar schieten. Door de Krab-nevel op verschillende golflengten te bekijken, kunnen onderzoekers alle natuurkundige eigenschappen ervan in kaart brengen.



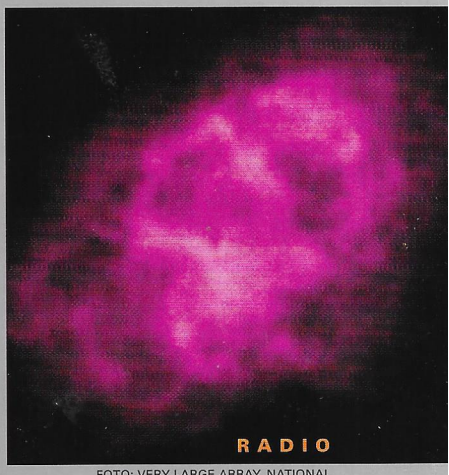
ZICHTBAAR

FOTO: PALOMAR OBSERVATORY



INFRAROOD

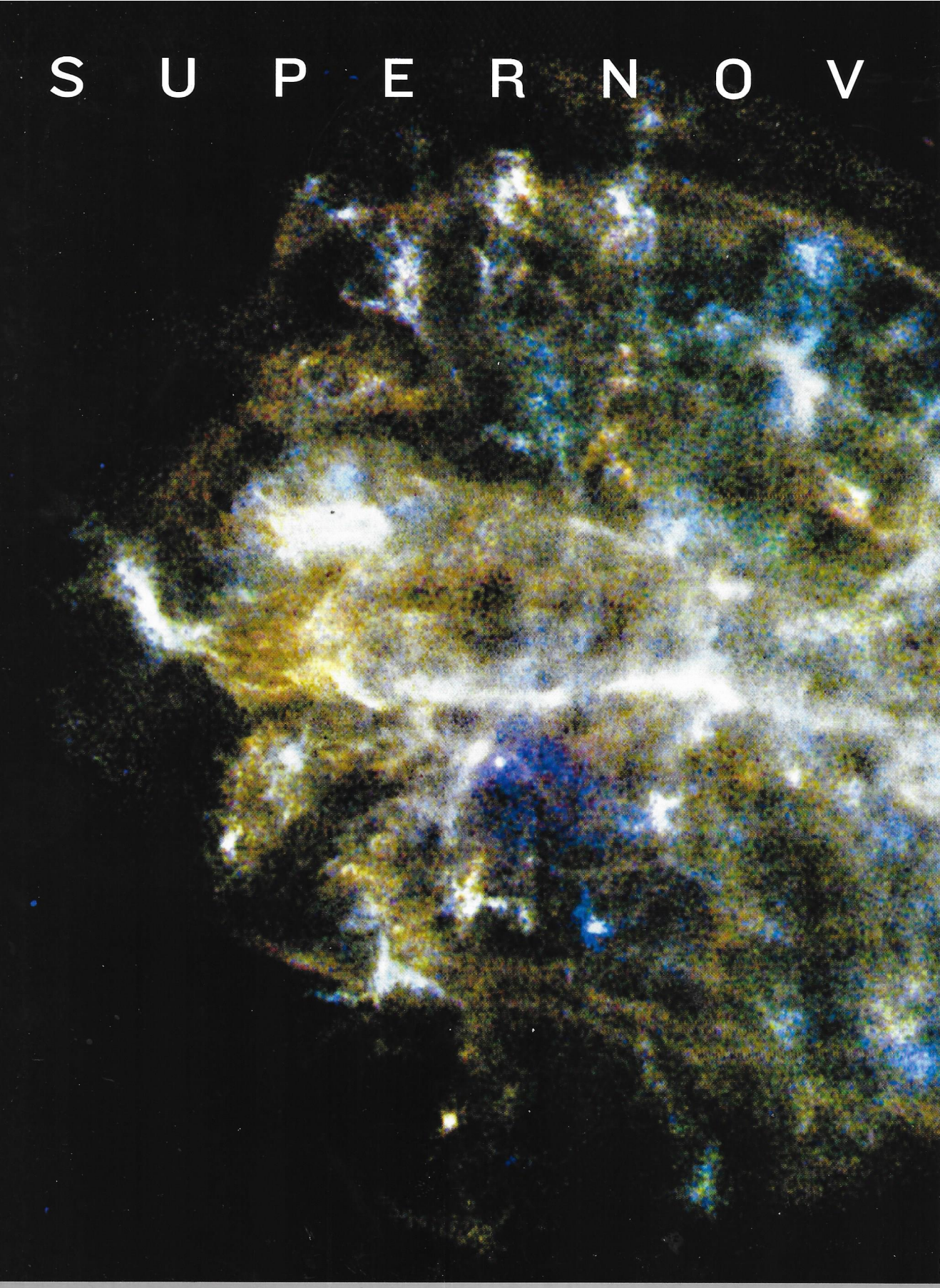
FOTO: W.M. KECK OBSERVATORY



RADIO

FOTO: VERY LARGE ARRAY, NATIONAL RADIO ASTRONOMY OBSERVATORY

S U P E R N O V



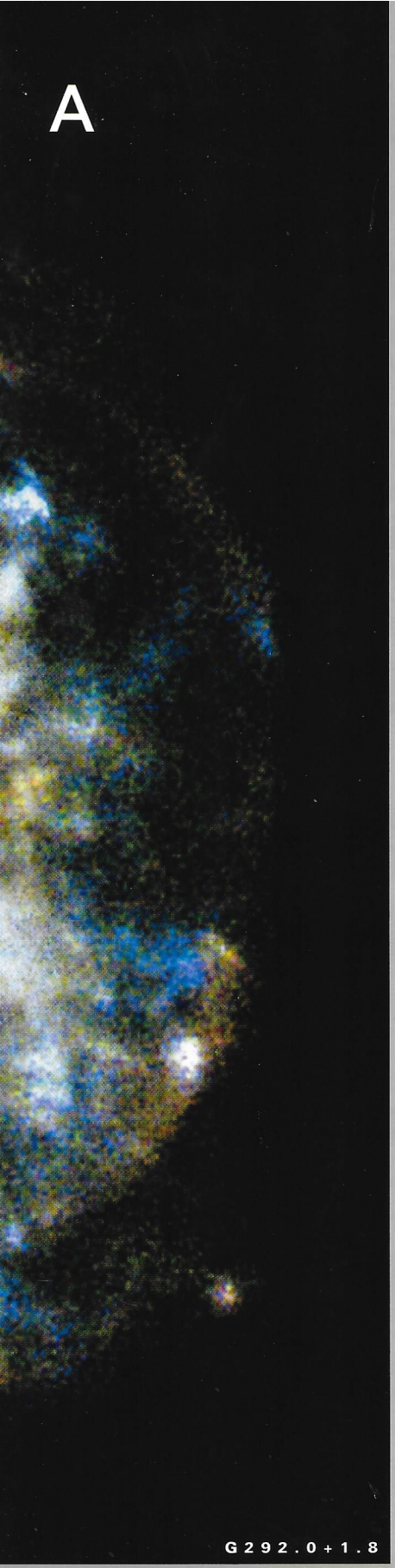
A

Een ster explodeert. Puin en energie worden weggeschoten en lichten op met de intensiteit van miljarden zonnen: een supernova.

In het heelal zijn weinig fenomenen zo indrukwekkend als de supernova, de explosieve dood van een zware ster.

Witte dwergen, een soort sterren, kunnen zwaarder worden van de materie die ze invangen van een om hen heen draaiende metgezel, waardoor een explosie kan ontstaan: een nova. Zwaardere sterren storten aan het eind van hun leven in elkaar en exploderen onmiddellijk: een supernova. Vaak rest er slechts een kleine neutronenster met een zeer hoge dichtheid. Bij de explosies komen elementen als koolstof, zuurstof en ijzer vrij.

Chandra spoort röntgenstraling van deze supernovaresten op. De tweeduizend jaar oude rest links laat een pulsar zien (witte vlek bij het midden), waterstof- en heliumgas (wit) en hoge concentraties neon, magnesium en zuurstof (blauw). Chandra voegt een heldere dimensie toe aan de samengestelde afbeelding van een supernovarest (onder). Röntgenstraling (blauw) laat zuurstof- en neonrijk gas zien dat wordt verhit door uitgaande en terugkaatsende schokgolven. Radiogolven (rood) tonen door schokgolven versnelde elektronen. Zichtbaar licht (groen) wijst op koelere zuurstof.



G292.0+1.8

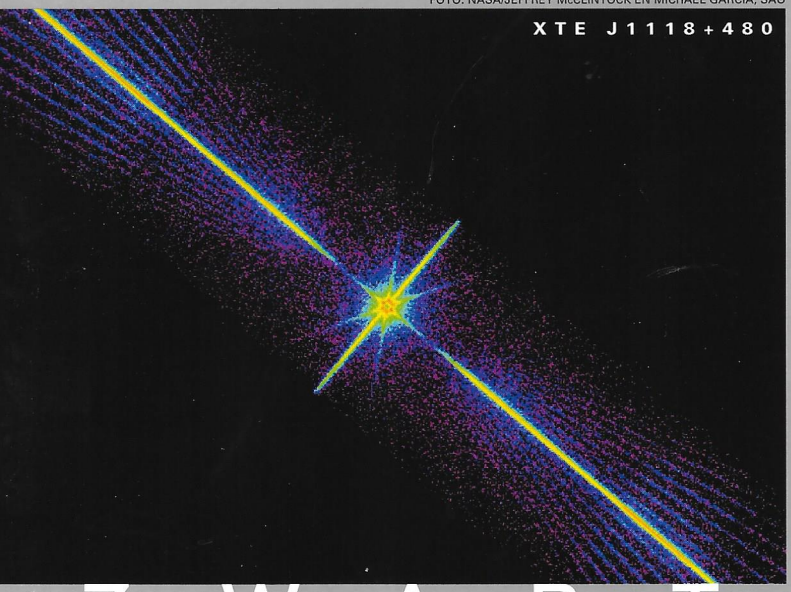
FOTO: NASA/CXC/JOHN P. HUGHES, RUTGERS UNIVERSITY

SAMENSTEL E0102-72.3

SAMENSTEL: TERRY GAETZ, SAO; RÖNTGEN: NASA/CXC/SAO; OPTISCH: NASA/HUBBLE SPACE TELESCOPE; RADIO: AUSTRALIA TELESCOPE COMPACT ARRAY

ILLUSTRATIE: ROB WOOD

FOTO: NASA/JEFFREY McCLINTOCK EN MICHAEL GARCIA, SAO



Chandra neemt intense, door gas uitgezonden röntgenstralen waar wanneer dit wordt versneld, verhit en in een zwart gat gezogen.

Als een ster die veel zwaarder is dan de zon zijn kernbrandstof heeft opgebruikt, implodeert de kern tot een zwart gat – een klein punt in de ruimte met een enorme zwaartekracht. De zwaartekracht is zo

ZWARTE GA

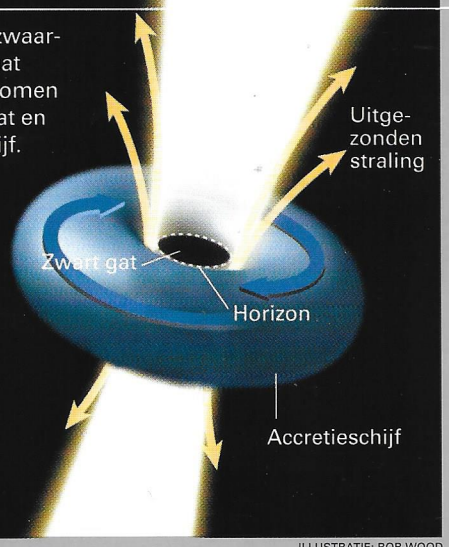
FOTO: NASA/RALPH KRAFT EN STEPHEN MURRAY, SAO

groot dat zelfs licht er niet uit kan ontsnappen; daardoor is een zwart gat onmogelijk direct waar te nemen. Rond deze grens van onzichtbaarheid, de 'horizon', draait materie rond in een accretieschijf die zo heet wordt dat zij röntgenstraling uitzendt.

Chandra heeft inzicht gegeven in de aard van een accretieschijf door een zwart gat waar te nemen met een massa van zeven maal de zon, op vijfduizend lichtjaar van de aarde. Met een zogenoemd diffractierooster in de baan

HOE IS EEN ZWART GAT TE 'ZIEN'?

Als gas en stof door de zwaartekracht van een zwart gat worden aangetrokken, komen ze in een baan om het gat en vormen een accretieschijf. Sommige materie passeert de horizon en wordt het gat in getrokken. Er komt daarbij straling vrij in een golflengte die Chandra kan zien.



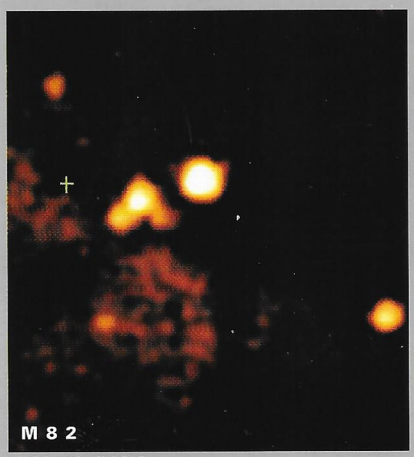
ILLUSTRATIE: ROB WOOD

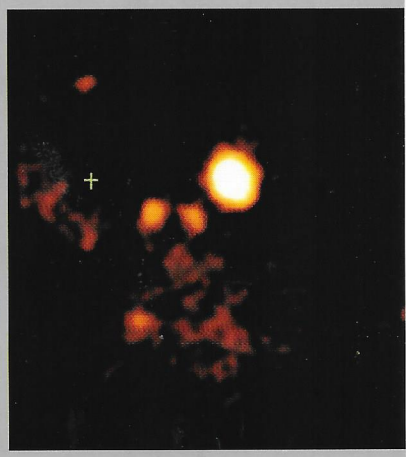
T E N .

van de röntgenstralen, net achter Chandra's spiegels, wordt de röntgenstraling uiteengerafeld en 'gesorteerd' op basis van haar energie (linksboven), zoals een prisma het zonlicht splitst in een regenboog.

De heldere diagonale lijn is röntgenenergie die wordt afgegeven als materie van een ster in de richting van het zwarte gat wordt getrokken. In de centra van sterrenstelsels bevinden zich superzware zwarte gaten die vele tientallen miljoenen malen groter zijn. Als deze zwarte gaten materie aantrekken, kunnen ze ook krachtige röntgenstralen uitzenden. Een voorbeeld hiervan vinden we in het midden van Centaurus A, waar de accretieschijf een bundel van deeltjes vijftienduizend lichtjaar de ruimte in schiet.

Chandra heeft een derde type zwart gat in het sterrenstelsel M82 (onder) ontdekt. Dit zwarte gat (lichtste punt), bevindt zich op zeshonderd lichtjaar van het centrum van het sterrenstelsel (groen kruis). De intensiteit van de röntgenstraling varieerde gedurende de drie maanden die tussen deze twee opnamen lagen, wat de aanwezigheid van een zwart gat verraadt. De helderheid laat zien dat dit zwarte gat een massa heeft die groter is dan vijfhonderd zonsmassa's, waarmee het een zwart gat van gemiddelde omvang is – de ontbrekende schakel tussen de stellaire en superzware varianten.





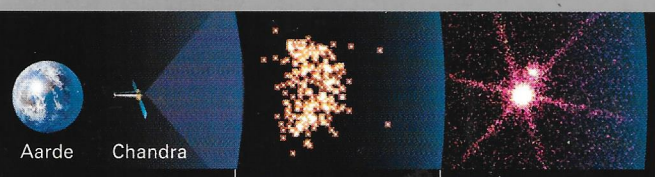
FOTO'S: NASA/CXC/SAO

DEEP FIELD SOUTH

DICHTBIJ EN VER WEG

Chandra helpt ons begrip te vergroten van nabije objecten als Venus – een zwakke bron van röntgenstraling – en verre sterrenstelsels met veel sterkere straling.

NIET OP SCHAAL



FORNAX-CONSTELLATIE

FOTO: NASA/RICCARDO GIACCONI, JOHNS HOPKINS UNIVERSITY EN ASSOCIATED UNIVERSITIES, INC.

Deze röntgenopname, een van de diepste ooit, toont aan dat de verre ruimte wellicht veel meer zwarte gaten bevat dan tot nu toe gedacht.

Wat zou er daar in de verte röntgenstraling uitzenden? Om hier achter te komen, richtten astronomen Chandra op een klein, schijnbaar leeg stukje hemel op de zuidelijke hemelbol. In slechts elf dagen tijd, verdeeld over één jaar, verzamelde Chandra de zwakke röntgenstraling van deze verre plek. Het resulterende beeld, Deep Field South, toont duidelijk een grote verscheidenheid aan bronnen van röntgenstraling, waaronder heldere quasars en actieve kernen van sterrenstelsels (AGN's) waarin zich superzware zwarte gaten bevinden. Chandra gunt wetenschappers een kijkje in sterrenstelsels die in een heel vroeg stadium van hun ontwikkeling verkeren. "Chandra laat zien hoe spectaculair het heelal is," aldus Harvey Tananbaum, directeur van het Chandra X-ray Center van de Smithsonian Astrophysical Observatory. □

ONLINE

Bezoek voor links naar het Chandra X-ray Observatory en andere informatie onze website **nationalgeographic.nl** of **be.**

RX J1856.5-3754
Geïmplodeerde ster
400 lichtjaar

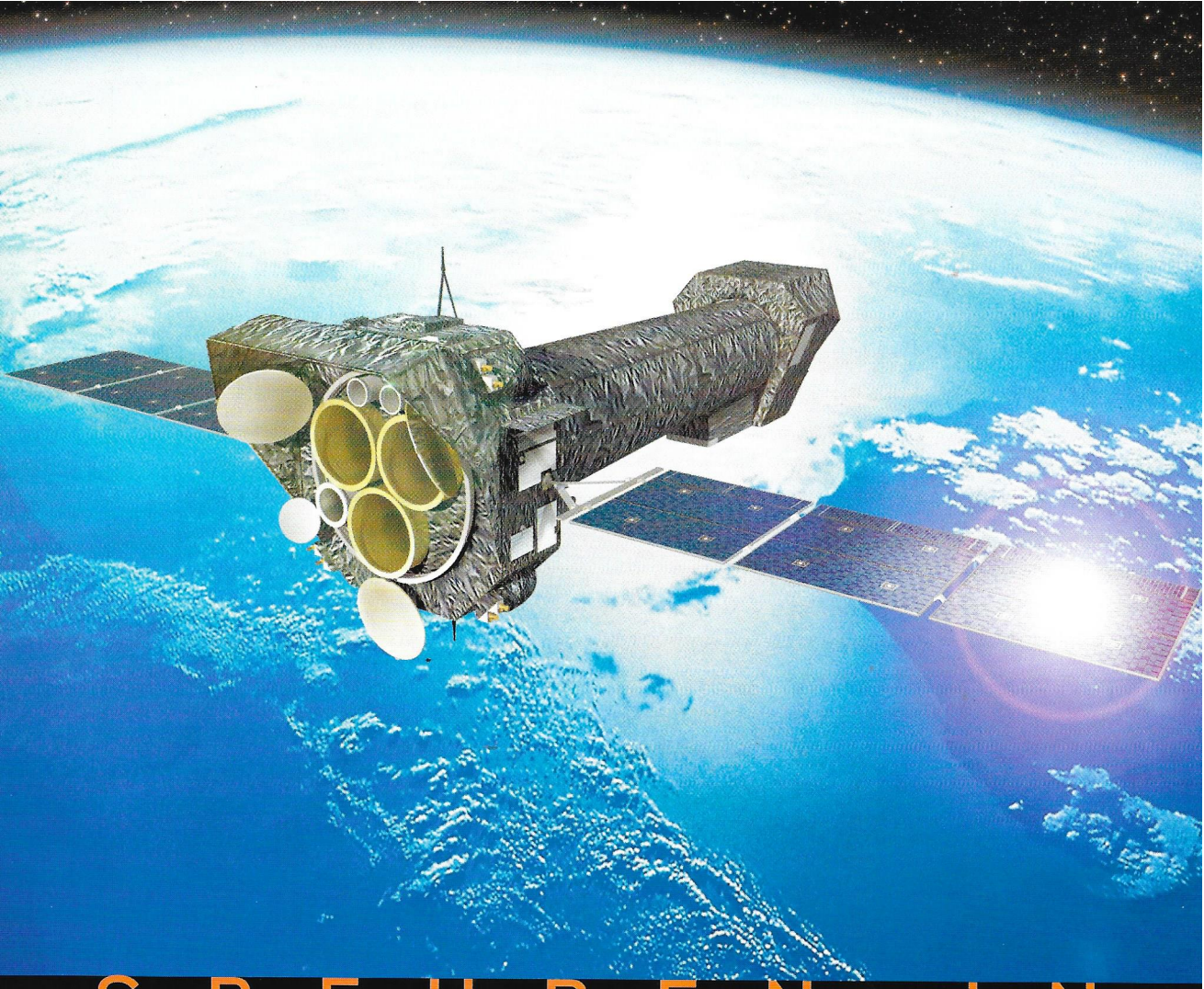
CENTRUM VAN DE MELKWEG
25.000 lichtjaar

N132D
Supernovarest
160.000 lichtjaar

CYGNUS A
Sterrenstelsel
750 miljoen lichtjaar

DEEP FIELD SOUTH
12 miljard lichtjaar

ILLUSTRATIES: ROB WOOD; FOTO'S: NASA



SPEUREN IN

Astronomen zijn niet snel tevreden. Eén röntgensatelliet is niet genoeg. Op 10 december 1999, een paar maanden na de lancering van de Amerikaanse Chandra, werd de Europese tegenhanger in een baan om de aarde gebracht: XMM-Newton, genoemd naar Isaac Newton, de grondlegger van de spectroscopie. In hun onderzoek naar energierijke verschijnselen in de kosmos vullen de twee ruimtetelescopen elkaar uitstekend aan. Chandra levert scherpere beelden, maar XMM-Newton ziet zwakkere objecten en kijkt dus verder het heelal in. Bovendien heeft de Europese satelliet veel betere spectrometers aan boord voor precisiemetingen van temperatuur, samenstelling en beweging van hete gaswolken in het heelal.

Informatie zit altijd in de details. Als je geen toonhoogten kunt onderscheiden, hoor je tijdens een concert alleen of de muziek hard of zacht is; van melodie en compositie krijg je niets mee. Ook bij licht mis je veel informatie als je de verschillende golflengten niet kunt onderscheiden.

Een spectrum van zichtbaar licht maak je met een glazen prisma. Wit licht wordt in het prisma 'gebroken' en uiteengerafeld in de kleuren van de regenboog, elk met hun eigen golflengte. Maar energierijke röntgenstraling wordt door het glas geabsorbeerd: er treedt geen breking op. Bij het Utrechtse laboratorium van het nationaal instituut voor ruimteonderzoek SRON bestaat al 25 jaar lang ervaring met het bouwen van speciale röntgenspectrometers. SRON bouwde ze voor onder meer de Amerikaanse Einstein-satelliet, die in 1978 werd gelanceerd, en voor de Europese Exosat (1983).

De twee spectrometers van XMM-Newton van de European Space Agency (ESA) zijn

TEKST: GOVERT SCHILLING

ook onder leiding van SRON ontwikkeld en gebouwd. Ze bestaan uit 182 opeengestapelde 'tralies': vergulde spiegels van tien bij twintig centimeter, waarin zeshonderd evenwijdige groefjes per millimeter zijn gekrast. De röntgenstraling valt onder een kleine hoek op de vergulde spiegels en wordt weerkaatst in de richting van de elektronische detectoren. Door de groefjes is die weerkaatsingshoek een beetje afhankelijk van de golflengte. Op die manier kan elke röntgengolflengte afzonderlijk worden gemeten.

Dankzij deze spectrometers heeft XMM-Newton al baanbrekend onderzoek verricht naar zwarte gaten in het melkwegstelsel, naar supernova-explosies en naar actieve sterrenstelsels op grote afstanden in het heelal. Zo leverde XMM-Newton de eerste nauwkeurige metingen van heet gas dat met bijna de lichtsnelheid rond een superzwaar zwart gat wervelt en op het punt staat voorgoed naar binnen gezogen te worden. Daarnaast werd voor het eerst aangetoond dat zo'n zwart gat zelf ook met hoge snelheid ronddraait.

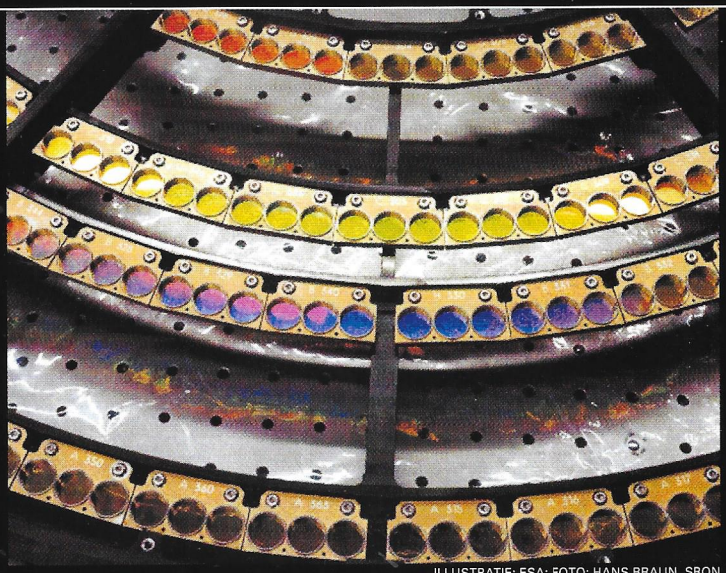
XMM-Newton heeft drie grote röntgentelescopen aan boord, elk met 58 in elkaar geschoven gouden spiegels. De drie telescopen zijn behalve met spectrometers ook uitgerust met camera's. Op die manier kan de satelliet tegelijkertijd röntgenfoto's maken en spectra bestuderen. Vooral bij kortdurende verschijnselen, zoals kosmische explosies, is dat belangrijk.

XMM-Newton is een elf meter lange kunstmaan met een gewicht van bijna vier ton. Net als Chandra draait zij in een langgerekte baan om de aarde. Het project kostte ongeveer 700 miljoen euro, inclusief de lancering met de Europese Ariane-5-raket.

SRON leverde ook een belangrijke bijdrage aan NASA's Chandra-satelliet. Samen met het Duitse Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik bouwde het Utrechtse laboratorium de tralievensters voor een van de spectrometers van Chandra – het enige niet-Amerikaanse onderdeel van de röntgenkunstmaan. Dat er een Utrechts instrument meevliegt aan boord van Chandra, is voornamelijk te danken aan de persoonlijke lobby van projectleider Bert Brinkman. "Ik heb wel iets met Chandra," zegt hij. □

HET HEELAL

TRALIES UIT UTRECHT VOOR KOSMISCHE RÖNTGENSYMFONIE



ILLUSTRATIE: ESA; FOTO: HANS BRAUN, SRON

Nederlandse precisie aan boord van Chandra: 540 ronde tralievenstertjes, elk anderhalve centimeter groot en extreem nauwkeurig gemonteerd op vier ringen, splitsen kosmische röntgenstraling op in verschillende golflengten. Daartoe is elk transparant venstertje voorzien van duizend ragfijne gouddraadjes per millimeter, niet meer dan een halve micrometer dik. De spectrometer is gebouwd door SRON in Utrecht.

ONLINE

Ga voor diverse links en bronnen en informatie over de auteur naar **nationalgeographic.nl** of **be**.