Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: 53 (1995)

Heft: 269

Artikel: Der Quantensprung des Wissens : ROSAT : das schärfste Auge der Röntgenastronomie

Autor: Richter, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898741

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: 15.12.2025

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

Der Quantensprung des Wissens

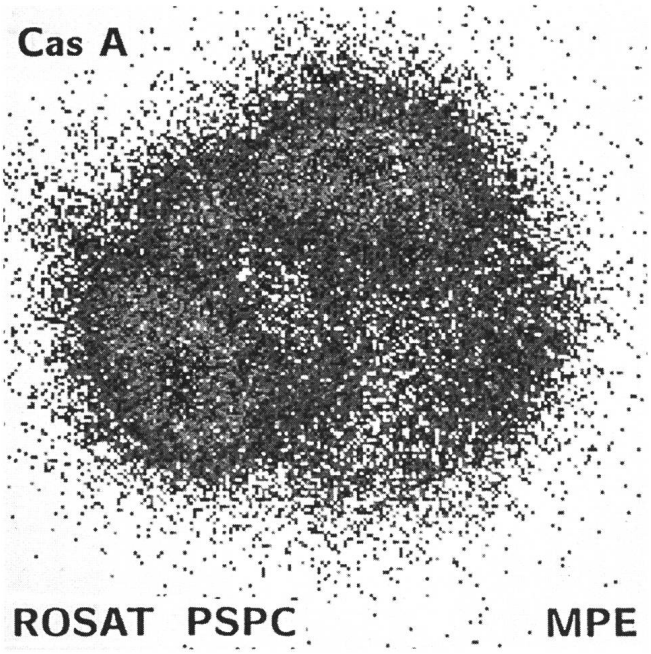
ROSAT: Das schärfste Auge der Röntgenastronomie

F. RICHTER

In den letzten Jahrzehnten hat sich die beobachtende Astronomie von dem schmalen Bereich des sichtbaren Lichts, der eine Oktave misst, auf das ganze elektromagnetische Spektrum ausgedehnt. Heute werden mehr als sechzig Oktaven zwischen dem langwelligen Radiobereich und der hochenergetischen Gammastrahlung im TeV-Bereich genutzt. Triebfeder dieser Entwicklung war nicht zuletzt die Erkenntnis, dass die verschiedenen Spektralbereiche ganz unterschiedliche, komplementäre Einblicke in das kosmische Geschehen gestatten. Wir wissen heute, dass fast alle kosmischen Objekte Röntgenstrahlen emittieren – angefangen bei den nahen Sternen bis zu den Quasaren am Rande des beobachtbaren Universums.

Ein neues Bild des Himmels

Die neuen Einsichten, die mit dem deutschen Röntgensatelliten ROSAT gewonnen wurden, haben die Erwartungen der Wissenschaftler im Max-Planck-Institut weit übertroffen. Mit mehr als 100 000 neu entdeckten Röntgenquellen hat der Satellit das Bild des Himmels verändert. Zum ersten Mal konnten dabei spektral aufgelöste, farbige Röntgenbilder des Himmels gewonnen und grossräumige Emissionstrukturen detailliert kartiert werden. Im Detailbeobachtungsprogramm, das im Anschluss an die Durchmusterung in den letzten fünf Jahren durchgeführt wurde, konnten bisher ca. 4700 Felder beobachtet werden. Die längsten und tiefesten Beobachtungen erlauben es, 75% der extragalaktischen Strahlung in einzelne Quellen aufzulösen (410 Röntgenquellen/Quadratgrad!). «Wir haben jede Bogensekunde abgetastet und kartiert», äusserte sich Joachim Trümper, wissenschaftlicher Leiter des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching bei München. Und er spricht dabei von einem «Quantensprung des Wissens». Am 1.Juni 1990 hob die Delta-II-Rakete von Cap Canaveral ab, um ROSAT auf seine Umlaufbahn zu tragen. Mit diesem Ereignis begann ein neues Kapitel auf dem noch jungen Gebiet der Röntgenastromie. Die Röntgenastronomie ist eine Errungenschaft des Raumzeitalters. Der direkte Nachweis der Röntgenstrahlung der Sonne gelang nach dem Zweiten Weltkrieg in den USA mit Hilfe erbeuteter V2-Raketen. Die erste kosmische Röntgenquelle, Scorpius X-1, im Sternbild Skorpion, und die kosmische Hintergrundstrahlung wurden 1962 gleichzeitig durch einen Zufall mit einem Raketenexperiment der NASA entdeckt, dessen eigentliches Ziel gewesen war, die vom Mond reflektierte Röntgenstrahlung der Sonne nachzuweisen. Mit der Einführung der abbildenden Röntgenteleskope, die auf eine Erfindung des Kieler Physikers Hans Wolter im Jahre 1951 beruhen, eröffneten sich ganz neue Möglichkeiten. Sie bestehen aus konfokalen und koaxialen Paraboloid- und Hyperboloidspiegeln, an denen nacheinander die Röntgenstrahlung bei sehr flachem Einfall reflektiert wird. Derartige «Wolterteleskope» wurden zuerst im grossen Stil im Skylab für Untersuchungen der Sonnenkorona eingesetzt und danach auf dem Einstein-Observatorium (1978-1980) der NASA und dem EXOSAT (1983-1986) der ESA. Auf ROSAT wurde ein Wolterteleskop gestartet, das um ein Vielfaches leistungsfähiger ist als seine Vorgänger. Mit ihm sind die Beobachtungsgrenzen in der Röntgenastronomie weit hinausgeschoben worden.



1. ROSAT-Röntgenbild vom Supernova-Überrest «Cassiopeia A» (Cas-A), aufgenommen mit dem PSPC-Detektor des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik, Garching.

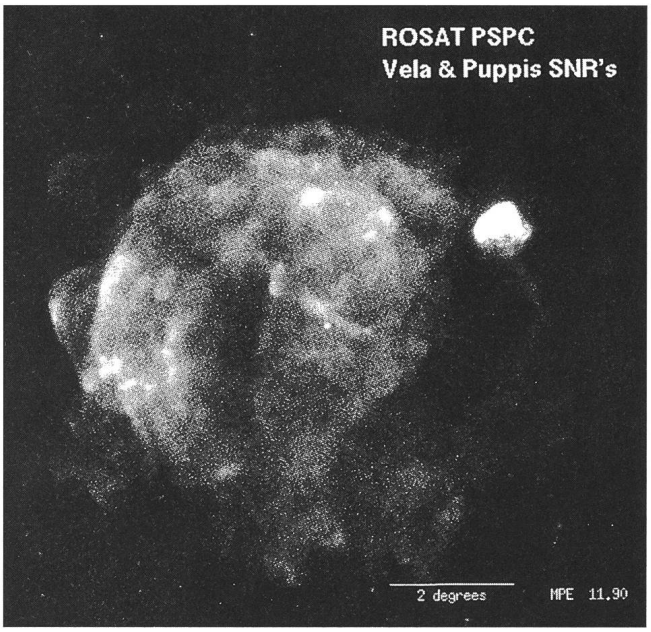
Supernovaüberreste

Die Erzeugung von Röntgenstrahlung in kosmischen Objekten setzt extreme Bedingungen voraus: Temperaturen von Millionen und Milliarden Grad oder extrem starke Gravitations- und Magnetfelder. Sie entsteht häufig als thermische Strahlung. Weitere wichtige Erzeugungsmechanismen sind die Synchrotronstrahlung extrem relativistischer Elektronen und der inverse Compton-Effekt, das heisst, die Wechselwirkungen relativistischer Elektronen mit intensiven Photonenfeldern. Oft ist Röntgenemission mit explosiven Vorgängen verbunden, die in der kosmischen Entwicklung eine ganz wesentliche Rolle spielen. Es sind vor allem die Phänomene am Ende der Sternentwicklung, die am Röntgenhimmel hervortreten. Besonders intensiv ist die Röntgenemission von Endzuständen der Sternentwicklung, also von Weissen Zwergen, Neutronensternen, Schwarzen Löchern und Supernova-Explosionen sowie Galaxienhaufen und Quasaren. Aber auch gewöhnliche Sterne und normale Galaxien sind mit modernen Röntgenteleskopen beobachtbar. Sie markieren die Stellen, an denen vor Tausenden bis

Hunderttausenden von Jahren Sterne am Ende ihrer Entwicklung als Supernova explodiert sind. Diese Explosionswolken weisen eine Temperatur von Millionen Grad auf und sind deshalb intensive Röntgenstrahler.

Besonders eindrucksvoll sind die ROSAT-Aufnahmen alter, räumlich sehr ausgedehnter Supernovaüberreste, die im Zuge der Himmelsdurchmusterung gemacht wurden. Dabei konnten diese Objekte zum ersten Mal als Ganzes kartiert und die Temperatur- und Druckverteilung des heissen Plasmas bestimmt werden.

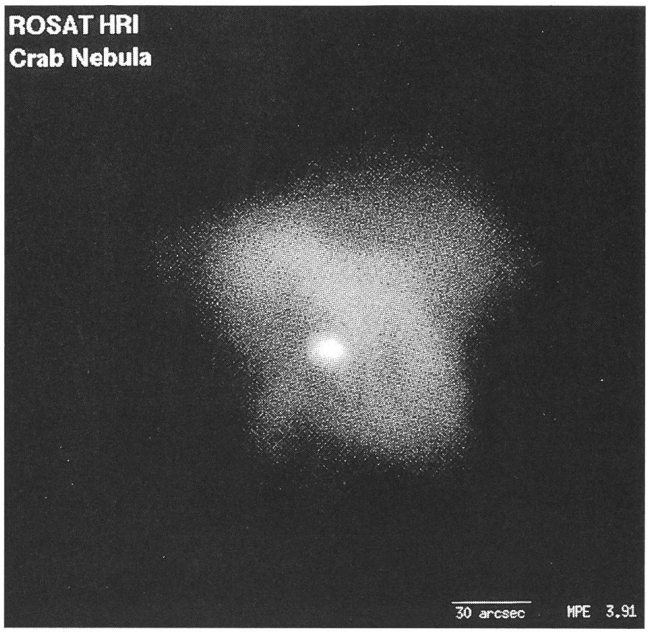
Ein Beispiel ist der Supernovaüberrest im Sternbild Vela (Segel), der in Abbildung 2 dargestellt ist.



2. Röntgenfarbbild der Supernova-Übereste Vela SNR und Puppis A.

Der Vela Supernovaüberrest gehört mit einer Entfernung von nur 1500 Lichtjahren zu den Explosionswolken, die relativ nahe sind. Nach der Explosion des Sterns vor etwa 13000 Jahren hat sich die Wolke auf einen Durchmesser von 200 Lichtjahren ausgedehnt. Am rechten oberen Rand von Vela ist als weisser, überbelichteter Fleck der Supernovaüberrest Puppis A, zu sehen, der jedoch etwa viermal weiter entfernt ist. Das ROSAT-Bild zeigt nun zum ersten Mal die volle Ausdehnung des Velaüberrestes, denn wegen des geringen Kontrastes und des hohen Niveaus der Hintergrundstrahlung konnte in den Bildern von früheren Instrumenten nur die leuchtende, östliche Hälfte ausgemacht werden.

Der bekannteste Synchrotronnebel ist der Crabnebel (M1), der durch die «chinesische» Supernova im Jahre 1054 entstanden ist. In dem ROSAT-HRI-Bild des Crab (Abb. 3) sieht man neben dem 33 msec Pulsar als zentraler Punktquelle interessante räumlich ausgedehnte Strukturen, bei denen es sich um Synchrotronemission von sehr hochenergetischen Elektronen (10^{14} eV) handelt. Diese Strukturen spiegeln direkt die Elektronenstrahlgeometrie des Neutronensterns wider, die damit zum ersten Mal deutlich sichtbar gemacht wird. Eine thermisch strahlende Explosionswolke wie bei Vela konnte um den Crabnebel herum trotz intensiver Suche auch mit ROSAT nicht gefunden werden.

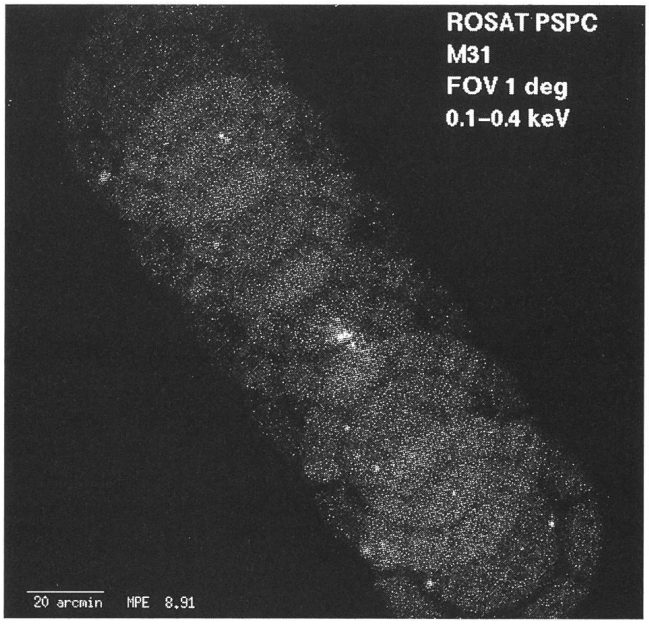


3. Der Crabpulsar ist von einer toroidalen Emissionsregion umgeben. Daneben sind Jets zu erkennen, deren Richtung mit der Rotationsachse des Pulsars übereinstimmt.

Der Andromedanebel

Der Andromedanebel (M31) gehört zur lokalen Gruppe und ist unserer Milchstrasse hinsichtlich Spiralstruktur und Grösse sehr ähnlich. Mit dem Einstein-Observatorium wurden in M31 knapp hundert helle Röntgenquellen registriert. Im Sommer 1991 wurde diese Galaxie mit ROSAT beobachtet, wobei insgesamt etwa 400 Quellen gefunden wurden (Abb. 4). Ein kleiner Teil davon konnte bisher mit optischen Objekten

4. Als Ergebnis einer langen Detailbeobachtung des Andromedanebels konnten in dieser Galaxie etwa 400 Röntgenquellen entdeckt werden. Dabei handelt es sich um Röntgendoppelsterne und Supernova-Überreste .



identifiziert werden, unter ihnen 26 Röntgenquellen in Kugelsternhaufen. Dabei handelt es sich um Röntgendoppelsterne, die auf seltsame Weise entstanden, nämlich durch den Einfang eines Neutronensterns durch einen massenarmen Stern. Auch einige Supernovaüberreste gehören zu den identifizierten Quellen. Vor allem befinden sich unter den Röntgenquellen im Andromedanebel einige der superweichen Quellen. Die Entfernung der Objekte, die im Bereich der sogenannten weichen Röntgenstrahlung, 0.1 bis 2.5 keV, strahlen, reicht von etwa einer Lichtsekunde – dem Mond – bis zu den Quasaren am Rande des heute bekannten Universums.

Übrigens ist die Gesamtzahl der ROSAT-Quellen im Andromedanebel grösser als die Zahl der Objekte, die Uhuru in der ersten Himmelsdurchmusterung 1972 am ganzen Himmel entdeckte. Bei den Uhuru-Quellen handelt es sich um helle Röntgendoppelsterne und Supernovawolken unserer Milchstrasse. Mit ROSAT sieht man im wesentlichen die gleichen Objekte in einer Galaxie, die 2 Millionen Lichtjahre entfernt ist. Nichts verdeutlicht besser den enormen Fortschritt, den die Röntgenastronomie in den letzten 20 Jahren gemacht hat.

Galaxienhaufen

Der tiefe Blick ins Weltall liefert wichtige Bausteine zur Klärung einer der Grundfragen der Astronomie: Wie verlief die kosmische Entwicklung?

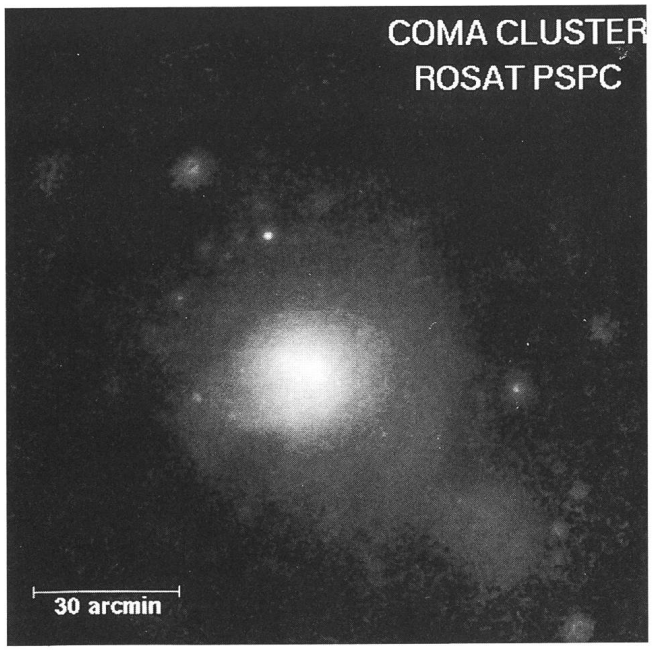
ROSAT erlaubt verfeinerte Einsichten in die Strukturen der Galaxienhaufen, die bislang unmöglich waren. Viele dieser vermeintlich homogenen Gebilde zeigen erstaunliche Unterstrukturen. – «Galaxienhaufen wachsen nach unseren Beobachtungen durch Verschmelzung kleiner Haufen oder Galaxiengruppen. Dabei gilt das hierarchische Prinzip: Die Grossen fressen die Kleinen», erklärte Trümper.

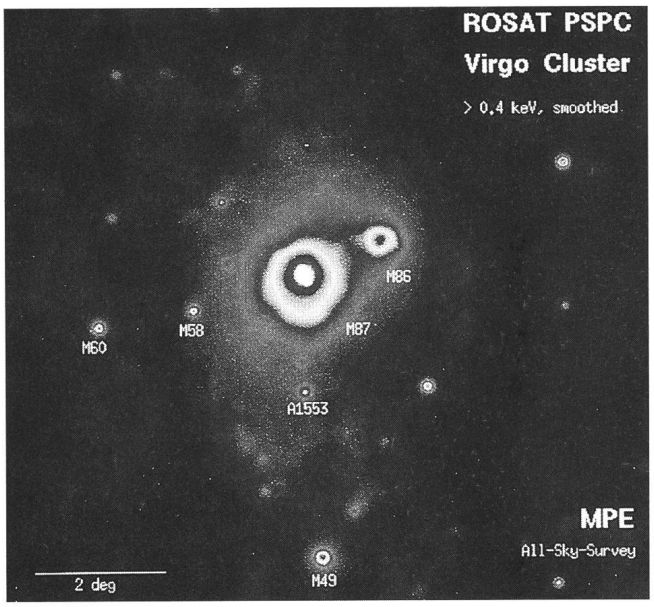
Ein Beispiel für einen solchen Vereinigungsprozess ist der Comahaufen (Abb. 5), auf den offenbar ein kleiner Haufen einstürzt. Auch der Comahaufen selbst, also das grosse Gebilde, besitzt eine innere Struktur, die auf frühere, noch «unverdaute» Vereinigungsprozesse hindeutet. ROSAT-Untersuchungen an anderen Objekten zeigen, dass diese Unterstrukturen in Galaxienhaufen eher die Regel als die Ausnahme sind. Sie sind ein direkter Beweis für die Hypothesen einer hierarchischen Entwicklung der grossen Strukturen.

Ähnlich wie bei dem Galaxienhalo von NGC 253 kann man fragen, wieviel Masse im heissen Plasma steckt, das für Röntgenemissionen verantwortlich ist, und wievel Masse vorhanden sein muss, um dieses heisse Gas gravitativ zu binden (Abb. 6). Das Besondere an diesen Untersuchungen ist, dass ROSAT es gestattet, die Emission des heissen Plasmas bis zu grossen Radien (R_x) zu messen. Die dabei gefundenen Massen des heissen Gases betragen bis zu einigen 100 Billionen Sonnenmassen und diese Werte stellen typisch 10-40% der gravitierenden Masse dar. Die meiste Masse (60-90%) ist bisher unentdeckt und stellt somit «dunkle Materie» dar.

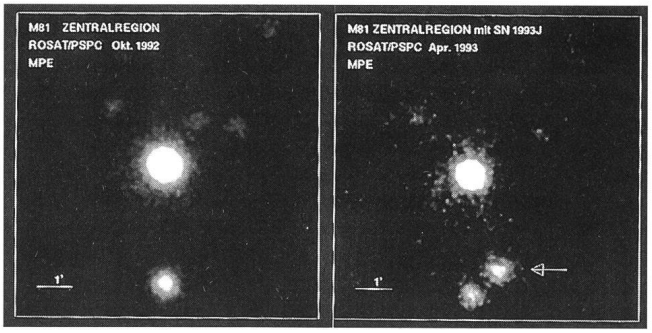
Schliesslich kann man mit Hilfe von Untersuchungen an Galaxienhaufen Kosmographie treiben, also die raumzeitliche Materieverteilung im Kosmos untersuchen. Von der ROSAT-Durchmusterung wird erwartet, dass sie alle Galaxienhaufen bis zur Rotverschiebung von z=0.3 (entsprechend Entfernungen bis zu 4 Milliarden Lichtjahren) zu entdecken gestattet, wobei es sich insgesamt um einige tausend Objekte handeln dürfte. Da die Galaxienhaufen lokale Dichtemaxima in der kosmischen Materieverteilung markieren, ist die Messung ihrer grossräumigen Verteilung und Evolution von grossem kosmologischem Interesse. Bei diesem langfristigen Programm, das einige Jahre dauern wird, geht es letztlich um die bisher ungeklärte Frage, wie sich aus dem überaus homogenen und isotropen Feuerball des Urknalls die beobachteten grossräumigen Strukturen entwickeln haben.

5. Vereinigung des Komahaufens mit einem kleineren Galaxienhaufen, der von rechts unten einfällt.





6. Röntgenbild des Galaxienhaufens vom Sternbild Jungfrau mit einer Entfernung von etwa 600 Millionen Lichtjahren. Die Röntgenstrahlung stammt von heissem Gas mit einer Temperatur von über 10 Millionen Grad. Das heisse Gas beobachtet man in einzelnen Galaxien (die hellen Quellen im Bild) und ebenso ausgedehnt über das ganze Gebiet des Galaxienhaufens.



7. ROSAT-Röntgenbilder der etwa zehn Millionen Lichtjahre von der Erde entfernten Spiralgalaxie M-81. Das linke Bild, das vor der Explosion der Supernova entstanden ist, zeigt das helle Zentralgebiet der Galaxie und eine helle Röntgenquelle am unteren Bildrand. Im rechten Bild, das am 3.April 1993 aufgenommen worden ist, erkennt man neben dieser Quelle deutlich ein neues Objekt, die Supernova 1993J.

Quasare und kosmische Hintergrundstrahlung im Röntgenbereich

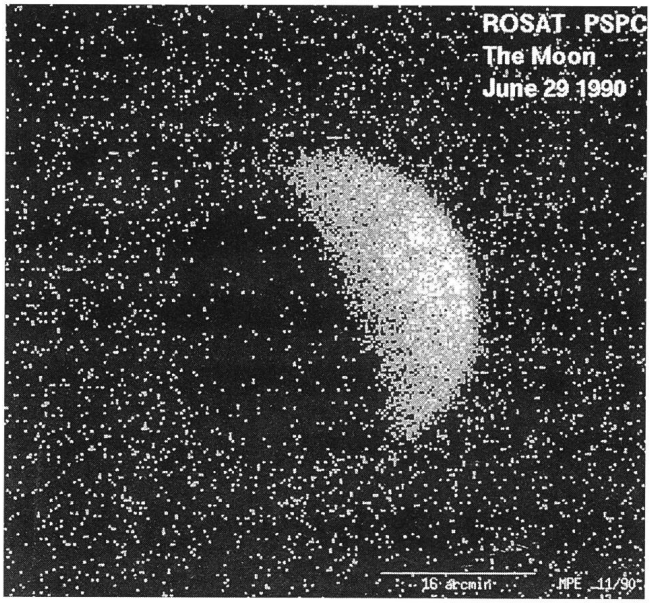
Bis etwa 14 Milliarden Lichtjahre weit blickt das künstliche ROSAT-Auge in den Weltraum hinaus, über 200 Quasare wurden auf einem Quadratgrad gefunden. Das Röntgenlicht der entferntesten Quasare ist seit mehr als zehn Milliarden Jahren unterwegs. Es liefert Einblicke in die frühesten Anfänge des Kosmos, zu Zeiten, als unser erst 4.6 Milliarden Jahre altes Sonnensystem noch gar nicht existierte.

So weit man heute weiss, besitzen alle Quasare eine starke Röntgenemission, wärend die Radioemission bei der Mehrzahl unbeobachtbar ist («radioleise Quasare»). Die Messung der Röntgenstrahlen bietet deshalb eine besonders wichtige Möglichkeit, Quasare in einem Gewimmel von Sternen und Galaxien am Himmel zu finden. Allerdings braucht man, und das gilt auch für Galaxienhaufen, optische Nachfolgebeobachtungen, um die Objekte zu identifizieren und anhand der Rotverschiebung ihre Entfernung zu bestimmen. Mit entsprechenden Beobachtungsprogrammen hat man bereits begonnen und erhofft, davon neue Aufschlüsse über die kosmologische Verteilung der Quasare und damit über die Raum-Zeit-Struktur unseres Universums beziehungsweise die Entwicklung dieser Objekte zu erhalten.

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist, dass mit der Himmelsdurchmusterung zum ersten Mal sehr grosse Zahlen von Quasaren und anderen aktiven Galaxien verfügbar werden, an denen synoptische Studien der Radio-, Infrarot-, optischen und Röntgeneigenschaften angestellt werden können. Man kann hoffen, dadurch weitere Hinweise auf die physikalische Natur der extremen Energieumsetzungen in diesen Objekten zu gewinnen. Beispielsweise besitzt der hellste Quasar, 3 C 273, eine Gesamtenergieabstrahlung von etwa 10^{14} Sonnen oder tausend Milchstrassen. Aus der Zeitvariabilität der Strahlung kann man schliessen, dass das Emissionsgebiet sehr klein ist, nämlich nicht viel grösser als unser Planetensystem. Das bevorzugte Modell ist deshalb ein supermassives Schwarzes Loch (bei 3 C 273 etwa $10^9 M_o$), das Materie mit einer grossen Rate (etwa eine Erdmasse/sec) akkretiert. Dabei muss die Röntgenemission aus den inneren, heissen Bereichen der Akkretionsregion stammen, also von Materie emittiert werden, kurz bevor diese im Schwarzen Loch verschwindet. Man darf gespannt sein, was sich in diesem Zusammenhang aus den ROSAT-Beobachtungen an Neuem ergibt.

Wie in den anderen Spektralbereichen wird auch am Röntgenhimmel eine quasi-isotrope Strahlung beobachtet, die aus den Tiefen des extragalaktischen Raumes stammt. In Abbildung 8 sieht man die Abschattung dieser Hintergrundstrahlung durch den Mond. Eine offene Frage war für lange Zeit, ob es sich dabei um die Strahlung vieler, mit den derzeit verfügbaren Instrumenten noch nicht aufgelöster ferner Quasare in Galaxienhaufen handelt oder um die diffuse Emission eines heissen intergalaktischen Gases. Um diese Fragen zu klären, muss man offenbar sehr «tiefe» Beobachtungen machen, d.h. die Hintergrundstrahlung in Punktquellen aufzulösen versuchen. Bereits während der frühen Kalibrationsphase hatte man mit ROSAT die bis dahin «tiefste» Beobachtung gemacht. Später folgte eine noch längere (150 000 sec, Abb. 9) an einer Position im Grossen Bären, die einen besonders freien Blick aus der Milchstrasse hinaus gestattet.

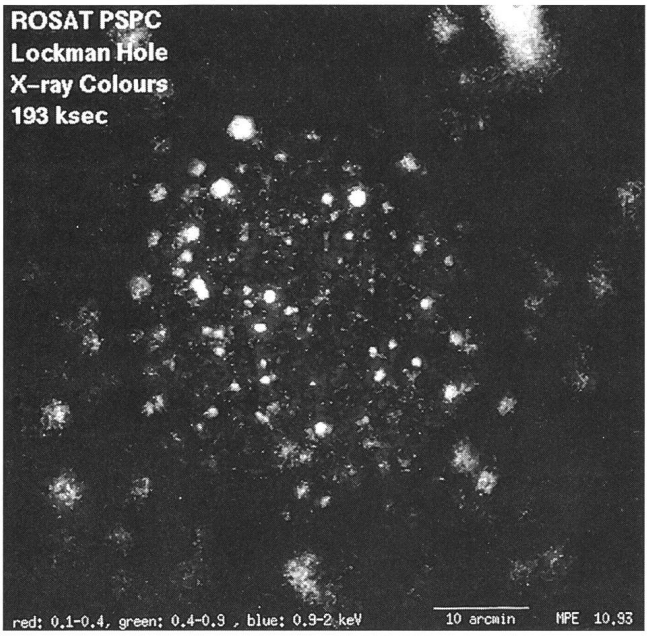
Damit wurden die Beobachtungsgrenzen gegenüber früheren Messungen um einen Faktor zehn hinausgeschoben. Eine vorläufige Auswertung ergibt, dass mindestens 75% der Hintergrundstrahlung in Punktquellen aufgelöst wird. Dabei werden mehr als 400 Quellen pro Quadratgrad gezählt! Der grösste Teil dieser Objekte sind Quasare bei Rotverschiebungen von z=1 bis 2. Damit ist das Problem des diffusen Röntgenhintergrunds weitgehend gelöst.



8. Erstes Röntgenbild des Mondes. Von der sonnenbeschienenen Seite wird solare Röntgenstrahlung reflektiert. Der Mond schattet die diffuse Hintergrundstrahlung ab.

Bündelung der Röntgenstrahlen

Neu entdeckt hat ROSAT zahlreiche Supernovae. Allein in unserer Milchstrasse sind es über hundert, wodurch die Zahl der bekanntesten Objekte mehr als verdoppelt wurde. Von einem Durchbruch spricht Trümper schliesslich auch bei den Neutronensternen, den Pulsaren. Hier konnte gezeigt werden, dass nicht nur jüngere Neutronensterne (jünger als 10 000 Jahre) Röntgenstrahlen emittieren, sondern auch sehr alte Exemplare. Riesige Fortschritte hat man auch bei den normalen Sternen, die relativ schwache Röntgenstrahler sind, gemacht. Über 20 000 normale Sterne sind vermessen worden. Dabei hat sich gezeigt, dass unsere Sonne rund



9. Röntgenabbildung eines Feldes im Grossen Bären mit 42 Stunden Beobachtungszeit. Im zentralen Bereich des Bildes wurden etwa 180 Quellen gefunden.

100mal schwächere Röntgenstrahlen abstrahlt als ähnliche Sterne im Sternhaufen der Hyaden. Einer der Gründe: Die Hyaden sind mit 870 Millionen Jahren viel jünger als unsere Sonne mit 4.5 Milliarden Jahren.

Die faszinierenden Bilder sind dem mit 83 cm Durchmesser leistungsfähigsten Röntgenteleskop zu verdanken, das bisher gebaut wurde. Der industrielle Hauptauftragnehmer Dornier kann mit Recht stolz sein auf sein Produkt, an dem auch Messerschmitt-Bölkow-Blohm und mit beträchtlichen Eigenmitteln die Max-Planck-Gesellschaft sowie die Forschungsanstalt der Deutschen Luft und Raumfahrt beteiligt sind. Die Spiegel des Teleskops, goldbeschichtetes Zerodur sowie die Glaskeramik, wurden von Carl Zeiss in Oberkochen hergestellt. Es sind die glättesten je von Menschenhand geschliffenen Oberflächen; die Abweichungen betragen nur wenige Durchmesser eines Atoms. Wie das sichtbare Licht und die Radiowellen gehören zwar auch Röntgenstrahlen zur elektromagnetischen Strahlung, doch bleiben im Versuch, sie abzubilden normale Spiegel wirkungslos. Eine Möglichkeit, Röntgenstrahlen trotzdem gezielt abzulenken – etwa um sie in einem Bild zu bündeln – besteht jedoch, wenn sie unter sehr flachem Winkel von nur einigen Grad Neigung an sehr glatten Oberflächen reflektiert werden. Gibt man solchen nur sanft gekrümmten Oberflächen die Form eines Paraboloids, entsteht ein Bild dass verzerrt ist.

Den Ausweg fand, wie eingangs erwähnt, der Physiker Wolter. Er setzte hinter das Paraboloid des Spiegels noch ein Hyperboloid, an dem die Röntgenstrahlen ein zweites Mal reflektiert werden. Das Hyperboloid wirkt dabei gewissermassen als Korrekturspiegel.

Aber diese Methode Röntgenstrahlen zu bündeln, hat einen entscheidenden Nachteil: Die WolterTeleskope können nur einen Bruchteil der Strahlung sammeln, der auf die Eingangsöffnung des Röntgenteleskops fällt. Lediglich Röntgenquanten, die nahe genug an der Oberfläche des Röntgenspiegels eintreffen, haben eine Chance «streifend» zunächst vom Paraboloid und dann vom Hyperboloid abgelenkt zu werden. Das ist der Preis, den die Wissenschaftler zu zahlen haben, wenn sie überhaupt eine Abbildung von einer kosmischen Röntgenquelle erhalten wollen.

Bei ROSAT half ein Trick

Die Röntgenastronomen stellten einen zweiten kleineren Spiegel in den ersten, sie «nesteten» ihr Fernrohr. Dieses Ineinanderschachteln der Spiegel – bei ROSAT waren es insgesamt vier – dient zur Vergrösserung der Sammelfläche, um so möglichst viele Röntgenquanten einzufangen. Die ROSAT Sammelfläche ist mit 1250 cm^2 dreimal grösser als die der amerikanischen EinsteinTeleskope. Die USA, denen nach dem Absturz ihres Einstein-Observatoriums im Frühjahr 1981 eine Lücke entstanden ist, beteiligten sich ebenfalls am Programm der Deutschen, um diese Durststrecke zu überbrükken, denn das nächste amerikanische Röntgenteleskop wird frühestens Ende der neunziger Jahre in eine Erdumlaufbahn befördert. Es trägt den Namen AXAF (Advanced X-ray

Auf einen Blick

F.R. Die von ROSAT gefundenen Röntgenquellen umfassen fast alle Arten astronomischer Objekte. Die häufigsten Vertreter sind: 20000 sonnenähnliche Sterne, 30000 aktive Galaxien und Quasare und 5000 Galaxienhaufen, die grössten physikalischen Formationen im Kosmos. Die Entfernungen der beobachteten Objekte reichen vom Mond – eine Lichtsekunde entfernt – bis zu den Quasaren am Rand des heute übersehbaren Universums. Die entferntesten dieser Energiegiganten sind 14 Milliarden Lichtjahre weit weg.

Extreme Bedingungen

Es braucht extreme physikalische Bedingungen, bis es zur Ausstrahlung von Röntgenstrahlen kommt: Temperaturen von Millionen bis Milliarden Grad hochenergetischer Elektronen in Photonenfeldern grosser Energiedichte oder in Magnetfeldern. Eine wichtige Rolle spielt auch der Materie-Einfall in superstarke Schwerkraft- oder Magnetfelder; Röntgenstrahlung ist oft Folge gigantischer Explosionen, etwa am Ende einer Sternentwicklung (Supernova) oder in Galaxienkernen. Die Röntgenmessungen erlauben Aufschlüsse über astrophysikalische Vorgänge, die durch Beobachtungen in anderen Spektralbereichen nicht möglich sind. Die Röntgenastronomie gilt deshalb heute als ideale Ergänzung zu den klassischen Methoden der optischen und radioastronomischen Lichtmessung. Sie ist eine Errungenschaft des Raumfahrtzeitalters.

600 Millionen Deutsche Mark

Das deutsche Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik in Garching bei München hat die wissenschaftliche Leitung des ROSAT-Programmes. Rund die Hälfte der Gesamtkosten von 600 Milllionen DM trägt das deutsche Forschungsministerium, 80 Millionen stammen aus Industriegeldern. Aktiv dabei am ROSAT Programm sind auch amerikanische und britische Institute, die sich mit insgesamt 220 Millionen DM finanziell beteiligt haben.

Astrophysics Facility) und ist ähnlich aufwendig wie das Hubble Space Telescope. Wie dieses Instrument soll auch das 12 Tonnen schwere AXAF, ausgerüstet mit einem vierfach «genesteten», 120 Zentimeter weiten Wolter-Teleskop von 10 Metern Brennweite über 10 bis 15 Jahre in einer Erdumlaufbahn bleiben, um detaillierte Messungen an ausgewählten kosmischen Objekten zu machen. An diesem Projekt beteiligen sich dann auch die Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik.

Neben den amerikanischen hatten sich auch britische Forscher Beobachtungsmöglichkeiten auf ROSAT gesichert: Mit an Bord befindet sich eine kleine Weitwinkelkamera (Wide Field Camera) von 54 cm Durchmesser. Ein kleines Fernrohr also, das starr mit dem deutschen Röntgenfernrohr gekoppelt ist, den Himmel aber in dem Röntgenstrahlen benachbarten längerwelligen Bereich der extremen Ultraviolettstrahlung durchmustert.

Multi Mirror Mission der ESA als Nachfolger

ROSAT wird noch bis Ende dieses Jahres farbige Bilder von Röntgenquellen liefern. Hochaufgelöste Schwarzweissbilder werden aber noch länger möglich sein, solange ROSAT und seine Instrumente funktionieren. ROSAT 2 wird es aber nicht geben. Es ist den Sparplänen des deutschen Forschungsministeriums zum Opfer gefallen. Jetzt wird die Nachfolge von XMM (X-ray) Multi Mirror Mission, dem Röntgenteleskop der ESA, geplant. Es heisst, dass dieses europäische Instrument ROSAT erheblich übertreffen wird. Der Start ist für 1999 vorgesehen. Bis heute existiert allerdings erst das Labormodell mit seinen Instrumenten und der Garchinger Röntgen-CCD-Kamera. Bereits im Test befindet sich aber das XMM-Teleskop. Die dafür verwendete 130 m lange PANTER Testanlage, die bereits bei ROSAT unersetzliche Dienste geleistet hat, ermöglicht allerdings höchste Fehlergenauigkeit.

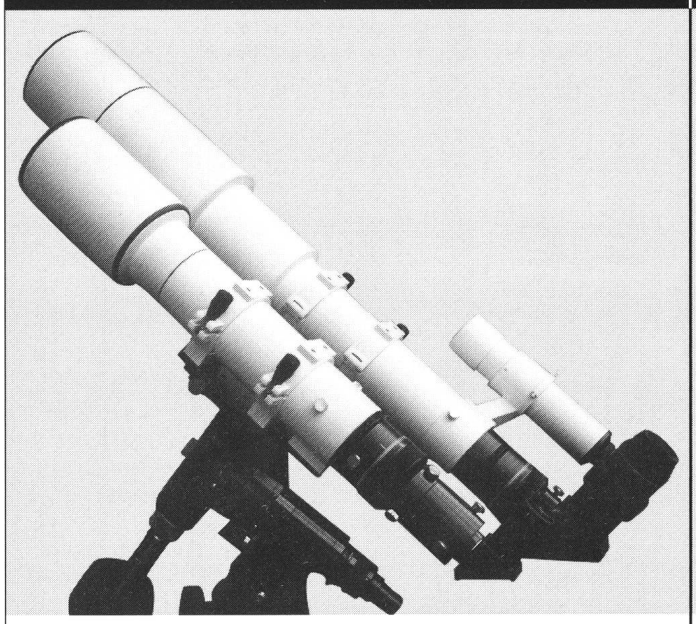
XMM ist keine Zukunftsmusik mehr, sondern schon Alltag in den Labors von Garching. – «Wir sind bereits unter Zeitdruck», spannt Trümper den Bogen ins nächste Jahrhundert. Für einen Astronomen nicht mehr als eine Weltsekunde.

Literaturhinweis

Joachim E. TRÜMPER: *«Ein neues Bild des Himmels – Ergebnisse von ROSAT»*, Schriftenreihe Ernst-Abbe-Kolloquium Jena, erschienen im Universitätsverlag Jena.

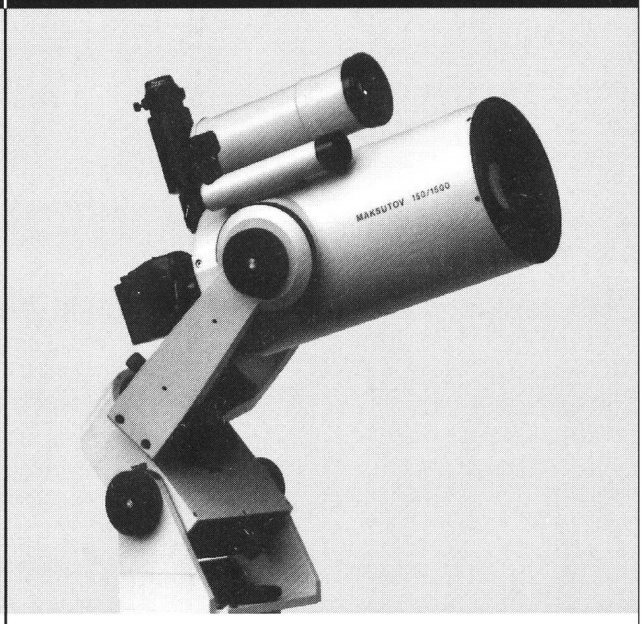
FRED RICHTER
Voltastrasse 30, 6005 Luzern

BORG 125/100 ED Refraktor



Preisgünstige Refraktoren mit hohem Kontrast und brillanter Schärfe

"INTES" Maksutov 150/1500



Spiegelsysteme höchster Schärfe zu sehr günstigen Preisen

Bestellen Sie bitte Unterlagen

RYSER 20 Jahre **OPTIK**

Kleinhüningerstrasse 157 – 4057 Basel – ☎ 061/631 31 36 – Fax 061/631 31 38