

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 49 (1991)
Heft: 245

Artikel: Deutsch-Amerikanischer Röntgensatellit übertrifft alle Erwartungen : viele neue Ergebnisse : Rosat : das weltweit begehrteste Observatorium
Autor: Schmidt, Men J.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-898945>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.05.2025

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

Deutsch-Amerikanischer Röntgensatellit übertrifft alle Erwartungen – viele neue Ergebnisse:

MEN J. SCHMIDT

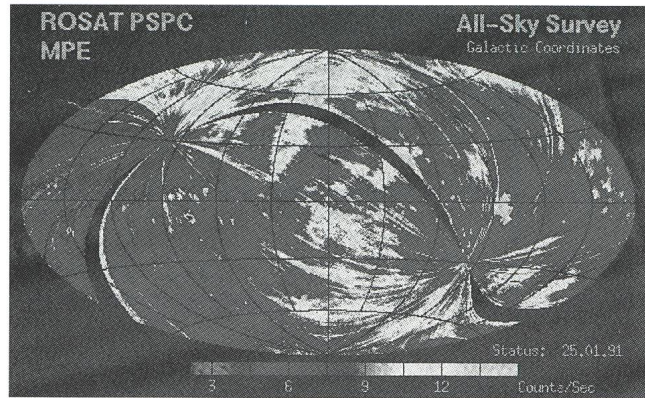
Rosat – Das weltweit begehrteste Observatorium

«Der von Rosat während des letzten halben Jahres zusammengetragene Atlas zeigt den Röntgenhimmel in einer neuen Qualität hinsichtlich Tiefe, Weite und Genauigkeit,» meint Prof. Trümper. «Rosat hat bis zu hundertmal schwächere Röntgenquellen des Himmels aufgespürt.» Diese Aussagen zeigen, dass der Deutsch-Amerikanische Röntgensatellit den ersten Teil seiner Mission vollumfänglich erfüllt hat. Seit einigen Wochen wird mit dem Satelliten das Einzelbeobachtungsprogramm durchgeführt. Viele neue spektakuläre Resultate liegen dazu bereits vor.

Bis zum 25. Januar hat der Röntgensatellit ROSAT 97% des Himmels nach Röntgenquellen abgesucht (Fig. 1). Zwischen 60000 und 80000 neue Quellen konnten dabei entdeckt werden. Vor wenigen Wochen hat nun das Einzelbeobachtungsprogramm begonnen, mit dem Ziel, ausgesuchte Röntgenobjekte am Himmel durch intensive Beobachtungen näher zu studieren. Zu diesem zweiten Teil der Rosat-Mission liegen schon nach kurzer Zeit so viele Einzelergebnisse vor, dass die verantwortlichen Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik (MPE) in Garching bei München in einer Pressekonferenz am 18. April darüber orientieren konnten.

Röntgenhimmel ist taghell

Die gewonnenen Bilder im Röntgenbereich zeigen, dass der Himmel neben den vielen Punktquellen, insgesamt Röntgenstrahlung aussendet. Man nennt dies die Röntgenhintergrundstrahlung. Die Wissenschaftler haben festgestellt, dass der Himmel, wenn unsere Augen das Röntgenlicht sehen könnten, taghell erleuchtet wäre. Eine der zentralen Fragen ist, woher diese Hintergrundstrahlung stammt. Dazu wurden mit ROSAT verschiedene Beobachtungen angestellt, die gezeigt haben, dass diese Strahlung von sehr weit entfernten Punktquellen stammt. Das Röntgenteleskop hat während der Durchmusterungsphase, dem sogenannten «Survey», den Himmel in 2 Grad breiten Streifen entlang Grosskreisen senkrecht zur Sonne abgetastet. Während die Erde um die Sonne wandert, dreht sich der beobachtbare Grosskreis langsam über den Himmel, den er nach einem halben Jahr vollständig überdeckt hat. Jede Quelle wird so etwa 500–1000 Sekunden lang beobachtet. An den Polen der Ekliptik überlappen sich alle Survey-Streifen, so dass dort durch die längere Belichtungszeit wesentlich schwächere und deshalb mehr Quellen entdeckt werden können. Von dieser höheren Empfindlichkeit des Teleskops am Ekliptikpol haben nun die Wissenschaftler Gebrauch gemacht bei der Untersuchung der Röntgenhintergrundstrahlung. Im kleinen untersuchten Ausschnitt (Fig. 2) wurden so 40 Röntgen-Punktquellen entdeckt. Davon sind nach Ansicht von Dr. Günther Hasinger (MPE) 80% sogenannte Quasare. Die Quasare sind die am weitesten entfernten Objekte. Sie sind vermutlich Galaxien, die besonders aktiv sind. Man nimmt an, dass sich im Zentrum eines Quasars möglicherweise ein sogenanntes

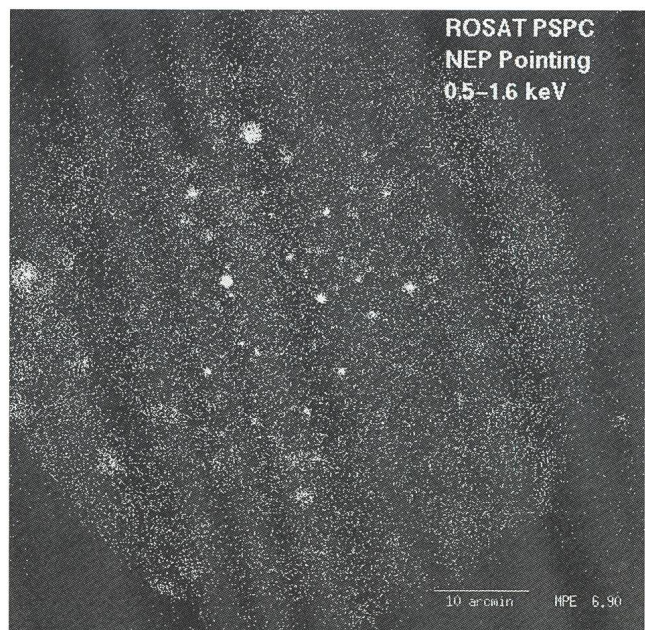


Figur 1: Bis zum 25. Januar dieses Jahres hatte Rosat fast 97% der gesamten Himmelskugel nach Röntgenquellen durchmustert, die restlichen 3% sollen im Sommer nachgeholt werden.

Bild: MPE/Archiv Schmidt

Figur 2: Am Pol der Ekliptik ist der Satellit Rosat am empfindlichsten, hier überlagern sich nämlich alle Messstreifen. Das Bild zeigt eine Langzeitbeobachtung dieser Region, es wurden hier über 40 Röntgenquellen entdeckt, 80% davon sind nach Ansicht der Fachleute Quasare.

Bild MPE/Archiv Schmidt



«schwarzes Loch» befindet, welches die Sterne der Umgebung gleich reihenweise verschluckt. Der Todessturz dieser Sterne ins schwarze Loch setzt gigantische Energien in Form von Magnetfeldern und Temperatur frei. Dabei wird auch Röntgenstrahlung emittiert. Mit Hilfe der Röntgenstrahlung können nun die Wissenschaftler Aussagen über die vorhandenen Energien ableiten. Im untersuchten Himmelsausschnitt wurde noch eine weitere interessante Feststellung gewonnen. Zieht man die identifizierten Punktquellen vom Hintergrund ab, so stellt man fest, dass immer noch Hintergrundstrahlung vorhanden ist; vermutlich stammt diese von noch weiter entfernten und unterhalb des ROSAT-Auflösungsvermögens liegenden Punktquellen. Ausserdem wurde festgestellt, dass der Röntgenhintergrund nicht gleichmässig strahlt, sondern hellere und dunklere Stellen aufweist. Weitere Untersuchungen dieser Strahlung sollen in den nächsten Monaten durchgeführt werden.

Mond bedeckt Röntgendoppelstern

Auch eine weitere Premiere konnte mit Rosat durchgeführt werden. Nachdem bereits wenige Wochen nach dem Start des Teleskops am 1. Juni 1990 erstmals der Mond beobachtet wurde und die von der Sonne auf der Mondoberfläche reflektierte Röntgenstrahlung erfasst wurde, konnte nun eine Bedeckung eines Röntgendoppelsterns durch den Mond verfolgt werden. Solche Beobachtungen sind eher selten, weil sie von verschiedenen Faktoren abhängig sind. Erstens muss der Satellit am richtigen Ort sein, wenn der Mond die Quelle bedeckt, und im weiteren darf weder die Erde noch die Sonne die Beobachtung beeinträchtigen. Solche Beobachtungen erfordern deshalb eine grosse Vorausplanung und umfangreiche Berechnungen. Vor einigen Wochen konnte das seltene Ereignis einer Bedeckung eines Röntgendoppelsterns durch den Erdtrabanten aufgezeichnet werden. Dabei konnte erstmals festgestellt werden, dass der interstellare Staub das Röntgentlicht auf dem Weg durch das Weltall zu uns streut. Normalerweise müsste bei der Beobachtung der erwähnten Verfinsterung die Punktquelle als solche – plötzlich am Mondrand wieder auftauchen. Die Fachleute haben aber beobachtet, dass bereits vorher ein Schimmer am Mondrand sichtbar wurde, die eigentliche Quelle wurde erst später sichtbar. Die Streuung des Röntgentlichts durch den interstellaren Staub hat die gleiche Wirkung wie wenn eine Verfinsterung einer Punktquelle von der Erde aus beobachtet wird. Durch die Atmosphäre und die Beugungserscheinungen im Teleskop wird bei den irdischen Beobachtungen eine Punktquelle zu einer Flächenquelle verstreut. (Fig. 3) Die ausgeführten Beobachtungen der Bedeckung des Röntgendoppelsterns durch den Mond haben erstmals den Einfluss des interstellaren Staubes erkennen lassen. Weitere Beobachtungen dieser Art sind nötig, um später auch Aussagen über die Dichte des interstellaren Staubes vornehmen zu können.

Röntgenstrahlung einer jungen Nova

Eine Überraschung war auch die Registrierung von Röntgenstrahlung bei der Nova «Herculis 1991» durch Rosat. Am Morgen des 25. März fotografierte ein japanischer Amateur die Nova und schätzte die fotografische Helligkeit auf 5.4 mag. Kurz darauf machte auch ein Engländer die Nova mit einem Feldstecher aus und meldete, dass ein «neuer Stern» der 5. Grösse im Sternbild Herkules zu sehen ist. Eine Nova ist ein Stern, der einen Teil der Sternhülle in



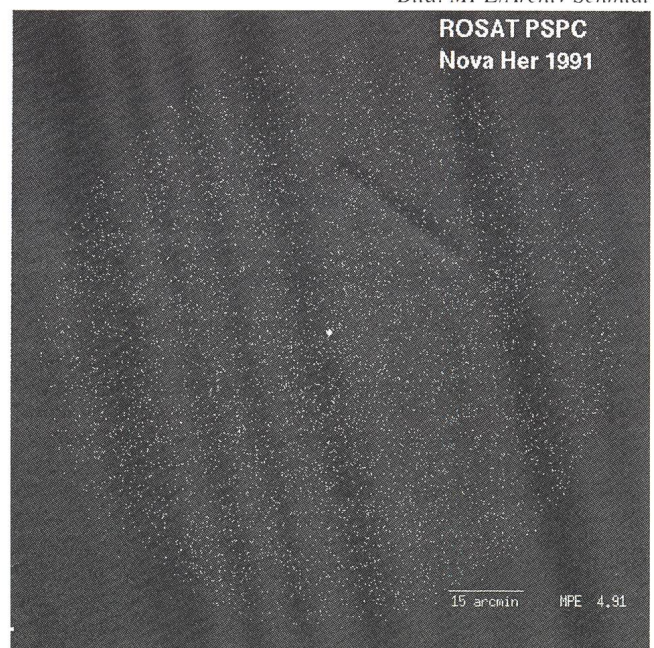
Figur 3: Austritt der hellen Röntgenquelle von der beleuchteten Mondsichel. Vor der eigentlichen Punktquelle wird ein Schimmer (Pfeil) ersichtlich, der Beweis, dass der interstellare Staub das Röntgenlicht streut.

Bild: MPE/Archiv Schmidt

den Raum absprengt. Dadurch wird er für kurze Zeit merklich heller, um nach einer bestimmten Zeit wieder seine ursprüngliche (oder eine schwächere) Helligkeit zu erlangen. Im Gegensatz dazu wird bei einer Supernova der gesamte Stern zerstört. Bei einer Nova wird natürlich Energie in Form von Wärme frei und auch Röntgenstrahlung emittiert. Normalerweise wird aber die Röntgenstrahlung erst mehrere Monate nach dem Absprengen der Sternhülle registrierbar, dann, wenn die Materie der Sternhülle sich so weit verdünnt hat, dass die Röntgenstrahlung diese zu

Figur 4: Eine Überraschung war die Entdeckung von Röntgenstrahlung bei der Nova Herculis, nur fünf Tage nach ihrer Entdeckung.

Bild: MPE/Archiv Schmidt



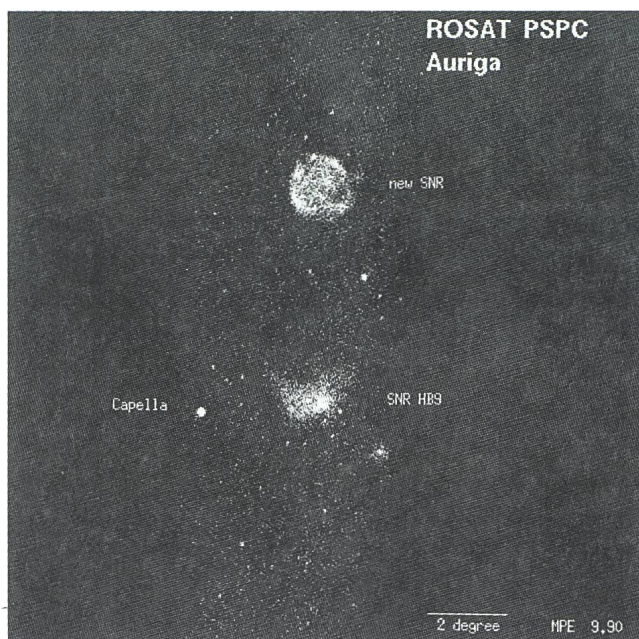
durchdringen vermag. Nur fünf Tage nach den ersten Beobachtungen der Nova Herculis 1991 konnte mit Rosat bereits Röntgenstrahlung registriert werden. (Fig. 4) Dies wird von den Fachleuten als Überraschung gewertet. Frühere Röntgenmessungen an der betreffenden Stelle hatten keinerlei Anzeichen vom bevorstehenden Ereignis ergeben. Warum nun schon nach so kurzer Zeit die Nova im Röntgenlicht sichtbar wurde, ist Gegenstand weiterer Untersuchungen. Die visuelle Helligkeit der Nova nimmt nun laufend weiter ab; im Röntgenbereich ist dieser Abfall aber nicht so schnell.

Zusammenarbeit der Röntgen- und Radioastronomie

Zum besseren Verständnis der physikalischen Eigenschaften von Objekten im Universum sind häufig Beobachtungen in mehreren Wellenlängenbereichen notwendig. So werden die Röntgenastronomen in ihrer Arbeit seit Herbst 1990 von ihren Kollegen aus dem Bereich der Radioastronomie unterstützt. Dazu wird das 100 Meter Radioteleskop des Max-Planck-Instituts für Radioastronomie in Bonn eingesetzt. Das grösste vollbewegliche Radioteleskop der Welt (Fig. 5) steht in der Nähe von Effelsberg. Gegenwärtig werden mit diesem Instrument Radioemissionen von kom-

Figur 5: Das 100 Meter Radioteleskop – das grösste vollbewegliche Instrument der Welt – in Effelsberg unterstützt die Röntgenbeobachtungen im Radiobereich.

Bild: MPE/Archiv Schmidt

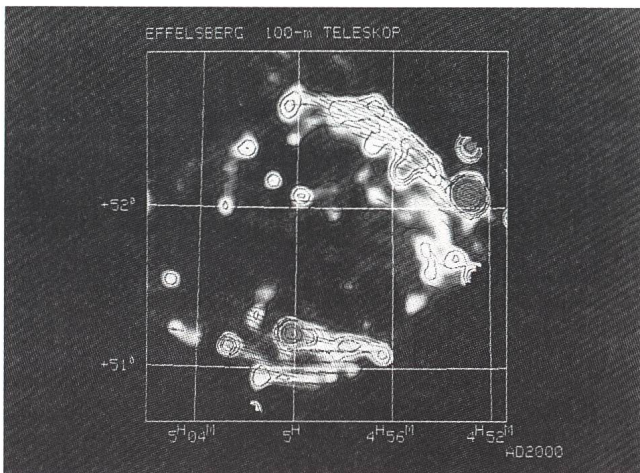


Figur 6: Im Sternbild des Fuhrmanns (Auriga) hat Rosat einen der 10 hellsten Supernovaüberreste entdeckt. Das besondere an dieser Entdeckung, der Supernovaüberrest, befindet sich zwischen den Spiralarmen unserer Milchstrasse und strahlt viel schwächer im Radiobereich.

Bild: MPE/Archiv Schmidt

pakten extragalaktischen Röntgenquellen und die ausge dehnte Radioemission von galaktischen Supernovaüberresten beobachtet.

Bereits in der ersten Zeit der Rosat-Survey Phase wurde ein neuer sehr heller Supernovaüberrest mit fast zwei Grad Durchmesser entdeckt (Fig. 6). Bislang waren die Entdeckungen von Supernovaüberresten vor allem eine Domäne der Radioastronomie. Das 100 Meter Teleskop hat mit ca. 40 Entdeckungen von ungefähr 100 bekannten Objekten am Nordhimmel dazu beigetragen. Nur bei etwa 30% aller Supernovaüberreste wurde bisher Röntgenstrahlung nachgewiesen. Um so erstaunter waren die Fachleute, als sie feststellten, dass der neue Supernovaüberrest (SNR) im Röntgenbereich viel heller strahlt als im Radiobereich. Ab Oktober des vergangenen Jahres wurde der neue SNR eingehend im Radiobereich mit dem 100 Meter Teleskop bei 21 cm und 117 cm Wellenlänge untersucht. Die Messungen zeigen eine deutliche Radioschale mit typischem Spektrum für Supernovaüberreste, die den Röntgenbereich umschliesst (Fig. 7). Die Intensität im Radiofrequenzbereich ist ausserordentlich gering. Die Oberflächenhelligkeit der Radiostrahlung ist ungefähr vier mal geringer als die jedes anderen bekannten Objektes, während der Supernovaüberrest zu den 10 hellsten Röntgen Quellen zählt. Wie in der Figur 8 deutlich wird, passen die Radio- und die Röntgenmessung zueinander. Noch eine weitere Besonderheit weist das erwähnte Objekt auf. Die Astronomen haben festgestellt, dass die Sternexplosion in einem sehr dünnen Medium zwischen den Spiralarmen unserer Milchstrasse stattfand. Dort sind die Magnetfelder schwach, aber sehr homogen und erklären die geringe, aber ungewöhnlich hochgradige Polarisation der Radiostrahlung. Während der kommenden Monate rechnen die Wissenschaftler, dass noch ungefähr 50–

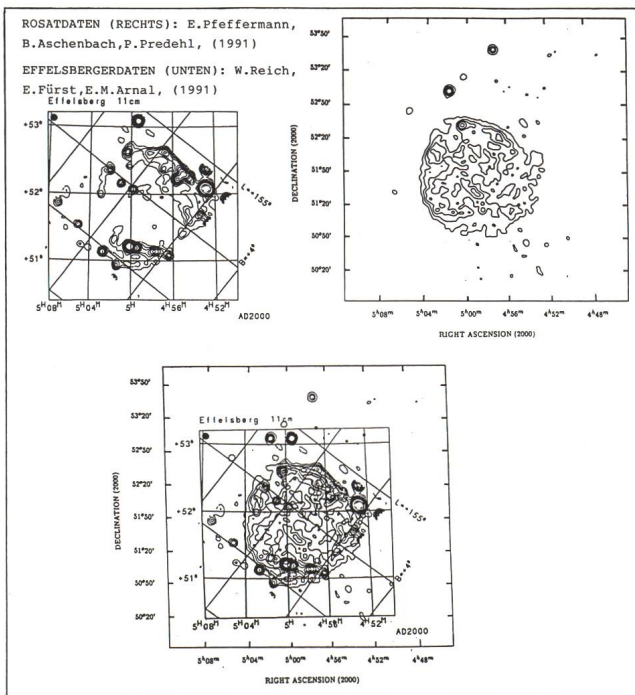


Figur 7: Beobachtung des Supernovaüberrests im Bild Auriga mit dem 100 Meter Radioteleskop. Im Röntgenbereich gehört diese Quelle zu den 10 stärksten am Himmel, im Radiobereich ist die Intensität viel geringer.

Bild: MPI für Radioastronomie/Archiv Schmidt

100 neue Supernovaüberreste mit Hilfe von Rosat identifiziert werden können. Damit wird voraussichtlich in Zukunft die Entdeckung von Supernovaüberresten eine Domäne der Röntgenastronomie werden.

Figur 8: Die beiden oberen Ausschnitte im Bereich des neu entdeckten Supernovaüberrests im Sternbild Fuhrmann (Auriga) zeigen die gemessenen Intensitäten im Radiobereich (links) und im Röntgenbereich (rechts). Im unteren Bild sind beide Daten zusammengelegt worden und zeigen nun eine ausgeprägte Schalenstruktur. Im Röntgenbereich ist die Intensität bedeutend höher als im Radiobereich. Bild: Courtesy of W.Reich MPI-für Radioastronomie, Bonn/Archiv Schmidt



Messprogramm fast durcheinander gebracht

Die vorgestellten Beispiele zeigen, wie hoch die wissenschaftliche Ausbeute bei der ROSAT Mission schon jetzt ist, und dass in den kommenden Monaten noch eine grosse Menge weiterer Ergebnisse ansteht. Dabei hatte ein Störfall in der Nacht vom 25. zum 26. Januar beinahe das abrupte Ende für Rosat bedeutet. Der Satellit umkreist die Erde in einer 580 Kilometer hohen Umlaufbahn und ist dadurch nur 6 mal am Tag für 8 bis 10 Minuten von der deutschen Bodenstation in Weilheim (Oberbayern) erfassbar. Die Bodenstation von Weilheim wird durch die Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) betrieben, und die dort empfangenen Daten werden dem DLR Raumfahrtkontrollzentrum in Oberpfaffenhofen, dem GSOC (German Space Operations Center) zugeleitet. Vom GSOC aus wird der Rosat-Satellit kontrolliert und gesteuert. Der oben erwähnte «Kontaktzeitblock» dauert rund achteinhalb Stunden. Anschliessend ist der Satellit während etwa 16 Stunden nicht funkmässig beobachtbar. Während dieser Zeit speichert Rosat alle gewonnenen Beobachtungswerte an Bord, um diese dann bei einem Kontaktfenster zur Bodenstation in Weilheim abzustrahlen. Der diensthabende Ingenieur im GSOC traute seinen Augen nicht, als er in der Nacht von 25. zum 26. Januar um 02:32 GMT (Weltzeit) seine Anzeigen am Monitor im Kontrollraum sah: Rosat sendete kaum noch Informationen, die Stromversorgung im Satelliten stand kurz vor dem Zusammenbruch, die Experimente waren ausgeschaltet und das Lageregelungssystem lieferte kaum noch Messwerte.

Es grenzt fast an ein Wunder, dass es unter diesen Umständen der Missionsbetriebs- Gruppe gelang, während den nächsten vier Kontakten den Fehler zu erkennen und den Satelliten in eine sicherere Lage, genannt Safe Mode, zu steuern. Nur während jeweils 8 Minuten konnten neue Daten über den Betriebszustand von Rosat empfangen werden. Die verantwortlichen Personen der Industrie und des Kontrollzentrums in Oberpfaffenhofen mussten buchstäblich aus den Betten geholt werden, um die Fehlerquelle zu analysieren und Massnahmen vorzuschlagen, damit Rosat gerettet werden konnte. Eine erste Analyse der Daten ergab, dass Rosat eigentlich tot sein müsste. Aufatmen konnten die Fachleute erstmals um 9:12 Uhr GMT, als es gelang, Rosat wieder anzusprechen und das Ersatzlageregelungssystem in Gang zu bringen. Damit konnte der Satellit stabilisiert werden.

Rosat hätte bis zum 31. Januar 1991 die Himmelsdurchmusterung vornehmen sollen, um danach vom 8. Februar an mit dem Einzelbeobachtungsprogramm fortzufahren. Der Störfall vom 25./26. Januar verhinderte aber, dass die Durchmusterung fertig realisiert werden konnte. Da aber im Einzelbeobachtungsprogramm viele fixe Buchungen von Gastwissenschaftlern aus aller Welt vorlagen, entschloss man sich, das Einzelbeobachtungsprogramm wie vorgesehen durchzuführen. Diese Beobachtungen sind nämlich zum grossen Teil gekoppelt mit anderen Instrumenten, die in anderen Wellenlängenbereichen arbeiten, wie zum Beispiel das optische Weltraumteleskop Hubble, irdische Radioteleskope und der im ultravioletten Bereich empfindliche Satellit IUE.

Lageregelungssystem ausgefallen

Hervorgehoben wurde dieser kritische Störfall durch das Versagen des Satelliten-Lageregelungssystems. Normalerweise hätte in einem solchen Fall das Ersatzlageregelungssystem einspringen sollen, aber dies war nicht geschehen.

Dadurch war Rosat ins Taumeln geraten, wodurch der Solargenerator nicht mehr auf die Sonne blickte und dadurch keine elektrische Energie mehr lieferte. Die Bordinstrumente bedienten sich von der Speicherbatterie, und diese begann sich zu entladen. Als Folge davon wurden alle nicht unbedingt lebensnotwendigen Verbraucher (Experimente) abgeschaltet. Doch dies war noch nicht alles: durch die unkontrollierten Taumelbewegungen geriet das überaus empfindliche Teleskop ins Gesichtsfeld der Sonne. Das einfallende Sonnenlicht zerstörte den im Teleskopbrennpunkt befindlichen Röntgenbilddetektor (PSPC) und beschädigte ein Filterrad an der britischen Ultraviolett-Kamera.

Nachdem ROSAT durch das Kontrollzentrum von Oberpfaffenhofen gerettet werden konnte, haben die Fachleute nach der Ursache für das Versagen des Lageregelungssystems gesucht. Alle Daten wurden durch GSOC und Industriefachleute überprüft, und eine Kommission zur Ermittlung der Fehlerursache wurde einberufen. Nach dem jetzigen Stand der Ermittlungen wird angenommen, dass eine vorübergehende Schädigung eines empfindlichen Bauteils durch kosmische Strahlung im Bereich der Schnittstellen von Lageregelungs- und Zentral-Computer hervorgerufen wurde. Hierdurch lässt sich sowohl der Ausfall des aktiven Lagekontrollrechners als auch das Ausbleiben der automatischen Umschaltung auf das Reservesystem erklären. In der Tat wurde einige Stunden vor dem Ausfall eine kräftige Sonneneruption beobachtet, deren dabei ausgestossene energiereiche Teilchenstrahlung zum fraglichen Zeitpunkt die ROSAT-Bahn erreichte. Die weiteren Untersuchungen haben ergeben, dass eine Wiederholung des gleichen Vorfalls äusserst unwahrscheinlich ist. Ganz kann eine Wiederholung des Störfalls jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Mission wird fortgesetzt

Nur zwei Wochen nach dem beschriebenen Störfall haben die zuständigen Fachleute sich entschlossen, die Rosat-Mission fortzusetzen und mit dem Gastbeobachter-Programm zu beginnen. Die erste Missionsphase ist wie erwähnt zu 97% erfüllt, die restlichen 3% der Himmelsdurchmusterung sollen im Sommer nachgeholt werden. Dem nun eingeleiteten Einzelbeobachtungsprogramm wird hohe Priorität zugeschrieben, denn viele Röntgenbeobachtungen müssen, wie erwähnt, zusammen mit anderen astronomischen Instrumenten durchgeführt werden. Alle geplanten Beobachtungen können trotz des Störfalls vom 25./26. Januar ohne Einschränkung durchgeführt werden, da für die beschädigten Instrumente Ersatz an Bord ist. «Wir haben sehr viel Glück gehabt. Das war ein fast katastrophales Ereignis, nur ein Weilchen länger, und der Satellit wäre verloren gewesen, so haben wir nur einen Zähler eingebüsst. Für dieses erste halbe Jahr im Einzelbeobachtungsprogramm wurden aus 737 eingereichten Vorschlägen 408 berücksichtigt. Die zur Verfügung stehende Beobachtungszeit war nämlich um das fünffache überbucht. Für das zweite halbe Jahr wurden bis zum Stichtag 5. April 1991 wiederum 773 neue Vorschläge eingereicht. Bis zur Jahresmitte werden die Fachleute am Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik wiederum eine Auswahl treffen. Die grosse Nachfrage für Beobachtungen mit Rosat war mit ein Grund, dass schon kurz nach der Panne von Ende Januar die Messungen wieder aufgenommen wurden. Damit nicht wieder mit einer ähnlichen Überraschung gerechnet werden muss, wurde die 16stündige Beobachtungslücke drastisch reduziert, indem zusätzliche Antennen der amerikanischen Raumfahrtbehörde NASA eingesetzt wurden. Rosat ist somit besser zu überwachen.

Literatur

Kurzvorträge der PK vom 18.4.1991 beim MPE, Garching
Wolfgang Reich, Zusammenarbeit mit Rosat – aus der Sicht eines Radioastronomen, MPI für Radioastronomie, Bonn
Pressemitteilung der MPG: Eckpfeiler der Rosat-Mission erreicht
DLR/GSOC Mitteilung: Rosat Störfall am 26.1.91, F. Guckenbiehl
Rosat MPG-Presseinformation 1–3, E. Hintsches, MPG München
MEN J. SCHMIDT

Figur 9: Betriebsdaten des Rosatsatelliten, einige Stunden vor dem Störfall am 25./26. Januar. Deutlich zu erkennen ist, dass um 20:19 Uhr GMT der Solargenerator (ganz oben) nicht mehr zur Sonne ausgerichtet ist und dadurch die Temperatur an der Teleskopblende sofort massiv zu steigen beginnt, sowie die Speicherbatterie nun alle Instrumente mit Strom versorgen muss. Durch den Ausfall des Lageregelungssystems geriet der Satellit ins Taumeln, deutlich ist zu erkennen wie der Solargenerator unregelmässig hin und wieder zur Sonne blickt. In solchen Momenten wird die erschöpfte Speicherbatterie kurzzeitig mit Solarstrom wieder geladen (ganz unten). Um 23:04 Weltzeit hatte sich die Speicherbatterie so weit entladen, dass alle nicht unbedingt lebensnotwendigen Systeme ausgeschaltet wurden. Auch das Bandaufzeichnungsgerät stellte zu diesem Zeitpunkt die Datenspeicherung ein.

Datenblatt: Courtesy of DLR-GSOC/Archiv Schmidt

