

XMM-NEWTON



Zusammenfassung

XMM-Newton ist die zweite 'Cornerstone' Mission im Wissenschaftsprogramm „Horizon 2000“ der ESA. Als anspruchsvolles Röntgenobservatorium mit modernster Technologie ausgestattet, erlaubt es die Beobachtung von hochenergetischen astrophysikalischen Prozessen im Universum. Entwicklung und Konstruktion des Raumfahrzeugs stellen eine technologische Herausforderung dar. Seine Röntgenspiegel zeugen von hoher Ingenieurskunst und sind die glattesten, die bisher gefertigt wurden. Seit dem Start am 10. Dezember 1999 mit einer Ariane 5-Rakete von Kourou, Französisch Guayana, wird das X-ray Multi-Mirror Observatorium der ESA international genutzt. Mit seinen Röntgenkameras, Spektrographen und dem optischen Teleskop liefert das Weltraumobservatorium einzigartige Beobachtungen, die schon zu zahlreichen neuen Erkenntnissen geführt haben.

Röntgenstrahlen können nur mit Hilfe eines speziellen Verfahrens gebündelt werden. XMM-Newton benutzt die verspiegelte Innenseite speziell geformter Röhren, um die Strahlung zu fokussieren und auf die Detektoren abzubilden. Dieses Konzept hatte der Kieler Physiker Hans Wolter 1951 entdeckt. XMM-Newton trägt drei solcher Teleskope an Bord. Sie bestehen aus jeweils 58 konzentrischen, ineinander geschachtelten Spiegelröhren. Zusammen mit den neuentwickelten Detektoren gewährleisten sie, dass XMM-Newton Millionen von Röntgenquellen aufspüren kann. Das Design des Satelliten garantiert eine extrem hohe mechanische Stabilität. Sein Positions- und Kontrollsystem ermöglicht die Ausrichtung auf ein Ziel mit einer Genauigkeit von 0,25 Bogensekunden über eine Zeitdauer von 10 Sekunden. Das entspricht der Aufgabe, eine Melone in 180



Kilometern Entfernung anzupeilen. Der hochexzentrische Satellitenorbit erlaubt lange, ununterbrochene Beobachtungen. Ins tiefe Weltall hinausblickend, vergrößert XMM-Newton unser Wissen über die heißen und hochenergetischen Objekte, angefangen von nahen Sternen bis zu entfernten Röntgenquellen, die entstanden sind, als das Universum noch sehr jung war.

XMM-Newton ist eine internationale Mission. Der Satellit wurde unter Führung des Hauptauftragnehmers Astrium (jetzt Airbus), Friedrichshafen, von einem Industriekonsortium, bestehend aus 46 Firmen aus 14 europäischen Ländern und den USA, gebaut. Die drei Hauptinstrumente wurden unter der Federführung wissenschaftlicher Institute ebenfalls in internationaler Zusammenarbeit entwickelt und gefertigt.

Das XMM-Newton Raumfahrzeug wird in seinem Orbit durch das European Space Operations Centre ESOC in Darmstadt kontrolliert, über Bodenstationen in Perth (Australien) und Kourou (Französisch-Guayana) kontrolliert.

Das Science Operations Centre (SOC) in Villafraanca (VILSPA, Spanien) bearbeitet Beobachtungsvorschläge der Wissenschaftler, entwickelt den Beobachtungsplan und kontrolliert die Datenqualität.

Die im Survey Science Centre (SSC) organisierten Wissenschaftler bereiten schließlich die Rohdaten für die wissenschaftliche Nutzung auf und veröffentlichen sie nach einer Sperrfrist in öffentlich zugänglichen Archiven.

Wissenschaftliche Ziele

Die Entstehung von Röntgenstrahlung in astronomischen Objekten ist immer mit sehr hohen Temperaturen (Millionen Grad) oder energiereichen Prozessen wie Supernova-Explosionen verbunden. Zu den Beobachtungsobjekten von XMM-Newton zählen daher:

- **Sternatmosphären:**
In den äußeren Atmosphären von Sternen können Dichten, Temperaturen und die Häufigkeiten von chemischen Elementen bestimmt werden, was z. B. zum Verständnis der Aufheizung des koronaren Gases und zur Entstehungsgeschichte des Sterns beiträgt.
- **Röntgendoppelsterne und Veränderliche:**
Viele Röntgenquellen ändern im Laufe der Zeit ihre Helligkeit; dabei können ganz unterschiedliche Zeitskalen auftreten. XMM-Newton registriert diese Variabilität im Detail und versucht die Ursachen zu ergründen.
- **Diffuse galaktische Emission:**
Supernovaüberreste regen durch ihre Wechselwirkung mit dem interstellaren Medium die Bildung neuer Sterne und Planeten an.
- **Extragalaktische Quellen:**
In den Zentren vieler Galaxien findet man "Active Galactic Nuclei" (AGN), deren Aktivität auf Schwarze Löcher zurück-

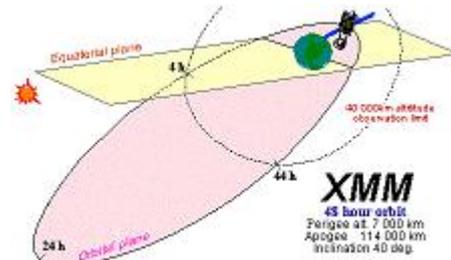
geführt wird. Mit XMM-Newton werden die verschiedenen Typen von AGN, ihre Strukturen und physikalischen Prozesse untersucht. AGNs stellen vermutlich auch den größten Beitrag zu dem noch nicht vollständig aufgelösten "Röntgenhintergrund" dar.

- **Galaxienhaufen:**
Die Masse des diffusen Gases in Galaxienhaufen, das sich zwischen den Galaxien befindet und sich durch seine Röntgenstrahlung verrät, ist größer als die Masse der Sterne in den Galaxien selber. Mit XMM-Newton wird die Entwicklung und Zusammensetzung dieser größten gebundenen Strukturen im Universum untersucht – mit Rückschlüssen auf die Entstehung des Universums als Ganzes.

Die Erdatmosphäre blockiert die Röntgenstrahlung, sodass sie nur mit Weltraumobservatorien gemessen werden kann. XMM-Newton, der bislang größte in Europa gebaute wissenschaftliche Satellit, weist im Röntgenbereich eine unübertroffene Empfindlichkeit auf und hat bisher die hohen Erwartungen weit übertroffen. Er versorgt die wissenschaftliche Gemeinschaft mit einem nicht abreißen Fluss faszinierender Daten mit neuen Erkenntnissen über hochenergetische stellare und interstellare, galaktische und extragalaktische Objekte.

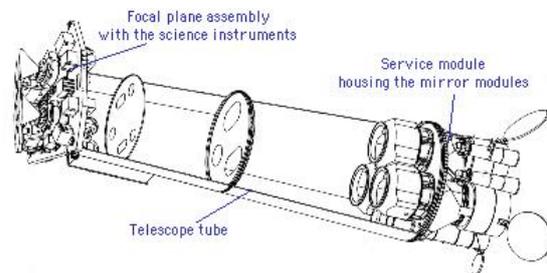
Kenndaten der XMM-Newton Mission

- Start der Entwicklung: März 1996
- Start der Mission: 10. Dezember 1999
- Trägerrakete: Ariane 5G
- Startort: Kourou (Franz.-Guayana)
- Missionsdauer: bisher regelmäßig verlängert worden
- Umlaufbahn:
 - Perigäum: 7.000 km
 - Apogäum: 114.000 km
 - Inklination: 40°
 - Periode: 48 Stunden
- Missionskontrollzentrum: ESOC Darmstadt (D)
- Bodenstationen: Perth(AUS), Kourou (F.G.)
- Beobachtungszeit: 40 Stunden in zwei Tagen



Kenndaten des Satelliten

- Startmasse: 3,8 Tonnen
- Abmessungen: 4m x 4m x 10m
- Solarflügel: 16 m Spannweite
- Nutzlast:
 - 3 Röntgenteleskope, mit zwei verschiedenen abbildenden Instrumenten (EPIC) und Spektrographen (RGS), sowie ein optisches Teleskop (OM)
- Teleskopoptik: 3 tonnenförmige Spiegelmodule, bestehend aus je 58 Wolter-Spiegeln
- Brennweite: 7,5 m
- Auflösung: 6 Bogensekunden
- Spektralbereich: 0,1 bis ca. 15 keV (Kiloelektronenvolt)



Wissenschaftliche Nutzlast

Die Instrumente, entwickelt und gebaut von wissenschaftlichen Instituten, werden jeweils von einem "Principal Investigator", dem Kopf eines jeden Teams, betreut. Drei vom DLR geförderte deutsche Institute sind an XMM-Newton beteiligt: Das Max-Planck-Institut für Extraterrestrische Physik (MPE) in Garching und das Institut für Astronomie und Astrophysik der Universität Tübingen (IAAT) haben die neuentwickelte pn-CCD-Kamera beigestellt. Das MPE hat auch den von ESA ausgewählten Teleskopwissenschaftler gestellt, der für das optische Design des Teleskops und die Durchführung der röntgenoptischen Tests (in der Testanlage des MPE) verantwortlich war und ESA bei der Entwicklung, dem Bau, der Kalibration und dem Testprogramm der Spiegel unterstützt hat. Auch am XMM Survey Science Center beteiligen sich Wissenschaftler des MPE sowie vom Leibniz-Institut für Astrophysik in Potsdam (AIP). Die drei wissenschaftlichen Instrumente auf XMM-Newton sind:

- **European Photon Imaging Cameras (EPIC):**
Besteht aus je einer Kamera im Fokus von jedem der drei Spiegelmodule. Die CCD-Detektoren ermöglichen eine räumliche Abbildung der Röntgenquellen sowie spektroskopische Untersuchungen mittlerer Auflösung. Zwei Kameras sind mit in Leicester entwickelten "MOS-CCDs" ausgestattet, die dritte mit einem in Garching entwickelten "pn-CCD".
- **Reflection Grating Spectrometer (RGS):**
Für eine Analyse des Röntgenspektrums reflektiert eine Gitterstruktur hinter zwei der Spiegelmodule ungefähr die Hälfte der eintreffenden Strahlen auf einen Sekundärfokus mit einer eigenen CCD Kamera. Dieses reflektierende Gitterspektrometer fächert die verschiedenen Wellenlängen auf, sodass Spektrallinien von Elementen wie z. B. Sauerstoff oder Eisen aufgelöst und aufgenommen werden können. Die spektrale Auflösung E/dE liegt im Energiebereich von 0,35 bis 2,5 keV zwischen 200 und 800.
- **Optical/UV Monitor (OM):**
Das dritte Instrument an Bord von XMM-Newton ist ein konventionelles 30cm Teleskop für optische und Ultraviolettstrahlung, das simultan dieselben Gebiete wie das Röntgenteleskop beobachtet. Das ermöglicht Astronomen ergänzende Aussagen über die Natur der Zielobjekte, die so besser identifiziert und klassifiziert werden können.

Kontakte

XMM Science Operations Center
ESA – ESAC (European Space Astronomy Centre)
Madrid, Spanien
<http://xmm.esac.esa.int/>

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) e. V.
Königswinterer Str. 522-524
53227 Bonn
<http://www.dlr.de/rd/fachprog/extraterrestrik>

Weitere Links:
<http://www.mpe.mpg.de/27555/XMM-Newton>
<http://sci.esa.int/xmm-newton/>