

## Für Berichtsblatt

2. Berichtsart:

Abschlußbericht

3a. Titel des Berichts:

Mitwirkung des AIP an Aufbau und Betrieb des XMM Survey Science Centers

4a. Autoren des Berichts:

Hermann Brunner; Axel Schwoppe

5. Abschlußdatum:

31.12.2001

10. Förderkennzeichen:

50 OX 9801 3

11.a

11 (inklusive Anhänge)

13. Fördernde Institution:

Deutsches Zentrum für Luft - und Raumfahrt e.V. (DLR)

Postfach 30 03 64

53183 Bonn

18. Kurzfassung

Das XMM-Newton Survey Scientist Consortium (SSC) besteht aus inzwischen neun europäischen Instituten, darunter in Deutschland dem AIP und dem MPE Garching. Es hat die Aufgabe übernommen, gemeinsam mit dem XMM-Newton Science Operation Centre der ESA die wissenschaftliche Analysesoftware für XMM-Newton zu erstellen, sämtliche XMM-Daten für die Beobachter und das öffentliche Archiv aufzubereiten und mit Hilfe optischer Nachfolgebeobachtungen einen statistisch vollständigen Satz von XMM-Newton Quellen zu identifizieren. Das AIP hat im Rahmen des SSC die Entwicklung der Quellentdeckungssoftware übernommen und sich in signifikanter Weise an den optischen Nachfolgebeobachtungen beteiligt. Für seinen Aufwand wurde das Survey Scientist Consortium in beträchtlichem Umfang durch garantierte Beobachtungszeit entschädigt.

## Für Document Control Sheet

### 2. Type of Report:

Final Report

### 3a. Report Title:

The contribution of the AIP to erection and operation of the XMM survey science center

### 4a. Authors:

Hermann Brunner; Axel Schwöpe

### 5. End of Project

December 31, 2001

### 10. Reference No.:

50 OX 9801 3

### 13. Sponsoring Agency:

Deutsches Zentrum für Luft - und Raumfahrt e.V. (DLR)

Postfach 30 03 64

53183 Bonn

### 18. Abstract

The XMM-Newton Survey Science Consortium (SSC) consists of nine European institutes, including the AIP and the MPE, Garching. It has taken over the responsibilities to develop scientific data analysis software for XMM-Newton (jointly with ESA's XMM-Newton Science Operation Centre), to process all XMM-Newton data for the observers and the public archive, and to perform optical follow-up observations to identify a statistically complete set of XMM-Newton objects. AIP has contributed X-ray source detection software to the SSC and actively participated in the optical follow-up observations. The Survey Scientist consortium has been compensated for its activities by being awarded a considerable amount of guaranteed observing time.

## Mitwirkung bei Aufbau und Betrieb des XMM Survey Scientist Center

### Voraussetzungen und Aufgabenstellung

XMM-Newton – die X-ray Multi Mirror Mission – ist der zweite “Cornerstone” des ESA Horizon 2000+ Programmes. Seit seinem Start im Dezember 1999 stellt XMM-Newton für die internationale astronomische Gemeinschaft ein unvergleichliches Werkzeug für die astrophysikalische Bildaufnahme und Spektroskopie im Spektralbereich 0.2-12 keV dar. Dieses Röntgen-Energieband ist reich an diagnostischer astrophysikalischer Information und komplementär zu den Möglichkeiten anderer Spektralbereiche. Die Sammelfläche von XMM-Newton übertrifft diejenige aller bisher gebauten Röntgenteleskope. XMM-Newton stellt den europäischen Röntgenastronomen ein Instrument zur Verfügung, das hinsichtlich spektraler Auflösung und nutzbarem Energiebereich den Vorgänger ROSAT weit übertrifft.

Das XMM-Newton Survey Scientist Datenzentrum (SSC), das Anfang 1996 unter der Federführung der Universität Leicester etabliert wurde, spielt eine zentrale Rolle im Bodenbetriebssystem. In Zusammenarbeit mit dem XMM-Newton Science Operations Centre (SOC) der ESA, ist das primäre Ziel des SSC, die Ausschöpfung des vollen Potentials der XMM-Beobachtungen durch die wissenschaftliche Gemeinschaft sicherzustellen. Der Fokus der SSC-Aktivitäten liegt in diesem Zusammenhang auf drei wesentlichen Gebieten, die einen unmittelbaren Einfluß auf den wissenschaftlichen Erfolg der XMM-Newton Mission haben, nämlich der wissenschaftlichen Datenanalyse-Software, der Standard-Datenverarbeitung und dem Quellidentifikationsprogramm. Mit der Bereitstellung der Quellentdeckungssoftware für XMM-Newton ist das AIP an allen drei Gebieten an zentraler Stelle beteiligt.

### *XMM-Newton Science Analysis System*

Aufgabe des durch das SSC in Zusammenarbeit mit dem SOC entwickelten XMM-Newton Science Analysis System (SAS) ist es, einen vollständigen Satz von wissenschaftlichen Datenanalyse-Werkzeugen bereitzustellen, die einerseits bei der Durchführung der automatischen Datenverarbeitung Verwendung finden und andererseits den XMM-Newton Beobachtern die Analyse ihrer Daten ermöglichen. Insbesondere sollen die Beobachter die Möglichkeit haben, die an der Universität Leicester durchgeführte automatische Datenverarbeitung mit Hilfe der SAS-Software nachzuvollziehen und davon ausgehend eine detaillierte Datenanalyse im Hinblick auf ihre spezielle wissenschaftliche Fragestellung anzuschließen. Die Entwicklung der SAS-Software baut auf bereits existierender Software für die Analyse von Röntgendaten auf und bezieht diese soweit dies sinnvoll ist mit ein (FTOOLS, XSPEC). Die am AIP entwickelte Quellentdeckungssoftware basiert teilweise auf bewährter ROSAT Software und wurde für die speziellen Anforderungen von XMM-Newton weiterentwickelt. Eine Liste der am AIP für das XMM-Newton Science Analysis System entwickelte Software findet sich im Anhang. Abbildung 1 zeigt ein Blockdiagramm, das das Zusammenspiel der einzelnen Programme der Quellentdeckungssoftware verdeutlicht. Als Beispiel für die von unserer

Software erstellten Datenprodukte zeigen wir ein XMM-Newton Bild des Lockman-Hole Feldes mit Belichtungskarte, sowie einem Falschfarbenbild, das Flüsse und Energieverteilung der von unserer Software entdeckten Quellen wiedergibt (Abb 2a-c). Eine Kurzbeschreibung aller am AIP entwickelter XMM-Newton Datenanalyse-Programme mit Beispiel-Datenprodukten findet sich im Anhang.

### *Pipeline-Prozessierung der XMM-Newton Daten*

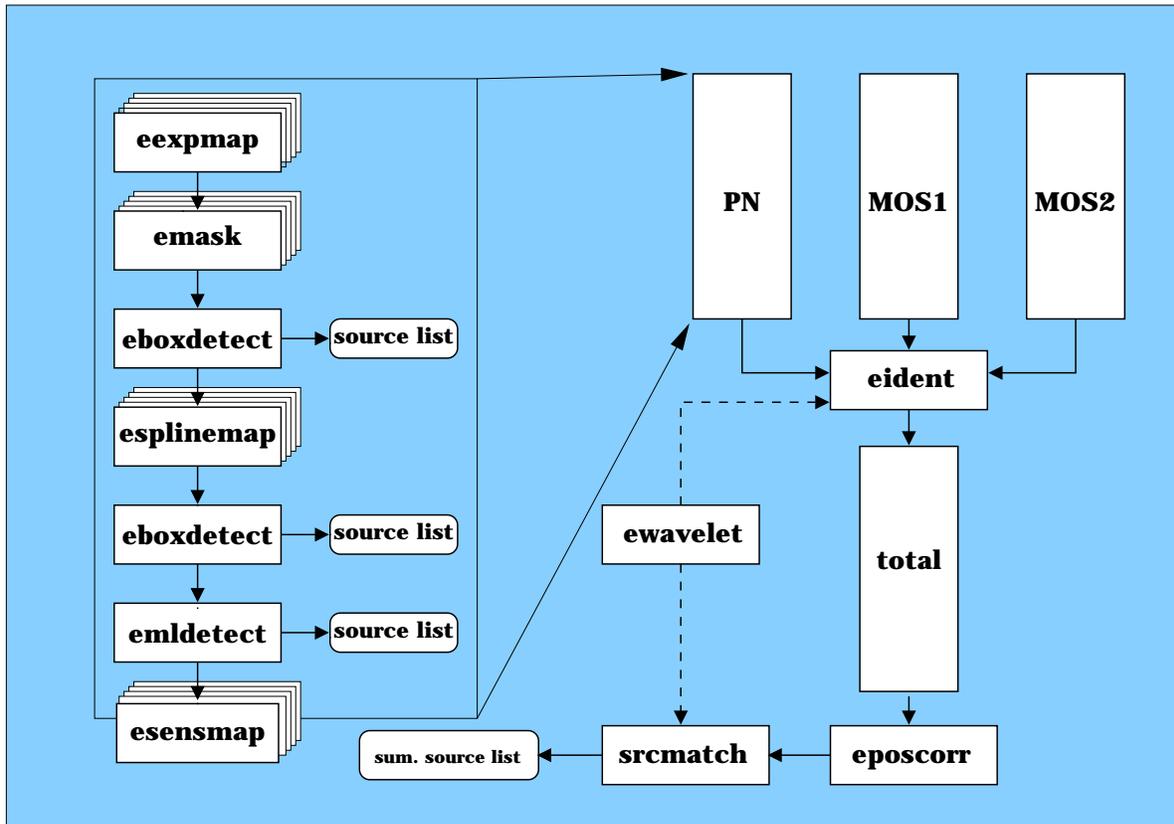
Die an der Universität Leicester unter der Verwendung der Software des XMM-Newton Science Analysis System durchgeführte Pipeline-Prozessierung der XMM-Newton Daten hat eine doppelte Aufgabe: Den Beobachtern sollen kalibrierte Event-Listen, sowie Bilder, Quell-Listen, Spektren und Lichtkurven als Grundlage einer weitergehenden, detaillierten Datenanalyse zur Verfügung gestellt werden. Nicht minder wichtig ist die Pipeline-Prozessierung im Hinblick auf den Aufbau des XMM-Newton Datenarchivs und eines Quellkatalogs. Zur Sicherung der Qualität der Archiv-Datenprodukte, sowie des Quellkatalogs werden die Datenprodukte einer Validierung unterzogen. Neben der Bereitstellung, Weiterentwicklung und Wartung der Quellentdeckungssoftware beteiligt sich das AIP gemeinsam mit den anderen Konsortium-Instituten anteilig an der Datenvalidierung. Abbildung 3 zeigt die Einbindung der am AIP entwickelten Software in den Gesamt-Flußplan der Pipeline-Prozessierung.

### *Optische Identifizierung von XMM-Newton Quellen*

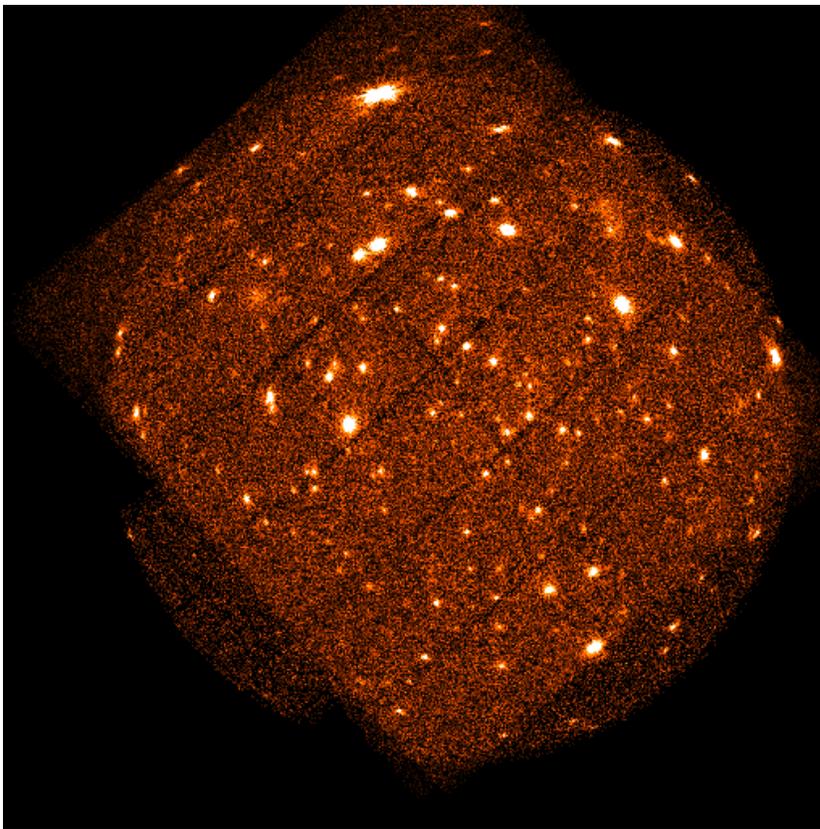
Ziel des sogenannten XID Programms ist die optische Identifizierung einer genügend großen Zahl von XMM-Newton Quellen, so dass auch für relativ seltene Objektklassen eine statistisch aussagekräftige Anzahl von Objekten identifiziert werden kann. Zu diesem Zweck sollen jeweils 1000 Objekte einer hellen ( $> 10^{-13}$  erg cm $^{-2}$  s $^{-1}$ ), mittleren ( $> 10^{-14}$  erg cm $^{-2}$  s $^{-1}$ ) und schwachen ( $> 10^{-14}$  erg cm $^{-2}$  s $^{-1}$ ) Stichprobe bei hohen galaktischen Breiten, sowie eine ebenfalls 1000 Objekte umfassende Stichprobe im mittleren Flussbereich in der galaktischen Ebene identifiziert werden. Auf der Grundlage dieser statistisch vollständigen Stichprobe sollen für eine große Zahl von XMM-Newton Feldern mit tiefem optischen Imaging statistische Identifikationen der Röntgenquellen anhand von optischer Helligkeit und Farbe durchgeführt werden.

## **Planung und Ablauf des Vorhabens**

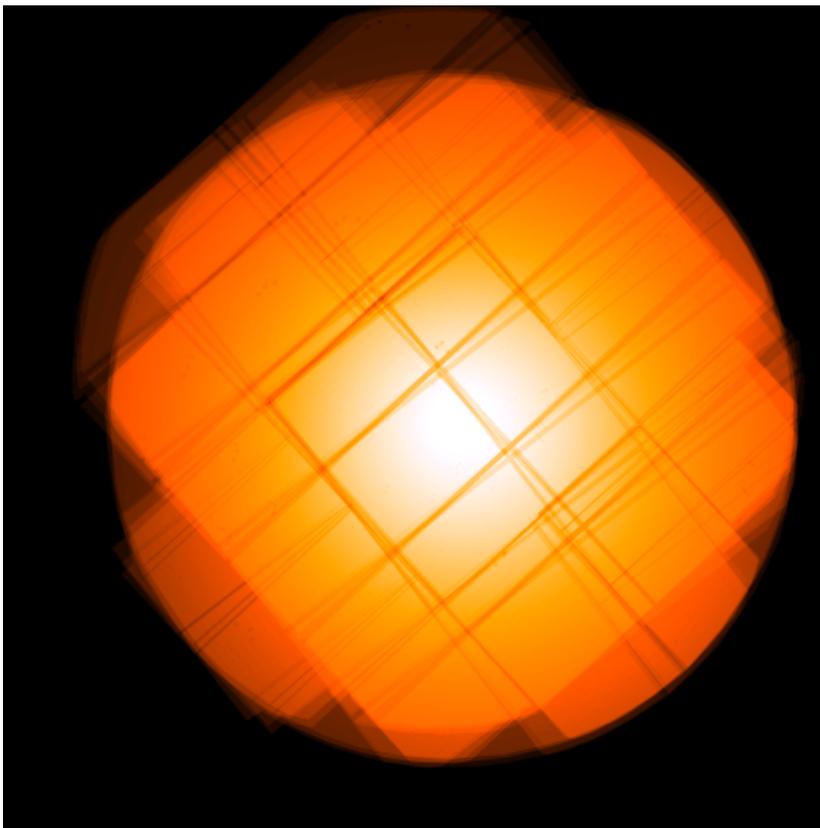
In einer Vorbereitungsphase wurde ab Sommer 1996 von den Survey Science Centre Instituten gemeinsam mit dem Science Operation Centre der ESA ein Konzept für Struktur und Funktionsumfang des XMM-Newton Science Analysis System erarbeitet, sowie Umfang und Inhalt der Datenprodukte der Pipelineprozessierung festgelegt. Gleichzeitig wurde mit der Erstellung erster Software-Prototypen auf der Grundlage existierender Röntgen-Datenanalyse-Pakete begonnen. Eine wichtige Rolle bei der Koordinierung des Projekts spielten die ab Sommer 1997 regelmäßig in halbjährlichem Turnus an einem der Partnerinstitute abgehaltenen "Consortium Meetings" (mit den Bestandteilen "Steering Group" und "Science Advisory Group Meeting"), sowie die in mehrmonatigem Abstand stattfindenden Arbeitsgruppentreffen, der "Science Analysis Software Working Group" und der "XID Working Group". Das AIP hat aktiv in beiden Arbeitsgruppen mitgearbeitet, und sich, in der Regel mit Vorträgen wissenschaftlicher oder technischer Natur, an beiden Teilen der halbjährlichen "Consortium Meetings" beteiligt. Jeweils im Frühjahr 1997 und 2001 wurde das "Consortium Meeting" mit ca. 40 Teilnehmern aus den Konsortium-Instituten und von der ESA vom



**Abb. 1** Das Blockdiagramm zeigt die Aufeinanderfolge der Quell-Detektionsprogramme wie sie z.B. in der Pipeline-Prozessierung oder bei der interaktiven Analyse von XMM-Newton Daten durchgeführt wird. In einem mehrstufigen Prozess wird zunächst mit einem “sliding box” Algorithmus (Programm EBOXDETECT) unter Verwendung von lokalem Hintergrund eine erste Quell-Liste erstellt, mit deren Hilfe anschließend aus den quellfreien Gebieten eine Hintergrundkarte generiert wird (Programm ESPLINEMAP). In einem zweiten Durchgang erzeugt Programm EBOXDETECT unter Verwendung des globalen Hintergrunds der Hintergrundkarten eine verbesserte Quell-Liste mit höherer Empfindlichkeit. Für alle Objekte dieser Quell-Liste wird mit Programm EMLDETECT ein Maximum Likelihood Fit der Punktbild-Funktion und der Ausdehnung der Objekte durchgeführt. Das beschriebene Quellendeckungsverfahren wird simultan in fünf Energiebändern durchgeführt, wodurch eine spektrale Charakterisierung der entdeckten Quellen durch verschiedene “Hardness Ratios” möglich ist. Die Quellentdeckung geschieht zunächst separat für jedes der drei XMM-Newton Teleskope, und optional zur Maximierung der Empfindlichkeit auch simultan über alle drei Teleskope. Für die Detektion sehr ausgedehnter Quellen steht mit Programm EWAVELET ein alternativer Quellentdeckungsalgorithmus zur Verfügung. Programm SRCMATCH erlaubt die Zusammenfassung der einzelnen Quell-Listen zu einer gemeinsamen Quell-Liste, sowie zusätzlich eine Kreuzkorrelation mit den vom Optischen Monitor entdeckten Quellen. Eine astrometrische Korrektur der Röntgenpositionen anhand optischer Katalogdaten kann mit Programm EPOSCORR durchgeführt werden.



**Abb 2a** Summenbild im Energiebereich 0.5 - 4.5 keV von 4 Beobachtungen des Lockman Hole Felds mit einer Gesamtintegrationszeit von 120 ks.

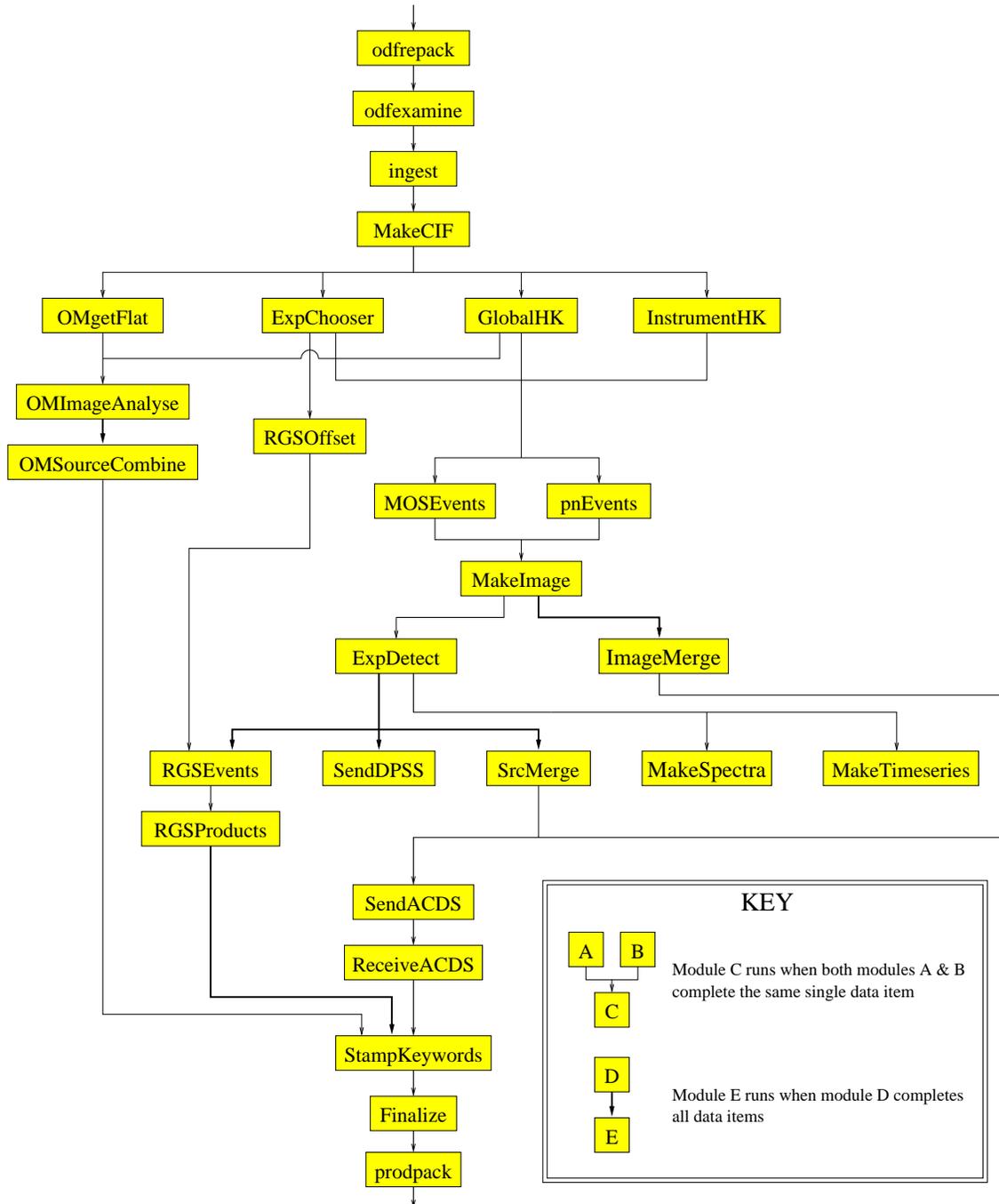


**Abb. 2b** Belichtungskarte zum in Abbildung 2a gezeigten Bild.



**Abb 2c** Falschfarbenbild, das die von unserer Software entdeckten Quellen mit ihrer Punktbild-Funktion, bzw. mit der gefundenen Ausdehnung hinsichtlich Fluss und Energieverteilung wiedergibt. Farbkodierung: rot 0.5-1.0 keV; grün: 1.0-2.0 keV; blau: 2.0-4.5 keV.

SSC XMM-Newton Pipeline  
 PCMS version 02000027/2001220.095050



**Abb. 3** Einbindung der am AIP entwickelten Module ExpDet (Quelldetektion, sowie Erstellung von Belichtungs-, Hintergrund-, und Empfindlichkeitskarten) und SrcMerge (Weiterverarbeitung der Quell-Listen) in den Gesamtflußplan der Pipeline-Prozessierung der XMM-Newton Daten.

AIP ausgerichtet.

### *Software Entwicklung*

Mit dem Beginn der Förderung des Projekts durch das DLR ab Juli 1998 stand bereits eine rudimentäre Version des XMM-Newton Science Analysis System, einschließlich des vom AIP beigesteuerten Pakets zur Entdeckung und Charakterisierung von Röntgenquellen zur Verfügung (XMM SAS Release 2.0; Sept. 1998). Im Zeitraum bis Herbst 2000 wurde am AIP der ursprüngliche Satz von ROSAT-basierter Quelldetektionssoftware im Funktionsumfang erweitert und an die Erfordernisse von XMM angepaßt:

Ab Frühjahr 2000 standen für die wissenschaftliche Arbeit und für Softwaretests erstmals XMM-Newton Originaldaten zur Verfügung. Für die Datenanalyse konnte das bereits weitgehend funktionsfähige Release 4.0 der XMM-Newton SAS Software genutzt werden. Mit dem Release 5.0 (Nov. 2000) wurde erstmals eine in allen Teilen funktionsfähige Version des XMM SAS Pakets der wissenschaftlichen Öffentlichkeit zugänglich gemacht, das auch bei der Pipelineprozessierung der XMM-Newton Daten zum Einsatz kam. Bis Ende 2001 wurde die Software unter Berücksichtigung der im Routinebetrieb gemachten Erfahrungen weiter optimiert (Release 5.2, Oktober 2001).

Die Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit des Detektionsprozesses wurde anhand von simulierten Daten überprüft und kalibriert. In Abbildung 4 und 5 zeigen wir einige typische Ergebnisse unserer Monte Carlo Simulationen.

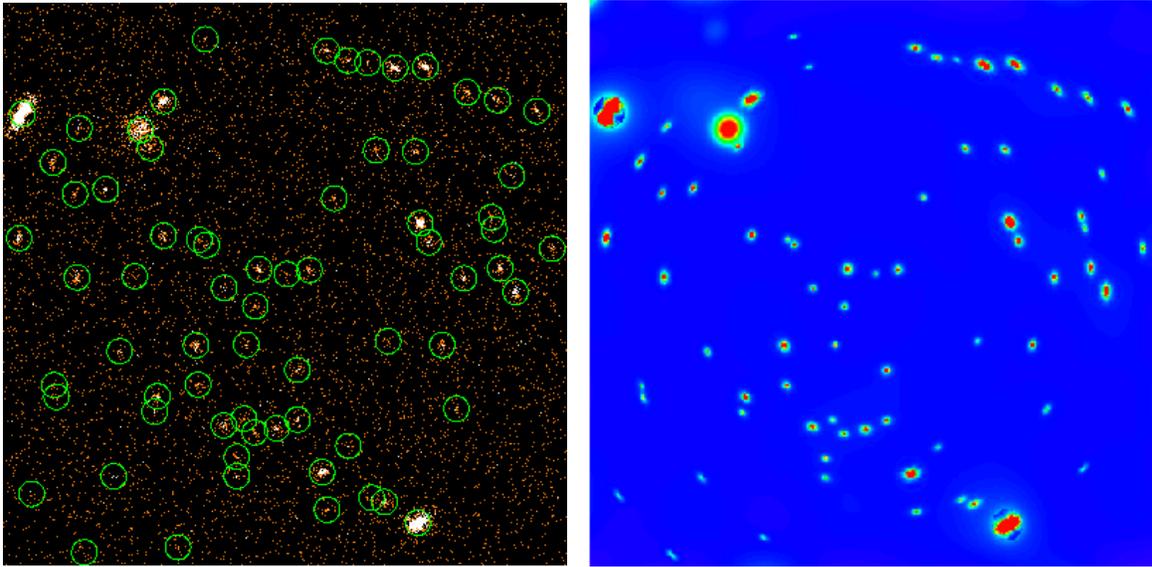
### *XID Programm*

Nach einer längeren Definitions- und Vorbereitungsphase trat das XID Programm mit dem Vorliegen erster prozessierter XMM-Newton Daten im Jahr 2000 in die aktive Phase. Rückgrat der Aktivitäten zur spektroskopischen Identifikation von XMM-Quellen mit mittlerem Flussniveau bildete im Berichtszeitraum das AXIS-Programm: AXIS - An XMM-Newton International Survey.

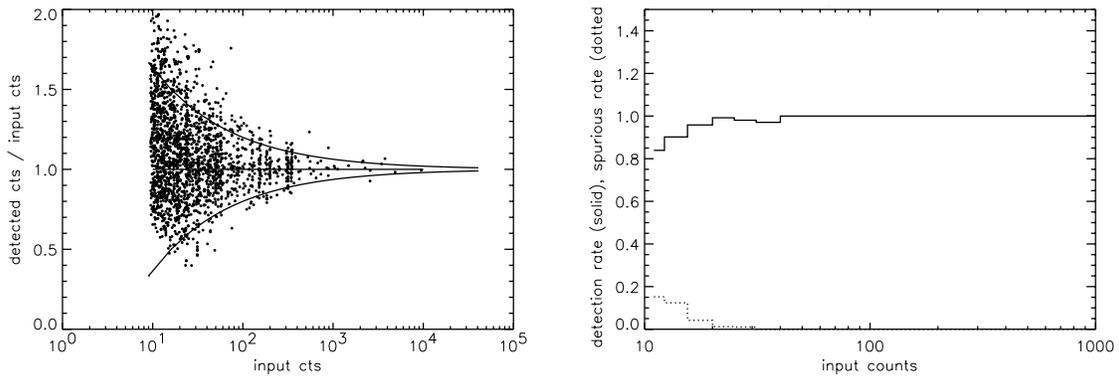
Im Zeitraum 2000/2001 wurden hierfür an der "Isaac Newton Group of Telescopes" auf La Palma in über 85 Nächten (5 % der gesamten in den 1.5 Jahren zur Verfügung stehenden Zeit) Imaging im optischen und IR Spektralbereich, sowie Multi-Objekt und Langspalt-Spektroskopie durchgeführt. Das Programm steht inzwischen kurz vor dem Abschluss, es führte zur Identifikation von über 300 Röntgenquellen bei hohen galaktischen Breiten und etwa 100 Identifikationen in der galaktischen Ebene. Unter den extragalaktischen Quellen sind 180 AGNs mit breiten Emissionslinien (Seyfert 1 Galaxien und QSOs), 41 Galaxien mit schmalen Emissionslinien (darunter viele Seyfert-Galaxien vom Typ 2), 62 Sterne mit aktiven Koronen, 2 BL Lac Objekte, insgesamt 21 Galaxien ohne Anzeichen von Röntgenaktivität. Die Natur dieser Quellen ist noch weitgehend unklar, es könnte sich in einigen Fällen um Mitglieder von Galaxienhaufen handeln.

In der galaktischen Ebene sind die meisten der identifizierten Quellen Sterne mit aktiven Koronen. Die AXIS-Resultate zeigen, dass mit XMM-Newton erstmals aktive M-Sterne bis an den Rand der Galaxis detektiert werden können.

Das AIP als Mittragsteller des AXIS-Programms hat in diesem Rahmen Beobachter nach La Palma entsandt, sowie Quell-Listen und Sucherkarten erstellt.



**Abb. 4 links:** Dieses Beispiel eines simulierten Bildes zeigt die von der Dektektionssoftware entdeckten Quellen im Overlay. **Rechts:** Die entdeckten Quellen, sowie der Hintergrund sind hier mit ihren Best-Fit Modellparametern dargestellt.



**Abb. 5 links:** Das Verhältnis der von unserer Software bestimmten Quellcounts, dividiert durch die entsprechenden Input-Werte ist als Funktion der Input-Quellcounts dargestellt. Die trompetenförmige Verteilung entspricht den statistischen Erwartungen. **Rechts:** Der Bruchteil der entdeckten Quellen, bezogen auf die Anzahl der Input-Quellen ist als Funktion der Input Quellcounts dargestellt. Die gestrichelte Linie zeigt den Anteil der zufälligen Entdeckungen (spurious detections) in den zugrunde liegenden Detektionsläufen.

Das AIP hat in Vorbereitung auf geplante spektroskopische Identifikationen von XMM-Quellen am Südhimmel ein eigenes imaging-Programm gestartet. In fünf Beobachtungskampagnen wurden am 2.2m MPE/ESO Teleskop mit dem Wide Field Imager WFI tiefe CCD-Aufnahmen genommen, zum Teil in bis zu fünf Farbbändern (BVRIZ). Mittlerweile wurden etwa 70 XMM-Newton Felder zur Beobachtung ausgewählt, die ungefähr 15 Quadratgrad am Himmel überdecken. Diese Beobachtungen dienen der Selektion von möglichen Gegenständen von XMM-Quellen, der Erzeugung von Suchkarten für Beobachtungen am Magellan Teleskop und wird nach der vollständigen Bilddatenreduktion Ausgangspunkt für die statische Identifikation von XMM-Quellen ohne eigene spektroskopische Beobachtung. Es ist geplant, alle innerhalb des SSC-Konsortiums aufgenommenen Bilddaten, also insbesondere die mit dem ESO-WFI und der INT-WFC auf La Palma gewonnenen Bilder, über die Web-Seiten des SSC in Leicester der astronomischen Gemeinschaft zur eigenen weiteren Auswertung zur Verfügung zu stellen. Dieses Archiv wurde im Frühjahr mit ersten Bildern der INT-WFC eröffnet.

Das AIP hat sich an weiteren XMM-Newton Nachbeobachtungsprogrammen mit Teleskopen der 8m Klasse beteiligt. Besonders zu erwähnen ist hier ein Pilotprojekt zur Entdeckung und Identifikation von Galaxienhaufen in XMM-Newton Feldern. Das AIP sucht mit der hier entwickelten Software in XMM-Bildern nach Quellen mit ausgedehnter Röntgenemission. Suchkarten wurden mit Hilfe der eigenen WFI-Bilder erstellt. In Zusammenarbeit mit Kollegen vom Center for Astrophysics (Cambridge, Massachusetts) wurden in bislang drei Beobachtungskampagnen am neu eröffneten Magellan I Teleskop Rotverschiebungen der neuen Galaxienhaufen bestimmt.

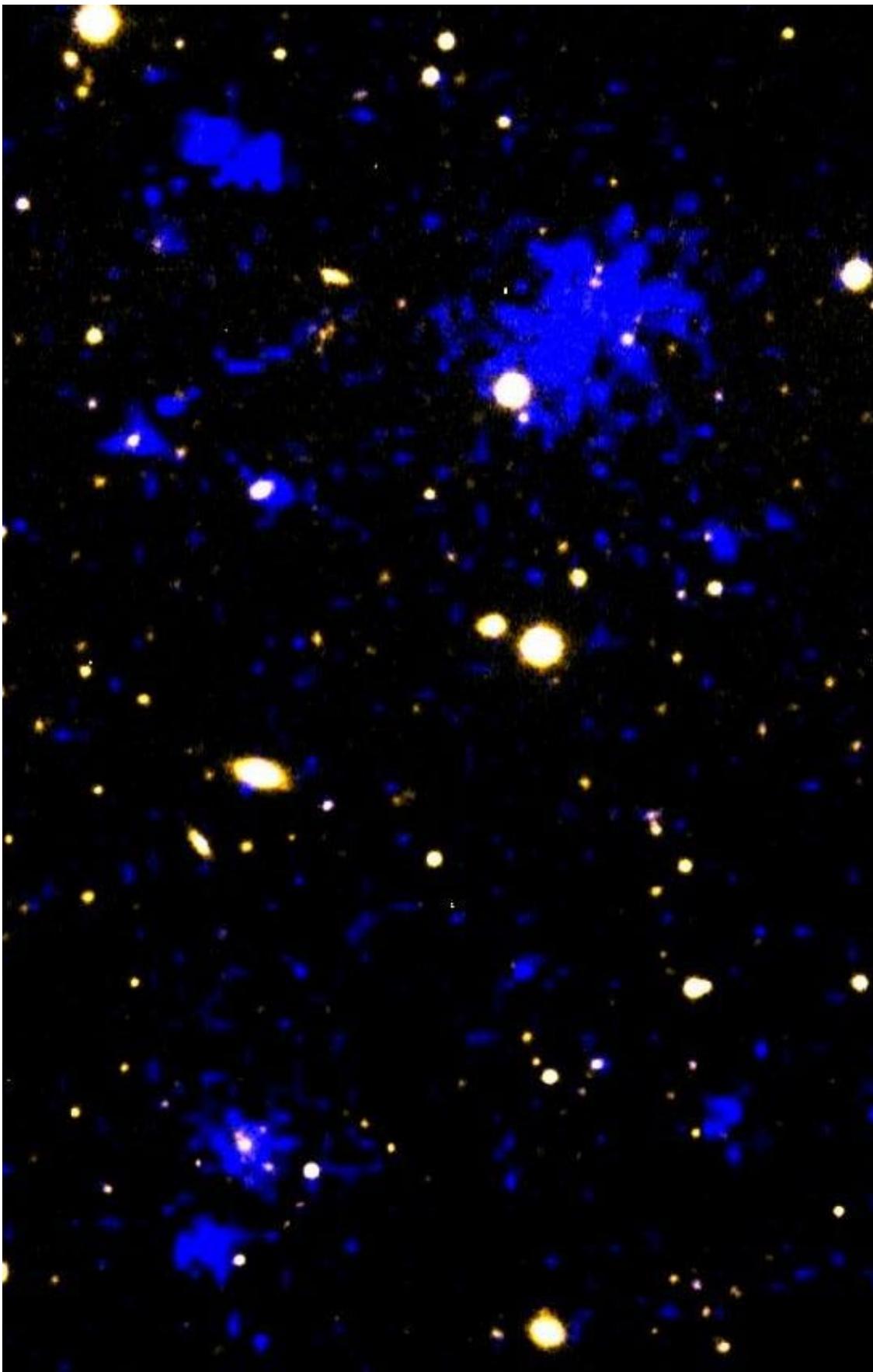
In Zusammenarbeit mit Kollegen vom japanischen SUBARU Teleskop (8.3m) wird in konsortiumsweiter Kollaboration der SUBARU Deep Survey (SDS) durchgeführt. Diese Durchmusterung besteht aus 7 teilüberlappenden XMM-Beobachtungen, die eine Fläche mit einem Durchmesser von 1.3 Grad abdecken. Mit dem SUBARU Teleskop werden tiefe Bildaufnahmen und spektroskopische Identifikationen der sehr schwachen optischen Gegenstände gewonnen. Im Rahmen einer am AIP angefertigten Diplomarbeit von Frau Tanya Urrutia wurden aus ESO-WFI Aufnahmen optische Gegenstände selektiert und charakterisiert. Im zentralen SDS-1 Feld, das mit 100 ksec am tiefsten belichtet ist, wurde 3 neue Galaxienhaufen gefunden und zur Nachbeobachtung vorgeschlagen.

### *Pipeline Prozessierung und Datenvvalidierung*

Nach der Beseitigung von Problemen bei der Bereitstellung der XMM-Newton Rohdaten (unkalibrierte Event-Listen und Housekeeping Daten) durch die ESA konnte im Herbst 2000 mit der routinemäßigen Pipeline-Prozessierung der XMM-Newton Daten an der Universität Leicester begonnen werden. Hierfür stand mit dem Release 5.0 der XMM-Newton SAS eine hinsichtlich Funktionsumfang und Stabilität adäquate Software zur Verfügung. Bis zum Herbst 2001 konnten bereits mehr als 1000 XMM-Newton Datensätze prozessiert und ausgeliefert werden. Der Rückstand an noch nicht prozessierten XMM-Newton Datensätzen konnte bis zum Herbst 2001 abgebaut werden, und die Prozessierung und Auslieferung der XMM-Newton Daten erfolgt seitdem zeitnah, innerhalb von etwa sechs Wochen nach der Beobachtung. Alle an der Universität Leicester prozessierten XMM-Newton Daten und Datenprodukte werden von einem SSC Projektmitarbeiter ausführlich begutachtet und auf Korrektheit und Konsistenz geprüft.

## Ergebnisse

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt wurden bereits annähernd 1500 XMM-Newton Beobachtungen von der mit AIP-Beteiligung erstellten XMM-Newton SAS Software prozessiert, an die Beobachter ausgeliefert, und archiviert. Dies entspricht 94 % Prozent aller bisher durchgeführten Beobachtungen. Aktuelle XMM-Newton Beobachtungen werden zeitnah, innerhalb weniger Wochen prozessiert und an die Beobachter ausgeliefert. Mit der Erzeugung eines ersten XMM-Newton Quellkatalogs soll im Mai 2002 begonnen werden. Für diesen Zeitpunkt ist auch die Öffnung des XMM-Newton Archivs geplant, das neben den Originaldaten auch Datenprodukte, wie z.B. die mit AIP Software erstellten Quell-Listen, sowie Belichtungs-, und Empfindlichkeitskarten enthält. Die mit AIP-Beteiligung erstellte XMM-Newton SAS Software steht mit dem Release 5.2 in einer stabilen und funktionsfähigen Version allen XMM-Newton Beobachtern zur Analyse ihrer Daten zur Verfügung. Erste Ergebnisse des XID-Programms zur Identifikation einer statistisch vollständigen und aussagekräftigen Stichprobe von XMM-Newton Quellen wurden mit signifikanter AIP-Beteiligung auf Konferenzen präsentiert und in *Astron. & Astrophys.* publiziert. Weitere Ergebnisse des XID-Programms sollen ebenfalls zügig der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Im Rahmen des XID-Programms wurde am AIP ein Programm zur Entdeckung und optischen Identifikation von Galaxienhaufen in XMM-Newton Feldern begonnen. Bisher wurden über 100 neue XMM-Newton Galaxienhaufen gefunden, darunter z.B. ein Doppelgalaxienhaufen bei einer Rotverschiebung von  $z=0.65$  (Abbildung 6). Von der dem AIP für seine Beteiligung am XMM-Newton Survey Science Centre zustehenden garantierten XMM-Newton Beobachtungszeit wurde bisher ca. 40 % durchgeführt. Die durchgeführten, sowie die noch ausstehenden Beobachtungen sind im Anhang aufgeführt. Die Ergebnisse der bereits vorliegenden Beobachtungen wurden auf der ESTEC Konferenz "New Visions of the X-ray Universe" im Dezember 2001 vorgestellt. Weitere Veröffentlichungen sind in Vorbereitung.



**Abb. 6** Die mit XMM-Newton gefundene Röntgenemission ist als blaues Overlay über einem am VLT gewonnenen optischen Bild dargestellt. Die durch ihre ausgedehnte Röntgenemission auffallenden Galaxienhaufen, im oberen rechten und unteren linken Bildbereich liegen beide bei einer Rotverschiebung von  $z=0.65$ . Ihr Winkelabstand von nur 4 Bogenminuten entspricht somit etwa einem Abstand von 2 Mpc (Kollaboration mit M. Elvis, CfA, Cambridge).

## Projektspezifische Veröffentlichungen mit AIP Beteiligung

- X. Barcons et al., **2002**, “The XMM-Newton Survey Science Centre serendipitous X-ray survey: A progress report”, in *New Visions of the X-ray Universe*, eds. F. Jansen et al., ESA SP-488
- X. Barcons et al., **2002**: “The XMM-Newton Serendipitous survey: II. First results from the AXIS high galactic latitude medium sensitivity survey”, *Astron. & Astrophys.*, 382, 522
- H. Brunner & G. Lamer, **2002**, “The XMM-Newton X-ray spectrum of the radio-quiet quasar HE 1029-1401” in *New Visions of the X-ray Universe*, eds. F. Jansen et al., ESA SP-488
- H. Brunner & G. Lamer, **2002**, “Performance of the X-ray source detection packages within the XMM-Newton Science Analysis System” in *New Visions of the X-ray Universe*, eds. F. Jansen et al., ESA SP-488
- Fyfe, D.J. et al., **2002**, “XMM-Newton Survey Science Centre pipeline processing system and XMM-Newton science analysis system”, in *New Visions of the X-ray Universe*, eds. F. Jansen et al., ESA SP-488
- K. Giedke et al., **2002**, “Deep XMM-Observations of the Marano Field”, in *New Visions of the X-ray Universe*, eds. F. Jansen et al., ESA SP-488
- G. Hasinger et al., **2001**, “XMM-Newton observations of the Lockman Hole”, *Astron. & Astrophys.*, 365, 45
- M. Page et al., **2001**: “The variable XMM-Newton X-ray spectrum of Markarian 766”, *Astron. & Astrophys.*, 365, 152
- M. Watson et al., **2001**, “The XMM-Newton serendipitous survey I: The role of the XMM-Newton survey science centre”, *Astron. & Astrophys.*, 365, 51
- T. Urrutia, **2002**, Charakterisierung des Quellgehalts von Röntgenbeobachtungen mit XMM-Newton, Diplomarbeit, Universität Potsdam

## Anhang:

### *Wichtige Termine*

Juli 1998	Beginn der Förderung des Projekts durch das DLR. Aus Projekt- mittel finanzierte Wissenschaftler: H. Brunner, Frank Jansen
September 1998	Release 2.0 des XMM-Newton SAS Software-Pakets
Oktober 1998	Frank Jansen verläßt das Projekt
Dezember 1998	Anschaffung von zwei Arbeitsplatzrechnern mit Peripherie aus Projektmitteln
Februar 1999	Erster End-to-End Test der Pipeline-Datenprozessierung von unkalibrierten Event-Listen bis zur Entdeckung und Charakterisierung der Röntgenquellen
Mai 1999	J. Vink neuer Projektwissenschaftler
Juli 1999	Anschaffung eines Farblaserdruckers aus Projektmitteln
Oktober 1999	Release 3.0 des XMM-Newton SAS Software-Pakets
Dezember 1999	Start des XMM-Newton Satelliten
März 2000	Release 4.0 des XMM-Newton SAS Software-Pakets: Bearbeitung erster Originaldaten
Juli 2000	J. Vink verläßt das Projekt
November 2000	Release 5.0 des XMM-Newton SAS Software-Pakets: erste öffentliche Version mit weitgehend vollständiger Funktionalität
Dezember 2000	Beginn der routinemäßigen Prozessierung der Daten des Gastbeobachterprogramms
Januar 2001	Erste wissenschaftliche Ergebnisse in A&A Sonderband
Januar 2001	G. Lamer neuer Projektwissenschaftler
März 2001	Beginn der visuellen Validierung der XMM-Newton Datensätze an den SSC Instituten
Juni 2001	AIP ist Gastgeber des "11. SSC Consortium Meeting"
September 2001	1000 XMM-Newton Datensätze mit der XMM-Newton SAS Software prozessiert und an die Beobachter ausgeliefert
Oktober 2001	Release 5.2 des XMM-Newton SAS Software-Pakets
Dezember 2001	Präsentation wissenschaftlicher und technischer Ergebnisse auf dem ESTEC Symposium "New Visions of the X-ray Universe"

Sept. 1998	First XMM Workshop	ESTEC (NL)	Hasinger
9. Sept. 1998	XID WG Meeting	MSSL (UK)	Hasinger, Schwope
30.9.-2.10.1998	First XMM Worksop	ESTEC (NL)	Hasinger
26.-27. Okt. 1998	Consortium Meeting	Santander (E)	Hasinger, Brunner
3.-4. Dez. 1998	Science Working Team	ESTEC (NL)	Brunner
21.-22. Jan. 1999	SAS Software Review	Leicester (UK)	Brunner
11. Feb 1999	XID WG Meeting	London (UK)	Schwope
4.-5. Mai 1999	Consortium Meeting	Saclay (F)	Brunner
10. Juni 1999	SAS WG Meeting	ESTEC (NL)	Brunner, Vink
14.-15. Juni 1999	Arbeitstreffen	MPE (D)	Brunner
2. Juli 1999	XID WG Meeting	London (UK)	Schwope
14. Dez. 1999	SAS WG Meeting	Leicester (UK)	Brunner, Vink
15. Dez. 1999	Readiness Review	Leicester (UK)	Brunner
18. Okt. 1999	SAS WG Meeting	Leicester (UK)	Brunner
25-26. Okt. 1999	Consortium Meeting	Mailand (I)	Brunner, Vink
10.-12. Mai 2000	Consortium Meeting	Leicester (UK)	Brunner, Schwope, Vink
31.7.-3.8. 2000	Arbeitstreffen	Leicester (UK)	Brunner
12. Sept. 2000	SAS WG Meeting	ESTEC (NL)	Brunner
13.-14.9. 2000	XID WG Meeting	Leicester (UK)	Schwope
Dez. 2000	Consortium Meeting	Strasbourg (F)	Schwope
22.-23. Apr. 2001	XID WG Meeting	Santander (E)	Schwope
21.-22. Juni 2001	Consortium Meeting	AIP (D)	Hasinger, Brunner, Lamer, Schwope
29. Oktober 2001	XID WG Meeting	Mailand (I)	Lamer
13.-14. Nov. 2001	SAS WG Meeting	MPE (D)	Brunner, Lamer
26.-30. Nov. 2001	Konferenz "New Visions of the X-ray Universe"	ESTEC (NL)	Hasinger, Brunner, Lamer, Schwope
10.-11. Dez. 2001	Consortium Meeting	Toulouse (F)	Brunner, Lamer, Schwope

*XMM-Newton Beobachtungsprogramme des AIP in garantierter SSC Beobachtungszeit*

interner PI	Targ.	Zeit [ks]	Titel
Brunner	5*	37	X-ray continua of radio-quiet quasars
Greiner	2	40	XMM X-ray spectroscopy of microquasars during their active state
Lehmann	2	26	X-ray spectroscopy of Broad Absorption Line Quasars
Miyaji	1	25	XMM observations of the peak of a QSO concentration
Schwope	2	38	The brightest eclipsing and two-pole accreting polars
Junkes	1	30	XMM Observations of Hot Gas in Starburst Dwarf Galaxies
Hasinger	8*	50	Deep XMM survey of the Marano quasar field
Hasinger	1*	25	X-ray monitoring of SN 1987A
Wambsganss	1	30	Gravitational Lensing Galaxy Cluster 0500-24
Wambsganss	1	40	Gravitationally Lensed Quasar Q2237+0305
Zinnecker	1	40	A deep X-ray study of the starforming region IC348

Die mit \* markierten Beobachtungen wurden bislang ausgeführt.

## **Detektionsprogramme**

### **EBOXDETECT**

Mit Hilfe eines “sliding box” Detektionsalgorithmus wird nach statistisch signifikanten Exzessen in 3x3 bzw. 5x5 Pixel großen Detektionsboxen gesucht. Die Quelldetektion erfolgt simultan in Bildern aus verschiedenen Energiebereichen. Optional kann zur Maximierung der Detektionsempfindlichkeit eine simultane Quelldetektion auf den Bildern aller drei XMM-Newton Teleskope durchgeführt werden. Programm EBOXDETECT verfügt über zwei verschiedene Betriebsmodi: Im lokalen Modus wird unter Benutzung des Hintergrunds aus der unmittelbaren Umgebung der Detektionsbox eine vorläufige Quell-Liste erstellt. Programm ESPLINEMAP berechnet unter Benutzung der quellfreien Gebiete hieraus Hintergrundkarten mit deren Hilfe Programm EBOXDETECT im globalen Modus eine verbesserte Quell-Liste höherer Empfindlichkeit erstellt.

Input: XMM-Newton Bilder, Belichtungskarten, Detektionsmasken, Hintergrundkarten  
Datenprodukt: Quell-Liste

### **EMLDETECT**

Program EMLDETECT führt für alle Objekte aus der EBOXDETECT Quell-Liste einen Maximum Likelihood Fit der XMM-Newton Punktbildfunktion durch. Dies geschieht simultan in verschiedenen Energiebändern. Optional ist ein simultaner Fit der Daten aller drei XMM-Newton Teleskope möglich. Neben Quellposition, und Quellfluss in jedem Energieband kann als weiterer Fitparameter auch die Ausdehnung der Röntgenquellen bestimmt werden. Zur besseren Trennung eng benachbarter Quellen (“deblending”) besteht die Möglichkeit, diese simultan zu fitten. Daneben ist die Auflösung von Einzelquellen in mehrere punktförmige, bzw. ausgedehnte Komponenten möglich.

Input: XMM-Newton Bilder, Belichtungskarten, Detektionsmasken,  
Hintergrundkarten, EBOXDETECT Quell-Liste  
Datenprodukte: Quell-Liste, Quellbilder

### **EWAVELET**

Besonders im Hinblick auf die Entdeckung und Charakterisierung ausgedehnter Emission wurde ein alternativer Detektionsalgorithmus auf der Basis der Wavelet-Transformation entwickelt, wobei unter Benutzung des sogenannten “Mexican Hat” Wavelet Flüsse und Ausdehnung der XMM-Newton Röntgenquellen bestimmt werden.

Input: XMM-Newton Bild, Belichtungskarte  
Datenprodukte: Quell-Liste, Wavelet-Bild

## **Programme zur Erstellung von Belichtungs-, Hintergrund- und Empfindlichkeitskarten**

### **EEXPMAP**

Programm EEXPMAP berechnet aus Attitude und “good time” Information unter Benutzung der Kalibrationsdaten der XMM Teleskope bzw. Instrumente vignetting-korrigierte Belichtungskarten für jedes der drei XMM EPIC Instrumente. Diese werden unter anderem zur Bestimmung der Quellzählraten und Flüsse der XMM-Newton Röntgenquellen benötigt.

Input: XMM-Newton Bild, Attitude File

Datenprodukte: Belichtungskarten

### **EMASK**

Programm EMASK bestimmt aus den Belichtungskarten sogenannte Detektionsmasken, die das Gebiet am Himmel bezeichnen, in dem nach Röntgenquellen gesucht werden soll.

Input: Belichtungskarte

Datenprodukt: Detektionsmaske

**ESPLINEMAP** Sowohl Programm EBOXDETECT (globaler Modus), wie Programm EMLDETECT benötigen zur Bestimmung der statistischen Signifikanz und des Flusses der Röntgenquellen Hintergrundkarten, die von Programm ESPLINEMAP bereitgestellt werden. Diese werden unter Benutzung der von EBOXDETECT im lokalen Modus erstellen Quell-Listen mit Hilfe eines Splinefits der quellfreien Gebiete der Röntgenbilder erstellt.

Input: XMM-Newton Bild, EBOXDETECT Quell-Liste

Datenprodukt: Hintergrundkarte

### **ESENSMAP**

Programm ESENSMAP bestimmt Empfindlichkeitskarten, auf denen an jeder Stelle des Gesichtsfelds obere Grenzen für die Zählraten von Punktquellen abgelesen werden können.

Input: Belichtungskarten, Hintergrundkarten, Detektionsmaske

Datenprodukt: Empfindlichkeitskarte

## **Programme zur Bearbeitung von Quell-Listen**

### **SRCMATCH**

Programm SRCMATCH erlaubt die Vereinigung mehrerer Quell-Listen, etwa aus Detektionsläufen mit Daten verschiedener XMM-Newton Teleskope, oder verschiedener Detektionsalgorithmen. Hierbei werden Zeiger auf die ursprünglichen Quell-Listen mitgeführt. Zusätzlich ist eine Kreuzkorrelation der XMM-Newton Röntgen-Quell-Listen mit solchen des optischen Monitors an Bord von XMM-Newton möglich. Die Ausgabe erfolgt sowohl als Fits-Tabelle wie als HTML Datei.

Input: EBOXDETECT und EMLDETECT Quell-Listen, Optical Monitor Quell-Listen

Datenprodukt: Übersichtsquellliste (fits und html)

### **EPOSCORR**

Zur Durchführung einer astrometrischen Korrektur der Röntgenpositionen kann mit Programm EPSCORR anhand von optischen Katalogdaten mit Hilfe eines Maximum Likelihood Verfahrens für jedes XMM-Newton Feld ein Translationsvektor, sowie ein Drehwinkel bestimmt werden. Hiermit bestimmte korrigierte Quellpositionen werden an die Quell-Listen angefügt.

Input: Röntgen-Quellliste, optische Quell-Liste

Datenprodukt: ergänzte Röntgen-Quellliste

## **EIDENT**

Programm EIDENT erlaubt das Erkennen von Boresight-Fehlern zwischen den einzelnen XMM-Newton Teleskopen. Gegebenenfalls kann ein Korrekturvektor an die Detektionsprogramme EBOXDETECT und EMLDETECT übergeben werden.

Input: Quell-Listen

Output: Korrekturtabelle

## **Skript**

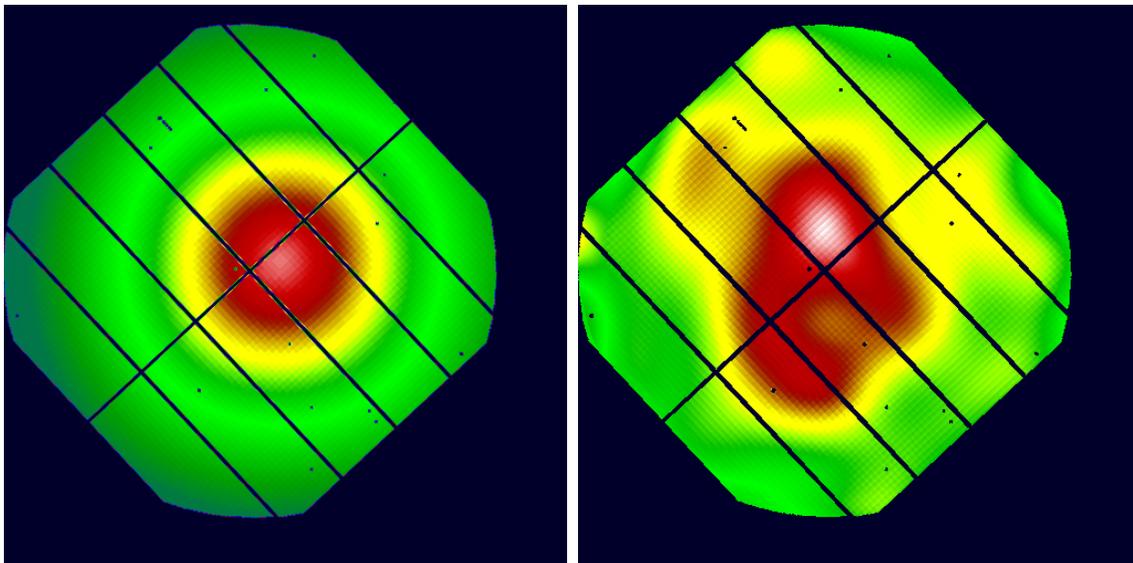
### **EDETECT\_CHAIN**

Dieses Kontroskript steuert den Detektionsprozess, bestehend aus den Einzelprogrammen EEXPMAP, EMASK, EBOXDETECT, ESENSMAP, EMLDETECT und ESENSMAP.

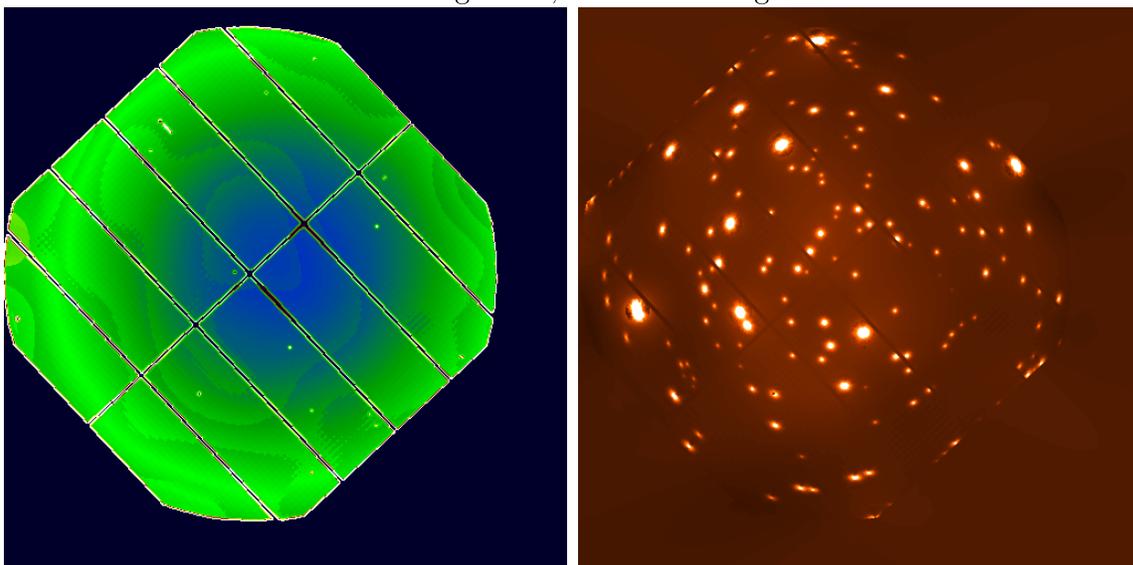
Input: XMM-Newton Bilder, Event File, Attitude File

Datenprodukte: Quell-Listen und Bilder, Detektionsmasken, Belichtungs-, Hintergrund-, und Empfindlichkeitskarten

Anhand einer XMM-Newton Beobachtung des Lockman Holes (Rev. 70) mit dem EPIC PN Detektor sind hier Beispiele der wichtigsten von unserer Software generierten Bild-Datenprodukte zusammengestellt:



links: Belichtungskarte; rechts: Hintergrundkarte



links: Empfindlichkeitskarte, rechts: Quellbild

## Für Erfolgskontrollbericht

Vorhaben:

Mitwirkung des AIP an Aufbau und Betrieb des XMM Survey Science Centers

FKZ:

50 OX 9801

Laufzeit:

1.7.1998 - 31.12.2001

Projektleiter:

Günther Hasinger

Bericht:

Das Ergebnis des XMM-Newton Survey Science Projects besteht in der Bereitstellung von Datenanalyse Software für die Beobachter, in der Prozessierung, Aufbereitung und Archivierung aller XMM-Newton Daten, in der Erzeugung eines umfassenden XMM-Newton Quellkatalogs, sowie in der Erstellung eines statistisch vollständigen Satzes von optisch identifizierten XMM-Newton Röntgenquellen, die der Öffentlichkeit als Grundlage für weitergehende Detailuntersuchungen zur Verfügung stehen.

Das zum Ende des Berichtszeitraums verfügbare Release 5.2 der XMM-Newton SAS Software (Sept. 2001) verfügt bereits über die weitgehend vollständige Funktionalität. Es wurden bereits mehr als 1000 XMM-Newton Beobachtungen unter Benutzung der XMM-Newton SAS Software prozessiert und in Form von kalibrierten Daten und Datenprodukten den Beobachtern zur Verfügung gestellt. Mit der Erstellung eines ersten XMM-Newton Quellkatalogs soll im Frühjahr im Rahmen einer Reprozessierung aller Daten begonnen werden. Das Programm zur optischen Nachbeobachtung von XMM-Newton Röntgenquellen hat im Rahmen des AXIS Programms bisher zur Identifizierung von ca. 500 Objekten für die Stichprobe mittlerer Tiefe ( $> 10^{-14}$  erg cm $^{-2}$  cm $^{-1}$ ) geführt. Tiefes Imaging in XMM-Newton Feldern wurde bisher in einem Gebiet von mehr als 10 Quadratgrad durchgeführt. Das Programm zur optischen Identifizierung von XMM-Newton Quellen wird intensiv weitergeführt.

Die Beiträge des AIP zum XMM-Newton Survey Science Centre bestehen hauptsächlich in der Bereitstellung der Software zur automatischen Entdeckung und Charakterisierung der Röntgenquellen. Die von unserer Software erstellten Quell-Listen dienen als Grundlage sowohl für die Erstellung des XMM-Newton Katalogs, wie für die optische Nachbeobachtung. Das AIP beteiligt sich außerdem intensiv an dem Programm zur optischen Identifizierung der XMM-Newton Röntgenquellen, sowohl durch eigene Imaging und Spektroskopie-Programme an den Teleskopen der ESO, sowie durch die Entsendung von Beobachtern und die Bereitstellung von Quell-Listen und Sucherkarten. Das AIP wurde für seinen Beitrag durch garantierte XMM-Newton Beobachtungszeit entschädigt.

Der Finanzierungs und Zeitplan des Vorhabens wurden eingehalten.