## Auf der Jagd nach der Dunklen Energie: eROSITA, Simbol-X und XEUS

### **GLAST**

Günther Hasinger

Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Garching

Bayerisches Wirtschaftsministerium, München 12. Juni 2008

## Gamma-ray Large Area Space Telescope

GBM

Start: 11. Juni 2008 Soweit erfolgreich!

death\_cry2

## Die dunkle Seite des Universums



Schwarze Löcher 0.001%



Schwere Elemente 0.03%

Neutrinos 0.2-1.9%





Freier Wasserstoff und Helium 3.8±0.4%

Dunkle Materie 19±4%

Dunkle Energie 76±4%

NASA Beyond Einstein & WMAP3

## Kosmische Ausdehnung

Dark Energy Accelerated Expansion



## Fluktuationen des Mikrowellen-Hintergrundes



#### Wasser



#### Heißer Urknall

#### Animation: NASA

• Der Raum ist "flach":  $\Omega_{tot} = 1.02 \pm 0.02$ 70% Dunkle Energie

## Vergleich verschiedener Beobachtungen



## **Die Expansion des Universums**



Verschiedene Verläufe der kosmischen Expansion für verschiedene Werte für die Energiedichte der Materie ( $\Omega_m$  bezeichnet die Summe aus Dunkler Materie und normaler Materie) und der Dunklen Energie  $\Omega_\Lambda$  (NASA)

## Entstehung der kosmischen Struktur



z=49.000



#### **Simulation der Dunklen Materie**

## **2MASS Survey vs Simulationen**

IPAC/Caltech & University Massachusetts

Galaxien sind am Himmel wirklich in einer Schaum-artigen Struktur angeordnet: dem "Cosmic Web"

## Galaxienhaufen

... bilden sich an den 3D Kreuzungen der Filamente des kosmischen Netzes

#### Dunkle Materie

#### Strahlende Materie



## Hydro-Simulations V. Springel et al., 2003, MPA



## Galaxienhaufen als Röntgenquellen

Potentialwannen der Dunklen Materie sind mit heißem Gas gefüllt

Merger von zwei Haufen in dem System Abell 3528 beobachtet mit ROSATh ROSAT: Röntgenemission in Falschfarben, optische Galaxien in Schwarz (Schindler 2002)





#### ROSAT

XMM-Newton

Cosmos Survey 2 deg<sup>2</sup>





#### Der eROSITA Survey (>2011 auf dem russischen SRG Satelliten)

Haupt-Ziel: Studium der Dunklen Materie und der Dunklen Energie mit Hilfe der Beobachtung von 100000 Galaxienhaufen am ganzen Himmel.

Dabei werden auch etwa 3.5 Millionen Schwarze Löcher entdeckt.

# erosita @ Spektr-RG

#### SXC Calorimeter —

POCKOCMOC

#### **Navigator Platform**



## **CCD-Module**



Four × 3cm 3cm CCDs still on Si-Wafer. The CCDs have 384 × 384 pixels in both image and framestore area. Pixelsize: 75µm. Cycle time: 50msec



Measurements at C K $\alpha$  (277eV) and Mn K $\alpha$  (5,9 keV) on flight- CCDs (2cm ×2cm) show the expected energy resolution and low energy response.

#### Similar detectors also for FLASH and XFEL !

## **MPE+MPP Semiconductor Laboratory**



1200 m<sup>2</sup> Cleanroom up to class 1 ...



... with modern facilities



... for a complete 6" silicon waver production





test and qualification



Computer network for simulation, layout and analysis

mounting and bonding

## eROSITA



#### - 7 Mirror Systems

- $\varnothing$  35 cm (ABRIXAS 16 cm)
- 54 gold-coated nickel-shells
- PSF < 20 arcsec (goal 15 arcsec)</li>
- A<sub>eff</sub> ~ 2400 cm<sup>2</sup> (1 keV, on-axis)
- Grasp ~700 cm<sup>2</sup> deg<sup>2</sup> at 1 keV



eROSITA



#### - 7 individual cameras

- 256 × 256 pixel, 75µm
- 41 × 41 arcmin<sup>2</sup> FoV
- framestore area





XMM-Newton PN+MOS Thin

eROSITA 7 Tel Rosat PSPC

XMM

ROSAT

4 Jahre Himmelsdurchmusterung ergeben 100.000 Galaxienhaufen (Dunkle Energie!) 3.5 Mio Aktive Schwarze Löcher Viel andere interessante Wissenschaft!

Energy [keV]

XMM COSMOS Survey

•0'5

1000

100

eROSITA

## Leistungsspektrum / Baryon-Oszillationen





## Massen-Function der Haufen f(z)



Aber sehr genaue Röntgenbeobachtungen für die Masse!

## Eigenschaften der Dunklen Energie

#### Baryonische OSzillationen

#### 100000 Galaxienhaufen



Springel et al., 2006

Haiman et al., 2005

## Nachfolgebeobachtungen

- Optische Identifikationen/Entfernungen vom Boden (PanSTARRS, LSST,...)
- Detaillierte Beobachtungen im Röntgenlicht (Simbol-X, XEUS)
- Synergie mit anderen Dark-Energy Satellitenmissionen (insbesondere Euclid)

Siehe Vortrag von Hans Böhringer

## XEUS - Physics of the hot evolving Universe

Cesa\_\_\_\_

#### Cosmic Vision

BR-24



European Space Agenc Agence spatiale européenn Kandidat für die L1-Mission der ESA (>2018) Fokallänge 35 Meter!

eec

## XEUS Technologie-Entwicklung Deutschland: Spiegel (KT) und Detektoren (MPE/HLL)



## Simbol-X

Prototyp-Mission für den Formationsflug (XEUS) Fokallänge 20m, Start 2014

Mirror: XMM-type

Detector: DEPFET/CdZnTe sandwich prototype Kollaboration zwischen Frankreich (Detektor-Satellit, HE Fokalebene), Italien (Spiegel-Satellit, Spiegel) & Deutschland (LE Fokaldetektor, Spiegeltests & Kalibration)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit