

# Charakterisierung von Weitwinkel-Röntgenteleskopen in der Testanlage PANTER

Thorsten Döhring<sup>1</sup>, Veronika Stieglitz<sup>2,3</sup>, Vadim Burwitz<sup>2</sup>, Gisela Hartner<sup>2</sup>, Thomas Müller<sup>2</sup>,  
Thomas Schmidt<sup>2</sup>, Surangkana Rukdee<sup>2</sup>, Peter Friedrich<sup>2</sup>, Fatih Sahin<sup>1</sup>, Rene Hudec<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Technische Hochschule Aschaffenburg, Würzburger Str. 45, D-63743 Aschaffenburg

<sup>2</sup> Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Giessenbachstraße 1, D-85748 Garching;

<sup>3</sup> Fakultät Elektrotechnik, Tschechische Technische Universität in Prag, CZ

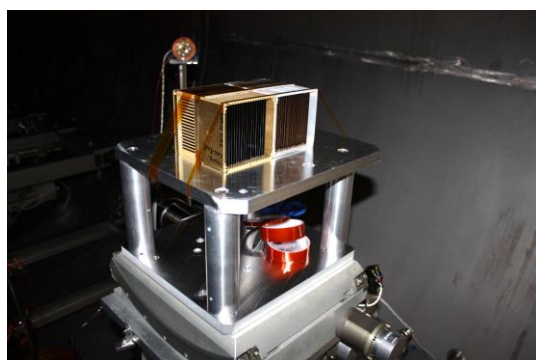
<sup>4</sup> Astronomical Institute, Czech Academy of Sciences, Ondrejov, CZ

<mailto:thorsten.doehring@th-ab.de>

Im Rahmen einer bayerisch-tschechischen Kooperation entstanden zwei Röntgenteleskope, bestückt mit Gold- und Iridium-beschichteten Planspiegeln. Deren Charakterisierung erfolgte an der Röntgentestanlage PANTER, welche parallel auf die Teleskope einfallendes Sternenlicht simuliert. Die Teleskope haben eine Winkelauflösung von ca. 4 Bogenminuten und eine Brennweite von rund 2 Metern.

## 1 Einführung

Im Aschaffener Kompetenzzentrum ACCASI („Aschaffenburg Competence Center for Astronomical and Space Instrumentation“) werden seit einigen Jahren astronomische Röntgenoptiken entwickelt [1]. Im Rahmen einer bayerisch-tschechischen Kooperation zwischen der Technischen Hochschule Aschaffenburg und der Technischen Universität Prag [2] entstanden zwei mechanisch baugleiche Teleskope, HORUS genannt (Fig.1). Dabei wurde eine Teleskopoptik mit konventionellen goldbeschichteten Spiegeln bestückt, hergestellt von den tschechischen Projektpartnern. Die 34 Röntgenspiegel des zweiten Teleskops verwenden ein innovatives Schichtsystem aus Chrom und Iridium, welches im Aschaffener Beschichtungslabor aufgebracht wurde [3] [4]. Beide Teleskope funktionieren nach dem bionischen Prinzip eines reflektierenden Hummerauges (engl. Lobster Eye) [5]. Die Optik arbeitet mit zwei aufeinander folgenden Reflexionen an zueinander senkrechten Spiegeloberflächen. Dies ermöglicht ein großes Gesichtsfeld mit vielen Quadratgrad Durchmesser, was allerdings mit einer reduzierten Winkelauflösung erkauft wird.

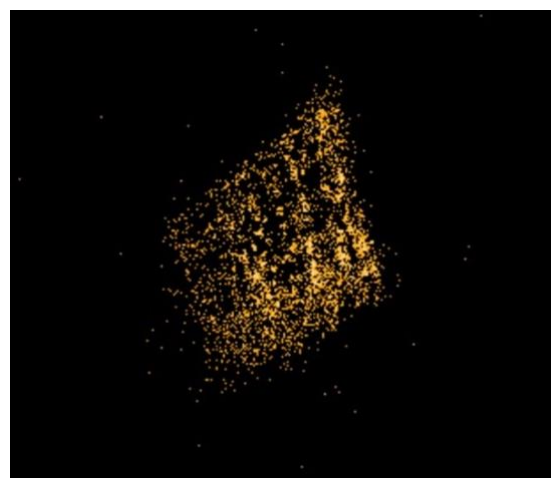


**Fig. 1** Die beiden HORUS-Teleskope, nebeneinander eingebaut in die Vakuum-Testkammer des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik, warten auf das „First Light Event“. (Foto: MPE/PANTER)

## 2 Die Röntgentestanlage PANTER

Die umfangreiche Charakterisierung der beiden HORUS-Teleskope erfolgte an der Röntgentestanlage PANTER des Max-Planck-Instituts für extraterrestrische Physik. Die Messungen fanden in einer 12 Meter langen Vakuumkammer von 3,5 Metern Durchmesser statt, wobei die Röntgenquelle sich in 120 Metern Abstand befindet. Durch ein ebenfalls evakuiertes Rohr von einem Meter Durchmesser erreicht ein annähernd paralleler Röntgenstrahl die Testkammer. Damit wird das parallele Licht kosmischer Röntgenquellen experimentell simuliert. Auf der Erde wird solche Strahlung übrigens von der Atmosphäre verschluckt, während sie sich im Vakuum des Weltalls bzw. der Testanlage ungehindert ausbreitet. Normalerweise werden in der PANTER-Testanlage Röntgenoptiken für internationale Satellitenprojekte (u.a. in Kooperation mit ESA, NASA, IKI) vermessen - diesmal aber die beiden Teleskope aus Aschaffenburg und Prag.

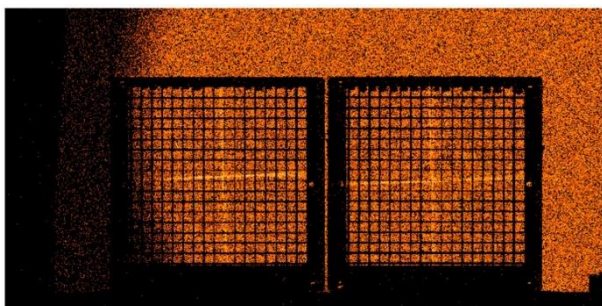
## 3 Erfolgreicher Start: „First Light Event“



**Fig. 2** „First Light Event“: Das erste Röntgenlicht, welches vom Aschaffener HORUS-Teleskop aufgesammelt wurde. (Foto: MPE/PANTER)

Am 8. März 2021 sahen die Spiegel des Aschaffener HORUS-Teleskops zum ersten Mal Röntgenlicht, ein Ereignis welches als „First Light“ bezeichnet wird (Fig. 2). In Zeiten der Corona-Pandemie konnten die Aschaffener Wissenschaftler hierbei leider nicht direkt vor Ort anwesend sein, sie waren über eine Videokonferenz-Standleitung direkt in den Kontrollraum der Testanlage zugeschaltet.

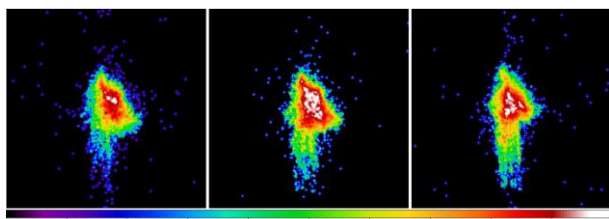
Während der Testkampagne von 195.441 Sekunden Dauer (ca. 54 Stunden) wurden 536 Einzelmessungen an den beiden Teleskopen durchgeführt (Fig. 3), bei denen Photonenenergien und Einfallswinkel variiert wurden. Von einer empfindlichen CCD-Kamera, einem Prototyp der eROSITA-Satellitenkamera, wurden hierbei insgesamt 11.153.574 Röntgenphotonen individuell detektiert, analysiert und digital verarbeitet [5].



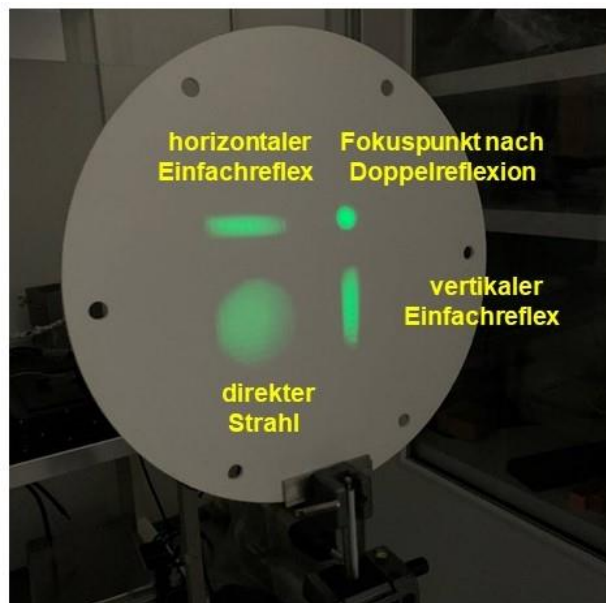
**Fig. 3** „Der Schattenwurf der beiden HORUS-Teleskope im Röntgenlicht. (Foto: MPE/PANTER)“

#### 4 Spiegelbeschichtungen bis zu 30% effektiver

Die beiden Weitwinkel-Röntgenteleskope haben nach der ersten Auswertung der Messdaten eine Winkelauflösung von circa 4 Bogenminuten und eine Brennweite von rund zwei Metern (Fig. 4). Im direkten Vergleich mit dem goldbeschichteten Teleskopmodul bringen die neuartigen Chrom-Iridium-Spiegelbeschichtungen [3] [4] in einigen Energiebereichen das Röntgenlicht bis zu 30% effektiver auf den Fokuspunkt [5]. Die umfangreichen Messdatensätze werden in der nächsten Zeit noch detailliert ausgewertet, insbesondere im Hinblick auf die Abbildungsqualität (auf der optischen Achse und abseits davon), welche sich anhand der Fokusbilder (Fig. 4) analysieren lässt.



**Fig. 4** Fokusbilder bei Al-K Röntgenstrahlung nach Doppelreflexion. Von links nach rechts: Einfallswinkel 1.0°, 1.6° und 2.2°. (Foto: MPE/PANTER)“



**Fig. 5** Die Funktionsweise des Lobster Eye Teleskops wurde im Reinraumlabor des MPE mit sichtbarem Licht überprüft. Der direkte Strahl, die Einfachreflexionen und der Fokuspunkt nach Doppelreflexion sind auf dem Schirm gut zu erkennen. (Foto: TH Aschaffenburg).“

#### Danksagung

Diese Arbeit wurde durch ein internes Stipendium der Tschechischen Technischen Universität unter der Nummer SGS21/120/OHK3/2T/13, sowie durch mehrere Kooperationsprojekte unterstützt, welche von der Bayerischen-Tschechischen Hochschulagentur (BTHA) finanziert wurden. Wir danken auch dem EU-Projekt H2020 AHEAD2020 unter der Fördervereinbarung 871158. Die Cr-Ir-Cr Spiegelbeschichtungen des HORUS-Teleskops wurden im Beschichtungslabor der Technischen Hochschule Aschaffenburg aufgebracht.

#### Literatur

- [1] T. Döhring et al.: „Development of iridium coated X-ray mirrors for astronomical applications“, Proc. SPIE 10399,103991C (2017)
- [2] T. Döhring and R. Hudec: „JEUMICO and TRILAMICO: Dimensions of successful Bavarian-Czech cooperation“, Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso 48, 430 – 436 (2018)
- [3] V. Stehlikova et al.: „Study of multiple layers coatings for X-ray mirrors“, Contrib. Astron. Obs. Skalnaté Pleso 48, 488 – 497 (2018)
- [4] T. Döhring et al.: „Characterisation of X-ray mirrors based on chromium-iridium tri-layer coatings“, Proc. SPIE 11776, 1177607 (2021)
- [5] V. Stehlikova et al.: „Lobster eye type X-ray telescope with chromium-iridium coated tri-layer mirrors“, Proc. SPIE 11776, 1177605 (2021)