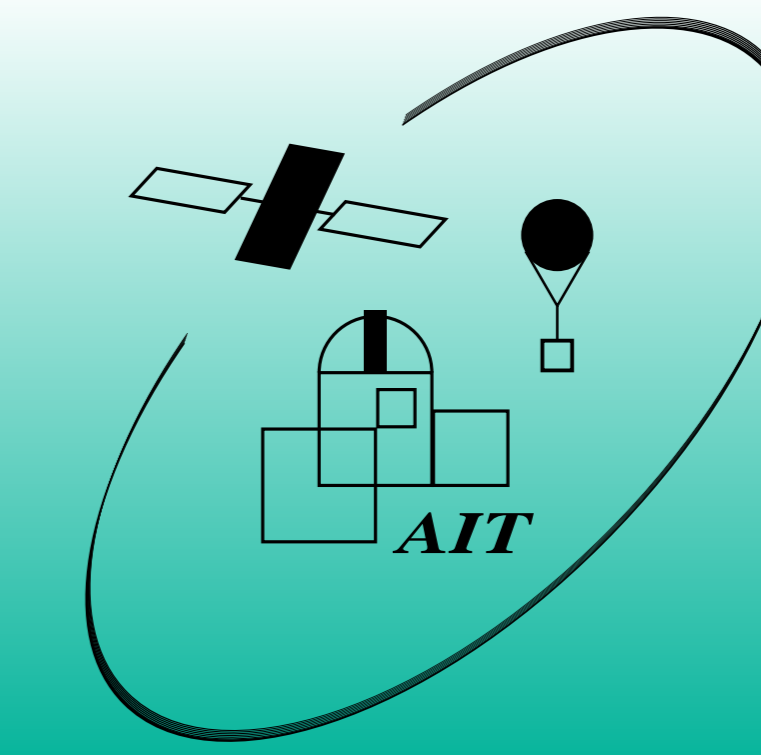




ZUKÜNFTIGE MISSIONEN - XEUS

M. Martin, E. Kendziorra, A. Santangelo
Institut für Astronomie und Astrophysik, Universität Tübingen, Deutschland

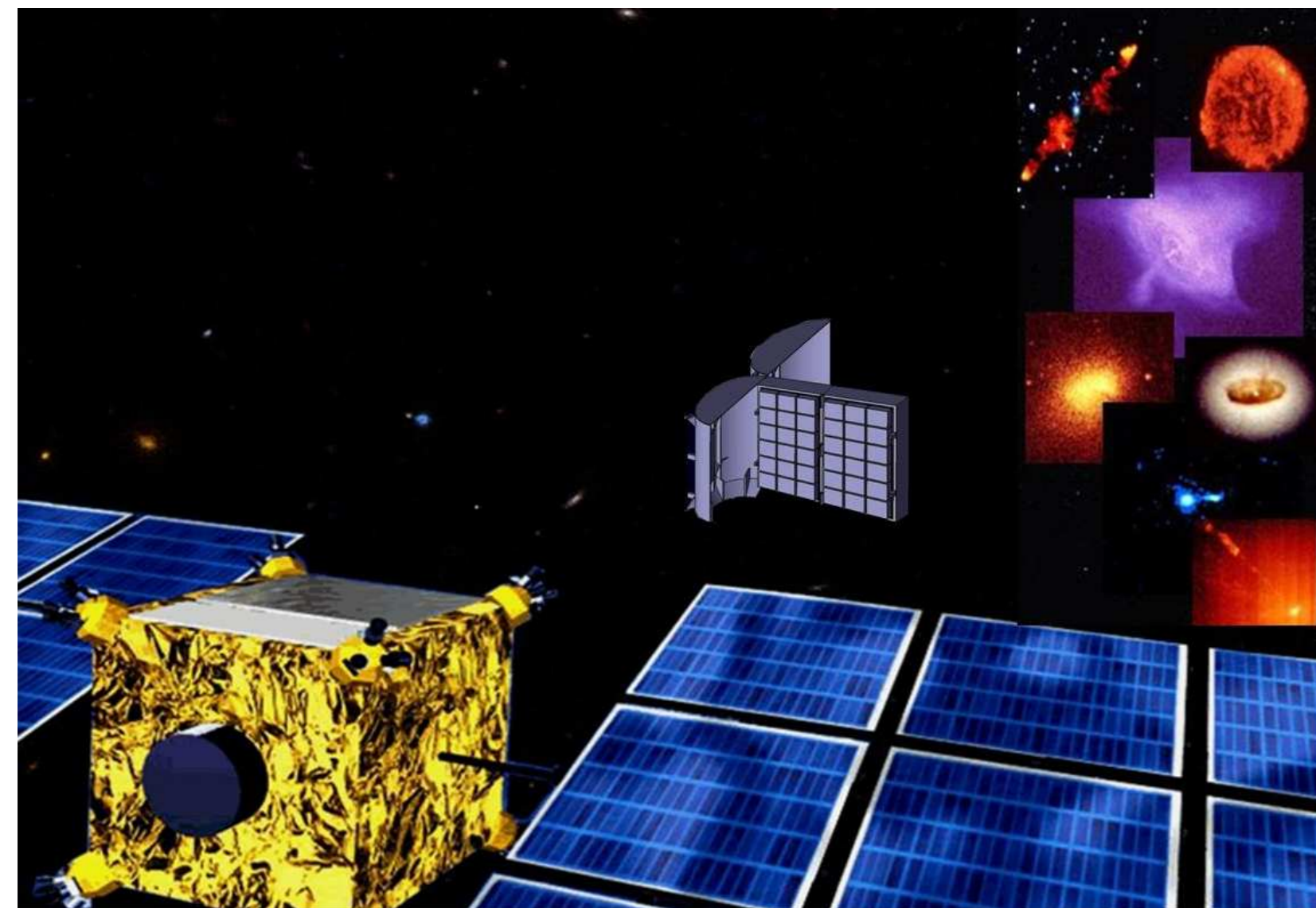


Einführung

Mit Hilfe von Röntgenteleskopen auf Satelliten kann Röntgenstrahlung nachgewiesen werden, die von astronomischen Objekten ausgesandt wird. Dadurch ist es möglich einen Einblick in die hochenergetischen Vorgänge in unserem Universum zu bekommen, wie sie bei heißen Temperaturen, starker Gravitation und hohen Magnetfeldern auftreten.

XEUS (X-Ray Evolving Universe Spectroscopy) ist eine geplante Röntgensatellitenmission der europäischen Raumfahrtagentur ESA und soll die Nachfolge von XMM-Newton antreten. Der Start des Satelliten ist für das Jahr 2018 geplant. Die wissenschaftlichen Schwerpunkte dieser Mission liegen in drei Themenbereichen:

- Entwicklung der großräumigen Strukturen des Universums und der schweren Elemente
- Wachstum von Galaxien und Supermassiven Schwarzen Löchern
- Verhalten von Materie unter extremen Bedingungen



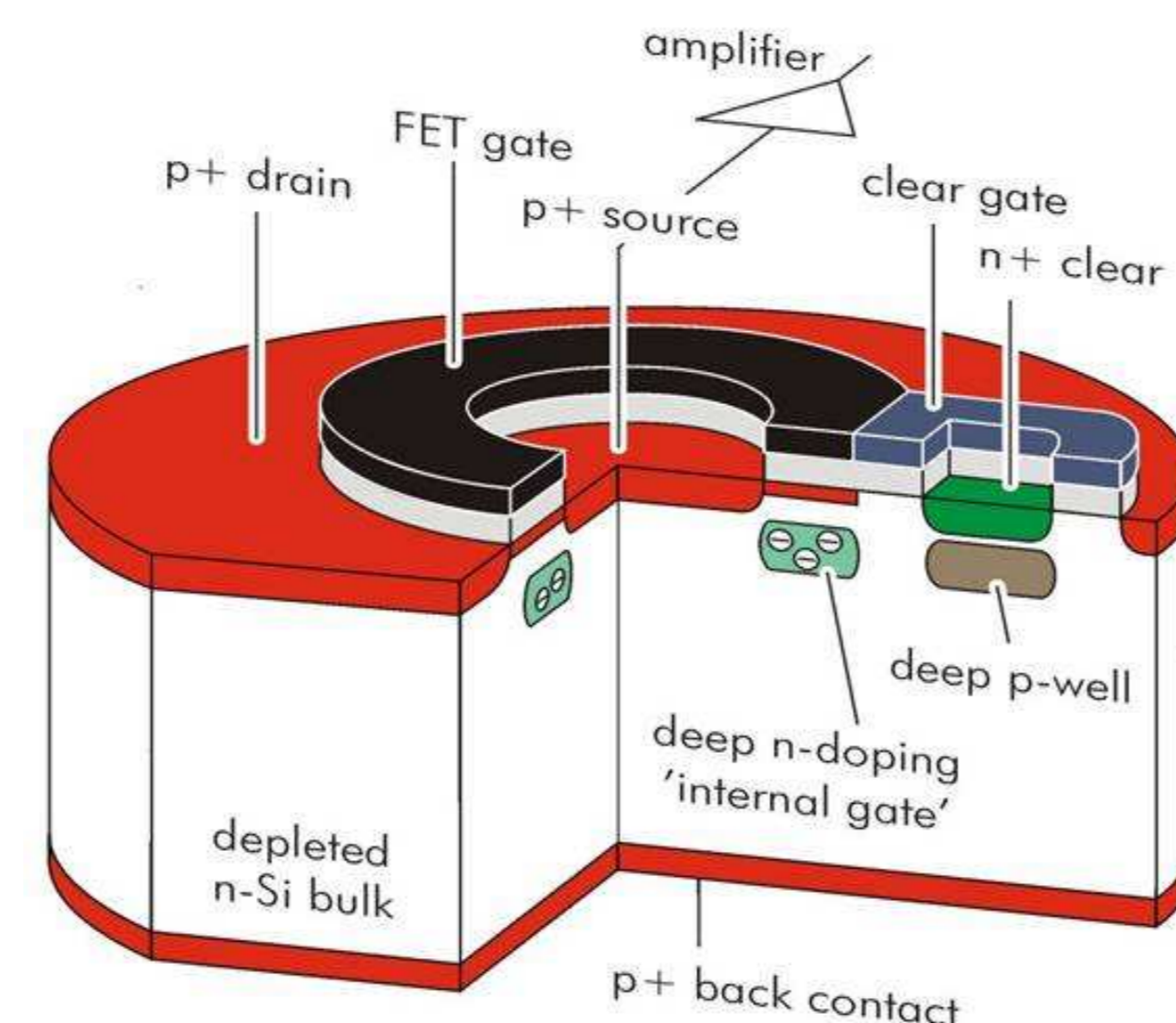
Der Satellit

Um die oben aufgeführten Ziele erreichen zu können, müssen leuchtschwache Röntgenquellen untersucht werden, die sich zu einem frühen Zeitpunkt in unserem Universum gebildet haben. Hierzu wird eine große Sammelfläche (10m^2 bei 1keV) benötigt (vgl. 0.45m^2 bei *XMM-Newton*). Dies wird mit Hilfe von Wolter-Spiegeln erreicht, die Röntgenstrahlung bei einem flachen Einfallswinkel auf einen Detektor fokussieren können.

Durch den sehr großen Energiebereich ($150\text{eV} - 40\text{keV}$), der beobachtet werden soll, ergibt sich eine Brennweite von 50m . Da dies nicht mit einem einzigen Raumfahrzeug erreicht werden kann, sind die Spiegel und die Detektoren auf zwei getrennten Satelliten installiert, die sich im Formationsflug befinden. Der Abstand wird mit Laserinterferometern kontrolliert und eingestellt. Der geplante Orbit im Lagrange-Punkt L2 (Verbindungsline Sonne-Erde, auf der sonnenabgewandten Seite) ermöglicht lange, ungestörte Beobachtungen bei geringem Hintergrund.

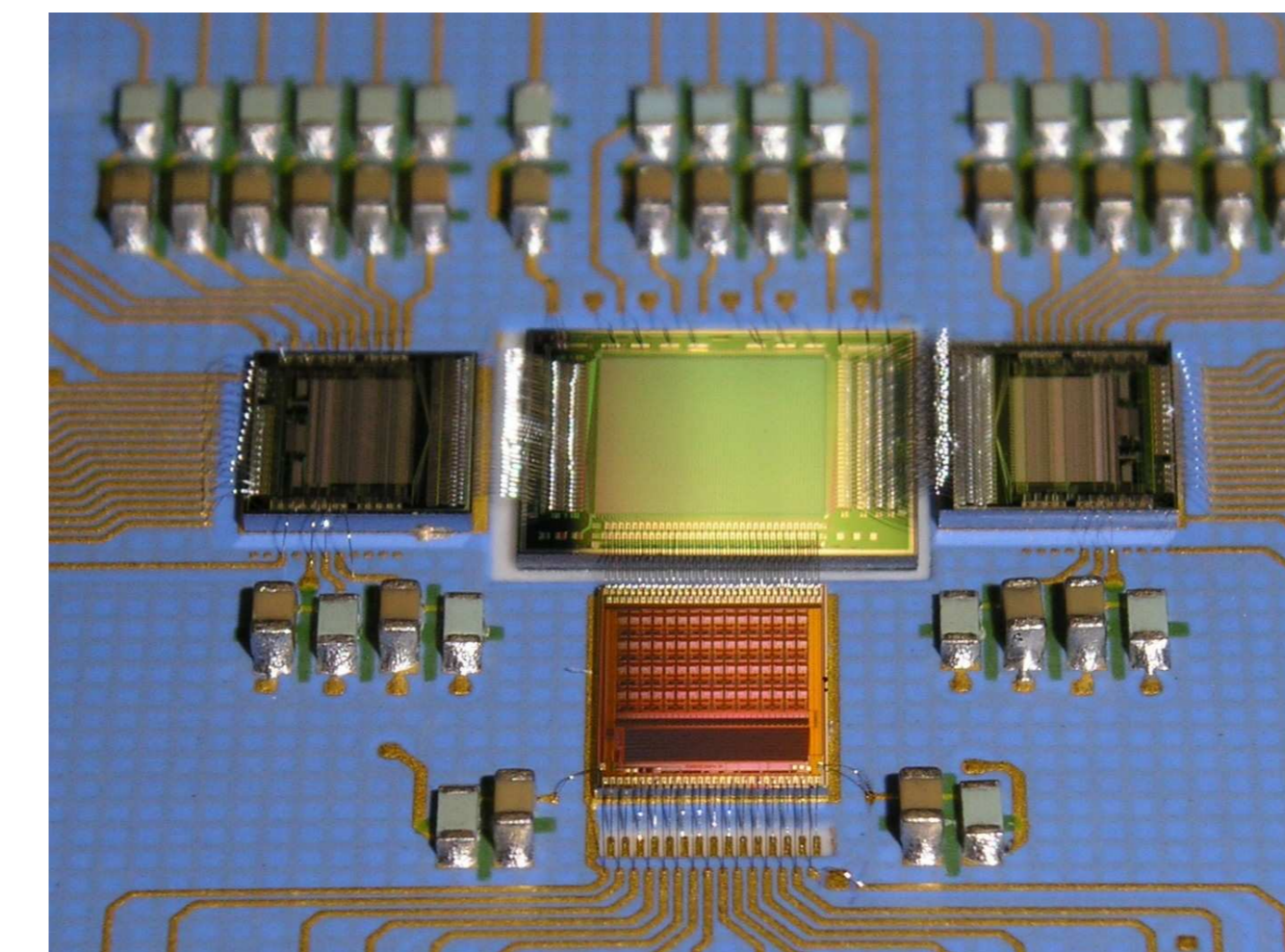
Detektoren

An Bord sollen sich verschiedene Arten von Röntgendetektoren befinden, deren Eigenschaften sich ergänzen. Dies sind zum einen die Narrow Field Imager (*NFI*) auf Supraleiterbasis, mit einer sehr guten Energieauflösung (einige eV) um feinaufgelöste Spektren zu erstellen. Ihr Gesichtsfeld beträgt jedoch nur 1.7×1.7 Bogenminuten. Zum Nachweis der leuchtschwachen Quellen wird der Wide Field Imager (*WFI*) mit einem Gesichtsfeld von 7×7 Bogenminuten benötigt. Dies wird ein Halbleiterdetektor sein, realisiert als eine Matrix aus *DEPFET*s (Depleted Field Effect Transistor), die eine Weiterentwicklung des CCDs darstellt. Diese *DEPFET* Detektoren werden zur Zeit vom Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik entwickelt und besitzen eine hohe Energieauflösung (140eV bei 6keV), geringes Rauschen und können schnell und flexibel ausgelesen werden, so dass verschiedene Beobachtungsmodi möglich sind.



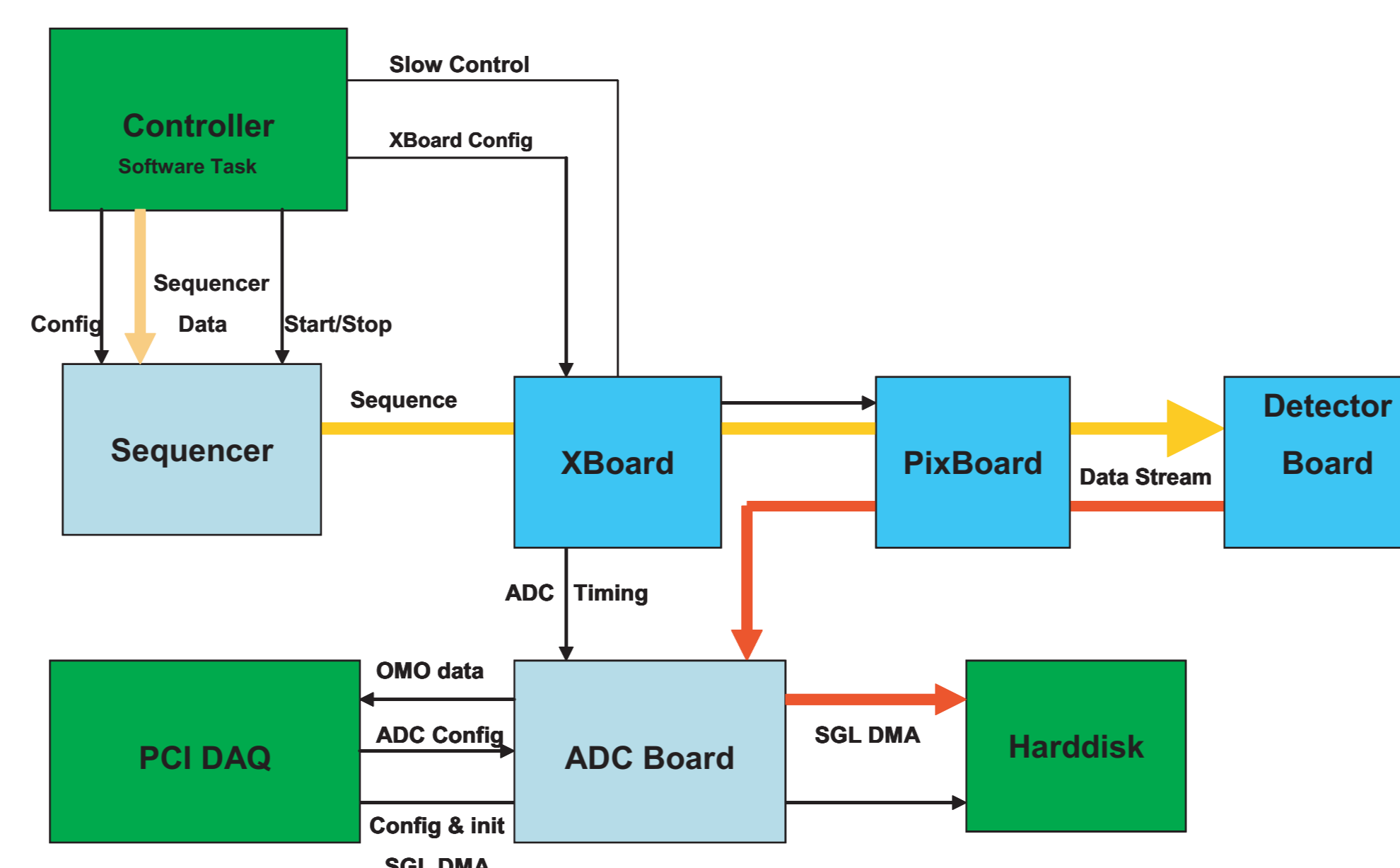
Schematische Zeichnung eines einzelnen *DEPFET* Pixels. In der Mitte befindet sich das *Interne Gate*, in dem sich die Elektronen sammeln. Der Clear-Kontakt dient zum Entfernen der Elektronen aus dem Internen Gate.

Im *DEPFET* wird das eindringende Röntgenphoton in einem pn-Übergang absorbiert, hierbei entstehen Elektron-Lochpaare. Die Elektronen driften zu einem Potentialminimum, dem *Internen Gate*, und werden dort gespeichert. Auf der Vorderseite jedes Pixels ist ein Transistor aufgebracht. Die Anzahl der Elektronen im *Internen Gate* beeinflusst die Leitfähigkeit des Transistors. Das Signal wird hierdurch am Entstehungsort verstärkt, das Rauschen wird somit minimiert. Zur weiteren Verarbeitung wird das Signal durch einen integrierten Verstärkerchip (*CAMEX*) weiter verstärkt, um anschließend digitalisiert zu werden.



In der Mitte ist eine Matrix aus 64×64 *DEPFET*s zu erkennen. Links und rechts befinden sich Chips, welche die einzelnen Zeilen selektieren. Im Vordergrund sitzt der *CAMEX*, der die Signale der 64 Spalten parallel verstärken kann.

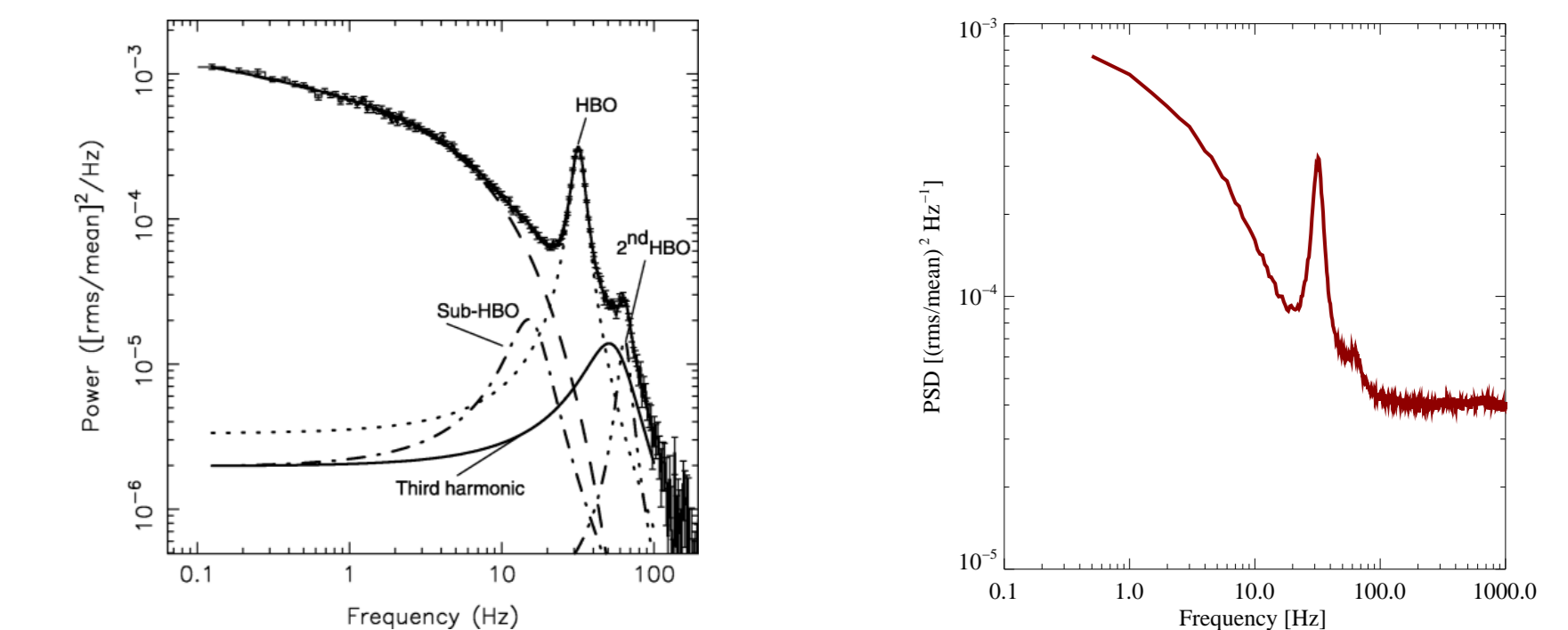
Die Datenaquisition im Labor



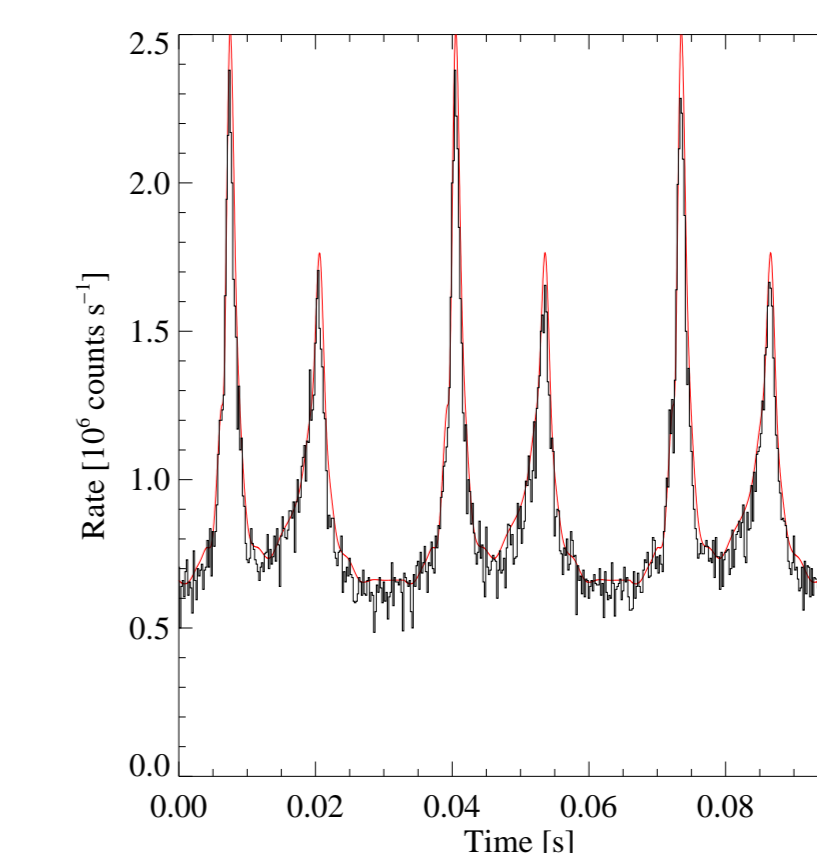
Die Ansteuerung des Detektors erfolgt über Softwaretasks, die das Auslesen, die Digitalisierung und die Übertragung initialisieren und kontrollieren. Um die Konfiguration der verschiedenen Module so flexibel wie möglich zu halten, werden dort *FPGAs* (Field Programmable Gate Array) eingesetzt. Eine der zentralen Komponenten ist der Sequenzer, der zeitkritische Signale an den *CAMEX* und die Steuerungschips des Detektors übertragen muss. Die Digitalisierung des Ausgangssignals erfolgt im *ADC* (Analog-Digital Converter), hierbei werden noch Informationen wie die Position und die Zeit ergänzt. Die Daten werden, mit einer maximalen Rate von 40Mbyte/sec , mittels DMA-Transfer direkt aus einem Pufferspeicher gelesen und auf die Festplatte geschrieben.

Simulationen

Durch die sehr große Sammelfläche, die nötig ist um die leuchtschwachen Objekte abzubilden, werden bei hellen Objekten Zählraten bis zu 2×10^6 Ereignisse pro Sekunde erreicht. Um die zu erwartenden Ergebnisse abschätzen zu können, wurden Simulationen für verschiedene typische astronomische Röntgenquellen durchgeführt. Es zeigt sich, dass es mit **XEUS** möglich sein wird Phänomene wie Bursts oder Oszillationen in Akkretionsscheiben in nur $1/100$ der heute benötigten Zeit nachzuweisen.



Links: Powerspektrum des Röntgendoppelsterns GX 5–1, erkennbar sind quasiperiodische Oszillationen (584 000s Beobachtung mit RXTE) **Rechts:** Simuliertes **XEUS** Powerspektrum mit 6000s Belichtungszeit.



Simulierte Lichtkurve des Crab-Pulsars. Die Abweichung zwischen der Eingangslichtkurve (rot) und der Ausgangslichtkurve (schwarz) liegt an der Totzeit des Detektors (hier 20×40 Pixel-Matrix).

Um die einfallenden Photonen bei dieser hohen Zählrate einzeln nachweisen zu können, muss der Detektor eine Totzeit von weniger als $1\mu\text{s}$ pro Zeile besitzen. Dies stellt neben dem Detektor auch die Ausleseelektronik und die Datenverarbeitung vor Herausforderungen, da sehr große Datenmengen anfallen.

In unserem Institut wird gerade eine geeignete Testumgebung für *DEPFET*s aufgebaut, um das Verhalten bei sehr hohen Zählraten zu untersuchen und eine angepasste Ausleseelektronik entwickeln zu können.

Interessiert? Als Student können Sie mithelfen, unsere Forschungsarbeiten im Rahmen einer Diplom- oder Zulassungsarbeit voranzutreiben. Weitere Informationen sowie dieses Poster finden Sie im Internet: <http://astro.uni-tuebingen.de>
Telefon: (07071) 29-76127 (E. Kendziorra)