

Das Cherenkov Telescope Array

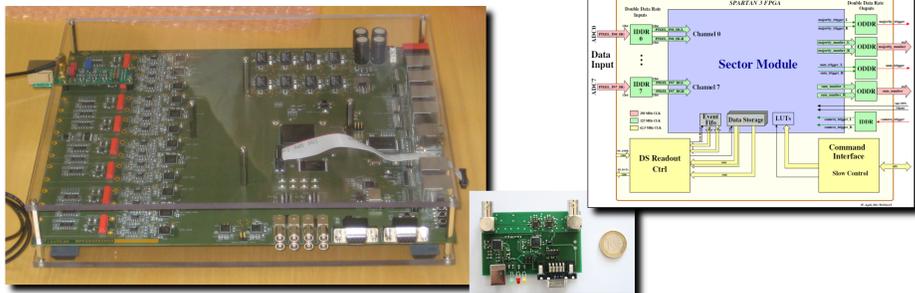
CTA am IAAT

J. Barnstedt, A. Bonardi, J. Dick, F. Eisenkolb,
S. Hermanutz, C. Kalkuhl, E. Kendziorra, G. Pühlhofer,
A. Santangelo, T. Schanz, S. Schwarzburg, C. Tenzer

FlashCam: eine voll-digitale Ausleseelektronik für Kameras in der Fokalebene von Cherenkov-Teleskopen

Cherenkov-Teleskop-Kameras müssen ein sehr kurzes und schwaches Lichtsignal mit einer entsprechend kurzen Integrationszeit von einigen Nanosekunden abtasten und aufzeichnen können. Das Licht wird von ausgedehnten Luftschauern in der Atmosphäre ausgesendet, und bei längerer Integrationsdauer würde das Signal vollständig im Leuchten des Nachthimmels untergehen. Die Luftschaue werden von TeV-Photonen ausgelöst, deren Nachweis das eigentliche Ziel der Teleskope ist. Da die Ankunftszeit dieser TeV-Photonen nicht vorhersagbar ist, müssen die Kameras insbesondere auch in der Lage sein, ein solches Luftschaueereignis mit einer Wiederholrate von typisch einigen hundert mal pro Sekunde selbstständig zu identifizieren und die Kamera auslösen („triggern“) zu können.

Bei konventionellen Elektronikkonzepten zur Triggerung und Auslese von Cherenkov-Teleskop-Kameras, bei denen üblicherweise Photomultiplier zum Nachweis des Lichts verwendet werden, wird ein größerer Teil in Analogelektronik realisiert, um die hohe Geschwindigkeit zu vernünftigen Kosten und bei geringem Stromverbrauch zu erhalten. Ein Team aus verschiedenen Instituten (MPIK Heidelberg, Universität Zürich, Krakauer Universitäten AGH und Jagiellonian, ETH Zürich, und IAAT) entwickelt zur Zeit eine Kameraelektronik („FlashCam“), die dieselben Eigenschaften mittels einer volldigitalen Elektronik realisieren kann. FlashCam verwendet ausschließlich kommerziell erhältliche Komponenten und hat viele Vorteile, die aus der digitalen Konzeptionierung resultieren. FlashCam könnte bei CTA zum Einsatz kommen.



Links: ein Demonstrator-Elektronikboard, das zum Test des FlashCam-Konzeptes vom MPIK entwickelt wurde. Mitte: Am IAAT entwickeltes Board zur Simulation eines Signals, das für Tests in das Demonstrator-Board gespeist wird. Rechts: Schema der Firmware, die am IAAT entwickelt wird und auf den digitalen Signalprozessorchips des Demonstrator-Boards zum Einsatz kommt.

Erprobung robuster Bedampfungstechniken für Spiegelsegmente, und Tests der Abbildungsqualität von Spiegelsegmenten

Das IAAT besitzt eine Bedampfungskammer, die im Hinblick auf die Bedampfung von Spiegelproben für Cherenkov-Teleskope neu hergerichtet und wieder in Betrieb genommen wurde. Die Anlage erlaubt die Beschichtung von kleinen, einige Zentimeter großen Glasspiegelsubstraten, die anschließend im Hinblick auf ihre Reflexionseigenschaften und ihre Umweltbeständigkeit erprobt werden können.

Cherenkov-Teleskope messen das Cherenkov-Licht, das von Luftschauern in der Atmosphäre abgestrahlt wird (welche wiederum dort von TeV-Photonen ausgelöst werden, deren Nachweis das eigentliche Ziel der Teleskope ist). Das Spektrum des Cherenkov-Lichts ist im UV-Bereich besonders intensiv, daher müssen die Spiegel insbesondere UV-Licht mit hoher Effizienz reflektieren können. Ein Glasspiegel, der wie sonst üblich von hinten mit einer reflektierenden Schicht versehen ist, kann daher nicht verwendet werden, da Glas kein UV-Licht durchlässt. Trotzdem werden überwiegend Glassubstrate zur Herstellung von Cherenkov-Teleskopspiegeln verwendet. Diese werden allerdings von vorne beschichtet. Zum Schutz der metallischen Schicht (z.B. Aluminium) wird eine sehr dünne Schutzschicht z.B. aus Quarz aufgedampft. Solch eine Beschichtung ist jedoch meist nicht sehr langlebig, insbesondere da Cherenkov-Teleskope nicht durch Kuppeln geschützt werden. Alternative, sogenannte dielektrische oder interferometrische Beschichtungen werden zur Zeit auf ihre Einsatztauglichkeit an Cherenkov-Teleskopen erprobt, auch am IAAT.



Das IAAT betreibt auch einen Teststand zur Vermessung der Reflexions- und Abbildungseigenschaften von Cherenkov-Teleskopspiegelsegmenten. Bei der sogenannten 2f-Methode benötigt man einen abgedunkelten Raum, der eine Länge von mehr als der doppelten Spiegelbrennweite hat, also gegebenenfalls 70 Meter und mehr. Der Teststand befindet sich deswegen in den Kellerräumen des IAAT. An Verbesserungsmöglichkeiten für diesen Teststand wird ebenfalls gearbeitet.

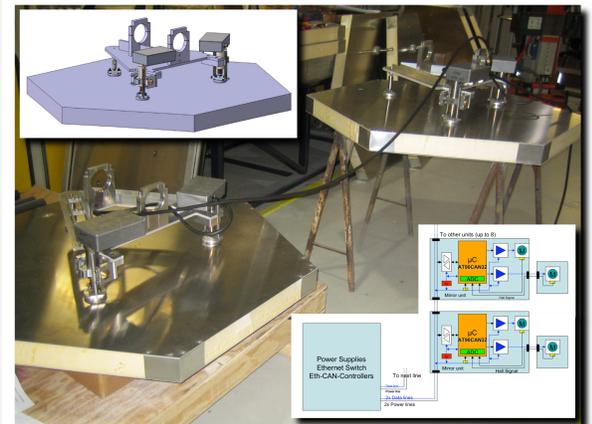
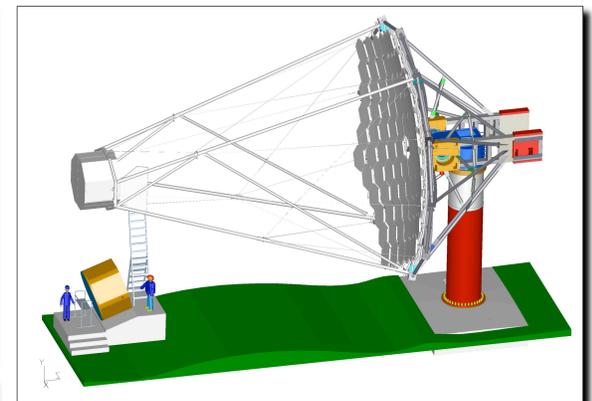
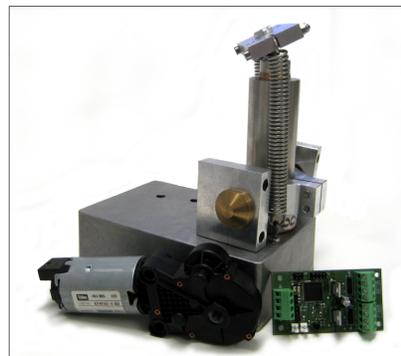
Die Bedampfungskammer des IAAT

Die Abteilung Hochenergieastrophysik am Institut für Astronomie und Astrophysik Tübingen (IAAT) ist Mitglied des internationalen Cherenkov Telescope Array (CTA)-Konsortiums. Die Arbeitsgruppe beteiligt sich an der Entwicklung von Prototypeinheiten für die verschiedenen geplanten Cherenkov-Teleskope, die CTA bilden werden. Zum einen werden Verfahrenseinheiten (Aktuatoren) für Teleskopspiegelsegmente entwickelt und erprobt. Für die Spiegel werden robuste Beschichtungsverfahren auf ihre Tauglichkeit für CTA erprobt, sowie ein Teststand zur Messung der Abbildungsqualität von Spiegelsegmenten weiterentwickelt. Zum anderen ist das Institut an einer Entwicklung einer Ausleseelektronik für die Fokalinstrumentierung von Cherenkov-Teleskopen beteiligt, welche bei CTA zum Einsatz kommen könnte.

Aktuatoren zum Ausrichten der Teleskop-Spiegelsegmente

Der Spiegel eines Cherenkov-Teleskops ist aus einzelnen Spiegelsegmenten aufgebaut. Diese müssen nach ihrer Montage an den Spiegelträger ausgerichtet werden, um die richtigen Abbildungseigenschaften des Gesamtspiegels zu erhalten. Falls der Spiegelträger ausreichend steif ist, so dass er sich bei Neuausrichtung des Teleskops am Himmel nicht wesentlich verformt, müssen die Spiegelsegmente nur anfänglich und nach ihrem eventuellem Austausch ausgerichtet werden. Aufgrund der großen Zahl an Teleskopen und Spiegelsegmenten ist eine motorisierte Ausrichtung jedoch wünschenswert. Außerdem besteht die Möglichkeit, dass aufgrund von mechanischer Relaxation Neuausrichtungen der Spiegelsegmente im Abstand von einigen Monaten notwendig sind. Bei den größten geplanten Teleskopen („Large Size Telescope“, LST) ist eine permanente Neujustierung der Spiegelsegmente im Beobachtungsbetrieb in jedem Fall notwendig, so dass die Aktuatormechanik hier eine höhere Lebensdauer vorweisen muss.

Am IAAT wird einer von zwei möglichen Aktuatortypen entwickelt, die bei CTA zum Einsatz kommen können. Dieser basiert auf einer Entwicklung des Max-Planck-Instituts für Kernphysik in Heidelberg und des IAAT für ein Aktuatormodell, welches am Großteleskop CT 5 der Phase II des H.E.S.S.-Experiments zum Einsatz kommt. Das Aktuatormodell wird im Hinblick auf CTA-Erfordernisse weiterentwickelt, und wird zunächst an einem Prototypeteleskop des „Medium Size Telescope“ (MST) zur Erprobung kommen, welches 2012 in Berlin-Adlershof errichtet wird.



Oben links: Aktuatoren, die am IAAT weiterentwickelt werden. Oben rechts: Technische Zeichnung des vom DESY-Zeuthen und weiteren Instituten entwickelten MST-Prototyps. Der Spiegeldurchmesser des MST beträgt 12 Meter, ein Spiegelsegment hat einen Durchmesser von 1,2 Metern. Unten links: Probeaufbau eines Viertels des geplanten MST-Spiegelträgers am DESY-Zeuthen, inklusive Spiegelsegment-Attrappen, welche von den zu testenden Aktuatoren verfahren werden können. Unten rechts: IAAT-Aktuatoren an den Spiegel-Attrappen; die Grafik zeigt schematisch den Aufbau der elektronischen Ansteuerung der Aktuatoren.