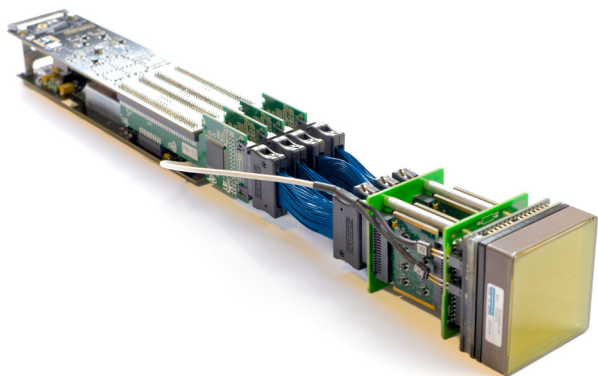




Ein CHEC-Modul aus Lichtsensor (Multi-Anoden-Photomultiplier) und Elektronik, bestehend aus Vorverstärker, flexibler Kabelverbindung, Digitalisierung und Signalverarbeitung sowie Hochspannungsversorgung.

Lichtsensoren entscheidet die Kamera dann, ob ein Bild gespeichert oder verworfen werden soll. Die Elektronik befindet sich in einem geschlossenen und gekühlten Gehäuse. LED-Blitzlichter in den Ecken der Kamera stellen über den Sekundärspiegel des Teleskops Licht zum Eichen bereit.

Nach intensiven Tests im Labor wurde CHEC-M im November 2015 in ein Prototyp-Teleskop in Paris eingebaut. Mit diesem Aufbau wurde erstmals eine für CTA entwickelte Kamera wie auch ein Teleskop mit Doppelspiegelsystem zur Messung von Tscherenkov-Licht erfolgreich eingesetzt. Parallel zur Weiterentwicklung von CHEC-M wird ein zweiter Kamera-Prototyp, CHEC-S, mit Silicium-Detektoren als Lichtsensoren aufgebaut.



Automatische Funktionsprüfung des CHEC-Prototypen im Labor mit Hilfe eines an einem Roboterarm befestigten Lasers.

Ansprechpartner:

Prof. Dr. Werner Hofmann
Tel.: 06221 516330
E-Mail: werner.hofmann@mpi-hd.mpg.de

Prof. Dr. Jim Hinton
Tel.: 06221 516140
E-Mail: jim.hinton@mpi-hd.mpg.de

Dr. German Hermann
Tel.: 06221 516528
E-Mail: german.hermann@mpi-hd.mpg.de

Dr. Richard White
Tel.: 06221 516141
E-Mail: richard.white@mpi-hd.mpg.de

Dr. Christian Bauer
Tel.: 06221 516663
E-Mail: christian.bauer@mpi-hd.mpg.de



Saupfercheckweg 1
69117 Heidelberg

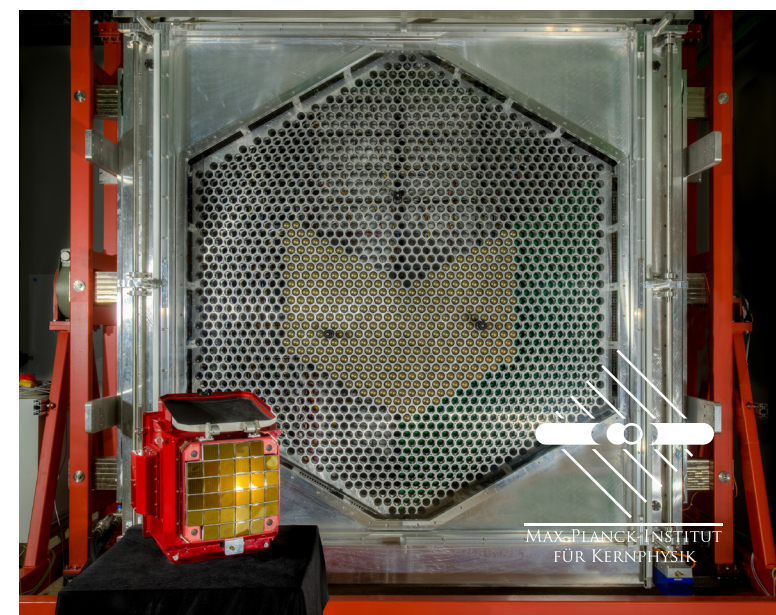
www.mpi-hd.mpg.de



Das Max-Planck-Institut für Kernphysik (MPIK) ist eines von 83 Instituten und Forschungseinrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft. Das MPIK betreibt experimentelle und theoretische Grundlagenforschung auf den Gebieten der Astroteilchenphysik und der Quantendynamik.



Hochleistungs- Kameras für die Tscherenkov- Teleskope von CTA

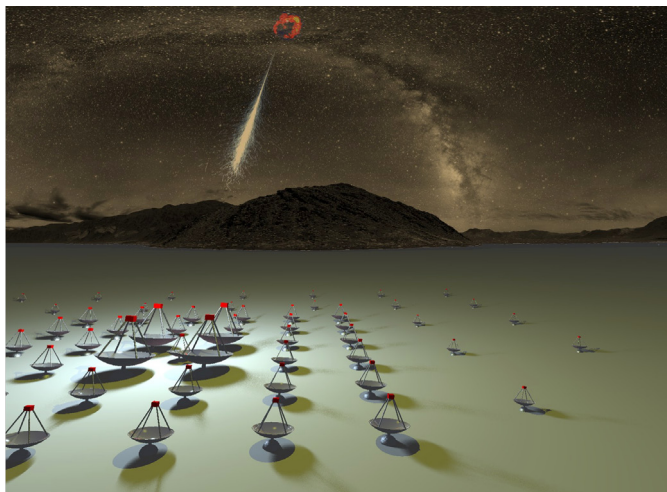


Hochleistungs-Kameras für die Tscherenkow-Teleskope von CTA

Trotz – oder gerade wegen – des enormen Erfolgs der Gamma-Astronomie mit Tscherenkow-Teleskopen gibt es zahlreiche offene Fragen. Das Cherenkov Telescope Array (CTA) ist ein Instrument der nächsten Generation für die Hochenergie-Gamma-Astronomie, dessen Leistungsfähigkeit Instrumente wie H.E.S.S. um das Zehnfache übertreffen wird, und das diese Fragen angehen soll. Bei CTA werden an zwei Standorten auf der Nord- bzw. Südhalbkugel insgesamt etwa 120 Teleskope mit drei verschiedenen Spiegelgrößen eingesetzt werden: mit ca. 4 m, 12 m und 23 m Spiegeldurchmesser für einen großen Energiebereich von etwa 10^{10} bis über 10^{14} eV.

Kameras für Tscherenkow-Teleskope

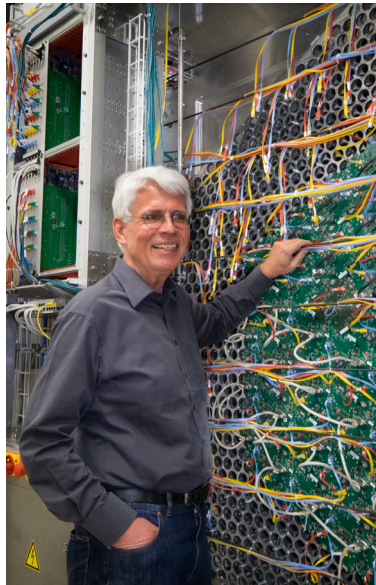
Kameras für Tscherenkow-Teleskope müssen die wenige Nanosekunden kurzen, schwachen Tscherenkow-Lichtblitze der von Gamma- oder kosmischer Strahlung ausgelösten Teilchenschauer vor dem Hintergrund des normalen Sternenhimmels auflösen können. Außerdem müssen sie in der Lage sein, viele Tausend Bilder pro Sekunde aufzunehmen.



Künstlerische Darstellung des südlichen CTA-Arrays mit Milchstraße, Gammaquelle und Teilchenschauer.

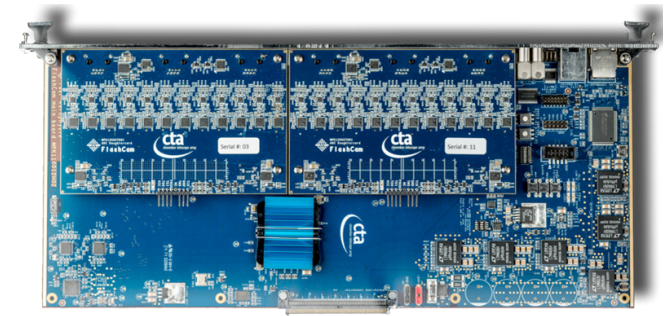
Von den mittelgroßen Teleskopen sind 24 am Süd- und 15 am Nordstandort geplant. Kleine Teleskope sind nur am Südstandort vorgesehen, und zwar etwa 70, verteilt über eine mehrere Quadratkilometer große Fläche. Bei diesen Stückzahlen sind preisgünstige Hochleistungs-Kameradesigns gefragt. Die Kameras sollen zudem wartungsfreundlich sein, wenig Strom verbrauchen und dabei zuverlässig und sicher arbeiten.

FlashCam: für mittelgroße Teleskope



Werner Hofmann vor der Rückseite der teilbestückten Photodetektorebene von FlashCam. Die Ausleseelektronik befindet sich dahinter, innerhalb des Kameragehäuses.

Dauer, die aus einzelnen bis zu mehreren tausend Photonen bestehen, auflösen und in ein messbares elektronisches Signal verwandeln. Diese Signale werden kontinuierlich mit einer Abtastrate von 250 MHz und 12 Bit Auflösung von der Ausleseelektronik digitalisiert und stehen für die weitere digitale Signalverarbeitung und -speicherung zur Verfügung. Dies geschieht in mehreren Schritten parallel auf bis zu 96 FPGA-basierten Prozessoren, welche aus dem digitalen Rohdatenstrom von bis zu ~ 7 TBit/s Ereignisse („Bilder“) extrahieren. Dazu wird gefordert, dass mehrere nebeneinander liegende Lichtsensoren innerhalb weniger Nanosekunden ein Signal zeigen, welches



Am MPIK entwickeltes Elektronik-„Motherboard“ mit FPGA und 2 aufgesteckten Analog/Digital-Konverter-Platinen für je 12 Photovervielfacher.

stärker ist als das Nachthimmelslicht. Die digitale Information der extrahierten Bilder wird auf den FPGAs zwischengespeichert und steht zur Auslese über Ethernet in einen Standardcomputer bereit. Die am MPIK entwickelte Elektronik, Firmware und Software ermöglichen es somit, mehr als 30 000 Bilder pro Sekunde aufzunehmen und ohne Informationsverlust weiterzuverarbeiten.

Lichtdetektor und Elektronik sind in ein $2,9 \times 3,0 \times 1,1$ m³ großes Isoliergehäuse mit Eintrittsfenster und Kühlung für die Elektronik eingebaut. FlashCam wiegt rund 2 Tonnen.

CHEC: für kleine Teleskope

Das Gamma Cherenkov Telescope (GCT) ist eine Konstruktion mit Haupt- und Sekundärspiegel. Diese Bauart hat den Vorteil, dass sie bei guter Bildqualität und großem Blickfeld kompakte Teleskope ermöglicht. Eine neuartige Kamera, genannt CHEC (Compact High Energy Camera), ist speziell für diese Teleskope vorgesehen. Der erste Kamera-Prototyp, CHEC-M, kam mit Jim Hinton von der Universität Leicester ans MPIK und wird zusammen mit Partnerinstituten aus Europa, Japan, Australien und USA zur Produktionsreife entwickelt. Die GCT-Optik erfordert eine konvexe Oberfläche des Lichtdetektors mit Krümmungsradius 1 m und einem Durchmesser von etwa 35 cm, was durch „Kacheln“ der Brennebene mit 32 Modulen angenähert wird. CHEC wiegt nur etwa 40 kg.

Der erste Prototyp, CHEC-M, ist mit Multi-Anoden-Photomultipliern aus je 64 Pixeln ausgestattet, was insgesamt 2048 Pixel ergibt. Diese 6×6 mm² kleinen Pixel sorgen für eine hohe Auflösung. Die Signale der Lichtsensoren werden vorverstärkt und von einer maßgeschneiderten Elektronik digitalisiert. Auf Basis des Musters in den