

Instrumente für die TeV-Gammaastronomie

M. Biegger, M. Capasso, J. Dick, S. Diebold, F. Eisenkolb, S. Göggelmann, D. Gottschall,
D. Malyshev, S. Renner, G. Pühlhofer, A. Santangelo, T. Schanz, C. Tenzer

ASTRONOMIE MIT CHERENKOV-TELESKOPEN

Das Institut für Astronomie und Astrophysik (IAAT) ist an der Entwicklung und Fertigung von Instrumenten für die TeV-Gammaastronomie beteiligt. Für den Nachweis dieser hochenergetischen Strahlung werden sogenannte Cherenkov-Teleskope verwendet. Dabei handelt es sich um optische Teleskope mit großen Sammelflächen, die aus hunderten Spiegelsegmenten bestehen. Mit ihren extrem schnellen und empfindlichen Kameras registrieren diese Teleskope die schwachen Lichtblitze, die entstehen, wenn hochenergetische Gammastrahlung von astronomischen Quellen auf die Erdatmosphäre trifft (s. Abb. 1). Durch den Betrieb mehrerer Teleskope im Verbund kann die Auflösung enorm gesteigert werden.

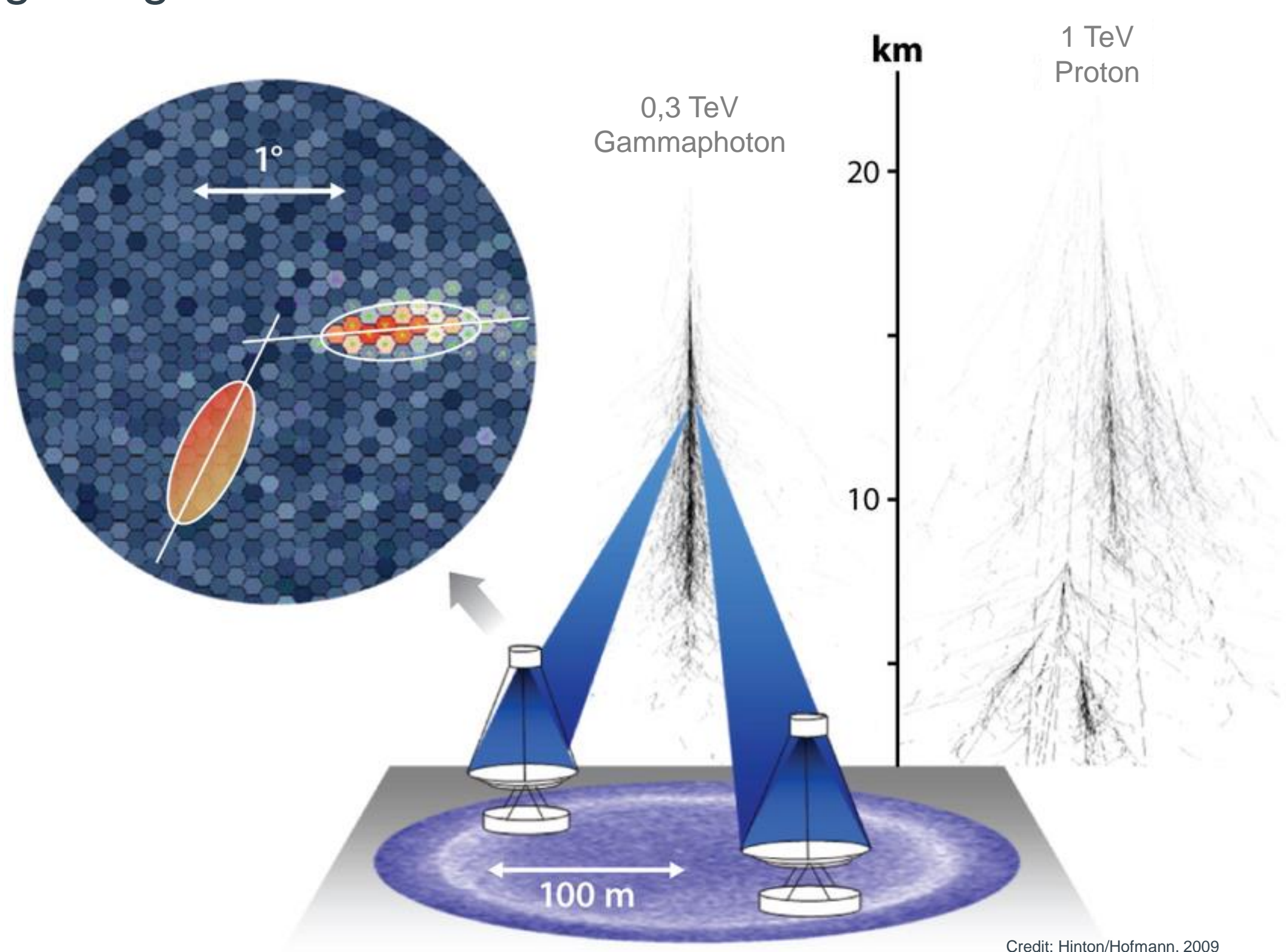


Abb. 1: Trifft hochenergetische Gammastrahlung auf die Erdatmosphäre, so bildet sich ein Luftschauer aus schnellen Teilchen. Diese strahlen sichtbares Licht ab, das mit empfindlichen Teleskopen nachgewiesen werden kann. Richtung und Energie des ursprünglichen Gammaphotons können mit hoher Präzision bestimmt werden, wenn derselbe Schauer von mehreren Teleskopen aufgenommen wird.

BETEILIGUNG AM H.E.S.S.-EXPERIMENT

Für das H.E.S.S.-Experiment in Namibia (s. Abb. 2) wurden am IAAT motorisierte Aktuatoren entwickelt und gefertigt, die dazu dienen, die 876 Spiegelsegmente des zentralen 28-Meter-Teleskops präzise auszurichten. Neben der anfänglichen Montage aller Aktuatoren am Teleskop ist das Institut auch für die Funktionsfähigkeit und den Betrieb des Systems verantwortlich, wofür bei Bedarf Mitarbeiter vor Ort sind. Außerdem wurde die Abbildungsqualität aller Spiegel des 28-Meter-Teleskops sowie eines Teils der Spiegel der 12-Meter-Teleskope am IAAT vermessen. Darüber hinaus beteiligt sich das Institut regelmäßig an Beobachtungsschichten und nimmt an der Auswertung sowie der astrophysikalischen Interpretation der Daten teil (s. separates Poster).



Abb. 2: Das H.E.S.S.-Experiment wird seit 2003 mit vier 12-Meter-Teleskopen betrieben. Mitte 2012 nahm das zentrale 28-Meter-Teleskop den Betrieb auf. Es ist momentan das größte optische Teleskop weltweit.

DAS CHERENKOV TELESCOPE ARRAY (CTA)

Für CTA – das TeV-Observatorium der nächsten Generation – werden in den kommenden Jahren über 100 Cherenkov-Teleskope in drei verschiedenen Größenklassen aufgebaut (s. Abb. 3). Mit einem nördlichen Standort auf La Palma und einem südlichen in Chile kann der komplette Himmel mit bisher unerreichter Empfindlichkeit im TeV-Bereich beobachtet werden (s. Abb. 4 und 5).

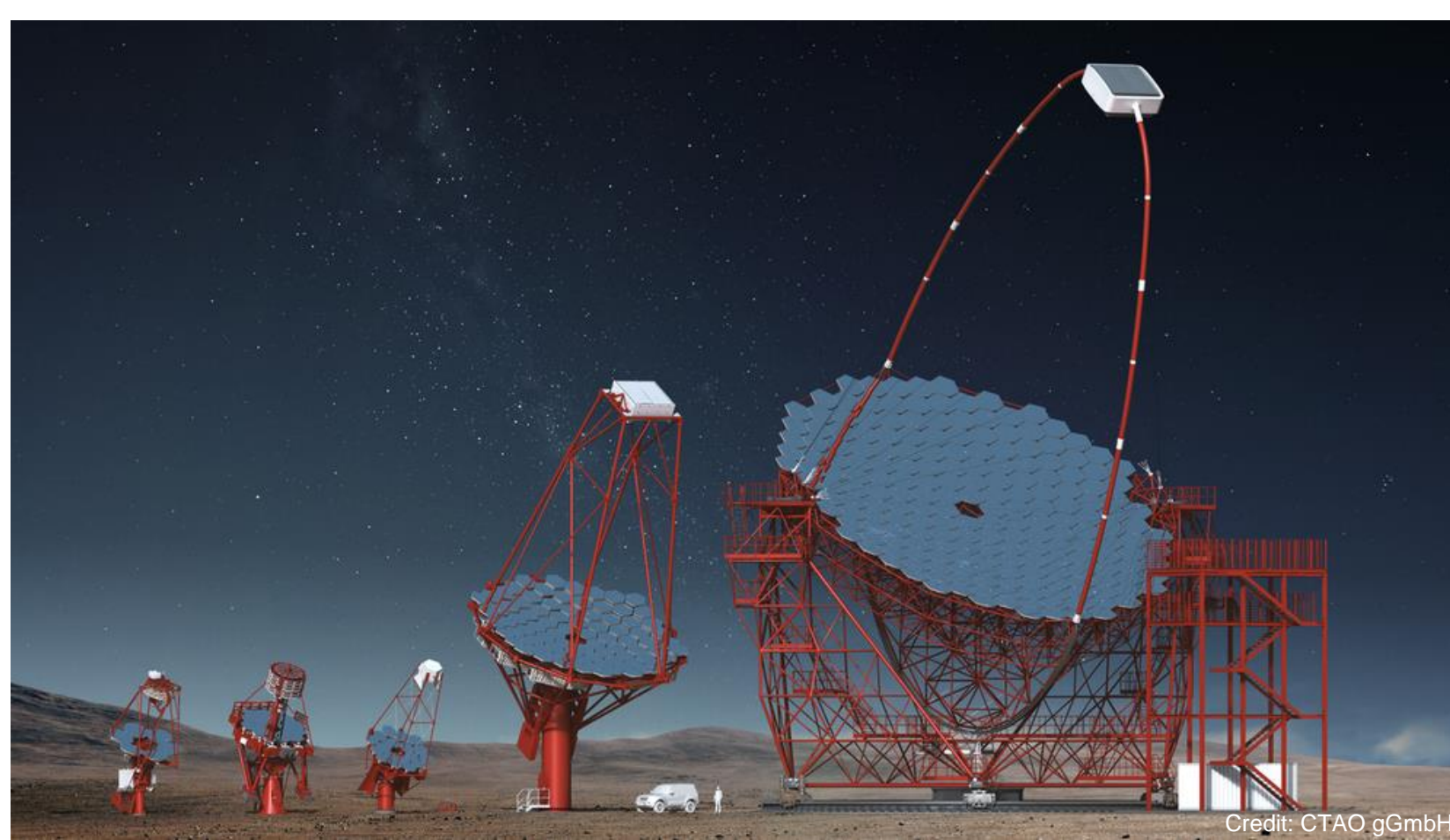


Abb. 3: CTA verwendet drei verschiedene Teleskopgrößen: Die kleinen SSTs haben einen Durchmesser von etwa 4 m, die mittleren MSTs 12 m und die großen LSTs 23 m.

BETEILIGUNGEN AN CTA

Das IAAT ist an der Entwicklung und Fertigung von Hardware für CTA beteiligt, insbesondere im Rahmen des *FlashCam*-Kameraprojekts und an der Entwicklung von Spiegelaktuatoren für MSTs (s. Abb. 6), sowie bei der Kontrolle der optischen Qualität von Spiegelsegmenten für alle Teleskoptypen. Außerdem werden Simulationen in Vorbereitung auf die Datenauswertung durchgeführt.

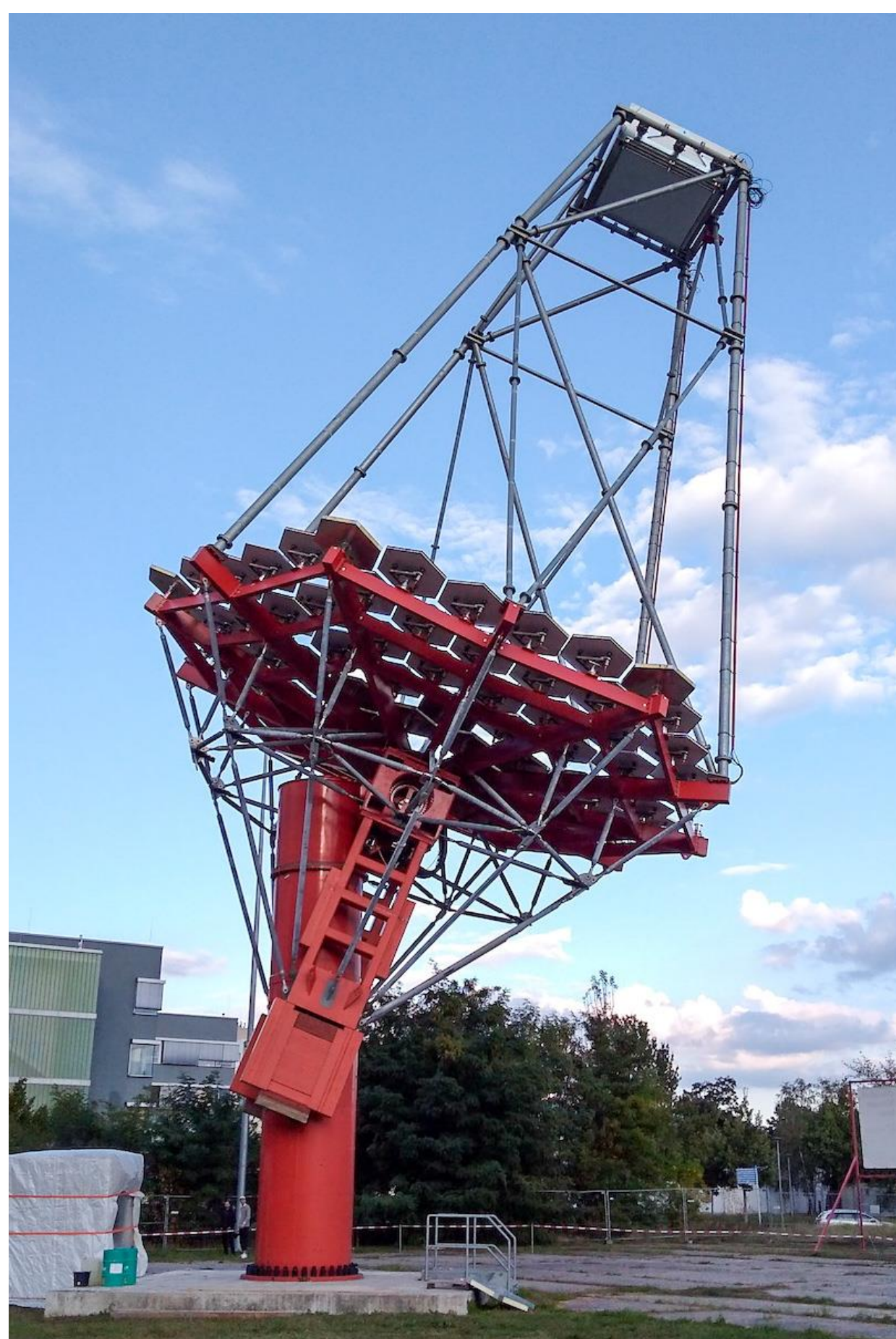


Abb. 6: In Berlin-Adlershof wird zu Testzwecken ein MST-Prototyp betrieben. Das Bild zeigt das Teleskop mit montiertem *FlashCam*-Kameraprototyp während eines Testlaufs im Herbst 2017. Trotz der für die TeV-Astronomie ungünstigen Umgebungsbedingungen konnten dabei erstmals Gammaereignisse mit dem MST-*FlashCam*-System detektiert werden.



Abb. 4: 210 Institute in 32 Ländern (blau) sind am Aufbau von CTA beteiligt. Zwei Standorte erlauben die Beobachtung des kompletten Himmels.



Abb. 5: Am CTA-Standort in Chile werden etwa 100 Teleskope auf einer Fläche von 4 km² errichtet. Um vier LSTs, die den niederenergetischen Bereich abdecken, gruppieren sich 30 MSTs. 70 SSTs sind weit verteilt, um die selteneren höchstenergetischen Gammaphotonen zu detektieren.

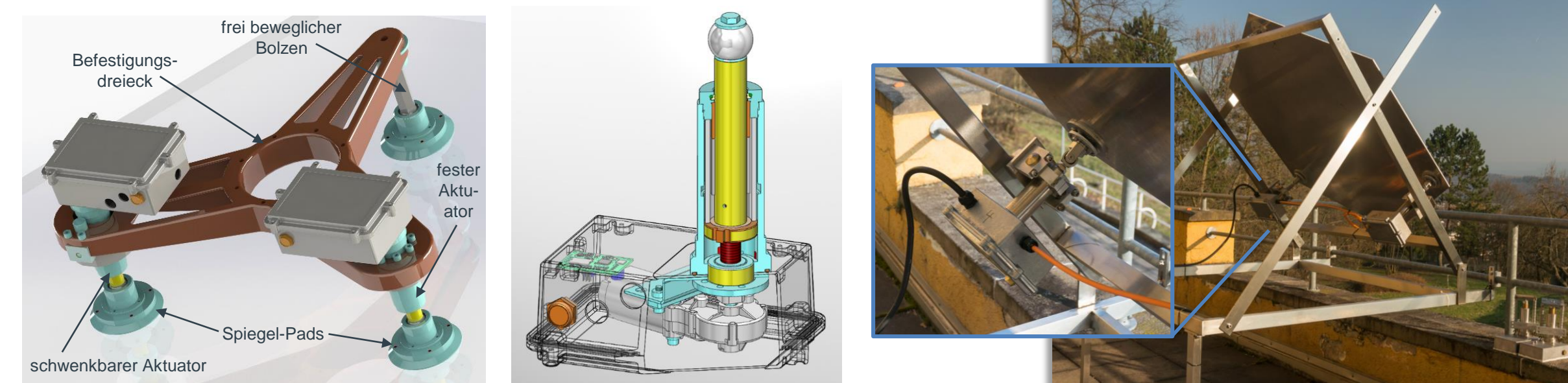
Tests der Ausleseelektronik für *FlashCam*-Kameras



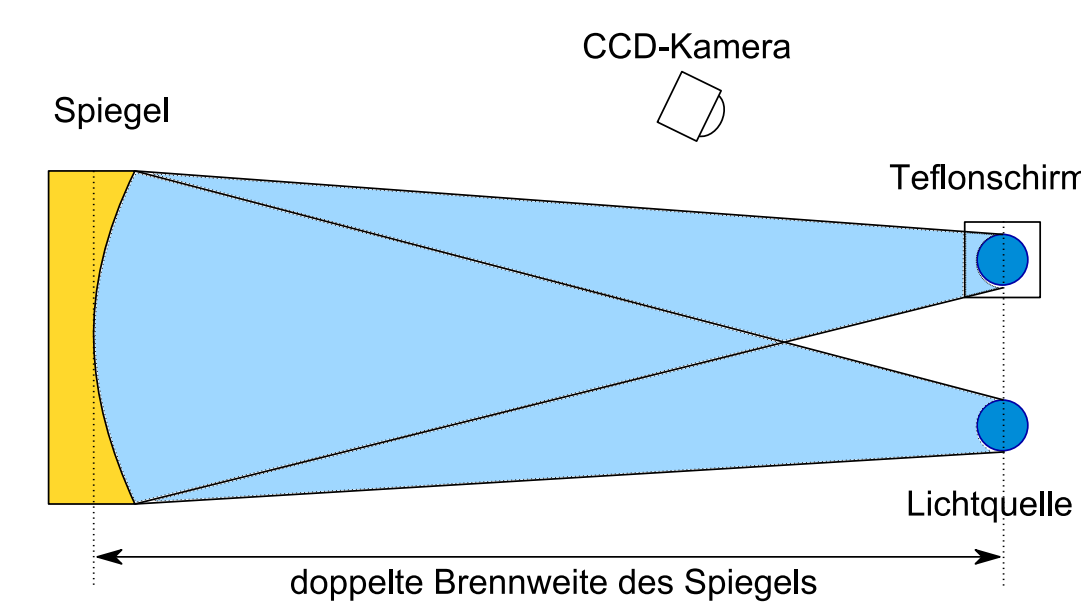
Die 1756 Pixel einer *FlashCam*-Kamera werden 250 Millionen mal pro Sekunde ausgelesen. Um die Ausleseelektronik in der Serienfertigung zu testen, wurde am IAAT ein passender Pulsgenerator entwickelt. Die Testroutinen kamen bei der Prototypfertigung bereits erfolgreich zum Einsatz.

Entwicklung und Fertigung von Spiegelaktuatoren

Für die präzise Ausrichtung der einzelnen MST-Spiegel werden am IAAT motorisierte Aktuatoren entwickelt, die einerseits eine Genauigkeit im Bereich weniger tausendstel Millimeter besitzen und andererseits extremen Stabilitätsanforderungen genügen. Im Außenteststand werden dafür Langzeittests durchgeführt; ein zweiter Messaufbau dient der Bestimmung des mechanischen Spiels.



Kontrolle der Qualität von Spiegelsegmenten



Um die optische Qualität von Spiegeln für Cherenkov-Teleskope zu bestimmen, wird am IAAT ein Aufbau nach der sogenannten 2f-Methode verwendet. Dabei wird eine Lichtquelle, die sich genau bei der doppelten Brennweite des Spiegels befindet, auf einem Schirm in derselben Ebene abgebildet. Aus der Intensitätsverteilung, die mit einer Kamera gemessen wird, lassen sich dann Rückschlüsse auf die Oberflächengenauigkeit und die Reflektivität des Spiegels ziehen.

