



chere
kov
telesco
pe
array

LST-1 und CTA

Fragen und Antworten



Künstlerische Darstellung der CTA-Anlage auf La Palma inklusive der zwei MAGIC-Teleskope (Illustration: Gabriel Pérez Díaz, IAC)

Wofür wird das LST eingesetzt?

Das [Large-Sized Telescope](#) (LST, „großes Teleskop“) ist das größte Instrument im künftigen [Cherenkov Telescope Array](#) (CTA). Mit einem Durchmesser von 23 Metern und einer Spiegelfläche von 400 Quadratmetern zählt das LST zu den größten Tscherenkow-Teleskopen aller Zeiten. Das Gammastrahlen-Observatorium CTA entsteht derzeit an zwei Standorten auf der Nord- und Südhalbkugel. Im Zentrum der beiden CTA-Anlagen werden jeweils vier LS-Teleskope errichtet.

Als einer von drei Teleskoptypen des CTA ist die LST-Reihe auf Gammastrahlen im niedrigsten Energiebereich bei 20 Gigaelektronenvolt (GeV) spezialisiert. Die niedrige Energieschwelle und die Möglichkeit, das LST in weniger als 20 Sekunden neu auszurichten, machen es zum idealen Werkzeug, um vorübergehende (transiente) Ereignisse im Universum zu beobachten. Quellen, die Gammastrahlen aussenden, findet man in Regionen, die extremen Bedingungen ausgesetzt sind, zum Beispiel in der Nachbarschaft von Neutronensternen oder Schwarzen Löchern. Die LS-Teleskope ermöglichen es, verschiedene Quellen zu untersuchen, beispielsweise

- Gammastrahlen-Ausbrüche,
- bestimmte Arten von aktiven galaktischen Kernen (Schwarze Löcher im Zentrum ferner Galaxien) und
- unterschiedliche galaktische transiente Phänomene.

Was ist das Cherenkov Telescope Array (CTA)?

Das CTA (www.cta-observatory.org) ist ein internationales Projekt zum Bau des weltweit mächtigsten Instruments für die erdgebundene Gamma-Astronomie. Mit CTA entsteht die größte und genaueste Beobachtungsstation für hochenergetische Gammastrahlen. Das Projekt wurde 2005 begonnen, als Wissenschaftler aus verschiedenen Ländern den ersten Entwurf für eine Gammastrahlen-Anlage der nächsten Generation präsentierten. Das Observatorium soll bis 2025 fertiggestellt werden.

CTA wird an zwei Standorten errichtet:

- am Observatorium [Roque de los Muchachos](#) des Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC) auf der spanischen Insel La Palma und
- in der Nähe des Paranal-Observatoriums der ESO in der Atacama-Wüste in Chile.

Neben den großen LS-Teleskopen wird es am CTA mittelgroße Teleskope (MST, Medium-Sized Telescopes) und kleine Teleskope (SST, Small-Sized Telescopes) geben, die zusammen ein breites Spektrum an Gammastrahlen – zwischen 20 GeV und bis zu 300 Teraelektronenvolt (TeV) – abdecken. Für die Anlage auf La Palma sind vier LST und 15 MST vorgesehen, während es auf der Südhalbkugel, in Chile, alle drei Arten von Teleskopen geben soll: 4 LST, 25 MST und 70 SST.

An der wissenschaftlichen und technischen Entwicklung des CTA sind über 1.400 Wissenschaftler und Ingenieure aus 31 Ländern beteiligt. Die Bauplanung für das Observatorium wird von CTAO gGmbH geführt, die von [Anteilseignern und assoziierten Mitgliedern](#) aus einer wachsenden Zahl von Ländern geleitet wird.

Welche Beobachtungen und Erkenntnisse erhoffen sich die Wissenschaftler?

Die erdgebundene Gamma-Astronomie ist eine relativ junge Disziplin mit außerordentlich großem wissenschaftlichem Potential. Das zeigen Messungen mit den aktuellen Teleskopen H.E.S.S., MAGIC und VERITAS: Zusammen entdeckten diese Instrumente mehr als 150 Quellen und erzielten bedeutende wissenschaftliche Erkenntnisse. Mit großer Wahrscheinlichkeit waren die bisherigen Beobachtungen nur die Spitze des Eisbergs.

Mit dem CTA lassen sich Gammastrahlen in höchsten Energiebereichen messen und auswerten. Dadurch sind Wissenschaftler in der Lage, die physikalischen Prozesse in turbulenten Himmelsregionen zu untersuchen. Man geht davon aus, dass CTA Hunderte von Objekten **in unserer Galaxie, der Milchstraße**, entdecken wird, zum Beispiel:

- Überreste von Supernova-Explosionen und neue Pulsarwind-Nebel. Diese Objekte werden uns helfen, die Herkunft der kosmischen Strahlung besser zu verstehen.
- Neue Doppelsternsysteme, mit deren Hilfe wir stetige oder variable Gammastrahlung auf unterschiedlichen Zeitskalen untersuchen können.

Außerhalb der Milchstraße sucht CTA nach diesen Phänomenen:

- Auslöser für Gammastrahlen-Ausbrüche, den hellsten Explosionen, die wir im Universum kennen.
- Aktive galaktische Kerne (AGN) die teilweise noch nicht im Gammastrahlen-Spektrum nachgewiesen werden konnten (z. B. Seyfert-Galaxien).
- Sternbildende Galaxien
- Galaxiencluster – vielversprechende Ziele, um Dunkle Materie nachzuweisen und zu untersuchen, wie Teilchen der kosmischen Strahlung beschleunigt werden.

Mit CTA können außerdem so genannte transiente Phänomene in unserer Galaxie und darüber hinaus beobachtet werden. Diese transienten Quellen bestehen aus unterschiedlichen astrophysikalischen Objekten, die explodieren, aufflackern oder plötzlich eine gesteigerte Aktivität zeigen. Viele Transienten senden Gammastrahlen mit sehr hoher Energie aus.

Ein weiteres spannendes Thema der Gamma-Astronomie ist der Ursprung kosmischer Strahlung. Kosmische Strahlen sind energiereiche Teilchen – vor allem Protonen und Heliumkerne – die außerhalb der Erdatmosphäre entstehen. Bis vor kurzem waren die kosmischen Motoren, die diese Teilchen auf Energien bis zum Petaelektronenvolt-Bereich (PeV) beschleunigen, unbekannt. Neueste

wissenschaftliche Erkenntnisse aus einer Multi-Messenger-Beobachtung liefern starke Hinweise, dass ein Blazar – eine besondere Art von AGN – eine mögliche Quelle kosmischer Strahlung sein könnte. Allerdings gibt noch weitere offenen Fragen zur kosmischen Strahlung, die CTA beantworten könnte: zum Beispiel, welchen Beitrag Supernova-Überreste zur kosmischen Strahlung leisten.

Dunkle Materie macht einen großen Teil der Gesamtmasse des Universums aus. Dennoch ist ihre Beschaffenheit nach wie vor eines der größten Rätsel der Wissenschaft. Man geht davon aus, dass Teilchen der Dunklen Materie sich gegenseitig auslöschen, wenn sie miteinander wechselwirken. Dabei entsteht Gammastrahlung, die sich mit CTA beobachten lässt. Mithilfe von Gammastrahlen lassen sich möglicherweise auch Abweichungen von Einsteins spezieller Relativitätstheorie feststellen. Außerdem erhoffen sich Wissenschaftler neue Erkenntnisse über die Beschaffenheit der großen Leerräume im Universum. [Weitere Themen](#)

Wie funktioniert das LST?

Gammastrahlung, die energiereichste Strahlung im elektromagnetischen Spektrum, wird von der Atmosphäre abgeblockt und kann deshalb die Erdoberfläche nicht erreichen. Dennoch können die CTA-Teleskope sie beobachten – über den Umweg des Tscherenkow-Lichts. Dieses entsteht, wenn Gammastrahlen mit der Atmosphäre wechselwirken und dabei subatomare Teilchenschauer produzieren. Geladene Teilchen in diesen Schauern bewegen sich schneller als das Licht (das ist in Umgebungen außerhalb des Vakuums möglich) und geben dabei ein schwaches bläuliches Licht ab, das so genannte Tscherenkow-Licht. Teleskopspiegel und Ultrahochgeschwindigkeits-Kameras können die nur wenige Nanosekunden dauernden Lichtblitze erfassen und aufzeichnen. So kann die Gammastrahlung zu ihrem kosmischen Ursprung zurückverfolgt werden.

Um auch schwächste Spuren von Gammastrahlen erfassen zu können, besitzt der erste Prototyp des LST, das LST-1, über eine ca. 400 Quadratmeter große Spiegelfläche. Obwohl das LST-1 45 Meter hoch ist und um die 100 Tonnen wiegt, kann es innerhalb von 20 Sekunden neu ausgerichtet werden, um selbst sehr kurze Gammesignale mit geringer Energie zu erfassen.

Die Kamera wiegt etwa zwei Tonnen und besteht aus über insgesamt 1.855 Photomultiplier-Röhren (PMT), die in 265 Modulen angeordnet sind. Die PMT werden als Lichtsensoren verwendet, die Licht in elektrische Signale umwandeln. Jedes Modul nutzt ein Auslesesystem, um die Daten des jeweiligen PMT zu speichern.

Die Kamera hat ein Blickfeld von insgesamt 4,3 Grad. Sie wurde so konstruiert, dass sie möglichst kompakt und leicht ist, dabei einen möglichst niedrigen Kosten- und Energieverbrauch aufweist und dennoch die bestmögliche Leistung im Niedrigenergiebereich erbringt.

Die Kamera wird auf Basis der Schauer-Topologie und der zeitlichen Entwicklung des Tscherenkow-Signals ausgelöst. Die analogen Signale der Lichtsensoren werden mit Hilfe entsprechender Algorithmen konditioniert und bearbeitet, die nach extrem kurzen aber kompakten Lichtblitzen Ausschau halten. Alle zukünftigen LST-Kameras werden außerdem mit einander verbunden sein, um eine gekoppelte gleichzeitige Auslösung bei allen Teleskopen zu ermöglichen.

Wer hat das LST-1 gebaut?

Zum LST-Projektteam gehören mehr als 200 Wissenschaftler aus zehn Nationen: Brasilien, Kroatien, Frankreich, Deutschland, Indien, Italien, Japan, Polen, Spanien und Schweden. Federführend bei Entwicklung und Management dieses internationalen Projekts sind das LAPP in Annecy, Frankreich; das Max-Planck-Institut für Physik in München, Deutschland; das INFN in Italien; das ICRR der Universität Tokio in Japan; sowie die IFAE in Barcelona und das CIEMAT in Madrid, Spanien. Sobald die Zertifizierung vorliegt, soll das LST-1 als Prototyp für die drei anderen großen Teleskope dienen, die auf La Palma gebaut werden.

Was ist der aktuelle Stand des CTA-Projekts?

Das Projekt zum Bau des CTA ist weit fortgeschritten: Es gibt mittlerweile Prototypen für alle vorgeschlagenen Teleskopmodelle. Die erste Entwurfsphase für die detaillierte Infrastruktur auf La Palma – einschließlich des Entwurfs und der Konstruktion aller weiterer LST-Fundamente und des ersten MST-Fundaments – soll bis Mitte 2019 abgeschlossen sein. Die Arbeiten vor Ort sollen noch vor Ende 2019 beginnen. Die Verhandlungen für die Anlage in Chile sollen vor Ende 2018 beendet werden, mit dem Spatenstich für die südliche Anlage ist 2019 zu rechnen.