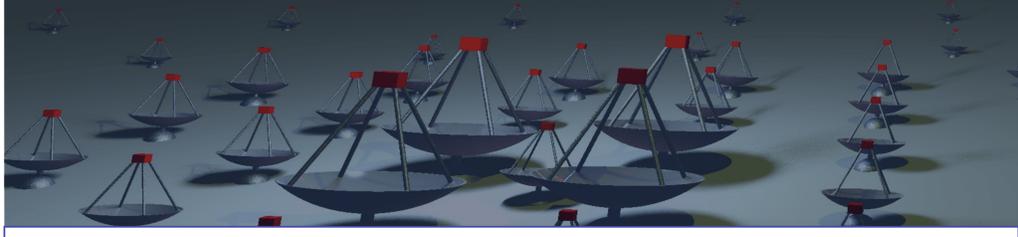


Das Cherenkov Telescope Array CTA



Astronomie und Teilchenastrophysik mit sehr hoch-energetischer (very high energy, VHE) Gammastrahlung

Das Universum ist ein einzigartiges Labor, um fundamentale physikalische Prozesse bei extremen Energien zu untersuchen, weit jenseits aller Energieskalen, die jemals mit irdischen Beschleunigeranlagen erreicht werden können. Gamma-Astronomie bei Tera-Elektronvolt-(TeV)-Energien nutzt dieses Labor, um Fragestellungen wie die folgenden anzugehen:

- Untersuchung der höchstenergetischen Prozesse im Universum
- Verständnis der kosmischen Teilchenbeschleuniger
- Abbildung der Energiedichte der kosmischen Teilchenstrahlung in unserer Galaxie
- Erforschung der Umgebung von schwarzen Löchern und Neutronensternen
- Kosmologie und die Geschichte der Galaxienentstehung
- Tests der Gültigkeit von fundamentalen Physikgesetzen bei extremen Energien
- Verständnis des Ursprungs der dunklen Materie

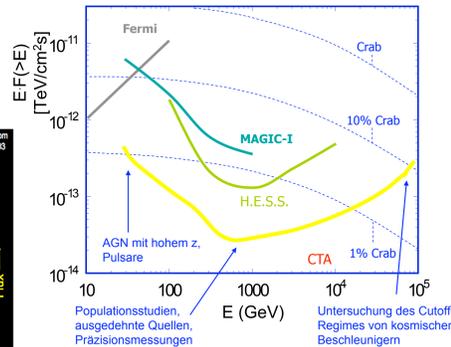
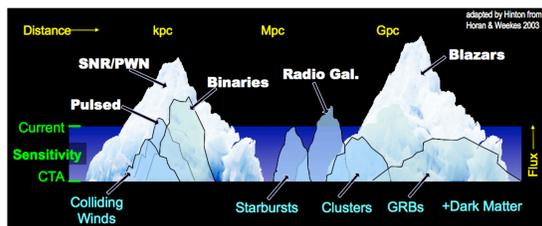
CTA: ein Meilenstein der Teilchenastrophysik

Der Erfolg der jetzigen Instrumentengeneration (H.E.S.S., MAGIC, VERITAS und CANGAROO) hat das große Potential des noch jungen Feldes der TeV-Gammaastrophysik verdeutlicht. Um dieses Potential vollständig auszuschöpfen, muss CTA, das Instrument der nächsten Generation, mit signifikanten Verbesserungen in allen Leistungsaspekten ausgestattet werden:

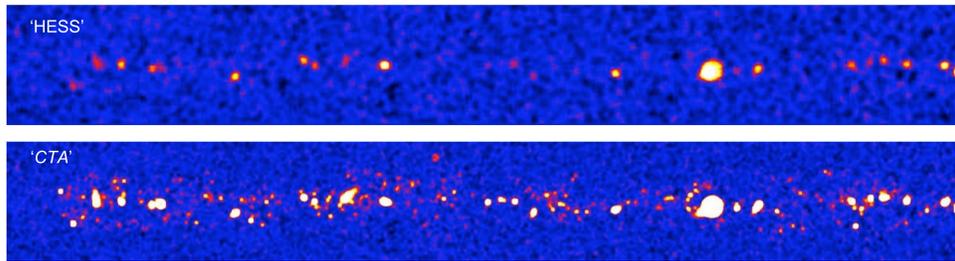
- Faktor 10 höhere Empfindlichkeit bei TeV-Energien
- Weiter Energiebereich von einigen 10 GeV bis zu einigen 100 TeV
- Verbesserte Winkelauflösung herunter zu 1-2 Bogenminuten
- Faktor 5-10 höhere Detektionsraten
- Verbesserte Survey-Fähigkeiten und Abdeckung des gesamten Himmels

Um die angestrebte Leistung zu erreichen, werden 50-100 Teleskope verschiedener Größen benötigt, die über eine Fläche von mehr als 1 km² verteilt werden müssen. Das Array-Design muss im Hinblick auf Zuverlässigkeit und robotischen Betrieb optimiert werden.

Die Grafik unten illustriert, dass mit dem angestrebten Empfindlichkeitsgewinn gegenüber existierenden Experimenten neue Quellklassen erforscht werden können. Rechts ist die Empfindlichkeit quantitativ dargestellt.



Unsere Galaxie im Licht der VHE-Gammastrahlung



CTA wird die bei weitem beste Winkelauflösung aller Teleskope haben, die bislang im Gammabereich arbeiten. Es wird daher erstmalig möglich sein, Strukturen galaktischer Emissionsgebiete auf Parsec-Skalen aufzulösen und somit kosmische Teilchenbeschleuniger detailliert darzustellen. Im Bild ist eine Simulation des inneren Bereichs der Galaktischen Ebene gezeigt, wie sie im VHE-Gammalicht mit momentanen Instrumenten (H.E.S.S.) und mit CTA gemessen würde. Man erwartet, dass mit CTA mehr als 1000 VHE-Gammaquellen – galaktische wie extragalaktische – entdeckt werden, ein Faktor >10 mehr als mit momentanen Instrumenten möglich ist.

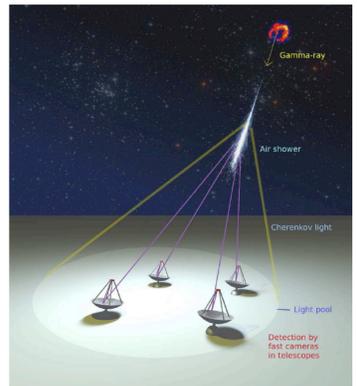
CTA als Observatorium wird aus zwei Standorten bestehen, je einem in der nördlichen und in der südlichen Hemisphäre, um den gesamten Himmel vermessen zu können. Auf der Südhalbkugel kommen Standorte z.B. in Argentinien, Namibia und Südafrika in Betracht. Auf der Nordhalbkugel befinden sich mögliche Standorte in Spanien, Mexiko und den Vereinigten Staaten.

Vorläufiger Zeitplan für das CTA-Observatorium

	07	08	09	10	11	12	13	14	15
Array-Layout									
Teleskopdesign									
Komponenten-Prototypen									
Teleskop-Prototypen									
Array-Aufbau									
Partieller Betrieb									

Nachweis von VHE-Photonen

Hochenergetische kosmische Teilchen (sowohl Gammaphotonen als auch geladene Teilchen) lösen beim Eintritt in die Erdatmosphäre Kaskaden relativistischer Teilchen aus, sogenannte atmosphärische Luftschauer. Die Teilchen emittieren schwache Cherenkovlichtblitze, die eine Dauer von wenigen Nanosekunden haben. Große Teleskope bilden dieses Licht auf schnelle Photosensoren in ihrer Fokalebene ab. Die stereoskopische Abbildung mit mehreren Teleskopen ist heutzutage Stand der Technik. Diese ermöglicht die Messung der Eigenschaften des primären Teilchens mit hoher Präzision. Gammaphotonen können so effizient vom Teilchenuntergrund getrennt werden, und mittels der Gammaphotonen können die emittierenden astrophysikalischen Quellen untersucht werden.



Niederenergie-Bereich:

- 4 × 23 m Tel. (LST)
- Parabolischer Reflektor
- Gesichtsfeld: 4-5 Grad
- f/D: ~1.2
- Energieschwelle einige 10 GeV

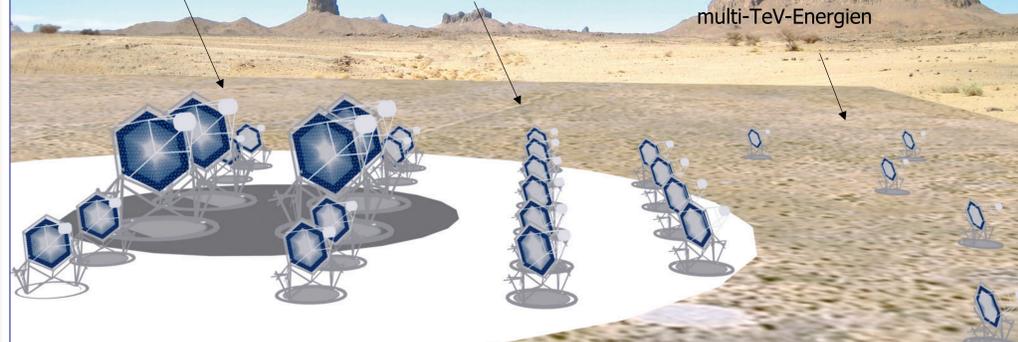
Die Abbildung zeigt eine mögliche Arraykonfiguration des Süd-Arrays (nicht maßstabsgerecht): 100 M€ (Kostenabschätzung 2006)

Zentraler Energiebereich:

- 23 × 12 m Tel. (MST)
- Davies-Cotton-Reflektor
- Gesichtsfeld: 7-8 Grad
- f/D: ~1.4
- Milli-Crab-Empfindlichkeit im Bereich 100 GeV–10 TeV

Hochenergiebereich:

- 32 × 5-6 m Tel. (SST)
- Davies-Cotton-Reflektor (oder Schwarzschild-Couder)
- Gesichtsfeld: ~10 Grad
- f/D: 1.2 – 1.5
- 10 km² effektive Fläche bei multi-TeV-Energien

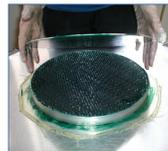


Vorbereitung auf CTA: die Herausforderungen meistern

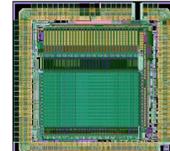
Die Entwicklung wirtschaftlicher Komponenten hoher Qualität für das CTA-Teleskoparray stellt eine große technologische Herausforderung dar. Beispiele hierfür sind:

- Die Konstruktion von 50-100 optischen Teleskopen mit Spiegelträgerdurchmessern von ~6, ~12, und ~23 Metern, die robotisch mit höchster Zuverlässigkeit arbeiten sollen
- Die Herstellung von Photodetektoren mit insgesamt ~70 m² lichtempfindlicher Fläche und Reaktionszeiten im Nanosekundenbereich
- Die Entwicklung von Hochgeschwindigkeitskameras mit insgesamt mehr als 100.000 Elektronikkanälen, die unter schwierigen Umweltbedingungen arbeiten müssen
- Die Entwicklung von Produktionstechniken für 10.000 m² Spiegelfläche
- Die Bewältigung einer Datenmenge von 50 Gbyte pro Sekunde

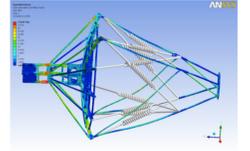
Die prinzipielle Lösbarkeit dieser Aufgaben wurde in einer Design-Studie gezeigt, deren Ergebnisse im Mai 2010 veröffentlicht wurden.



Entwicklung neuer Produktionstechniken für Spiegel



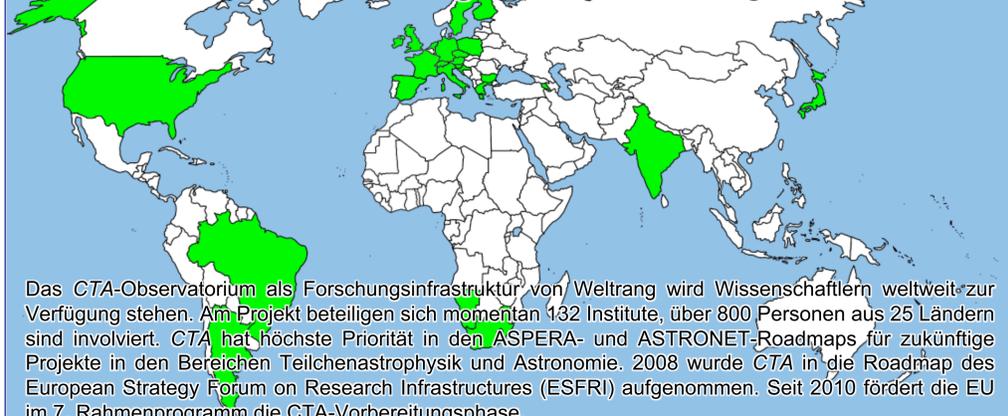
Entwicklung von Mikroelektronik und von Photodetektoren



Design von Teleskopstrukturen; Konzepte für Sicherheit und robotischen Betrieb

CTA befindet sich momentan in der von der EU geförderten Vorbereitungsphase. In dieser Phase werden die verschiedenen Konzepte technisch ausgearbeitet, geprüft, die erfolgversprechendsten ausgewählt und Prototypen gebaut. Darüber hinaus wird die Organisationsstruktur des Observatoriums entwickelt, und die Auswahl der Standorte durchgeführt. Am Abschluss der Vorbereitungsphase wird Ende 2013 ein technischer Design-Bericht veröffentlicht werden.

Das CTA-Konsortium: ein globales Unterfangen



Das CTA-Observatorium als Forschungsinfrastruktur von Weltrang wird Wissenschaftlern weltweit zur Verfügung stehen. Am Projekt beteiligen sich momentan 132 Institute, über 800 Personen aus 25 Ländern sind involviert. CTA hat höchste Priorität in den ASPERA- und ASTRONET-Roadmaps für zukünftige Projekte in den Bereichen Teilchenastrophysik und Astronomie. 2008 wurde CTA in die Roadmap des European Strategy Forum on Research Infrastructures (ESFRI) aufgenommen. Seit 2010 fördert die EU im 7. Rahmenprogramm die CTA-Vorbereitungsphase.