



## Pierre-Auger- Observatorium



### Auf der Suche nach den Quellen der hochenergetischen kosmischen Strahlung

Auf der Pampa Amarilla im Westen Argentiniens untersucht das Pierre-Auger-Observatorium die energiereichsten Partikel des Universums, die die Erde aus allen Richtungen treffen, die sogenannten hochenergetischen kosmischen Strahlen, die für uns noch sehr geheimnisvoll sind.

Das Pierre-Auger-Observatorium befasst sich mit den Rätseln der Entstehung und Existenz dieser seltenen Partikel.

Die Pierre-Auger-Kollaboration umfasst über 500 Wissenschaftler aus Argentinien, Australien, Belgien, Brasilien, Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, Kolumbien, Mexiko, den Niederlanden, Polen, Portugal, Rumänien, Slowenien, Spanien, Tschechien und den USA.

Sprecher des Observatoriums ist Prof. Ralph Engel,  
Leiter des Instituts für Astroteilchenphysik am KIT.

#### Teilchenschauer

Wenn ein hochenergetisches kosmisches Teilchen die oberen Schichten der irdischen Atmosphäre erreicht kollidiert es dort mit Materie und produziert so einen Teilchenschauer, das heißt eine Kaskade von sekundären Teilchen mit geringerer Energie. Die neuen Teilchen wechselwirken in ähnlicher Weise, bis bei dem Vorgang mehrere Tausend, Millionen oder gar Milliarden von niederenergetischen Teilchen erzeugt wurden.

Sie werden mit verschiedenen, voneinander unabhängigen Methoden gemessen:

#### Fluoreszenz-Teleskope

Der Teilchenschauer regt die Stickstoffmoleküle in der Atmosphäre an, welche daraufhin ein schwaches ultraviolettes Licht produzieren, das von vier **Fluoreszenz-Teleskopen** aufgefangen wird, die an vier Seiten des Detektorfelds platziert sind.



#### Teilchendetektoren

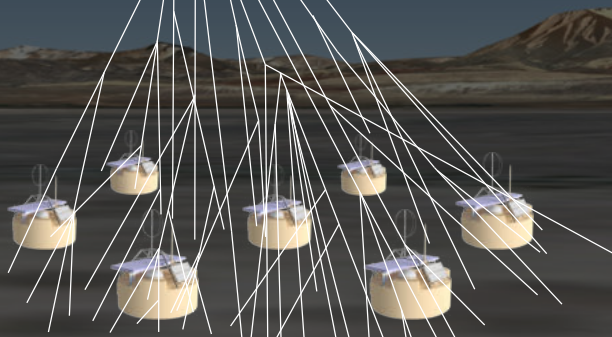
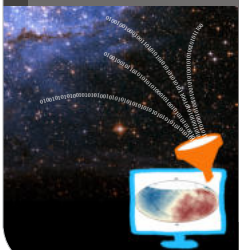
Die Teilchen werden auch von den 1660 **Wassertanks** detektiert, die über eine Fläche von 3000 km<sup>2</sup> verteilt sind. Wenn sie durch das hochreine Wasser fliegen erzeugen sie ebenfalls ein blaues Licht, das von hochsensitiven Lichtsensoren aufgefangen wird.

Die Stationen werden erweitert um je einen **Scintillationsdetektor**, der eine genauere Messung der Teilchenmasse ermöglicht, sowie um je eine **Radioantenne**, die die bei den Kollisionen emittierte Radiostrahlung misst.



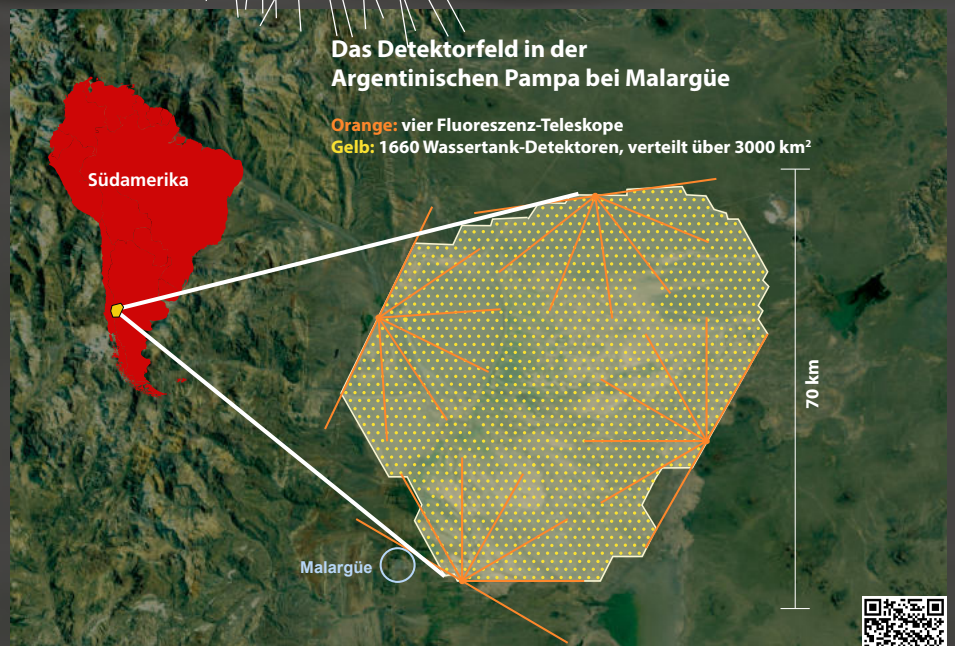
#### Datenanalyse

Ein zentraler Computer sammelt die Daten der Teleskope und der Teilchendetektoren, die anschließend von den Wissenschaftlern analysiert werden. Ziel dieser Analysen ist es, das Rätsel um Herkunft und Entstehung der hochenergetischen Teilchen zu lösen.



### Das Detektorfeld in der Argentinienschen Pampa bei Malargüe

**Orange:** vier Fluoreszenz-Teleskope  
**Gelb:** 1660 Wassertank-Detektoren, verteilt über 3000 km<sup>2</sup>



Kontakt: ralph.engel@kit.edu, markus.roth@kit.edu



Das **Pierre-Auger-Observatorium** ist ein wissenschaftliches Instrument, wie es weltweit nur ganz wenige gibt. Im Westen der argentinischen Mendoza-Provinz wurde in 1500 Meter Höhe ein Detektorfeld in der Größe des Saarlandes aufgebaut. Mittlerweile besteht es aus mehr als 1600 Tanks gefüllt mit 12 Tonnen ultra-reinem Wasser, die mit Lichtsensoren ausgestattet und in regelmäßigen Abständen von 1500m in dem fast menschenleeren Gebiet aufgestellt wurden. Diese sind mit 27 optischen Teleskopen kombiniert, die ultraviolettes Fluoreszenzlicht detektieren, das von Teilchenkaskaden ausgesendet wird, die durch die Wechselwirkung von hochenergetischen Atomkernen mit Luftmolekülen in der oberen Atmosphäre entstehen.

Diese Atomkerne erreichen die Erde aus den Tiefen des Universums und sind so selten, dass die Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens bei nur einem Teilchen pro Quadratkilometer und Jahrhundert liegt. Das erklärt die notwendige Größe der Beobachtungsfläche. Mehr als 90 Forschungsgruppen aus 17 Ländern versuchen so hochenergetischen Teilchen auf die Spur zu kommen, die weit jenseits des Energiebereichs liegen, der für den LHC-Beschleuniger in Genf zugänglich ist.

Derzeit wird das Observatorium mit der *AugerPrime*-Erweiterung aufgerüstet. Dies umfasst insbesondere die Installation eines zusätzlichen Szintillationsteilchendetektors sowie einer Radioantenne mit dem Frequenzband 30-80 MHz auf jedem der mehr als 1600 Wassertanks.

**Wir suchen Studierende**, die Interesse haben, im Rahmen dieses Projektes eine Bachelor- oder Masterarbeit zu schreiben. Aus der großen Vielfalt der Themen findet ihr hier beispielhaft Themen zu Aspekten der Datenanalyse, der Modellierung physikalischer Prozesse und der Interpretation von Beschleunigerdaten. Wenn ihr weitergehende Interessen und Fähigkeiten einbringen möchtet, sprecht uns gerne an und wir versuchen ein Thema entsprechend zu gestalten.

### **Beispielhafte Themen für Master- und Bachelorarbeiten:**

1. *Atmosphärische Unsicherheiten* der Energiebestimmung ultra-hochenergetischer kosmischer Teilchen: Bestimmung der Transmissivität der Atmosphäre über dem Pierre-Auger-Observatorium durch die Beobachtung von Laserschüssen mit Fluoreszenzteleskopen. (Master/Bachelor)
2. Verwendung koinzidenter Szintillator-, Wasser-Cherenkov-, Radio- und Fluoreszenzdetektormessungen zur *präziseren Charakterisierung* der Eigenschaften ausgedehnter Luftschauer, die mit dem AugerPrime-Upgrade des Pierre-Auger-Observatoriums gemessen wurden. (Master)
3. Einsatz von Machine Learning zur *Suche von Photon-Ereignissen* in den Daten des Auger-Experiments: Basierend auf Selektionsalgorithmen, die mit Simulationsdaten definiert und optimiert werden, sollen spekulative primäre Photonen in den Auger-Daten identifiziert werden. (Master)
4. Nukleare Wechselwirkungen der kosmischen Strahlung in der Galaxis: *Simulation und Auswertung von Daten zur nuklearen Spallation* in C+p-Wechselwirkungen mit dem NA61/SHINE Detektor am SPS-Beschleuniger des CERN. (Master und Bachelor)

Bei Interesse oder Fragen melde dich bei Dr. Markus Roth: [markus.roth@kit.edu](mailto:markus.roth@kit.edu)