Analyse der GRAND-Software

Zusammenfassung des Praktikums am IAP
vom 24.07.2023 bis zum 04.08.2023

Karlsruher Institut für Technologie(KIT)
Institut für Astroteilchenphysik (IAP)

Betreuer: Jelena Köhler

Laetitia Megel

26.07.2023

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung **1**

1.1 Funktion 1

2 Luftschauersimulation **2**

2.1 Skizze und Plots 2

3 Detektorsimulation **4**

3.1 Antennen- und Radiofrequenzsystem des GRAND-Proto13 (GP13) 4

3.2 Aufbau von GRAND 5

1 Einführung

Das **G**iant **R**adio**A**rray for**N**eutrino**D**etection (GRAND) beabsichtigt, Neutrinos, Kosmische Strahlung und Gammastrahlen mit Hilfe von ca. 20 Funkantennen zu detektieren. Diese Antennen befinden sich jeweils auf 10.000 Quadratkilometern in den chinesischen Provinzen XinJiang, in der inneren Mongolei, Yunnan und Gansu. [1]

Bis zu den 2030er Jahren hat man sich das Ziel gesetzt, dass GRAND das Potenzial dazu hat, Neutrinos mit Energien von über 10^{17} eV mit insgesamt 200.000 Antennen auf 200.000 Quadratkilometern auf der ganzen Welt zu ermitteln. Außerdem wird GRAND das größte Experiment für den Nachweis von hochenergetischen Photonen und kosmischer Strahlung sein und die Bereiche der Neutrino- und Astrophysik fortschrittlich revolutionieren.

1.1 Funktion

Wenn ultrahochenergetische Neutrinos, die von galaktischer und extragalaktischer kosmischer Strahlung, wie beispielsweise Stoßwellen von Supernova-Explosionen, kosmischen Jets von schwarzen Löchern oder von Pulsaren erzeugt werden und die Erde erreichen, interagieren die Tau-Neutrinos in der Atmosphäre oder unter der Erde. Dadurch entstehen Tau-Teilchen, die in der Atmosphäre zerfallen können und einen Luftschauer von Sekundärteilchen auslösen. Durch die Interaktion zwischen dem Luftschauer und dem Magnetfeld der Erde, werden kohärente Radioemissionen im 50-200 MHz-Frequenzbereich induziert. Somit können Luftschauer mit über 10^{17} eV ermittelt werden, was allerdings auch durch die Lage der Antennen gegeben ist. Diese befinden sich in den Bergen, die durch ihre Neigung eine optimale Anordnung der Funkantennen zur Signalerkennung und -rekonstruktion ermöglichen.

2 Luftschauersimulation

2.1 Skizze und Plots

Zunächst analysierten wir die Luftschauer Simulationen, welche mit CORSIKA [2] (**CO**smic **R**ay **SI**mulation for **KA**SCADE) erzeugt wurden. In der ersten Abbildung ist eine Skizze der Luftschauersimulation zu sehen. In Abbildung 2 wird das dazugehörige longitudinale Schauerprofil dargestellt, welches die Energie der Teilchen in Elektronenvolt angibt und die Anzahl dieser gemessenen Teilchen aufzeigt. In dem Simulationsset, den wir uns hier anschauen, beträgt die Energie des Primärteilchens 1.010^8 GeV. Der θ Winkel beträgt 65.0° und der Φ Winkel 38.0°.

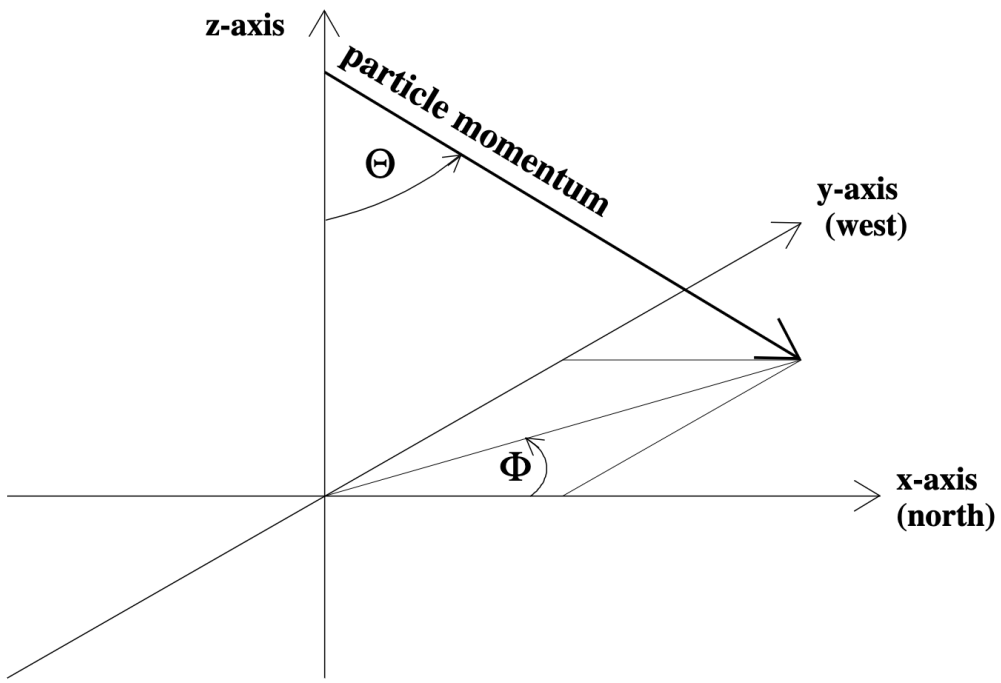

Abbildung 1: Skizze der Luftschauersimulation [3]. In Abbildung 2 wird die Teilchenverteilung und die Energieverteilung des Luftschauers gezeigt.

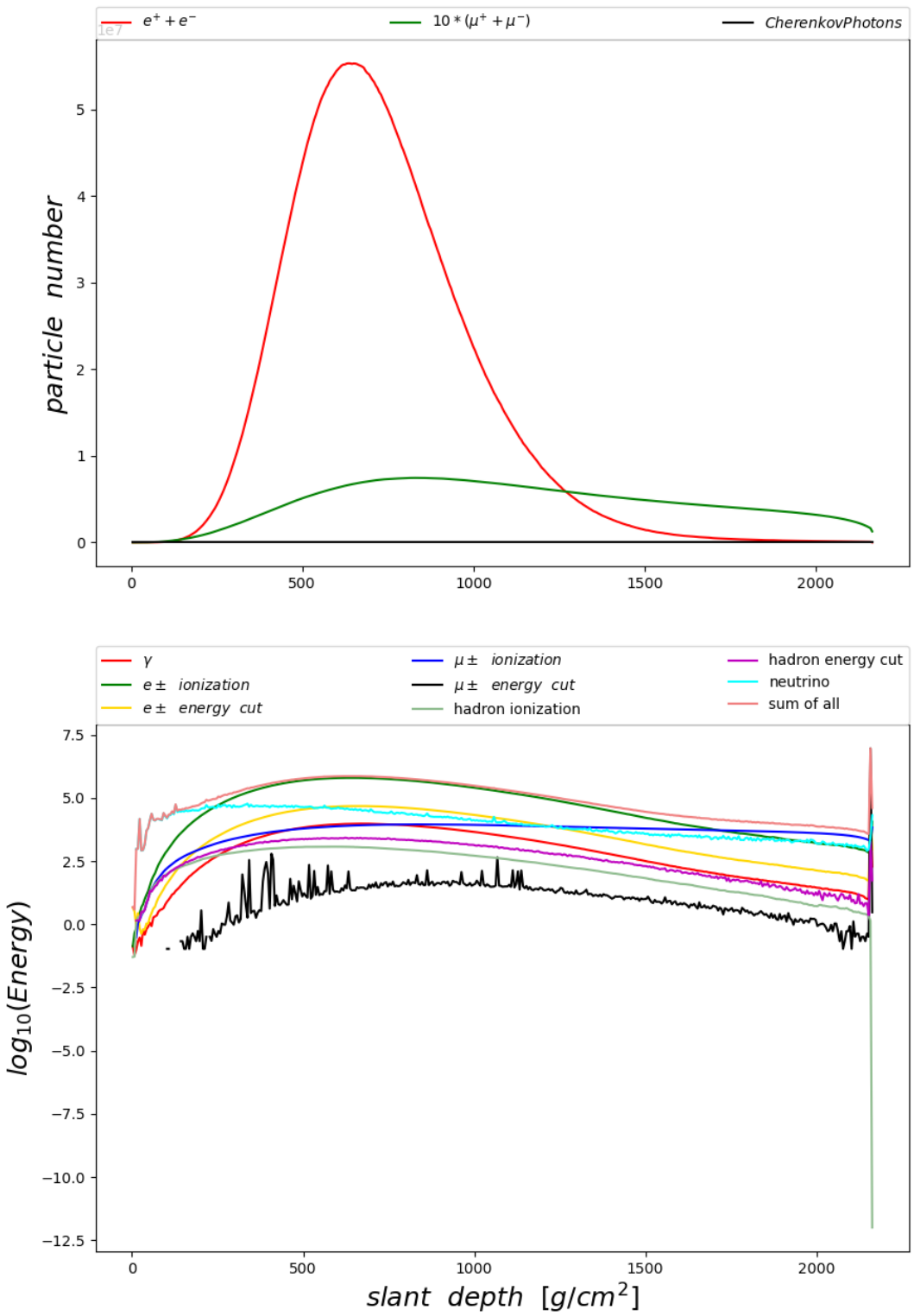

Abbildung 2: The longitudinal profile
Oben: X-Achse: Energie der Teilchen in eV Y-Achse: Anzahl der Teilchen Unten: X-Achse: Eindringtiefe in die Atmosphäre (slant depth) in g/cm^2 Y-Achse: Energie in GeV (log10)

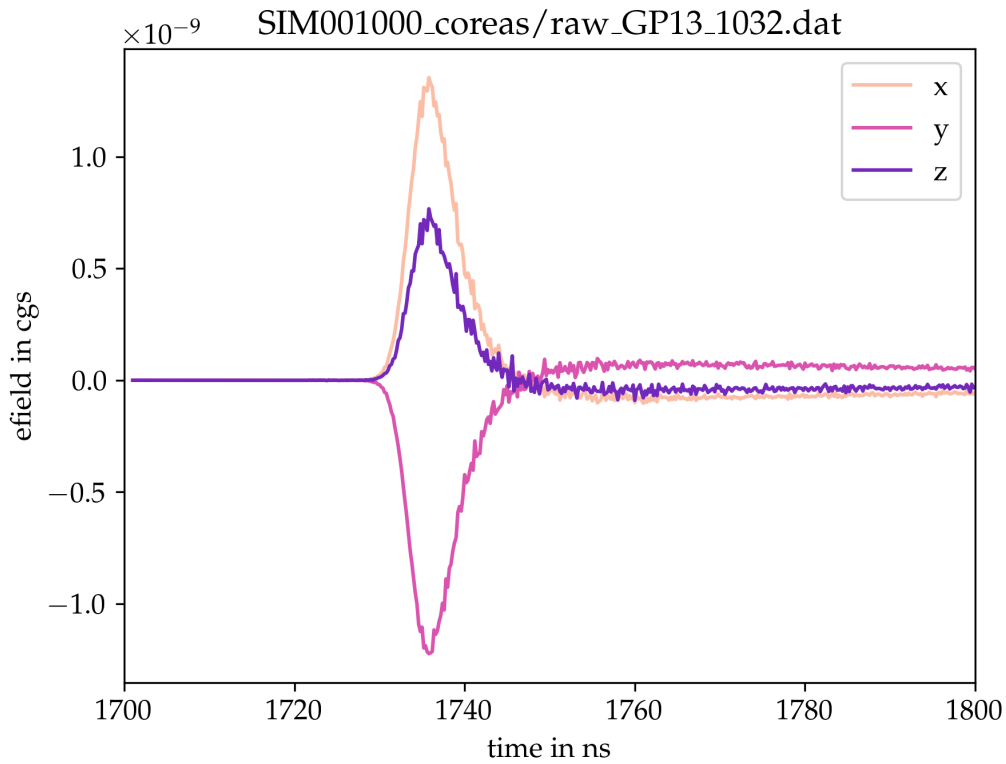

Abbildung 3: Trace der Station 1032/Antenne 6
X-Achse: Zeit in Nanosekunden Y-Achse: Elektrisches Feld in centigrammseconds (cgs)

3 Detektorsimulation

3.1 Antennen- und Radiofrequenzsystem des GRAND-Proto13 (GP13)

Letztendlich geht es bei der Detektorsimulation darum, dass das elektrische Feld von den Luftschauern mit Hilfe von ROOT und der Fast Fourier-Transformation in Volt umgewandelt werden kann. Dies erfolgt unter der Beachtung der noise Effekte, die beispielsweise von der Elektronik und der Galaxie ausgehen, um die Simulationen genauer zu machen . Die Simulation wird an dem GRAND-Proto13 durchgeführt, dessen **R**adio- **F**requenzempfangssystem (RF) der jeweiligen Detektionsbestandteile aus den Antennen, der RF-Chain und dem ADC (**A**nalog

to **D**igital **C**onverter/Chip) bestehen. Wenn die Antennen das von den Luftschauern erzeugte ankommende elektromagnetische Feld empfangen, wird dieses in ein Spannungssignal umgewandelt. Das Signal wird daraufhin über den BALUN (**BAL**encing **UN**balencing) und das Anpassungsnetzwerk weitergeleitet. Die Verstärkung des Spannungssignals und die Übertragung der Datenerfassung(DAQ) über das Kabel an einen VGA und einen Filter, wird von der RF-Chain durch LNA vervollständigt. Zuletzt wird das Signal zur Digitalisierung auf den AD-Chip übertragen.

3.2 Aufbau von GRAND

In Abbildung 4 sind GP13 Antennen auf dem Dach eines Hochhauses zu sehen. Abbildung 5 zeigt eine Skizze des GRAND Standorts der Radioantennen, die sich in den Bergen Chinas befinden. Zudem sind Luftschauer von kosmicher Strahlung und Neutrinos ebenfalls zu erkennen.

Abbildung 4: Antennen GRAND-Proto13

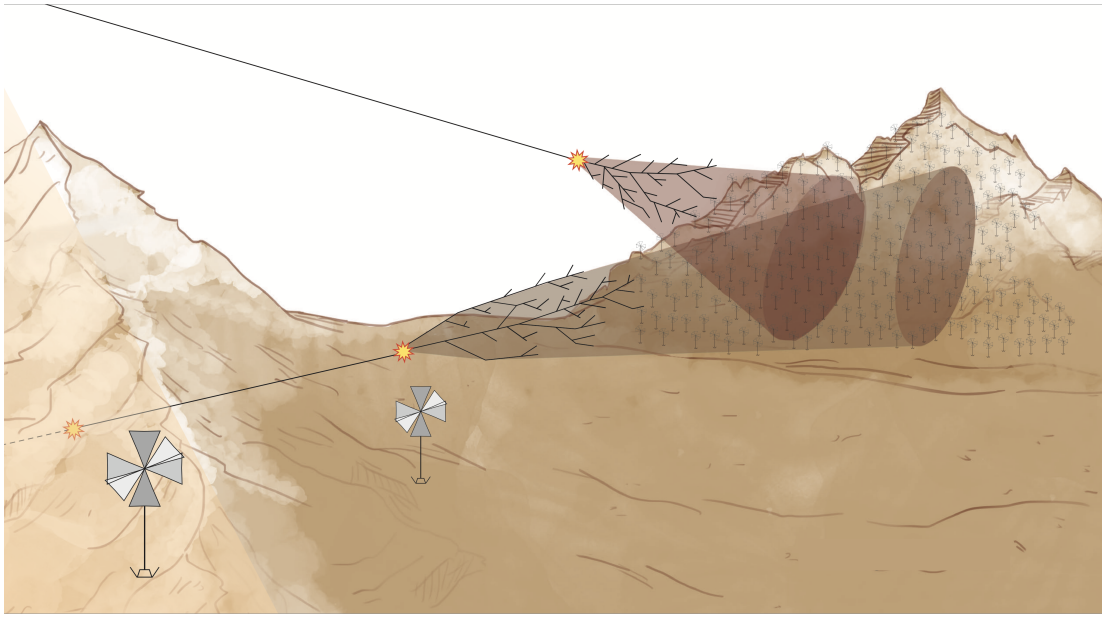

Abbildung 5: Skizze des GRAND Standorts [4].GRAND Radioantennen, die sich in den Bergen befinden, und Luftschauer von kosmischer Strahlung und Neutrinos.

Abbildungsverzeichnis

1 Skizze der Luftschauer Simulation 2

2 The longitudinal profile 3

3 Trace der Station 1032/Antenne 6 4

4 Antennen GP13 5

5 Skizze des GRAND Standorts 6

Acronymverzeichnis

ADC **A**nalog to **D**igital **C**onverter/Chip.

BALUN **BAL**encing **UN**balencing.

CORSIKA **CO**smic **R**ay **SI**mulation for **KA**SCADE.

GRAND **G**iant **R**adio**A**rray for**N**eutrino**D**etection.

RF **R**adio- **F**requenzempfangssystem.

Literatur

[1] K. Fang u. a. *The Giant Radio Array for Neutrino Detection (GRAND): Present and Perspectives*. URL: https://pos.sissa.it/301/996. (accessed: August,2018).

[2] D. Heck u. a. "CORSIKA: A Monte Carlo Code to Simulate Extensive Air Showers". In: *FZKA Report 6019* (1998). URL: https://digbib.ubka.uni-karlsruhe.de/volltexte/fzk/6019/6019.pdf.

[3] T. Huege, M. Ludwig und C. W. James. "Simulating radio emission from air showers with CoREAS". In: *AIP Conference Proceedings* 1535.1 (2013), S. 128–132. DOI: 10.1063/1.4807534.

[4] The GRAND collaboration. "The Giant Radio Array for Neutrino Detection (GRAND): Science and design". In: *Science China Physics, Mechanics & Astronomy* 63.1 (Aug. 2019). DOI: 10.1007/s11433-018-9385-7.