

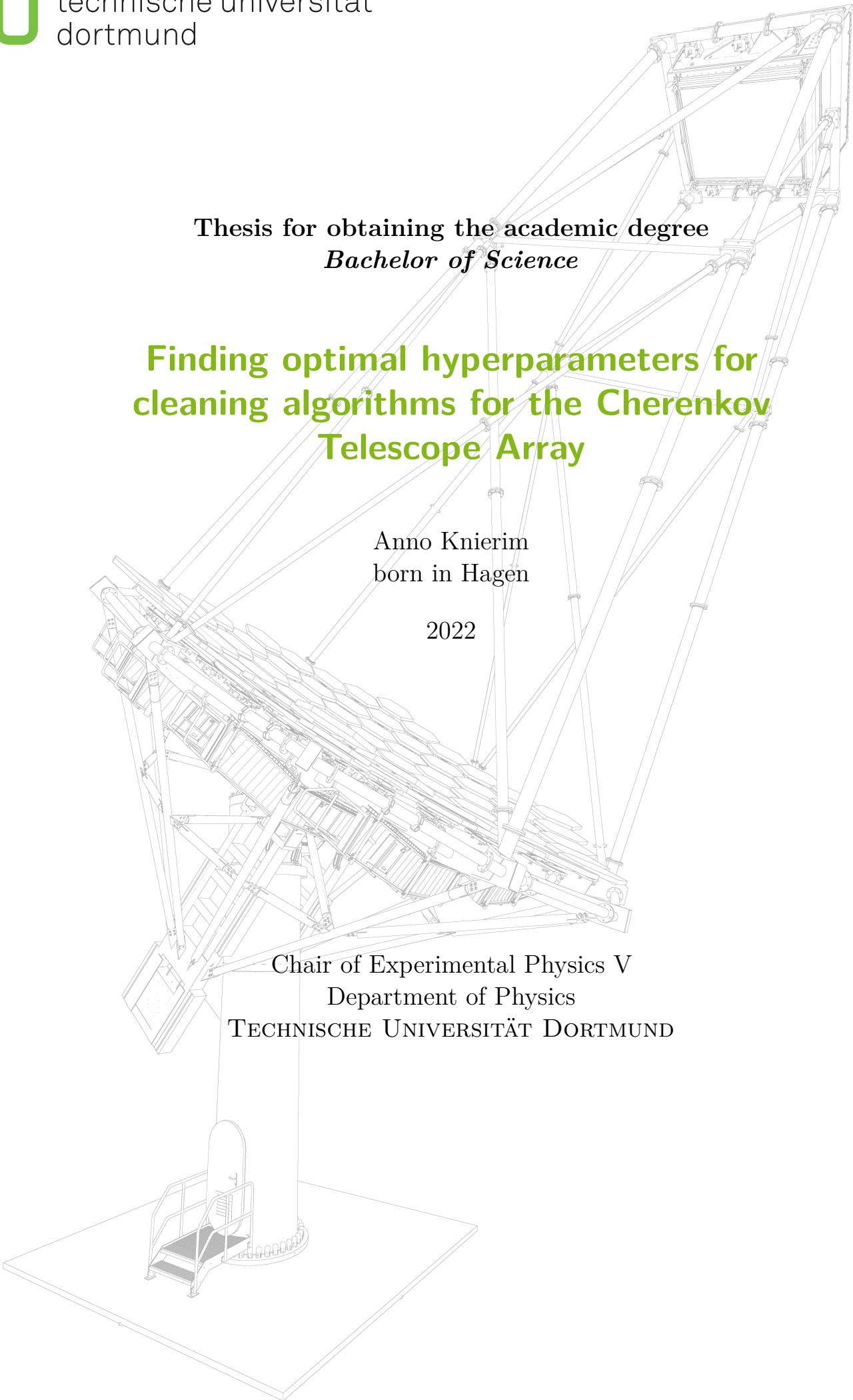
Thesis for obtaining the academic degree
Bachelor of Science

**Finding optimal hyperparameters for
cleaning algorithms for the Cherenkov
Telescope Array**

Anno Knierim
born in Hagen

2022

Chair of Experimental Physics V
Department of Physics
TECHNISCHE UNIVERSITÄT DORTMUND



Reviewer: Prof. Dr. Dr. Wolfgang Rhode
Co-reviewer: Dr. Dirk Wiedner
Submission date: 7 September 2022

This thesis is set in Latin Modern (Serif, Sans and Math) and Fira Code
typeset using L^AT_EX with LuaT_EX from T_EX-Live 2020.
Title graphic by **TITLE GRAPHIC AUTHOR.**

Abstract

The abstract is a short summary of the thesis in English, and together with the German summary, it has to fit on this page.

Kurzfassung

Hier steht eine Kurzfassung der Arbeit in deutscher Sprache inklusive der Zusammenfassung der Ergebnisse. Zusammen mit der englischen Zusammenfassung muss sie auf diese Seite passen.

Contents

1	Gamma-Ray Astronomy	1
2	IACTs and CTA	2
3	Data Preprocessing	3
4	Finding Optimal Hyperparameters for the Cleaning Algorithms	4
4.1	Cleaning Algorithms	4
4.2	Hyperparameters	4
5	Results	5
6	Conclusions and Outlook	6
	Bibliography	7
	Glossary	8
	Appendix	9
	Acknowledgements	10

In recent years, gamma-ray astronomy has become an important research field in astroparticle physics. The term gamma-rays is generally denoted as photons with energies above 100 keV [2]. Due to this high-energy nature, gamma rays pose some of the most powerful cosmic rays (CR) in the universe and since they travel in straight lines, it is possible to pinpoint their sources accurately.

For the past two decades, ground-based Imaging Air Cherenkov Telescope (IACT) experiments like the Major Atmospheric Gamma-Ray Imaging Cherenkov (MAGIC) telescopes, the Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System (VERITAS) and the High Energy Stereoscopic System (H.E.S.S.) have been monitoring these very-high-energy gamma rays (VHE gamma rays) to gain an understanding of their production.

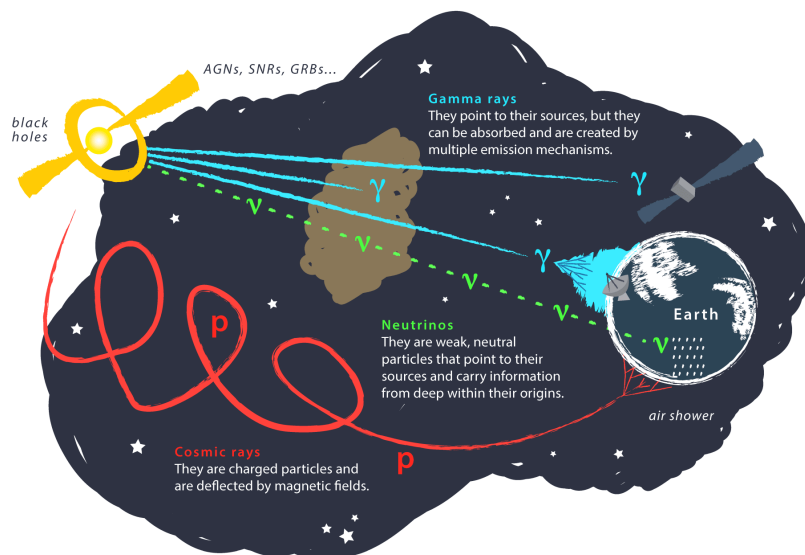


Figure 1.1: Different types of cosmic rays on their way to Earth. Charged particles like protons and electrons are deflected by magnetic fields and therefore making it hard to pinpoint the source. Only the origin of photons and neutrinos can be reconstructed directly since they are uncharged particles and therefore travel in straight lines. However, photons can be absorbed or created in multiple mechanisms. Since neutrinos only rarely interact with matter via the weak force, their detection is significantly harder than for photons [1].

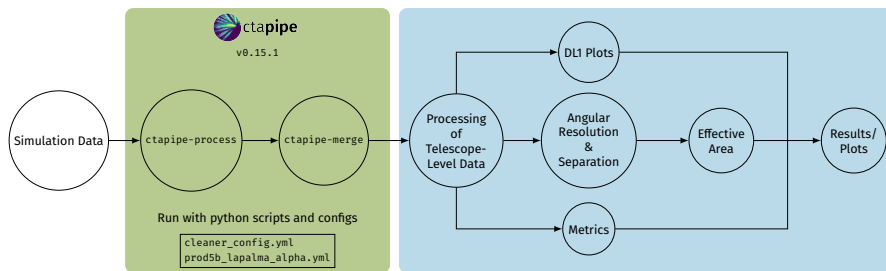


Figure 3.1: Data Preprocessing

Finding Optimal Hyperparameters for the Cleaning Algorithms

4

4.1 Cleaning Algorithms

Write about cleaning algorithms

4.2 Hyperparameters

Write about the hyperparameters

Bibliography

1. J. A. Aguilar, J. Yang, and S. Bravo. *Neutrinos and gamma rays, a partnership to explore the extreme universe*. IceCube/WIPAC. 2016.
<https://icecube.wisc.edu/news/view/455> visited on 2022-08-05
2. S. Funk. “Ground- and Space-Based Gamma-Ray Astronomy.” *Annual Review of Nuclear and Particle Science* 65:1, 2015, pages 245–277.
DOI: [10.1146/annurev-nucl-102014-022036](https://doi.org/10.1146/annurev-nucl-102014-022036). <https://doi.org/10.1146/annurev-nucl-102014-022036>

Glossary

CR cosmic rays. 1

H. E. S. S. High Energy Stereoscopic System. 1

IACT Imaging Air Cherenkov Telescope. 1

MAGIC Major Atmospheric Gamma-Ray Imaging Cherenkov. 1

VERITAS Very Energetic Radiation Imaging Telescope Array System. 1

VHE gamma rays very-high-energy gamma rays. 1

Appendix

Hier könnte ein Anhang stehen, falls Sie z. B. Code, Konstruktionszeichnungen oder Ähnliches mit in die Arbeit bringen wollen. Im Normalfall stehen jedoch alle Ihre Resultate im Hauptteil der Bachelorarbeit und ein Anhang ist überflüssig.

Acknowledgements

Eidesstattliche Versicherung

(Affidavit)

Name, Vorname
(surname, first name)

Matrikelnummer
(student ID number)

☐ Bachelorarbeit
(Bachelor's thesis)

☐ Masterarbeit
(Master's thesis)

Titel
(Title)

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Abschlussarbeit mit dem oben genannten Titel selbstständig und ohne unzulässige fremde Hilfe erbracht habe. Ich habe keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt sowie wörtliche und sinngemäße Zitate kenntlich gemacht. Die Arbeit hat in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner Prüfungsbehörde vorgelegen.

I declare in lieu of oath that I have completed the present thesis with the above-mentioned title independently and without any unauthorized assistance. I have not used any other sources or aids than the ones listed and have documented quotations and paraphrases as such. The thesis in its current or similar version has not been submitted to an auditing institution before.

Ort, Datum
(place, date)

Unterschrift
(signature)

Belehrung:

Wer vorsätzlich gegen eine die Täuschung über Prüfungsleistungen betreffende Regelung einer Hochschulprüfungsordnung verstößt, handelt ordnungswidrig. Die Ordnungswidrigkeit kann mit einer Geldbuße von bis zu 50.000,00 € geahndet werden. Zuständige Verwaltungsbehörde für die Verfolgung und Ahndung von Ordnungswidrigkeiten ist der Kanzler/die Kanzlerin der Technischen Universität Dortmund. Im Falle eines mehrfachen oder sonstigen schwerwiegenden Täuschungsversuches kann der Prüfling zudem exmatrikuliert werden. (§ 63 Abs. 5 Hochschulgesetz - HG -).

Die Abgabe einer falschen Versicherung an Eides statt wird mit Freiheitsstrafe bis zu 3 Jahren oder mit Geldstrafe bestraft.

Die Technische Universität Dortmund wird ggf. elektronische Vergleichswerkzeuge (wie z.B. die Software „turnitin“) zur Überprüfung von Ordnungswidrigkeiten in Prüfungsverfahren nutzen.

Die oben stehende Belehrung habe ich zur Kenntnis genommen:

Official notification:

Any person who intentionally breaches any regulation of university examination regulations relating to deception in examination performance is acting improperly. This offense can be punished with a fine of up to EUR 50,000.00. The competent administrative authority for the pursuit and prosecution of offenses of this type is the Chancellor of TU Dortmund University. In the case of multiple or other serious attempts at deception, the examinee can also be unenrolled, Section 63 (5) North Rhine-Westphalia Higher Education Act (*Hochschulgesetz, HG*).

The submission of a false affidavit will be punished with a prison sentence of up to three years or a fine.

As may be necessary, TU Dortmund University will make use of electronic plagiarism-prevention tools (e.g. the "turnitin" service) in order to monitor violations during the examination procedures.

I have taken note of the above official notification:*

Ort, Datum
(place, date)

Unterschrift
(signature)

***Please be aware that solely the German version of the affidavit ("Eidesstattliche Versicherung") for the Bachelor's/ Master's thesis is the official and legally binding version.**