

Arbeit zur Erlangung des akademischen Grades  
eines Doktors der Naturwissenschaften (Dr. rer.  
nat.)

## **L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X-Vorlage für die Bachelorarbeit**

Tomasz Fuchs  
geboren in Ruda Slaska

2015

Lehrstuhl für Experimentelle Physik V  
Fakultät Physik  
Technische Universität Dortmund

Erstgutachter:	Prof. Dr. Dr. Wolfgang Rhode
Zweitgutachter:	Prof. Dr. Julia Tjus
Abgabedatum:	31. September 2015

## Kurzfassung

Empfohlen wird die Verwendung dieser Vorlage mit der jeweils aktuellsten TeXLive Version (Linux, Windows) bzw. MacTeX Version (MacOS). Aktuell ist dies TeXLive 2014. Download hier:

<https://www.tug.org/texlive/>

Wichtig ist auch, dass die Source-Dateien UTF-8 kodiert sind. Dies ist nur unter Windows ein Problem, benutzen Sie einen Editor, der UTF-8 unterstützt (z.B. TexMaker ab V4, notepad++, sublime).

Eine aktuelle Version dieser Vorlage gibt es unter

[www.github.com/MaxNoe/VorlageBachelorArbeit/tree/tu-farben](https://www.github.com/MaxNoe/VorlageBachelorArbeit/tree/tu-farben).

Eine farblich neutrale Variante steht unter

[www.github.com/MaxNoe/VorlageBachelorArbeit](https://www.github.com/MaxNoe/VorlageBachelorArbeit)

zur Verfügung.

Falls es Probleme mit der Vorlage gibt, einfach ein *Issue* auf GitHub aufmachen oder eine Email an [maximilian.noethe@tu-dortmund.de](mailto:maximilian.noethe@tu-dortmund.de) schreiben.

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.

## Abstract

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



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung S.2</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Kosmische Strahlung</b>	<b>3</b>
2.1	Ursprung der kosmischen Strahlung . . . . .	3
2.2	Primäre kosmische Strahlung S.5 . . . . .	4
2.3	Sekundäre kosmische Strahlung S.2 . . . . .	4
2.4	Prompte Leptonen S.3-4 . . . . .	4
<b>3</b>	<b>IceCube</b>	<b>5</b>
3.1	Detektor S.3 . . . . .	5
3.2	Detektionsprinzip S.2 . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Signalklassifikation</b>	<b>7</b>
4.1	MRMR S.2 . . . . .	7
4.2	Entscheidungsbaum S.3 . . . . .	7
4.3	Random Forest S.2 . . . . .	7
4.4	Kreuzvalidierung S.1 . . . . .	7
4.5	Qualitätsparameter S.2 . . . . .	7
<b>5</b>	<b>Analyse der IceCube 2011 Daten S.20</b>	<b>9</b>
5.1	Ereignis Eigenschaften . . . . .	9
5.2	Parameter S.2 . . . . .	10
5.3	Cuts S.2 . . . . .	10
5.4	Daten vs. MC S.4 . . . . .	10
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung S.2</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>Ausblick S.2</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Danksagung</b>	<b>17</b>
<b>A</b>	<b>Ein Anhangskapitel</b>	<b>19</b>



# **1 Einleitung S.2**

Hier folgt eine kurze Einleitung in die Thematik der Bachelorarbeit. Die Einleitung muss kurz sein, damit die vorgegebene Gesamtlänge der Arbeit von 25 Seiten nicht überschritten wird. Die Beschränkung der Seitenzahl sollte man ernst nehmen, da Überschreitung zu Abzügen in der Note führen kann. Um der Längenbeschränkung zu genügen, darf auch nicht an der Schriftgröße, dem Zeilenabstand oder dem Satzspiegel (bedruckte Fläche der Seite) manipuliert werden.





## 2 Kosmische Strahlung

In diesem Kapitel wird die kosmische Strahlung beschrieben, welche die Erdatmosphäre erreicht. Die kosmische Strahlung kann in eine primäre und eine sekundäre Komponente zerlegt werden. Die primäre Komponente beschreibt alle Teilchen, welche die Erdatmosphäre erreichen, wohingegen die sekundäre Komponente alle Teilchen sind, welche von dem Primärteilchen während der Propagation zur Erdoberfläche produziert werden und auf der Erde detektiert werden können.

### 2.1 Ursprung der kosmischen Strahlung

Kosmische Strahlung kann mehrere Ursprünge haben. Hierbei können die hochenergetischen Teilchen, welche die Erde erreichen in eine galaktische und extragalaktische Komponente aufgeteilt werden.

Niederenergetische kosmische Strahlung ( $E < 50 \text{ PeV}$ ) kann in Supernova Überresten produziert werden. Innerhalb der Supernova kommt es zu einer Schock-Beschleunigung, wenn die Schockfront auf das interstellare Medium trifft. Innerhalb der Schockfront und dem interstellaren Medium sind turbulente Magnetfelder vorhanden, wodurch die Teilchen abgelenkt werden können. Die hochenergetischen Teilchen der Schockfront können durch die turbulenten Magnetfelder mehrmals die Ebene zwischen Schockfront und dem interstellaren Medium passieren. Durch diesen stochastischen Prozess entsteht ein Energiespektrum, welches einem Potenzgesetz folgt, welche auch in der Natur beobachtet werden. Dieser Prozess der Beschleunigung wird auch Fermibesleunigung erster Ordnung genannt, da Teilchen, welche den Schock passieren jedes mal einen Energiezuwachs von

$$\Delta E \propto \left( \frac{v}{c_0} \right)^1 \quad (2.1.1)$$

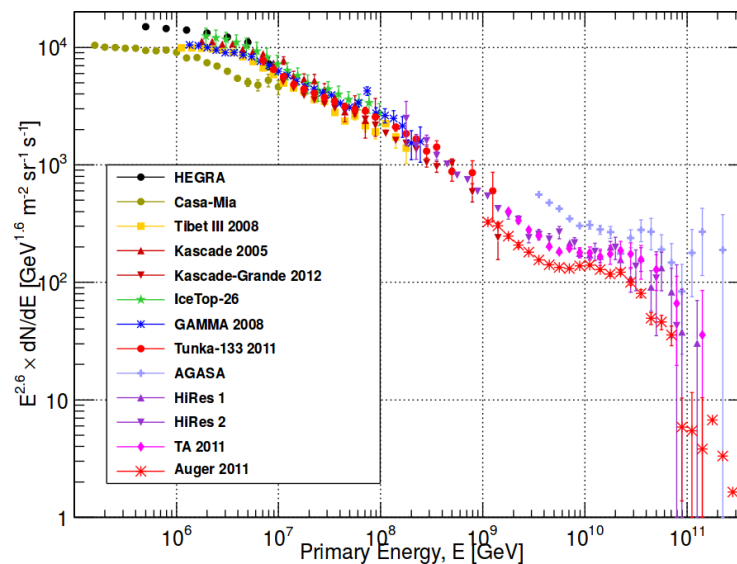
erfährt.

Galak und extragalak.

Für extrem hochenergetische Teilchen ( $E > 50 \text{ EeV}$ ) kann eine Beschleunigung nicht mehr in der Galaxis stattfinden. Gute Kandidaten für die Produktion von hochenergetischer kosmischer Strahlung sind aktive galaktische Kerne, welche auch AGN

genannt werden. Diese aktiven galaktischen Kerne haben ein massives schwarzes Loch in ihrem Zentrum und sind von einem Staubtorus umgeben. Durch die Akkretion von Masse durch das schwarze Loch entsteht ein Jet, welcher Senkrecht zu der Staubtorus Ebene ist. In diesem Jet sind diffuse Magnetfelder vorhanden, wodurch Teilchen durch die Fermi-Beschleunigung erster Ordnung zu höheren Energien beschleunigt werden können. Eine weitere Möglichkeit hochenergetische Kosmische Strahlung zu produzieren, kann über die Fermi-Beschleunigung zweiter Ordnung erfolgen, jedoch ist dieser Prozess sehr ineffizient und die Anwendungen auf tatsächliche Quellen schwierig.

## 2.2 Primäre kosmische Strahlung S.5



**Abbildung 2.1:** Differentielles Spektrum der kosmischen Strahlung gemessen durch verschiedenen Experimente.?? Dieses Spektrum ist mit der Energie, um einen Faktor von  $E^{2.6}$  gewichtet. Dadurch sind das Knie ( $\approx 3$  PeV), das zweite Knie ( $\approx 80$  PeV) und die Ferse ( $\approx 50$  EeV) des Spektrums der Kosmischen Strahlung deutlich erkennbar.

## 2.3 Sekundäre kosmische Strahlung S.2

## 2.4 Prompte Leptonen S.3-4

## 3 IceCube

### 3.1 Detektor S.3

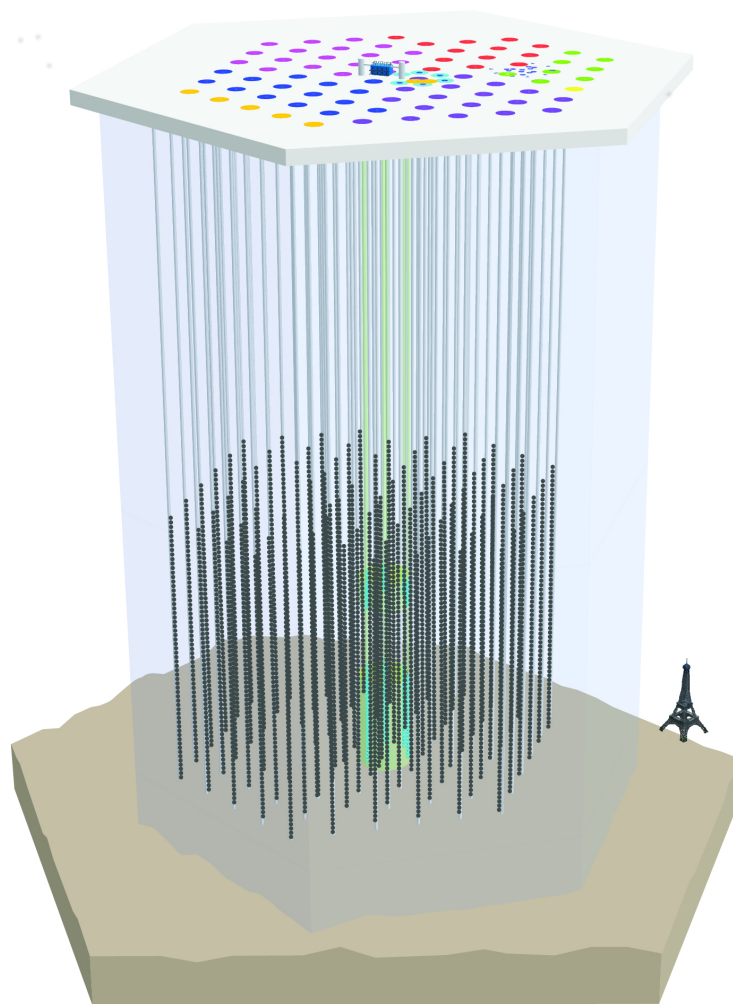


Abbildung 3.1: Schematische Darstellung des IceCube Detektors.

## 3.2 Detektionsprinzip S.2

## 4 Signalklassifikation

### 4.1 MRMR S.2

$$I(x, y) = \int \int p(x, y) \log \left( \frac{p(x, y)}{p(x)p(y)} \right) dx dy \quad (4.1.1)$$

Nehmen die Attribute  $x$  und  $y$  diskrete Werte an, so kann die Transinformation mit Hilfe von einfacher Summation berechnet werden.

Bei einer Klassifikation ist meist die Korrelation eines Attributes zu den Klassen  $c$  relevant.

$$D(S, c) = \frac{1}{|S|} \sum_{x \in S} I(x, c) \quad (4.1.2)$$

$$R(S) = \frac{1}{|S|^2} \sum_{x, y \in S} I(x, y) \quad (4.1.3)$$

$$\Phi(D, R) = D - R \quad (4.1.4)$$

$$\max_{y \notin S_{m-1}} \left( I(y, c) - \frac{1}{m-1} \sum_{x \in S_{m-1}} I(x, y) \right) \quad (4.1.5)$$

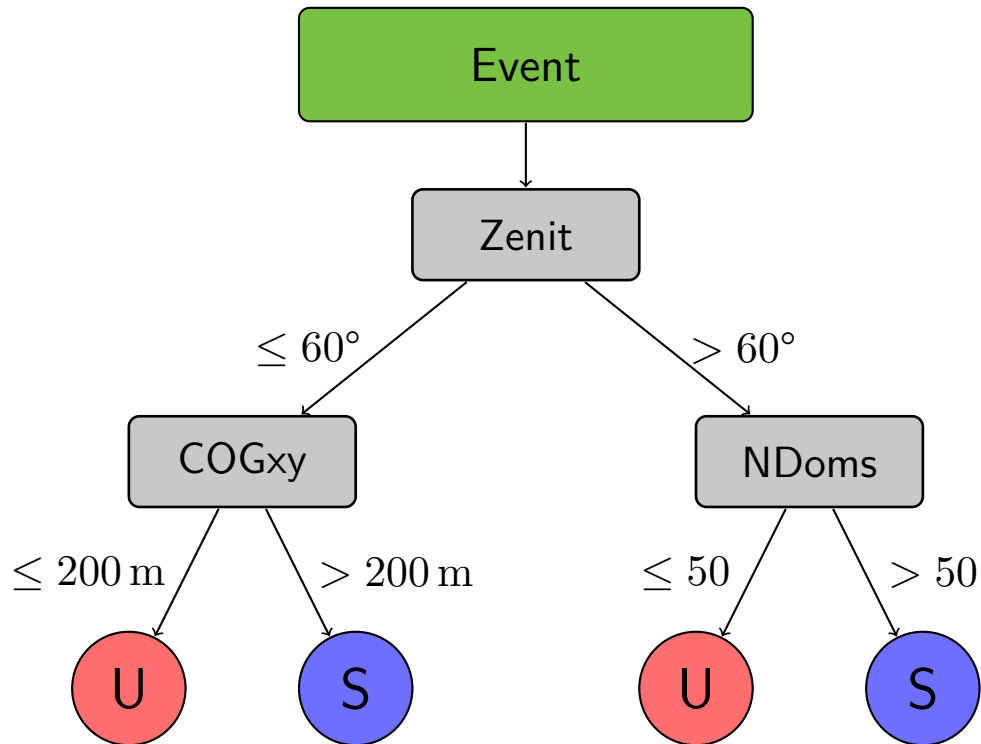
Für kontinuierliche Variablen Kerndichte schätzen

### 4.2 Entscheidungsbaum S.3

### 4.3 Random Forest S.2

### 4.4 Kreuzvalidierung S.1

### 4.5 Qualitätsparameter S.2



**Abbildung 4.1:** Define the colors in the preamble of your document. (Reason: do so in the preamble, so that you can already refer to them in the preamble, which is useful, for instance, in an argument of another package that supports colors as arguments, such as t

## 5 Analyse der IceCube 2011 Daten S.20

### 5.1 Ereignis Eigenschaften

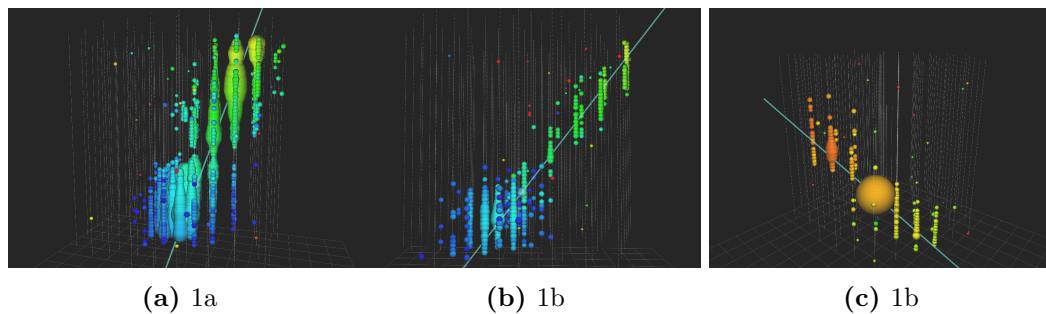


Abbildung 5.1: plots of....

Bei der detektion von Myonen in IceCube treten prinzipiell drei verschiedene Ereignis Typen auf. Diese Ereignisse werden in dieser Arbeit als hochenergetische Myonen (im folgendenen als HE-Myon-Ereignisse bezeichnet), Balloon-Ereignisse und Myon-Bündel-Ereignisse auf. Alle detektierten Ereignisse sind Myon-Bündel-Ereignisse, allerdings ergeben sich die weiteren Klassifikationen durch die Komposition der Myonen in dem Bündel oder anhand der Topologie der detektierten Ereignisse.

### 5.1.1 Myon Bündel

### 5.1.2 Hochenergetische Myonen

### 5.1.3 Balloon Ereignisse

## 5.2 Parameter S.2

## 5.3 Cuts S.2

## 5.4 Daten vs. MC S.4

SplineMPECharacteristics

- track\_hits\_separation\_length
- track\_hits\_distribution\_smoothness
- avg\_dom\_dist\_q\_tot\_dom

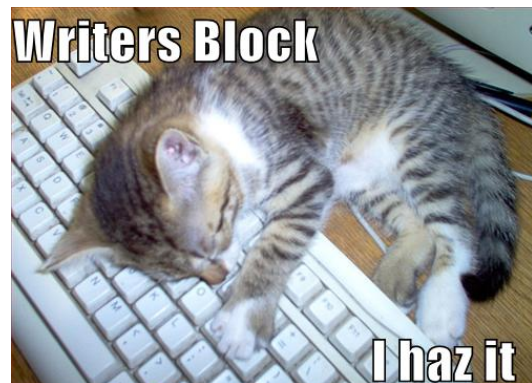


Abbildung 5.2: Eine Grafik



---

HitStatisticsValues.cog_z	PoleMuonLlhFitCutsFirstPulseCuts.s_dir
HitStatisticsValues.cog_z_sigma	PoleMuonLlhFitFitParams.nmini
HitStatisticsValues.z_max	SPEFitSingle_TTFitParams.nmini
U_CogRxy	U_DEDXALLDOMS_L10
U_DeltaZen	U_QmaxOverQtot
U_SmoothnessE_ABS	SplineMPEDirectHitsA.n_early_doms
SplineMPE.zenith	SplineMPEDirectHitsA.n_early_strings
LineFit_TTParams.lf_vel	SplineMPEDirectHitsC.n_dir_strings
LineFit_TTParams.lf_vel_z	SplineMPEDirectHitsE.dir_track_hit_distribution_smoothness
LineFit_TTParams.n_hits	SplineMPEDirectHitsE.n_dir_strings
MPEFitHighNoiseFitParams.nmini	SplineMPEFitParams.nmini
PoleMuonLlhFitCutsFirstPulseCuts.l_dir	SplineMPEMuEXDifferential.energy
PoleMuonLlhFitCutsFirstPulseCuts.n_dir	SplineMPEMuEXDifferential_r.value

---

**Tabelle 5.1:** Die besten 30 Parameter, welche mit Hilfe des MRMR-Algorithmus ermittelt wurden und zur Trennung der Untergrund- und Signalereignisse genutzt wurden.



## **6 Zusammenfassung S.2**



## **7 Ausblick S.2**



## **8 Danksagung**





## **A Ein Anhangskapitel**

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.



## Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Bachelorarbeit mit dem Titel „ $\text{\LaTeX}$ -Vorlage für die Bachelorarbeit“ 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.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## 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 € 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.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift