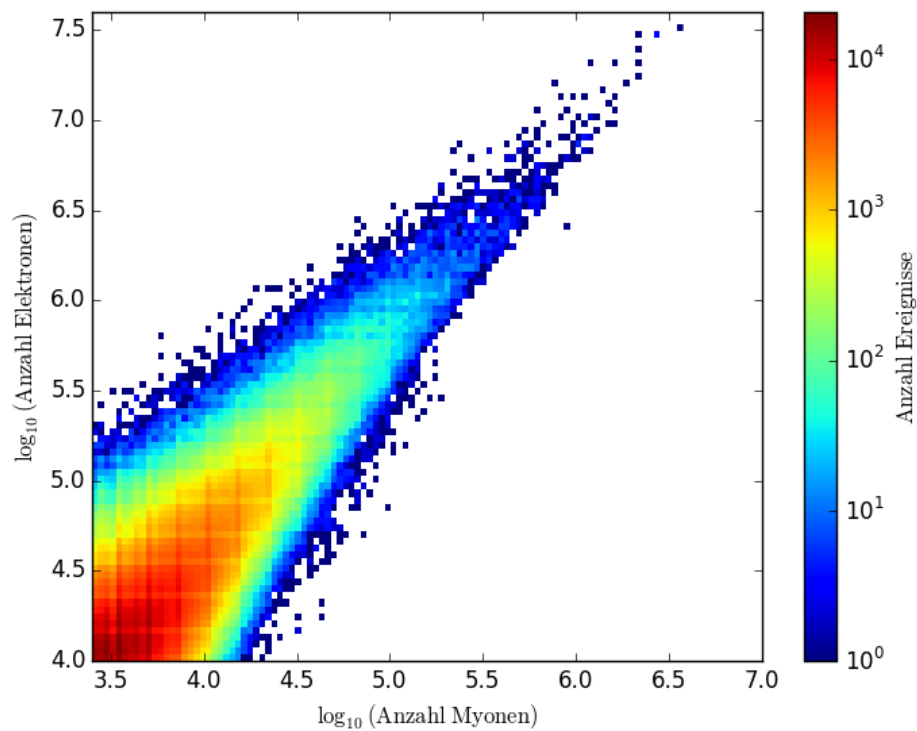


KCDC TUTORIAL – $N_E N_\mu$ -PLOT

WIE SCHWER IST EIN KOSMISCHES TEILCHEN?



Diese Beschreibung kann heruntergeladen werden unter

https://kcdc.iap.kit.edu/static/pdf/kcdc_education/NeNmuTutorialGe.pdf

Voraussetzungen

- Kenntnisse in der Programmiersprache Python 2.7
- Grundkenntnisse in matplotlib, numpy und dateutil
- Grundkenntnisse über Kosmische Strahlung
- Grundkenntnisse zu Luft Schauern

INHALT

Inhalt.....	2
Physikalischer Hintergrund	3
Warum ist die Masse der kosmischen Strahlung so interessant?	3
Wie kann man die Masse bestimmen?	3
Messung von Elektronen und Myonen im KASCADE Experiment	3
Ein-dimensionale Histogramme.....	4
Zwei-dimensionale Histogramme	5
Datensätze & Analyse	7
Erstellung des Plots.....	7
Interpretation des Plots	11
Glossar	13
Quellen & Links:.....	13
Anhang A. – Download der Datensätze im KCDC Data Shop	14
Anhang B. – Benötigte Files und Skripte.....	19
Anhang C – Verfügbare Datensätze	20

PHYSIKALISCHER HINTERGRUND

WARUM IST DIE MASSE DER KOSMISCHEN STRAHLUNG SO INTERESSANT?

Hochenergetische kosmische Teilchen (vollständig ionisierte Atomkerne) treffen auf ein Molekül in unserer Atmosphäre und lösen dabei eine Kaskade von Teilchen aus. Dabei geht das ursprüngliche Teilchen der kosmischen Strahlung "verloren". Das KASCADE-Experiment misst daher nur die entstandene Kaskade (den Luftschauer) am Boden und nicht direkt das kosmische Strahlungsteilchen.

Die Analyse der Luftschauermessung dient dann dazu, möglichst viel über das ursprüngliche Teilchen zu erfahren. Eine der Fragen ist dabei die nach seiner Masse, also ob es sich zum Beispiel um einen Eisenkern oder um ein einzelnes Proton (=Wasserstoffkern) gehandelt hat.

WIE KANN MAN DIE MASSE BESTIMMEN?

Die Masse kann man bestimmen, indem man die Elektronenanzahl mit der Myonen Anzahl im Luftschauer vergleicht. Aus anderen Experimenten hier auf der Erde weiß man, dass Myonen weniger mit der Atmosphäre wechselwirken als Elektronen. Werden Elektronen in der Atmosphäre erzeugt, dann reagieren sie schneller und häufiger mit Atomen der Luft. Dabei passiert es, dass Elektronen absorbiert werden, also dass das Elektron "verschluckt" wird und/oder neue Elektronen erzeugt werden.

Elektronen werden so lange vernichtet und erzeugt bis die Energie des ursprünglichen Teilchens verbraucht ist. Myonen dagegen erreichen, wenn sie einmal erzeugt wurden, häufig den Erdboden, allerdings werden wesentlich weniger Myonen in den Wechselwirkungen erzeugt als Elektronen. Je länger die Elektronen und Myonen durch die Atmosphäre fliegen, desto mehr verschiebt sich daher das Verhältnis zu Gunsten der Myonen.

Ein weiterer Faktor für dieses Verhältnis ist daher auch die Höhe in der Atmosphäre, in der die erste Wechselwirkung stattfindet. Eine einfache Regel dabei ist, dass je schwerer, also auch je größer ein kosmisches Strahlungsteilchen ist, desto früher trifft es ein Molekül der Atmosphäre und desto kleiner ist das Verhältnis von Elektronen zu Myonen.

Misst man daher am Erdboden die Anzahl der Elektronen und Myonen im Luftschauer, so kann man daraus schließen wie schwer ein kosmisches Strahlungsteilchen war.

Natürlich ist die Physik der Luftschauer nicht ganz so einfach. Neben der Art der kosmischen Strahlung haben nämlich auch noch andere Faktoren einen Einfluss auf die Anzahl der Elektronen und Myonen im Luftschauer. Zum Beispiel kann es passieren, dass ein leichtes kosmisches Teilchen "Pech" hat und schon sehr früh in der Atmosphäre auf ein Molekül trifft. Dann beginnt die Kaskade natürlich auch schon viel früher und das Verhältnis der Elektronen zu den Myonen entspricht nicht den Mittelwerten dieser Masse. In der Physik wird dieses Verhalten als Fluktuationen in den Wahrscheinlichkeiten der Wechselwirkungen und Erzeugung der Sekundärteilchen beschrieben.

Daher kann man auch nicht mit endgültiger Sicherheit für einen einzelnen Luftschauer sagen, ob er durch ein leichtes oder ein schweres kosmisches Teilchen erzeugt wurde.

Schaut man sich aber viele Luftschauer an (auch Ereignisse genannt), so kann man mindestens mit gewisser Wahrscheinlichkeit sagen, ob ein Luftschauer von einem leichten kosmischen Strahlungsteilchen ausgelöst wurde oder von einem Schweren.

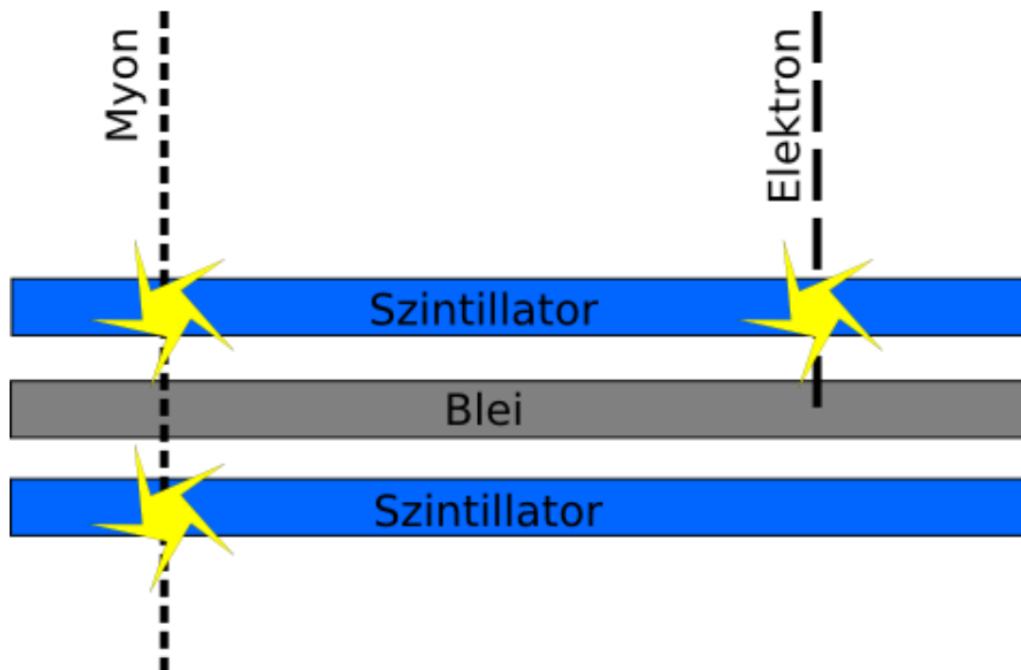
MESSUNG VON ELEKTRONEN UND MYONEN IM KASCADE EXPERIMENT

Für die Detektion von Elektronen und Myonen verwendet man Teilchendetektoren. Im Falle des KASCADE Experimentes benutzt man als Detektoren sogenannte Szintillatoren. Ein Szintillator ist ein Material, das sehr kurz aufleuchtet (ähnlich einem Lichtblitz), wenn ein geladenes Teilchen hindurch fliegt. Es ist somit möglich, die Anzahl geladener Teilchen zu messen, indem man einfach nur die Lichtblitze, bzw. die von diesen in einem sogenannten Photomultiplier erzeugten

Strompulse, zählt. Da Elektronen und Myonen beide geladen sind, kann man beide mit solch einem Teilchendetektor messen (in der Physik sagt man auch nachweisen oder detektieren).

Wie unterscheidet man nun aber Elektronen und Myonen?

Um Elektronen und Myonen zu unterscheiden, bedient man sich eines Tricks. Aus anderen Experimenten weiß man, dass Myonen sehr viel tiefer in Material eindringen als Elektronen. Das kann man sich zu Nutze machen. Man kann ein Detektormodul bauen, das aus zwei Szintillatoren besteht, zwischen denen sich eine dicke Bleiplatte befindet. Wenn nun ein geladenes Teilchen das Detektormodul komplett durchquert, also durch den ersten Szintillator, dann durch die Bleiplatte und anschließend durch den zweiten Szintillator fliegt, so leuchten beide Szintillatoren auf. Bleibt das geladene Teilchen jedoch in der



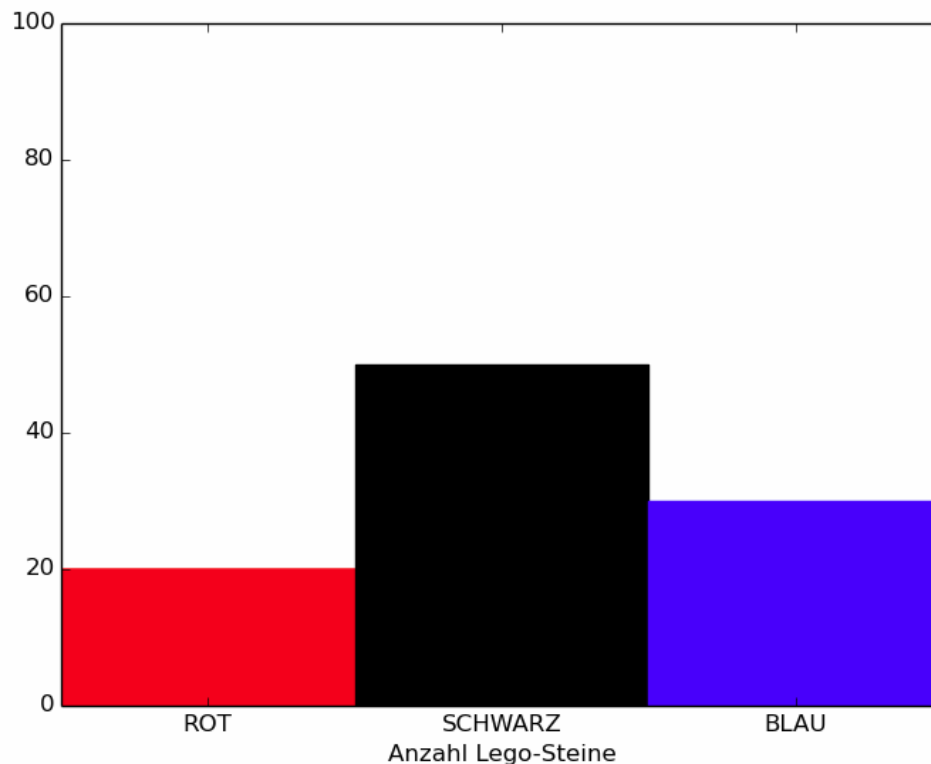
Das ist die Idee wie man Myonen von Elektronen unterscheiden kann. Da Myonen weniger stark mit Materialien wechselwirken als Elektronen, können Myonen den kompletten Detektor durchqueren und erzeugen damit zwei Lichtblitze. Elektronen dagegen bleiben fast immer in der Bleiplatte stecken und lösen somit nur einen Lichtblitz aus. Man zählt also einfach wie oft man zwei Blitze gesehen hat und wie oft man nur einen Blitz gesehen hat. Dies erlaubt es mit vielen Stationen abzuschätzen, wie viele Elektronen und wie viele Myonen im Luftschauer waren

EIN-DIMENSIONALE HISTOGRAMME

Ein Histogramm ist ein häufig gebrauchtes Hilfsmittel in der Physik, um komplizierte Daten zu untersuchen und aufzubereiten. Histogramme können in mehreren Dimensionen erstellt werden.

Was ist nun ein Histogramm? Beim Erstellen eines Histogramms wird im Wesentlichen nur gezählt, wie oft etwas vorkommt. Man kann sich Histogramme also als eine Reihe von Schubladen vorstellen, in die die Daten einsortiert werden. Als Beispiel dient eine Lego-Kiste mit einer bunten Mischung aus insgesamt 100 Steinen in den Farben Rot, Schwarz und Blau. Beim Aufräumen werden die Steine nach ihrer Farbe sortiert. Dasselbe passiert auch bei der Bildung eines Histogramms. Zunächst wählt man ein Kriterium (im Beispiel die Farbe) dann werden die Daten danach in Kategorien einsortiert. Die drei Kategorien wären in diesem Beispiel Rot, Schwarz und Blau.

Das Besondere an einem Histogramm ist, dass man kein direktes Interesse an den einzelnen sortierten Daten hat, sondern an der Anzahl der Daten in einer Kategorie. In unserem Lego-Beispiel entspricht dies der Anzahl blauer, roter und schwarzer Steine. Histogramme werden üblicher Weise graphisch so dargestellt.



In unserem Beispiel haben wir also 20 rote Steine, 50 schwarze Steine und 30 blaue Steine. Insgesamt also $20+50+30 = 100$ Steine in drei Kategorien.

Hinweis: Kategorien werden im Englischen als **Bins** bezeichnet!

Solch ein Histogramm nennt man ein-dimensional, da als Kriterium nur die Farbe berücksichtigt wird.

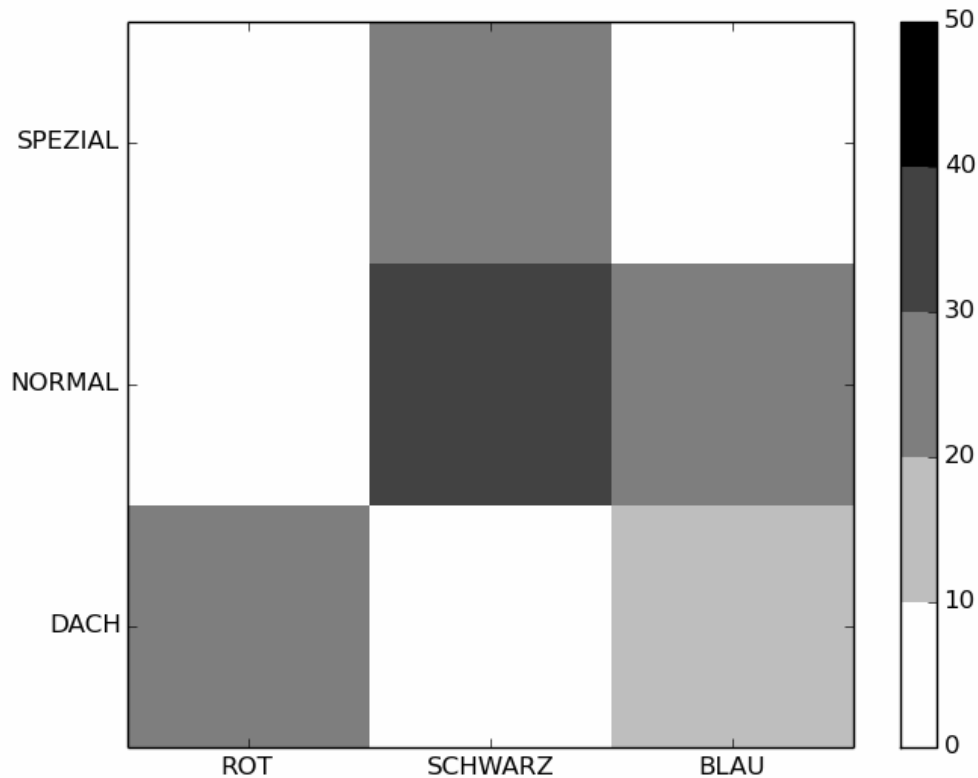
ZWEI-DIMENSIONALE HISTOGRAMME

Im zwei-dimensionalen Fall werden zwei Kriterien berücksichtigt. Das kann man sich am einfachsten an einem Setzkasten oder einem Schachbrett vorstellen. Anstatt die Steine nur nach Farbe zu sortieren, kann man sie gleichzeitig noch nach einem weiteren Kriterium sortieren. In unserem vorangegangenen Beispiel mit den Lego-Steinen z.B. nach der Art: Dachsteine, normale Steine und spezielle Steine. Damit gibt es dann zwei Kriterien:

Die Farbe mit drei Kategorien: - Rot - Blau - Schwarz

und die Art ebenfalls mit drei Kategorien: - Dachsteine - Normale Steine - Spezialsteine.

Zum Aufräumen der Lego-Steine werden jetzt nicht nur 3 Schubladen sondern 9 benötigt. Drei je Farbe und für jede Farbe nochmals 3 für jede Art (also schwarze Dachsteine, schwarze normale Steine, usw.) Nachdem alle Steine sortiert wurden, wird dann wieder gezählt, wie viele Steine in jeder Kategorie (oder auch Bin) liegen.



Da es sich in diesem Fall um ein zwei-dimensionales Histogramm handelt, wird die Anzahl der Legosteine in jeder Schublade farblich angezeigt. Aus obigem Plot kann man damit entnehmen, dass:

- alle roten Steine Dachsteine sind
- keine schwarzen Dachsteine existieren
- 10 blaue Dachsteine und 20 normale Steine aber keine Spezialsteine existieren
- dass es nur schwarze Spezialsteine gibt

usw.

Mit einem zwei-dimensionalen Histogramm lassen sich damit einfach Zusammenhänge darstellen und untersuchen, die von zwei Kategorien abhängen. In der Physik sind die Kategorien meistens Messgrößen wie zum Beispiel der Azimut- und der Zenit-Winkel, oder eben die Anzahl Elektronen und die Anzahl Myonen in einem Luftschauer.

DATENSÄTZE & ANALYSE

Um die Masse bestimmen zu können, muss die Elektronen- und Myonen-Anzahl im Luftschauer verglichen werden. Dazu bedient man sich der graphischen Darstellungsform (auch Plot genannt) eines zwei-dimensionalen Histogramms. Dieses Histogramm hat zwei Kriterien: Das erste Kriterium ist die Anzahl der Elektronen, das zweite Kriterium ist die Anzahl der Myonen im Luftschauer.

Mittels dieser beiden Kriterien lassen sich dann die Luftschauer, auch Ereignisse genannt, einsortieren.

Um das Histogramm zu erstellen wird zunächst ein Datensatz benötigt. Dafür verwenden wir den Datensatz „**DataNeNmu.zip**“, der entweder direkt von <https://kcdc.iap.kit.edu/Education/DataNeNmu.zip> heruntergeladen oder wie im Anhang-A beschrieben im KCDC DataShop angefordert werden kann (Details zu den Datensätzen siehe Anhang-C).

Für unsere Analysen verwenden wir folgenden Datensatz:

Ze	Zenitwinkel	range cut	18° - 24°
Ne	Anzahl der Elektronen	range cut	4. – 8.7 (log ₁₀)
Nmu	Anzahl der Muonen	range cut	2.5 – 7.7 (log ₁₀)
E	Rekonstruierte Energie	range cut	14. -18. (log ₁₀)

Außerdem muss für diese Aufgabe ein Computer programmiert werden. Es gibt eine Reihe von Programmiersprachen, welche diese Plots erstellen können. Im Folgenden wird ein Beispiel-Programm in Python diskutiert. Denkbar sind aber auch alle anderen Programme, die es ermöglichen, aus einer Textdatei (Zahlenreihen), wie sie von KCDC geliefert werden, Histogramme zu erstellen.

Die benötigten Programme und Bibliotheken, um dieses Programm zu schreiben sind wie folgt:

- Python 2.7/3.x
- matplotlib
- numpy

ERSTELLUNG DES PLOTS

Dieses Tutorial ist in Python geschrieben und geht jeden einzelnen Schritt in der Erstellung des Plots durch.

Um diesen Plot zu erstellen, müssen zuerst die benötigten Bibliotheken im Programm geladen werden. Zunächst die Bibliothek, welche das eigentliche Zeichnen des Plots erledigt.

```
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.colors as colors
```

Danach die numerische Bibliothek zum Lesen der Daten und Berechnen von Werten.

```
import numpy as np
```

Nachdem die Bibliotheken geladen sind, müssen zunächst die Rohdaten eingelesen werden. Dies geschieht über die numpy Bibliothek (im Code mit np abgekürzt). Dazu werfen wir zunächst einen Blick in die Rohdaten und die mitgelieferte Informationsdatei "info.txt".

Die "Info.txt" Datei enthält alle Informationen über das mitgelieferte Datenformat; also zum Beispiel welche Werte verfügbar sind. Da wir für diesen Plot an der Anzahl gemessener Elektronen und der Anzahl gemessener Myonen interessiert sind, entnehmen wir der "infos.txt", dass wir die Spalten mit der Kennzeichnung Ne (Elektronen) und Nmu (Myonen) benötigen. Außerdem ist hier angegeben, dass beide Größen logarithmisch angegeben sind. Diese Darstellung wurde gewählt, da sowohl die Elektronen-Anzahl als auch die Myonen-Anzahl zwischen einigen 100 und einigen 1 000 000 schwanken kann.

In der Physik sagt man auch, die Zahlen umfassen mehrere Dekaden. Um solch große Unterschiede besser darstellen zu können, verwendet man in der Physik den Logarithmus der Zahlen. Der Logarithmus ist eine mathematische Funktion, welche die Dekade angibt, also ob es sich um 10, 100, 1000 usw. handelt. Da es verschiedene Logarithmen in der Mathematik gibt, nennt man diesen den Logarithmus zur Basis 10.

Ein Beispiel verdeutlicht, was damit gemeint ist:

- $\log_{10}(10) = 1$
- $\log_{10}(100) = 2$
- $\log_{10}(1000) = 3$
- $\log_{10}(1500) = 3.1761$
- $\log_{10}(5000) = 3.6990$
- $\log_{10}(10000) = 4$

Vereinfacht ausgedrückt gibt der Logarithmus an, wie viele Nullen hinter der 1 stehen, wenn es sich um Potenzen von 10 handelt. Darum wird dieser Logarithmus auch der Logarithmus zur Basis 10 genannt.

Die angegebenen Werte für die Elektronen- und Myonen-Anzahl sind zur besseren Darstellung deshalb bereits logarithmisch angegeben.

Ein Blick in die Datei "array.txt" zeigt, dass wir die Spalten 3 und 4 benötigen.

E	Ze	Ne	Nmu
1.45581e+01	4.39082e+00	3.63374e+00	5.59538e-02
1.40149e+01	3.84734e+00	3.05025e+00	4.50847e+00
1.55442e+01	5.65031e+00	4.51845e+00	1.11908e-01
....			

Zum Einlesen verwenden wir die loadtxt Funktion aus der Bibliothek numpy. Da die erste Zeile der Datei "data.txt" eine Kommentarzeile ist, müssen wir diese beim Einlesen überspringen. Dies ist durch den Parameter skiprows möglich. Mit dem Parameter usecols können wir außerdem angeben, welche Spalten wir genau auslesen möchten (da man in der Informatik bei 0 mit zählen beginnt, sind es die Spalten 11 und 12!).

```
events = np.genfromtxt("array.txt", usecols=('Ne', 'Nmu'), names=True)
```

Die Daten werden nach dem Auslesen in der Variablen **events** gespeichert. **events** hat dabei die Form einer Tabelle mit zwei Spalten:

- Gemessene Anzahl Elektronen
- Gemessene Anzahl Myonen

Auf einzelne Ereignisse, also Zeilen der **events** Tabelle kann so zugegriffen werden:

```
events[0] # for the first line / the first event
```


Note: `'#'` marks a comment in Python

Die jeweilige Spalte erhält man, indem man wie folgt aufruft:

```
Events ['NE']    # for the 1st column (number of electrons)
```

Warnung: Da man üblicherweise bei 0 mit Zählen beginnt, ist die zweite Spalte somit durch den Index 1 gegeben!

Da es sich um einen großen Datensatz handelt, kann das Einlesen einige Minuten dauern. Nach erfolgreichem Einlesen der Daten müssen die Daten nun noch für das Plotten aufbereitet werden. Da wir ein zwei-dimensionales Histogramm erstellen wollen, müssen die Daten nun entsprechend vorbereitet werden. Dazu sortieren wir die Ereignisse zunächst in ein zwei-dimensionales Histogramm.

Um einzelne Bins zu definieren genügt es, die Funktion „arange“ aus der „numpy“ Bibliothek zu benutzen. Es werden zunächst die unteren und oberen Grenzen spezifiziert. Die dritte Zahl definiert die Binbreite. Die folgende Zeile gilt für Myonen deshalb ist eine Untere Grenze von 3,4 und eine obere Grenze von 7,0 gesetzt:

therefore a lower limit of 3.4 and an upper limit of 7.1:

```
xbins = np.arange(3.4, 7.1, 0.05) # muons
ybins = np.arange(4.0, 7.7, 0.05) # electrons
```

Nun, da wir unsere Bins festgelegt haben, müssen wir nur die Ereignisse sortieren. Dies wird direkt durch den hist2d Funktion aus der Bibliothek „matplotlib“ getan:

```
plt.hist2d(x=events['Nmu'], y=events['Ne'], bins=[xbins,ybins], norm=colors.LogNorm())
```

Der Funktion übergeben wir vier Parameter: die Myonen Anzahlen, die Elektronen Anzahlen, die zwei-dimensionalen Bins und die Farbskala.

Damit man wieder besser die Unterschiede erkennen kann, wird auch hier der Logarithmus auf das Histogramm hist angewendet. Dies geschieht über den Parameter *norm*, der eine logarithmische Farbtabelle zugewiesen bekommt.

Eigentlich ist der Plot an dieser Stelle schon fertig. Zur besseren Übersichtlichkeit bearbeiten wir den Plot jetzt aber noch etwas nach. Zunächst fügen wir eine sogenannte Colorbar, also eine Farbskala hinzu.

```
cbar = plt.colorbar()
```

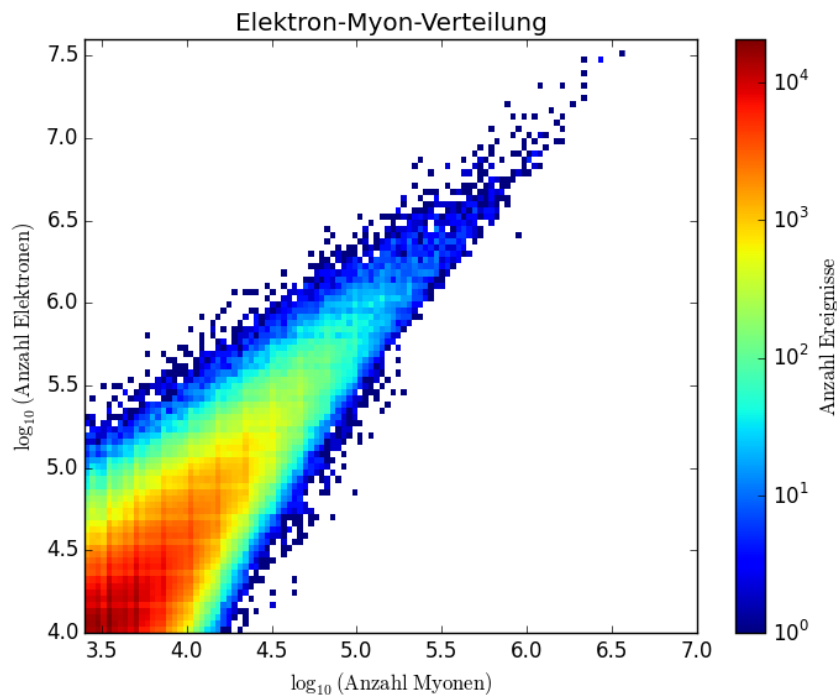
Abschließend ergänzen wir alle Achsen noch um Beschriftungen, damit unmissverständlich klar ist, welche Größen dargestellt sind

```
plt.xlabel("$\\rm{log}_{10} \\ \\rm{(number\\ \\muons)}$")
plt.ylabel("$\\rm{log}_{10} \\ \\rm{(number\\ \\ electrons)}$")
cbar.set_label("$\\rm{number\\ \\ events}$")
plt.title("Electron-Myon distribution")
plt.savefig("muons_electrons.png")
```

Damit ist der Plot fertig. Zum besseren Verständnis hier noch einmal das gesamte Script um die Daten zu plotten:

```
# -*-coding: utf-8 -*-  
# python script to plot a 2-dimemnsional Ne-Nmu histogram  
  
import matplotlib.pyplot as plt  
import matplotlib.colors as colors  
import numpy as np  
  
events = np.genfromtxt("array.txt", usecols=('Ne', 'Nmu'), names=True)  
  
xbins = np.arange(3.4, 7.1, 0.05) # Myonen  
ybins = np.arange(4.0, 7.7, 0.05) # Elektronen  
plt.hist2d(x=events['Nmu'],y=events['Ne'],bins=[xbins,ybins], norm=colors.LogNorm())  
cbar = plt.colorbar()  
plt.xlabel("$\\rm{log}_{10}\\ \\rm{(number\\muons)}$")  
plt.ylabel("$\\rm{log}_{10}\\ \\rm{(number\\electrons)}$")  
cbar.set_label("$\\rm{number\\events}$")  
plt.title("electron-muon distribution")  
plt.savefig("muons_electrons.png")  
plt.savefig("muons_electrons.svg")  
plt.savefig("muons_electrons.pdf")
```

Und das Endresultat:



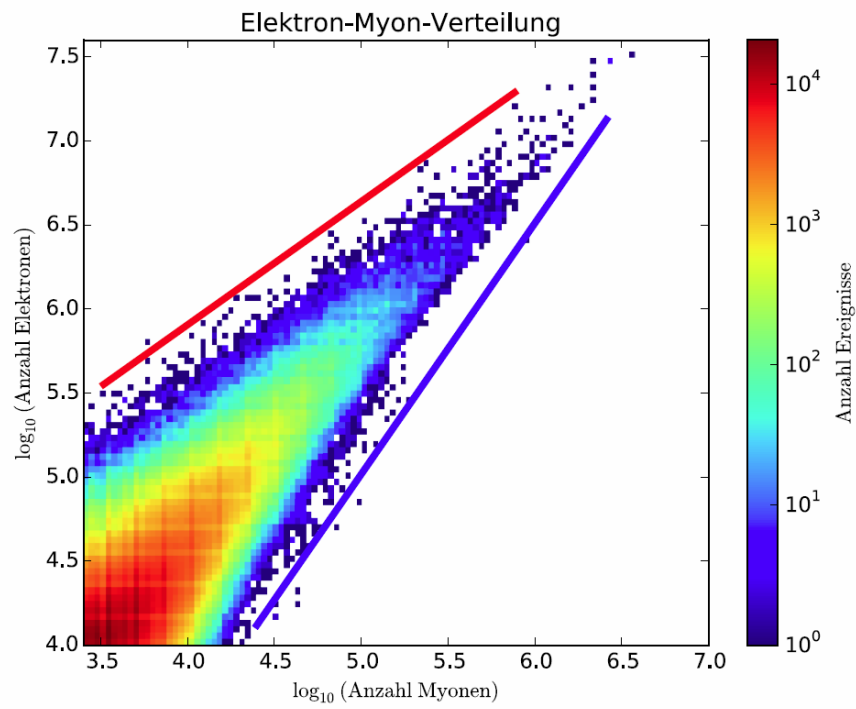
INTERPRETATION DES PLOTS

In obigem Plot ist zu erkennen, dass es einerseits keine Ereignisse gibt, welche nur Elektronen haben und andererseits auch keine Ereignisse existieren die nur Myonen haben. Alle Ereignisse sind damit immer eine Mischung aus Elektronen und Myonen. Außerdem sieht man, dass die Ereignisse sich um eine zentrale Achse, die Diagonale im Plot, gruppieren. Solch ein Verhalten nennt man eine Korrelation. Das bedeutet, dass ein kausaler Zusammenhang zwischen zwei Größen, also hier der Elektronenzahl und der Myonenzahl, existiert. Der Zusammenhang, der hier zu erkennen ist, lässt sich auch so formulieren: "Sind mehr Elektronen im Luftschauer, dann sind auch mehr Myonen im Luftschauer". Man erkennt aber auch sehr deutlich, dass diese Regel für kleine Myonen- und Elektronenzahlen nicht mehr gilt. Deshalb lässt sich auch kein Gesetz davon ableiten. So gilt zum Beispiel nicht: "Es sind immer doppelt so viele Myonen wie Elektronen im Luftschauer".

Eigentlich interessiert uns aber nicht diese Korrelation, sondern die Masse des kosmischen Strahlungsteilchens. Die kann man aus diesem Plot auch ablesen. Wie in der Einleitung unter dem Punkt Hintergrund diskutiert, kann man aus der Anzahl der Elektronen und Myonen auf die Masse des kosmischen Strahlungsteilchens zurück schließen. In unserem Plot ist auf der y-Achse die Anzahl der Elektronen aufgetragen und auf der x-Achse die Anzahl der Myonen.

Alle Ereignisse bilden im Plot ein "Birnen-Förmige" Struktur mit zwei Kanten. Luftschauer-Ereignisse in der Nähe der oberen Kante (rote Linie), haben relativ zu allen anderen Ereignissen relativ mehr Elektronen als Myonen. Luftschauer-Ereignisse in der Nähe der unteren Kante (blaue Linie) haben dagegen relativ zu allen anderen Ereignissen eher weniger Elektronen als Myonen. Mit unseren Überlegungen in der Einleitung lassen sich die Ereignisse in der Nähe der obigen Kante daher auf ein leichtes kosmisches Strahlungsteilchens zurückführen.

Da Protonen leichter als Eisenkerne sind, spricht man daher auch von der Proton- (obere) und Eisen- (untere) Kante.



GLOSSAR

eV	In der Physik ist das Elektronenvolt eine Einheit der Energie in der Atomphysik , Kernphysik und Teilchenphysik. Das Symbol ist eV. Per Definition ist das die Menge an Energie die gewonnen (oder verloren) wird wenn ein einzelnes Elektron in einem elektrischen Potentialunterschied von einem Volt durchläuft. Die höchste Energie die in der kosmischen Strahlung bislang gemessen wurde betrug ca 10^{20} eV, was dem Energiegehalt eines Tennisballs entspricht der sich mit 100 km/h bewegt, aber auf die Größe eines Atomkerns konzentriert ist.
Primär Energie	Der Primärenergie der hochenergetischen kosmischen Strahlung kann nicht direkt gemessen werden, da die ankommenden Teilchen mit den Molekülen der Erdatmosphäre kollidieren und eine Kaskade auslösen und damit für die direkte Messung am Erdboden verloren sind. Sehr große Detektorsysteme wie KASCADE können viele der sekundären Teilchen messen. Aus der von ihnen deponierten Energie in den verschiedenen Detektoren kann man Rückschlüsse ziehen auf die Energie und die Masse des Primärteilchens mittels hochentwickelter Simulationen, welche die Eigenschaften der Luftschauer und die Detektorantwortfunktionen einschließen.

QUELLEN & LINKS:

Kosmische Strahlung allgemein (deutsche Videos):

- <http://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri-218.html>
- http://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri--strahlung-2003_x100.html
- <http://www.weltderphysik.de/gebiet/astro/kosmische-strahlung/>

Programmierung

- <https://www.python.org/>

ANHANG A. – DOWNLOAD DER DATENSÄTZE IM KCDC DATA SHOP

Als registrierter KCDC User hat man Zugang zum DataShop auf der KCDC Homepage (<https://kcdc.iap.kit.edu/>) . Als nicht registrierten user wird man gebeten einen account zu eröffnen.

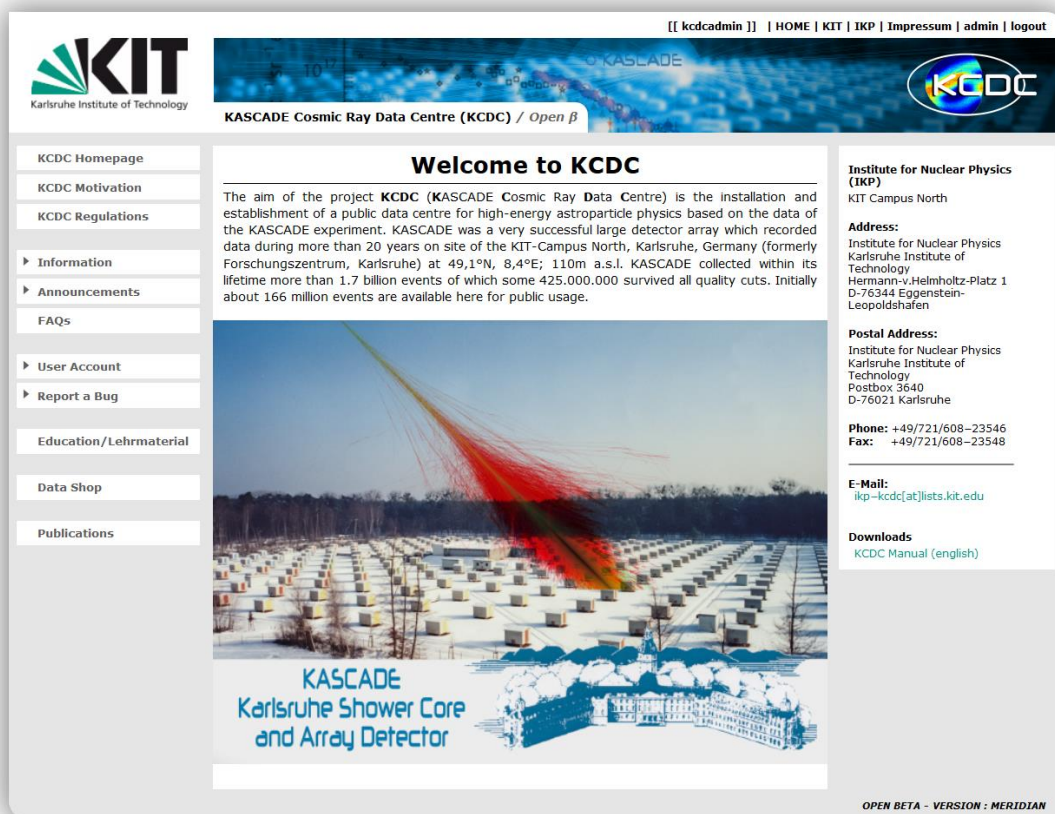


Fig. A.1.. *KCDC DataShop*

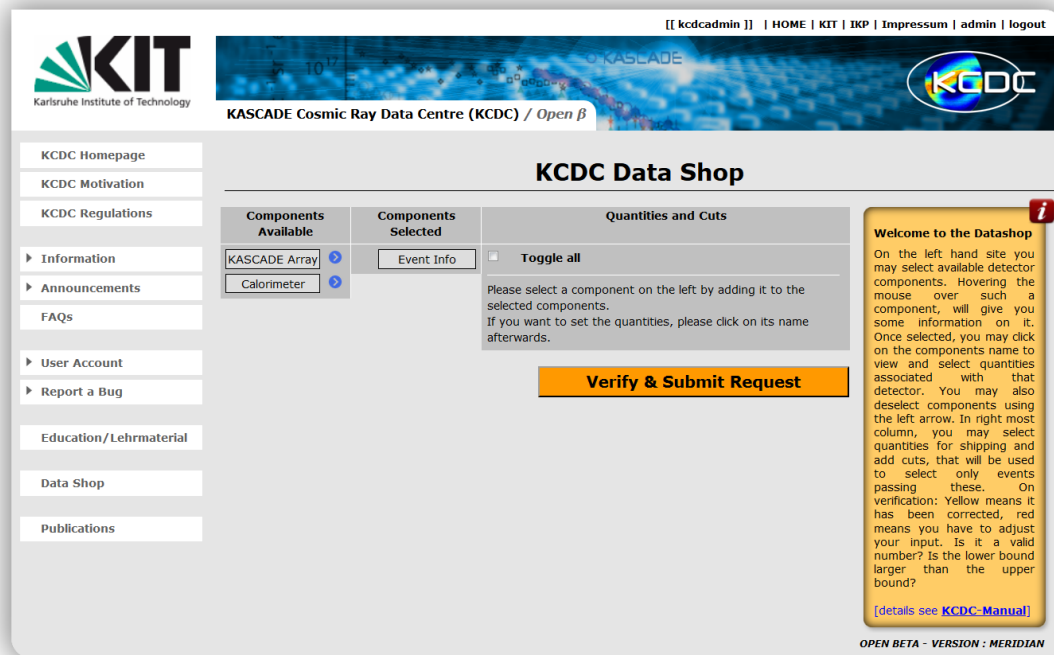


Fig. A.2.. *Auswahl der Detektorkomponenten und Quantities*

Über dieses Fenster lassen sich die Parameter, welche für die Analyse erforderliche sind, auszuwählen und Schnitte darauf anwenden, um die Menge der Daten die übertragen werden sollen zu reduzieren

In unserem Beispiel benötigen wir folgende Parameter:

- Ze Zenitwinkel
- Ne Anzahl der Elektronen
- Nmu Anzahl der Muonen
- E Rekonstruierte Energie
- Datetime Datum und Uhrzeit

Die Parameter ‚Run Number‘ und ‚Event Number‘ werden immer mitgeliefert da sie für die eindeutige Identifizierung eines Ereignisses erforderlich sind. Diese beiden Größen können nicht ausgewählt werden, aber da sie in einem anderen Array gespeichert sind (‚general.txt‘) können sie ignoriert werden.




[\[\[juergen \]\]](#) | [KIT](#) | [IKP](#) | [HOME](#) | [Impressum](#) | [admin](#) | [logout](#)

KASCADE Cosmic Ray Data Centre (KCDC) / Open β

[KCDC Homepage](#)
[KCDC Motivation](#)
[KCDC Regulations](#)

Information
[Announcements](#)
[FAQs](#)

User Account

Data Shop
[New Request](#)
[Review](#)
[Preselections](#)
[Publications](#)

[Education/Lehre](#)
[Report a Bug](#)

KCDC Data Shop

Components Available	Components Selected	Quantities and Cuts
Calorimeter	Event Info KASCADE	☐ Toggle all ☒ Energy range: 13 to 18 eV [log10] 14 to 18 eV [log10] Add Cut ☐ X Core Position range: -91 to 91 m Add Cut ☐ Y Core Position range: -91 to 91 m Add Cut ☒ Zenith Angle range: 0 to 60 ° 18 to 24 ° Add Cut ☐ Azimuth Angle range: 0 to 360 ° Add Cut ☒ Electron Number range: 2 to 8.7 [log10] 4 to 8.7 [log10] Add Cut ☒ Muon Number range: 2 to 7.7 [log10] 2.5 to 7.7 [log10] Add Cut ☐ Shower Age range: 0.1 to 1.48 Add Cut ☐ e/γ Density range: 0 to 2000 m⁻² ☐ Muon Density range: 0 to 100 m⁻² ☐ Arrival Times range: -1000 to 2000 ns

Verify & Submit Request

Welcome to the Datasshop
On the left hand site you may select available detector components. Hovering the mouse over such a component, will give you some information on it. Once selected, you may click on the components name to view and select quantities associated with that detector. You may also deselect components using the left arrow. In right most column, you may select quantities for shipping and add cuts, that will be used to select only events passing these. On verification: Yellow means it has been corrected, red means you have to adjust your input. Is it a valid number? Is the lower bound larger than the upper bound?
[\[details see KCDC-Manual\]](#)




[\[\[juergen \]\]](#) | [KIT](#) | [IKP](#) | [HOME](#) | [Impressum](#) | [admin](#) | [logout](#)

KASCADE Cosmic Ray Data Centre (KCDC) / Open β

[KCDC Homepage](#)
[KCDC Motivation](#)
[KCDC Regulations](#)

Information
[Announcements](#)
[FAQs](#)

User Account

Data Shop
[New Request](#)
[Review](#)
[Preselections](#)
[Publications](#)

[Education/Lehre](#)
[Report a Bug](#)

KCDC Data Shop

Components Available	Components Selected	Quantities and Cuts
Calorimeter	Event Info KASCADE	☐ Toggle all ☐ Air Temperature range: -20 to 50 °C Add Cut ☐ Air Pressure range: 980 to 1030 hPa Add Cut ☐ DateTime range: 1998-05-08 to 2003-12-20 2000-01-01 to 2000-12-31 Add Cut ☐ Global Time range: 8.946e+8 to 1.0719e+9 sec Add Cut ☒ Run Number range: 877 to 4683 Add Cut ☒ Event Number range: 1 to 3e+6 Add Cut ☐ Mt range: 0 to 9.99e+8 ns Add Cut

Verify & Submit Request

Welcome to the Datasshop
On the left hand site you may select available detector components. Hovering the mouse over such a component, will give you some information on it. Once selected, you may click on the components name to view and select quantities associated with that detector. You may also deselect components using the left arrow. In right most column, you may select quantities for shipping and add cuts, that will be used to select only events passing these. On verification: Yellow means it has been corrected, red means you have to adjust your input. Is it a valid number? Is the lower bound larger than the upper bound?
[\[details see KCDC-Manual\]](#)

Fig. A.3. *Anbringen der Schnitte – ,Cuts‘*

Wenn alle Parameter korrekt ausgewählt sind (siehe Bild) müssen noch die richtigen Schnitte angegeben werden. Dazu benutzt man die ‚add cut‘ Knöpfe der jeweiligen Quantity.

In unserem Beispiel werden 5 Schnitte angebracht um die Datenmenge zu reduzieren und gleichzeitig die Datenqualität zu erhöhen.

- Ze 18.0 - 24.0°
- Ne 4 - 8.7 (in log 10)
- Nmu 2.5 – 7.7 (in log10)
- E 14 – 18 (in log10)
- Datetime 2000-01-01 – 2000-12-31

Die Informations Boxen am rechten Rand geben Hilfestellung bei der Eingabe der korrekten Schnitte..

Datenanfrage abschicken – ‚Verify & Submit Request‘

Hier gibt es nochmals einen Überblick über die ausgewählten Parameter und die angewendeten Schnitte. Wenn alles ok ist mit ‚submit‘ Anfrage abschicken

The screenshot shows the KCDC Data Shop interface. At the top, there is a navigation bar with links: [[juergen]] | KIT | IKP | HOME | Impressum | admin | logout. The main header features the KIT logo (Karlsruhe Institute of Technology) and the KCDC logo (KASCADE Cosmic Ray Data Centre). Below the header, the page title is "KCDC Data Shop".

The main content area is titled "Check your selections and submit request". It contains two tables of selected parameters and cuts:

KASCADE				
Energy	range:	14	to	18 eV [log10] user cut
Zenith Angle	range:	18	to	24 ° user cut
Electron Number	range:	4	to	8.7 [log10] user cut
Muon Number	range:	2.5	to	7.7 [log10] user cut

Event Info				
DateTime	range:	2000-01-01	to	2000-12-31 user cut
Run Number	range:	877	to	4683 full range
Event Number	range:	1	to	3e+6 full range

Below the tables, the "Output Format" is set to "ASCII" (selected with a radio button). At the bottom of the main content area are two orange buttons: "Back" and "Submit".

On the right side, there is a "Welcome to the Datashop" box with an information icon. It contains a welcome message and instructions on how to use the interface, including a link to the "KCDC-Manual".

At the bottom right of the page, it says "OPEN BETA - VERSION : MERIDIAN".

Fig. A.4. *Übersicht der selektierten Daten und Schnitte*

In der ‚KCDC User Page‘ lässt sich der Status des Jobs verfolgen. Nach wenigen Sekunden schaltet der Status von ‚PENDING‘ auf ‚PROCESSING‘ was anzeigt dass der Job abgearbeitet wird. Nach erfolgreicher Beendigung erhält der Benutzer dann eine E-Mail mit einem Link über den er seine Daten herunterladen kann.

The screenshot displays the 'User Review Page' of the KASCADE Cosmic Ray Data Centre (KCDC). The page features a left sidebar with navigation links, a top header with the KIT logo and user links, and a main content area showing job details.

Navigation Links (Left Sidebar):

- KCDC Homepage
- KCDC Motivation
- KCDC Regulations
- Information
- Announcements
- FAQs
- User Account
- Data Shop
 - New Request
 - Review
 - Preselections
- Publications
- Education/Lehre
- Report a Bug

Top Header: [[juergen]] | KIT | IKP | HOME | Impressum | admin | logout

Main Content Area:

User Review Page

Your last requests were:

Submitted: **2016-02-10 22:31:49 UTC**, Data Format: **ASCII**, Status: **STARTED**

Buttons:

You have selected the following parameters and cuts for download:

Event Info				
Event Number	range:	1.0 to	3000000.0	full range
DateTime	range:	2000-01-01 to	2000-12-31	user cut
Run Number	range:	877 to	4683	full range

KASCADE				
Zenith Angle	range:	18 to	24 °	user cut
Muon Number	range:	2.5 to	7.7 [log10]	user cut
Electron Number	range:	4 to	8.7 [log10]	user cut
Energy	range:	14 to	18 eV [log10]	user cut

Submitted: **2016-02-10 17:41:16 UTC**, Data Format: **ASCII**, Status: **STARTED**

Buttons:

User Review Page (Info icon): This page holds all jobs submitted by the user. The 'Details' button gives a list of detector components, quantities and cuts applied as well as the status information of the job. To resubmit the job with the same or with different cuts press 'Resubmit'. To cancel a running job indicated by the status 'processing' press 'Cancel'. To delete a job which has been successfully processed press 'Delete'. To download a processed data set via ftp press 'Download'. [details see [KCDC-Manual](#)]

Fig. A.5. *Übersicht über ‚requests‘*

ANHANG B. – BENÖTIGTE FILES UND SKRIPTE

Das heruntergeladene File **DataNeNmu.zip** enthält 5 Files

- array.txt Datenfile mit den Messgrößen E, Ne, Nmu, Ze
- general.txt Datenfile mit den Messgrößen Datetime, R, Ev (wird immer mitgeliefert)
- row_mapping.txt Mapping Tabelle die die Korrelation zwischen ‚array.txt‘ und ‚general.txt‘ beinhaltet
- info.txt Informationen zu den gewählten Parametern, Schnitten und Eventzahl
- EULA.pdf Lizenzvereinbarung zur Datennutzung

Im gepackten File **ProgNeNmu.zip** werden die Programmbeispiele und benötigte Hilfen angeboten

- NeNmuPlot.py Python Programm Code

ANHANG C – VERFÜGBARE DATENSÄTZE

Für dieses Lehrbeispiel stehen 2 Datensätze zur Verfügung. Der ‚normale‘ Datensatz File **DataNeNmu.zip** enthält Daten wie sie oben beschrieben wurden, das File **DataNeNmu-large.zip** enthält Daten aus der gesamten bislang veröffentlichten Mußezeit von KASCADE. Details dazu sind in den folgenden Tabellen angegeben.

Datensatz	DataNeNmu	DataNeNmu-large
Size Zip-File	100 MB	513 MB
Anzahl Events	4.102.995	20.954.998
Size Datenfiles entpackt	390 MB	2.022 MB

‘Cuts’ bei Datensatz	DataNeNmu	DataNeNmu-large
Datetime	2000-01-01-2000-12-31	full range
E (log10) [eV]	14 – 18	14 – 18
Ze [°]	18 – 24°	18 – 24°
Ne (log10)	4.0 – 8.7	4.0 – 8.7
Nmu (log10)	2.5 – 7.7	2.5 – 7.7