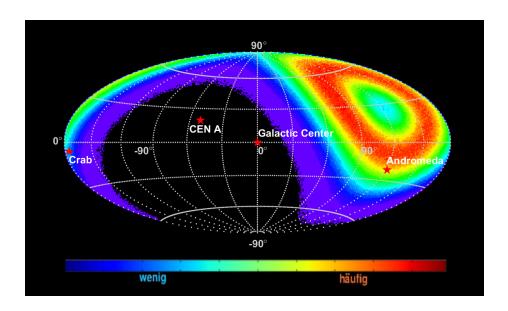




Version 4.0 / 2021-06-07

# KCDC TUTORIAL - SKYPLOT

## WAS SIEHT KASCADE AM HIMMEL?



### Diese Beschreibung kann heruntergeladen werden unter

https://kcdc.iap.kit.edu/static/pdf/kcdc\_education/SkymapTutorialGe.pdf

## Voraussetzungen

- Grundwissen über Astronomie
- Grundkenntnisse über Kosmische Strahlung
- Programmierkenntnisse in C/C++
- Grundkenntnisse zu Luftschauern
- Kenntnisse im Umgang mit dem Data Analysis Framework "ROOT"

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 1/17

## INHALTSVERZEICHNIS

Physikalischer Hintergrund	3
Wie kann man Aussagen über die Herkunft der Strahlung treffen?	3
Quellen der kosmischen Strahlung ?	3
Die Himmelskarte der kosmischen Strahlung	4
Warum ist ein Himmelsplot der kosmischen Strahlung interessant?	4
Analyse	4
Vorbereitung der Analyse	4
Daten analysieren und darstellen	6
Interpretation des Plots	7
Weiterführende Aufgaben	9
Glossar	9
Quellen und Links:	10
Anhang A. – Download der Datensätze im KCDC Data Shop	11
Anhang B. – Benötigte Files und Skripte	16
Anhang C – Verfüghare Datensätze	17

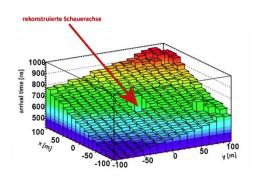
#### PHYSIKALISCHER HINTERGRUND

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 primäre kosmische Strahlungsteilchen.

Die Analyse der Luftschauermessung dient dazu, möglichst viel über das ursprüngliche Teilchen und dessen Herkunft zu erfahren. Daher ist neben seiner Masse und Energie auch die Frage nach der Herkunft von großem Interesse

#### WIE KANN MAN AUSSAGEN ÜBER DIE HERKUNFT DER STRAHLUNG TREFFEN?

Die Richtung aus welcher ein kosmisches Teilchen auf die Erdatmosphäre trifft, kann prinzipiell aus der rekonstruierten Schauerrichtung und der Ankunftszeit des kosmischen Schauers bestimmt werden. Die Einfallsrichtung des Schauers und



damit auch die Richtung des ankommenden Primärteilchens werden über die individuellen Ankunftszeiten der Sekundärteilchen in jeder KASCADE Detektor Station ermittelt.

Die Verteilung der individuellen Ankunftszeiten für die 252 Detektorstationen im KASCADE Array ist hier dargestellt. An diese Verteilung wird eine Fläche angepasst ( *gefittet* ), welche die Schauerfront charakterisiert und deren Flächennormale die Schauerrichtung und damit die Richtung des einfallenden Primärteilchens darstellt. Damit kennt man zwar die Richtung aus der das Schauerteilchen auf die Erdatmosphäre traf, über dessen

Entstehungsort in den Tiefen des Weltraums weiß man deswegen leider immer noch nicht mehr. Das Problem besteht nämlich darin, dass es sich, wie schon erwähnt, um Atomkerne handelt, also um geladene Teilchen, die im galaktischen oder intergalaktischen Magnetfeld abgelenkt werden und somit jegliche Information über ihren Entstehungsort verlieren.

#### QUELLEN DER KOSMISCHEN STRAHLUNG?

Die kosmische Strahlung wird nach ihrem Ursprung eingeteilt in:

- solare (Quelle ist die Sonne)
- galaktische (Quellen liegen innerhalb unserer Milchstraße) und
- extragalaktische (Quellen liegen außerhalb unserer Milchstraße)

#### kosmische Strahlung.

Der Hauptanteil der SOLAREN KOSMISCHEN STRAHLUNG ist der Sonnenwind, ein Strom geladener Teilchen von der Sonne der im Wesentlichen aus Protonen, Elektronen und Heliumatomkernen besteht und aus den äußeren Bezirken der Sonne stammt. Die Energie dieser Teilchen liegt unterhalb 10<sup>9</sup> eV.

Die kosmische Strahlung oberhalb dieser Energie bis hinauf zu ca. 10<sup>16</sup> eV hat mit größter Wahrscheinlichkeit galaktischen Ursprung und wird als GALAKTISCHE KOSMISCHE STRAHLUNG bezeichnet. In diesen Energiebereich ist der Gyroradius (auch Zyklotronradius) kleiner als der Durchmesser der Milchstraße weshalb diese Teilchen praktisch im Magnetfeld unserer Galaxie gefangen sind, d.h. diese nicht verlassen, und ohne Information über ihre Herkunft sind.

Als Quellen und Orte der Beschleunigung (also Erhalt der kinetischen Energie) kommen Überreste von Supernovae (wie z.B. der Krebsnebel) in Frage. Aber auch Pulsare oder Doppelsternsysteme mit Sternen sehr ungleicher Massen, wobei der Größere dem Kleineren Masse entzieht, gelten als Quellen.

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 3/17

Als EXTRAGALAKTISCHE KOSMISCHE STRAHLUNG werden die Teilchen mit den höchsten Energien bezeichnet, die durch bestimmte Mechanismen auf diese ultrahohen Energien beschleunigt werden, wobei leider der Ort der Beschleunigung unbekannt ist.

Eine Theorie der Beschleunigung besagt, dass ein massereiches schwarzes Loch im Zentrum einer Galaxie Materie aus seiner Umgebung akkretiert. Diese Materie kreist in einer Scheibe um das schwarze Loch und nähert sich diesem spiralförmig. Senkrecht dazu schießen Jets in den Weltraum, deren Stoßwellen die Teilchen auf höchste Energien beschleunigen können.

#### DIE HIMMELSKARTE DER KOSMISCHEN STRAHLUNG

Wären die diversen Magnetfelder nicht vorhanden könnte man aus der Schauerrichtung direkt auf den Ursprungsort der kosmischen Strahlung schließen. Sogar wenn man die Struktur der Magnetfelder genau kennen würde, könnte man über sogenannte Transportmodelle ebenfalls Rückschlüsse ziehen. Da die Verteilung und Struktur der Magnetfelder sowohl in unserer Milchstarße als auch im gesamten Universumjedoch nicht sehr gut verstanden ist, können uns nur die ultrahochenergetischen kosmischen Teilchen Informationen über ihren Entstehungsort liefern, da sie mit nahezu relativistischer Geschwindigkeit fliegend von den Magnetfeldern nicht abgelenkt werden und praktisch auf einer geraden Linie von der Quelle zur Erde kommen, falls die Quelle astronomische nahe ist.

#### WARUM IST EIN HIMMELSPLOT DER KOSMISCHEN STRAHLUNG INTERESSANT?

Dennoch ist es nicht uninteressant eine *Himmelskarte der kosmischen Teilchen* in allen Energiebereichen zu erstellen zumal diese sich auch dazu eignet die Qualität der Rekonstruktionssoftware zu überprüfen.

Solche Himmelskarten können eine Anhäufung von Ereignissen von nahen Quellen zeigen (Punktquellen), oder aber großräumige Strukturen (Anisotropien), aus denen auf Quellverteilungen oder auf Magnetfeldstrukturen in unserer Galaxie geschlossen werden kann.

#### **ANALYSE**

Dieses Tutorial stellt die wichtigsten Schritte zum Erstellen eines Skyplots in C/C++ zusammen.

- Einlesen und aufbereiten der Datensätze
- Transformation in galaktische Koordinaten
- Graphische Darstellung der Daten

Es gibt eine Reihe von Programmiersprachen, welche diese Analysen durchführen und die Plots erstellen können. Im Folgenden wird ein Beispiel-Programm in C/C++ diskutiert. Denkbar sind aber auch alle anderen Programme, die es ermöglichen, aus einer Textdatei (Zahlenreihen), wie sie von KCDC geliefert werden, Histogramme zu erstellen.

## **VORBEREITUNG DER ANALYSE**

Um ein Himmelsplot der KASCADE Schauer zu erzeugen werden folgende Parameter aus den KCDC Datensätzen benötigt:

- Ankunftszeit (Datetime, Gt, Mt): Zeit in Normalzeit oder Global Time und Mikrozeit zur Erhöhung der Präzision
- Schauerrichtung (Az, Ze) : Azimut- und Zenitwinkel
- Energie (E): rekonstruierte Primärenergie

Der für diese Beispielanalyse verwendete Datensatz *DataSkyplot.zip* steht unter dem Link <a href="https://kcdc.iap.kit.edu/Education/DataSkyplot.zip">https://kcdc.iap.kit.edu/Education/DataSkyplot.zip</a> zum Download bereit oder kann im *KCDC Data Shop* selbst generiert werden (Anleitung siehe Anhang-A).

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 4/17

Der Datensatz umfasst Daten aus 2 Jahren Messung (1999 und 2000). Es wird noch eine reduzierter datensatz aus nur einem Jahr Messzeit angeboten (Details siehe Tabelle).

Datensatz	DataSkyplot	DataSkyplot-small
Size Zip-File	1500 MB	677 MB
Anzahl Events	54.184.918	25.009.428
Size Datenfiles entpackt	5500 MB	2500 MB

Die mitgelieferte Info.txt Datei enthält alle Informationen über das Datenformat, also zum Beispiel welche Werte verfügbar sind und welche Wertebereiche diese Daten haben. Da wir für diesen Plot außer an der Schauerrichtung auch an der Ankunftszeit und für zusätzliche Aufgaben auch an der Energie interessiert sind, entnehmen wir der Datei Info.txt, dass wir die Spalten mit der Kennzeichnung E (Energie), Ze (Zenit Winkel), Az (Azimut Winkel), Date (Datum), Gt (Global Time) und Mt (Micro Time) benötigen. Die rekonstruierte Primärenergie E kann für interessante Schnitte herangezogen werden (siehe Zusatzaufgaben). Die Größe E ist logarithmisch angegeben da die Zahl zwischen 10 000 000 000 000 000 (10<sup>13</sup>) und 1 000 000 000 000 000 000 (10<sup>18</sup>) variiert.

Number of events matching Cuts: 54184918				
Your requ	Your requested observables:			
Even	t Info (general)			
Datetime	[DateTime]	type=Date	unit=None	Cut:1999-01-01 to 2000-12-31
Ev	[Event Number]	<pre>type=Numerical[Int32]</pre>	unit=None	
Gt	[Global Time]	type=Numerical [Int32]	unit=ssec	
Mt	[Mt]	type=Numerical [Int32]	unit=ns	
R	[Run Number]	type=Numerical [Int32]	unit=None	
KASC	ADE (array)			
Az	[Azimuth Angle]	type=Numerical [Float64]	unit=°	
Е	[Energy]	type=Numerical [Float64]	unit=eV [log10]	
Ze	[Zenith Angle]	type=Numerical [Float64]	unit=°	

Die ausgewählten Bereiche der Parameter umfassen den kompletten Datensatz von KASCADE, nur dass die gewählte Messzeit auf 2 Jahre beschränkt ist, damit die Größe des Datensatzes handlich und nutzbar bleibt.

Ein Blick in die Dateien general.txt, array.txt und row\_mapping.txt zeigt wie die ersten 6 Datensätze der in diesem Beispiel verwendeten Daten abgelegt sind.

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 5/17

#### general.txt

Datetime	Ev	Gt	Mt	R
1999-01-01T00:00:00	416017	915148800	193361200	1343
1999-01-01T00:00:03	416030	915148803	421418600	1343
1999-01-01T00:00:04	416033	915148804	569862000	1343
1999-01-01T00:00:05	416042	915148805	744010200	1343
1999-01-01T00:00:08	416048	915148808	32898800	1343
1999-01-01T00:00:08	416049	915148808	68794600	1343

#### array.txt row\_mapping.txt

Az	Ē	Ze
7.50128e+01	1.40745e+01	7.94404e+00
6.70648e+01	1.42112e+01	9.92480e+00
2.10905e+02	1.48564e+01	1.69232e+01
6.25648e+01	1.42619e+01	2.12107e+01
1.06364e+02	1.44839e+01	1.10257e+01
1.99112e+02	1.41801e+01	1.75415e+00

general	array
0	0
1	1
2	2
3	3
4	4
5	-1

#### DATEN ANALYSIEREN UND DARSTELLEN

Das KASCADE Experiment steht an einem festen Ort und hat in lokalen Koordinaten einen festen zugänglichen Winkelbereich für einfallende kosmische Teilchen (Azimut: 0-360 Grad, Zenit: 0-60 Grad). In diesen lokalen Koordinaten wird auch die Einfallsrichtung des Teilchens rekonstruiert. Durch die Drehung der Erde und ihre Bewegung innerhalb des Sonnensystems im Laufe eines Jahres muss mithilfe der genauen Messzeit (beschreibt den momentanen Ort der Erde) diese rekonstruierte Richtung in ein geeignetes Himmelskoordinatensystem, in dem zum Beispiel die Sterne unserer Milchstraße einen festen Platz haben, transformiert werden.

Für das Einlesen der Daten, das Transformieren in geeignete (Himmels-) Koordinatensysteme und die Darstellung der Ergebnisse in einem sogenannten Skyplot steht ein C++ -Programmpaket zum Download bereit. Außer dem eigentlichen Programm skymap.cpp beinhaltet das zip-File ProgSkyplot.zip eine Definitionsdatei skymap.h und eine Anleitung wie dieses Programm innerhalb von ROOT ausgeführt werden muss (README.txt). PropgSkyplot.zip kann über den Link <a href="https://kcdc.iap.kit.edu/Education/ProgSkyplot.zip">https://kcdc.iap.kit.edu/Education/ProgSkyplot.zip</a> heruntergeladen werden. Für die Ausführung des Programmes muss ein C-Compiler und das Data Analysis Framework ROOT des CERN installiert sein (Details zu ROOT siehe Abschnitt QUELLEN UND LINKS). Die entpackten Dateien skymap.cpp und skymap.h müssen in dem Verzeichnis stehen in welchem ROOT ausgeführt werden soll. Nachdem ROOT gestartet wurde, wird skymap.cpp übersetzt mit .L skymap.cpp+ und anschließend mit run() ausgeführt.

#### Programmablauf:

- Definitionen (Koordinaten von KASCADE, Umrechnungsparameter für Äquatorialkoordinaten (J2000))
- Definitionen f
  ür ROOT
- Event Loop
  - umrechnen von Zenitwinkel und Azimut Winkel in rad
  - o berechnen der Sternzeit für die Koordinatentransformationen
  - o Drehung des Achsensystems relativ zu KASCADE (Drehung 180°)

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 6/17

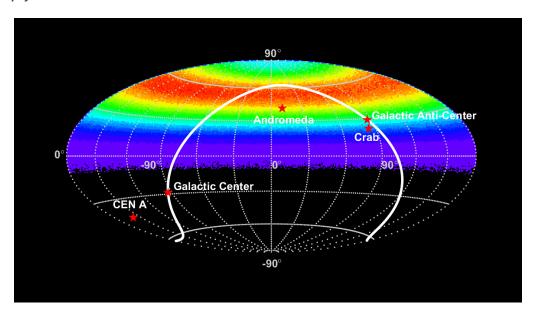
- Transformation Horizontal- → Äquatorialkoordinaten
- Transformation Äquatorialkoordinaten → galaktischer Koordinaten
- o durchführen der Projektion nach Hammer-Aitoff
- Einfüllen des Events in vordefinierte zweidimensionale Histogramme
- Ausgabe Plot
  - Zeichnen des Histogramms
  - o Zeichnen des Koordinatensystem (äquatoriale Ebene & galaktische Ebene)
  - o ausgeben als pdf

Das Ergebnis sind zwei Plots, welche den Himmel darstellen wie er von KASCADE gesehen wird.

Skymap\_equ.pdf
 Skymap\_gal.pdf
 Himmelsplot in Äquatorialkoordinaten
 Himmelsplot in galaktischen Koordinaten

#### INTERPRETATION DES PLOTS

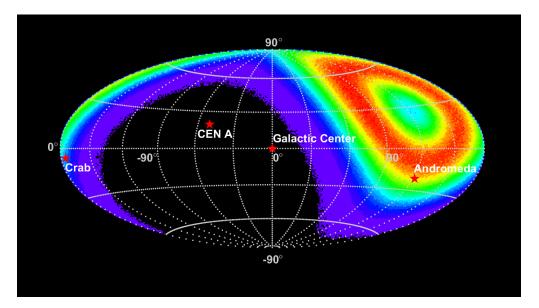
#### Skymap\_equ.pdf



Als **äquatoriales Koordinatensystem** bezeichnet man ein in der <u>Astronomie</u> verwendetes <u>geozentrisches Koordinatensystem</u>, also die Erde (der Beobachter) befindet sich in Zentrum bei 0/0. Die Achsen bezeichnet man als Deklination (Winkelabstand von der Äquatorebene; positives Vorzeichen für die Nordhalbkugel) und Rektaszension. In diesem von unserem KCDC-Tutorial erzeugten Plot sind neben den KASCADE Daten noch die galaktische Ebene und verschiedene astronomische Objekte eingezeichnet.

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 7/17

#### Skymap\_gal.pdf



Das galaktische Koordinatensystem ist eines der Koordinatensysteme die häufig in der Astronomie verwendet werden, da es für die Untersuchung des Milchstraßensystems hilfreich ist. Bezugsebene des galaktischen Koordinatensystems ist die Ebene der Milchstraße, die auch galaktische Ebene genannt wird (x-Achse). Nullpunkt ist die Sonne. Die galaktische Länge I wird in dieser Ebene entgegen dem Uhrzeigersinn gemessen. Die galaktische Breite b wird hierzu senkrecht gemessen, nach Norden positiv und nach Süden negativ.

#### Anmerkung

In diesen Bildern sind die reinen Häufigkeiten von gemessenen Ereignissen dargestellt. Dies bedeutet NICHT, dass die unterschiedlichen Farben Anisotropien in der Verteilung der Herkunftsrichtung der kosmischen Strahlung darstellen. Um eine solche zu erkennen, müsste die Verteilung noch auf die wahre Messzeit des KASCADE-Experimentes, sowie auf die winkelabhängige Effizienz des Detektors korrigiert werden. Das Erste ist notwendig, da der gesamte Himmel nur dann gleichförmig abgedeckt wäre, wenn KASCADE ein ganzes Jahr ununterbrochen messen würde (31.536.000 sec). Die zweite Korrektur wäre notwendig, da KASCADE erst ab einer bestimmten Anzahl von Sekundärteilchen Luftschauer rekonstruieren kann, diese aber aufgrund der dickeren Atmosphäre bei steigendem Zenitwinkel erst ab einer höheren Energie vorhanden sind. Diese Korrekturen nennt man "Normierung", die bei KASCADE zu einer Gleichverteilung der Ankunftsrichtungen führt, d.h. KASCADE hat keine Anisotropien gemessen.

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 8/17

## WEITERFÜHRENDE AUFGABEN

Zum Abschluss noch ein paar Vorschläge wie diese Aufgabe um ein paar interessante Darstellungen erweitert werden kann.

- erstelle der Skyplot im eingeschränkten Zenit Winkelbereich, z.B. 0° 5° (vertikale kosmische Schauer)
- erstelle der Skyplot für verschiedene Energiebereiche (Suche nach Punktquellen)

Beide Aufgaben können mit dem hier benutzten Datensatz *DataSkyplot.zip* gelöst werden indem in skymap.cpp die entsprechenden Schnitte einprogrammiert werden, oder aber über einen eigens dafür generierten Datensatz aus dem KCDC DataShop, analog zum Beispiel in Anhang-A mit entsprechenden Cuts auf die Quantities ZE oder/und E.

Eine weitere interessante Aufgabe wäre die Durchführung der Normierung der gemessenen Verteilung. Diese erfordert allerdings etwas tiefer gehende Kenntnisse in Astronomie und des Prinzips der Messung von Strahlung auf Erdgebundenen Experimenten, ist aber grundsätzlich mithilfe von KCDC möglich.

## **GLOSSAR**

eV	Das Elektronenvolt, auch Elektronvolt, ist eine Einheit der Energie, die in der Atom-, Kern- und Teilchenphysik häufig benutzt wird. Ihr Einheitenzeichen ist eV.
	Ein Elektronenvolt ist die Energiemenge, um welche die kinetische Energie eines Elektrons zunimmt, wenn es eine Beschleunigungsspannung von 1 Volt durchläuft.
	Die höchsten bislang gemessenen Energien liegen im Bereich von $10^{20}\text{eV}$ , das entspricht in etwa dem gesamten Energieinhalt eines Tennisballes, der sich mit ca. 100 km/h bewegt, aber auf die Größe eines Atomkernes konzentriert.
Primärenergie	Die Primäre Energie hochenergetischer kosmischer Strahlung ist nicht direkt messbar, da das einfallende kosmische Teilchen mit den Molekülen der Erdatmosphäre reagiert, Teilchenkaskaden auslöst und damit für den direkten Nachweis am Erdboden nicht mehr verfügbar ist. Großflächig angelegte erdgebundene Detektorsysteme wie KASCADE können viele dieser Sekundärteilchen nachweisen. Aus deren Energieverteilung lassen sich mit Hilfe von ausgeklügelten Simulationen, welche die Luftschauer und die Detektoreigenschaften beinhalten, Rückschlüsse auf die Energie des Primärteilchens ziehen.

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 9/17

## QUELLEN UND LINKS:

### Kosmische Strahlung allgemein:

- http://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri-218.html
- <a href="http://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri--strahlung-2003">http://www.br.de/mediathek/video/sendungen/alpha-centauri/alpha-centauri--strahlung-2003</a> x100.html
- http://www.weltderphysik.de/gebiet/astro/kosmische-strahlung/

#### **Astronomie:**

• Jean Meeus, Astronomische Algorithmen, Johann Ambrosius Barth Verlag, 1992

#### Programmierung:

http://root.cern.ch/root/html/

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 10/17

## ANHANG A. – DOWNLOAD DER DATENSÄTZE IM KCDC DATA SHOP

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

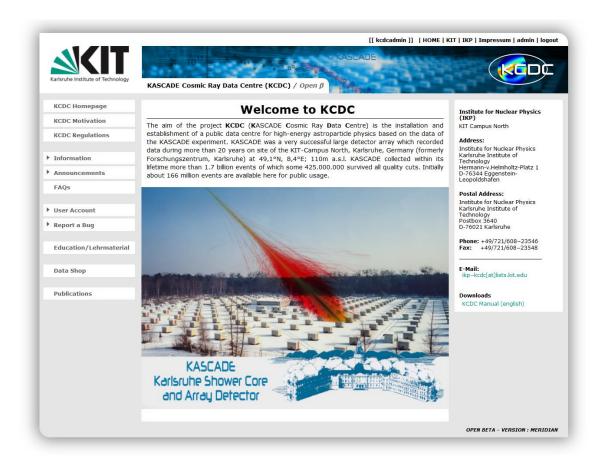


Fig. A.1. KCDC DataShop

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 11/17

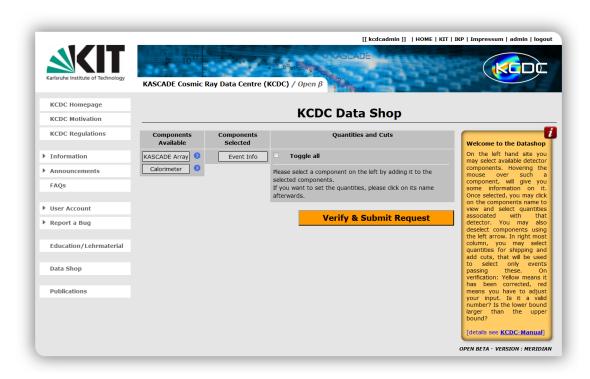


Fig. A.2. Auswahl der Detektorkomponenten und Quantities

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 ZenitwinkelAz Azimutwinkel

E Rekonstruierte EnergieDateTime Datum und Uhrzeit

GT Global TimeMT Mikro Time

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 abgewählt werden.

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 12/17

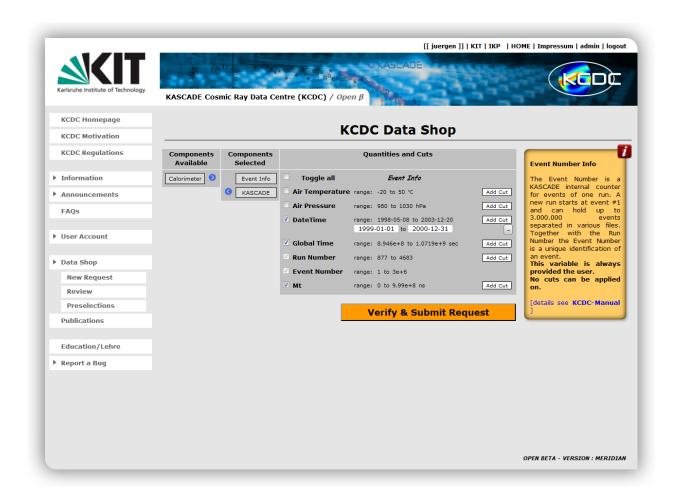


Fig. A.3. Anbringen der Schnitte – ,Cuts'

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.

Hier wird nur ein Schnitt auf "DateTime" benötigt um die Datenmenge zu reduzieren. Alle anderen Quantities werden in vollem Umfang angefordert.

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

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 13/17

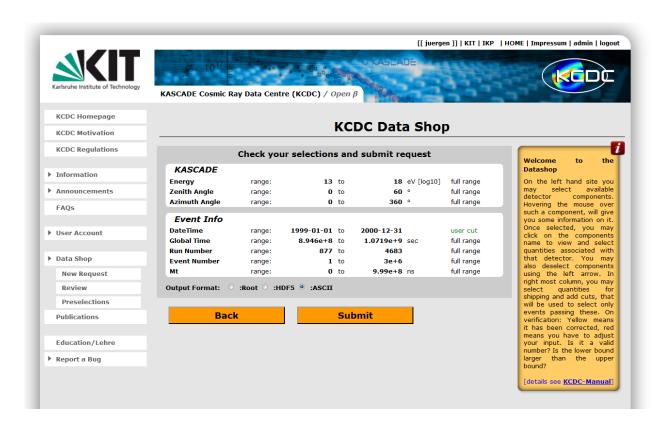


Fig. A.4. Übersicht der selektierten Daten und Schnitte

In der ,KCDC DataShop Review 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 zeigt die Statusinformation ,SUCCESS' an und der Benutzer erhält eine E-Mail mit einem Link über den er seine Daten herunterladen kann über den ,Download' Knopf auf dieser Seite.

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 14/17

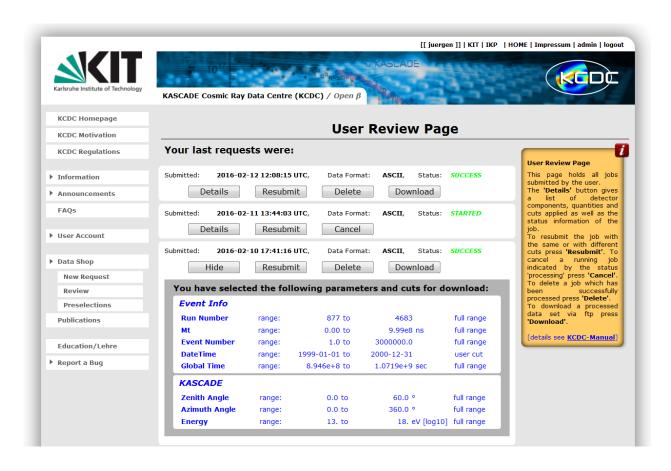


Fig. A.5. Übersicht über 'requests'

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 15/17

## ANHANG B. - BENÖTIGTE FILES UND SKRIPTE

### Das heruntergeladene File DataSkyplot.zip enthält 5 Files

array.txt Datenfile mit den Messgrößen E, Ze, Az

general.txt Datenfile mit den Messgrößen Datetime, Gt, Mt, sowie 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 **ProgSkyplot.zip** werden die Programmbeispiele und benötigte Hilfen angeboten

• skymap.cpp C++ Programm Code

skymap.h Include Fileskymap\_README.txt Hilfe Datei

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 16/17

## ANHANG C – VERFÜGBARE DATENSÄTZE

Für dieses Tutorial stehen zwei Datensätze zur Verfügung. Der "normale" Datensatz **DataSkyplot.zip** enthält Daten, wie im Text beschrieben, die Datei **DataSkyplot-small.zip** enthält Daten aus dem Zeitraum 1.1.1999 bis 31.12.1999. Details sind in den folgenden Tabellen angegebenen.

Datensatz	DataSkyplot	DataSkyplot-small
Größe Zip-File	1468 MB	677 MB
Anzahl Events	54.184.918	25.009.428
Größe des entpackten Datensatzes	5613 MB	2577 MB

Schnitte an die Daten	DataSkyplot	DataSkyplot-small
Datetime	1999-01-01-1999-12-31	1999-01-01-2000-12-31
Gt [sec]	8.946e+8 - 1.0719e+9	8.946e+8 - 1.0719e+9
Mt [ns]	0 - 9.99e8	0 - 9.99e8
E (log10) [eV]	13 - 18	13 - 18
Ze [°]	0 - 60°	0 - 60°
Az [°]	0 - 360°	0 - 360°

## Download:

https://kcdc.iap.kit.edu/Education/DataSkyplot.zip https://kcdc.iap.kit.edu/Education/DataSkyplot-small.zip

Skyplot\_Tutorial\_v4\_de 17/17