

Netzwerk Teilchenwelt

Experimente, Masterclasses und
weitere Aktivitäten



NETZWERK
TEILCHENWELT



Möglichkeiten als Vermittler:in im Netzwerk Teilchenwelt

- ▶ Aktivitäten Astroteilchenphysik
- ▶ Aktivitäten Teilchenphysik
- ▶ Urknall unterwegs
- ▶ Schülerforschungsarbeiten, Schülerpraktika
- ▶ Vernetzung, auf dem Laufenden bleiben



Astroteilchenphysik

- ▶ Nebelkammer
- ▶ CosMO-Detektor
- ▶ Kamiokanne
- ▶ Cosmic@Web
- ▶ Pierre Auger Masterclass
- ▶ IceCube Masterclass

Astroteilchen-Angebote: Nebelkammern

► Jedes Set beinhaltet Material für den Bau von 10 Nebelkammern:

- ① 10 durchsichtige Plexiglasboxen
 - ② 10 schwarz eloxierte Metallplatten mit Rille
 - ③ 10 Holzkisten mit Styroporauskleidung
 - ④ 100 Neodym-Magnete (8 mm x 3 mm)*
 - ⑤ 10 Stück Filz*
 - ⑥ 10 LED Taschenlampen (mit Batterien)*
- * in Holzkiste

Eine Mappe mit:

- 10 laminierten Anleitungen
- Hinweisen und Kopiervorlagen

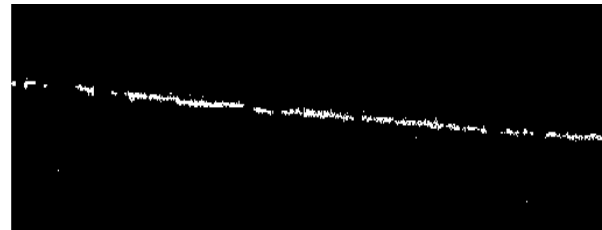
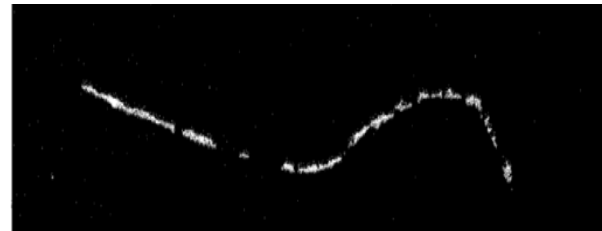
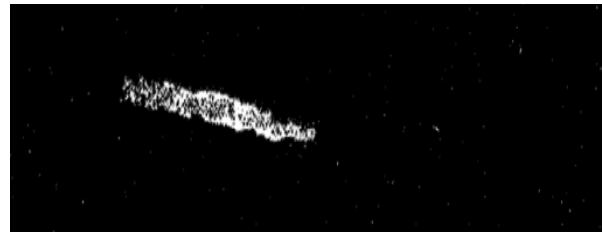


- Anleitung mit Kopiervorlagen, Hintergrundwissen, weiterführenden Links
- Nicht enthalten sind Verbrauchsmaterialien (Isopropanol, Trockeneis)

Astroteilchen-Angebote: Nebelkammern

Identifikation von Teilchenspuren

- Dicke, kurze Spuren
 - α -Teilchen (Helium-Kern)
 - aus Zerfall von Radon
- Dünne, krumme Spuren
 - niederenergetische Elektronen oder Positronen
 - aus β -Strahlung oder kosmischen Strahlung
- Dünne, lange, gerade Spuren
 - hochenergetische e^+ , e^- oder Myonen aus kosmischen Strahlung



Astroteilchen-Angebote: Detektoren

▶ Detektoren für Jugendliche

- Szintillations-Detektoren (CosMO)



[Mehr Infos](#)

- Cherenkov-Detektoren (Kamiokannen)



[Mehr Infos](#)

- CosMO an ca. 20 Standorten vorhanden
- Verschiedene Messungen (Winkel, Lebensdauer, Abschirmung)
- Ausleihbar
- Gut geeignet für Forschungswochen und Projektarbeiten

Astroteilchen-Angebote: Cosmic@Web



Cosmic@Web - Tools zur Online-Analyse

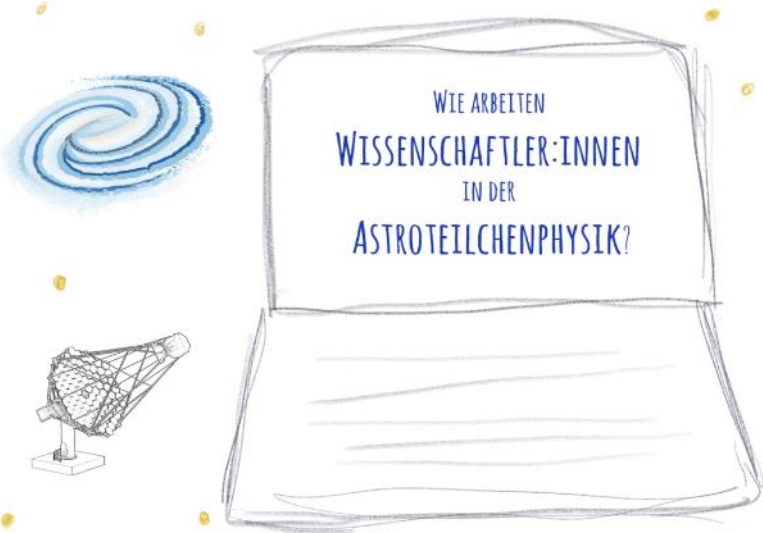


Abb.: Carolin
Schwert

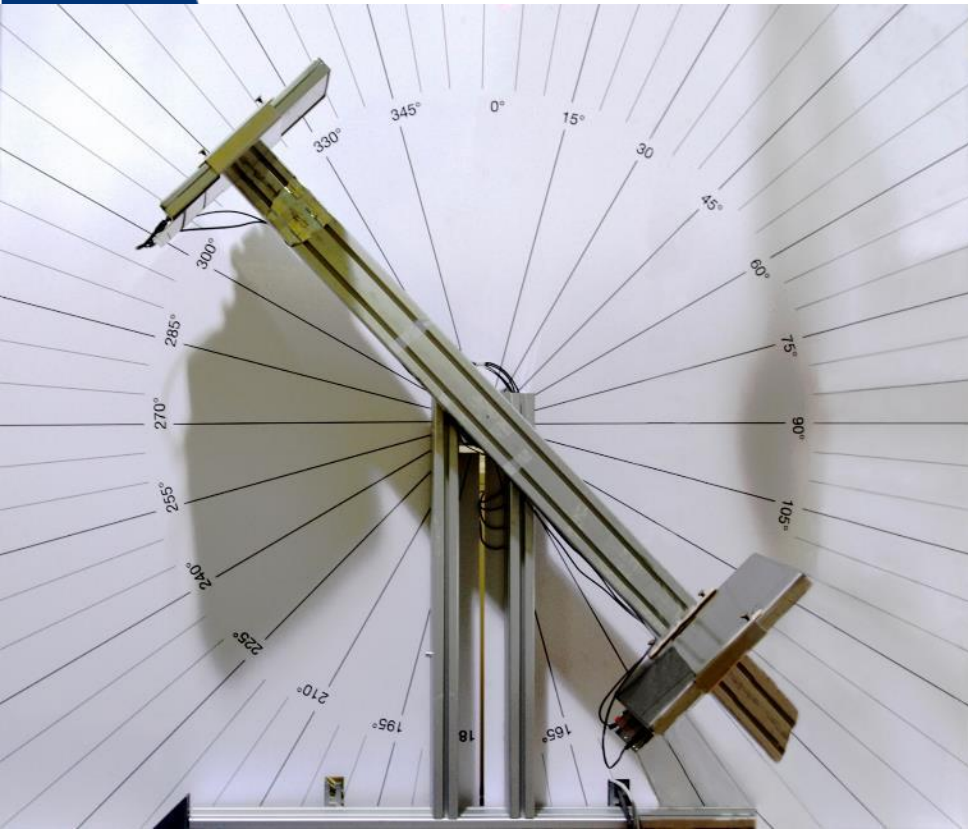
Cosmic@web

- Grundlagenwissen
- Experimentbeschreibung
- Bedienungsanleitung
- Glossar Literaturhinweise
- ausführliche Analysen
- Datenfilter

Astroteilchen-Angebote: Cosmic@Web

Experimentelle Daten zur Untersuchung von kosmischen Teilchen, u. a.:

- Lebensdauer von Myonen
- Abhängigkeiten der Myonenrate von unterschiedlichen Faktoren



CosMO-Mühle (Zeuthen)



Neumayer III Station (Antarktis)

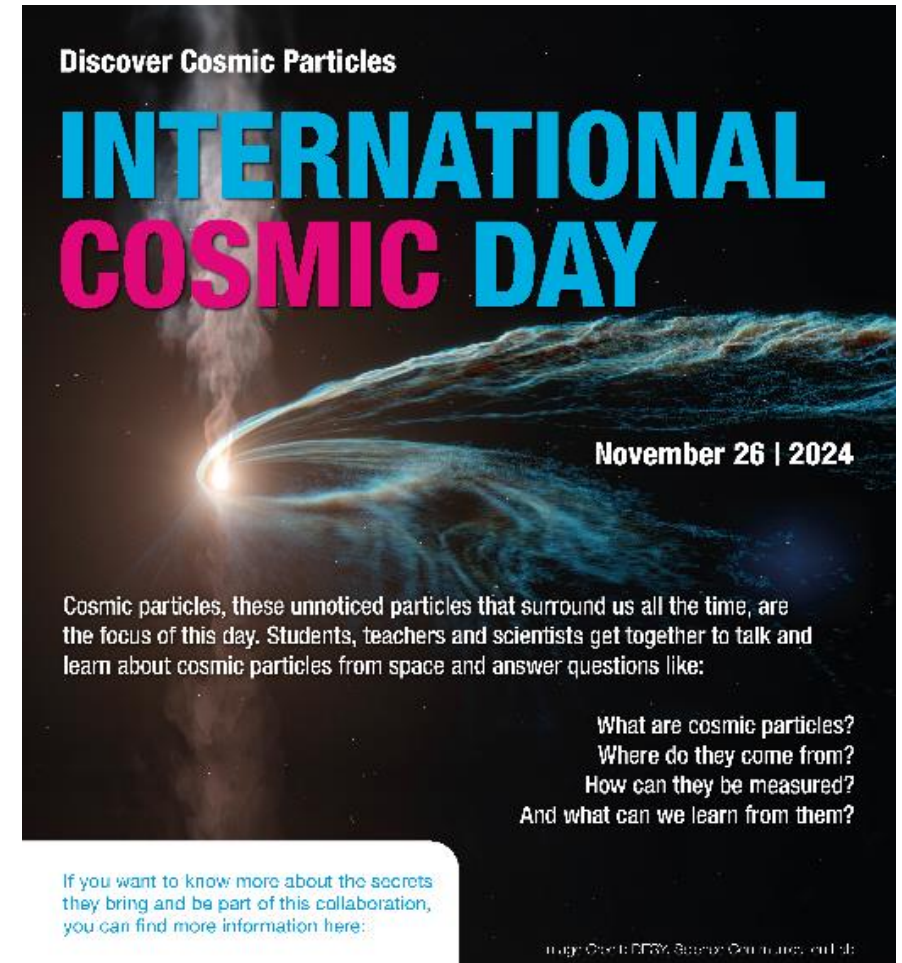


Forschungsschiff Polarstern

International Cosmic Day

- ▶ Jedes Jahr im November
- ▶ <https://icd.desy.de/>

- 26.11.2024 08:00-13:00
International Cosmic Day @ Uni Münster
MExLab Experimente, Münster Corrensstraße 2, Münster, Nordrhein-Westfalen
Was sind kosmische Teilchen? Wo kommen sie her? Wie können sie gemessen werden? Macht mit beim „International Cosmic Day“ und findet die Antwort auf diese Fragen. Jugendliche und Lehrkräfte auf [...]
- 26.11.2024 09:00-16:00
International Cosmic Day @ Uni Mainz
Johannes Gutenberg-Universität Mainz Staudinger Weg 7, Mainz, Rheinland-Pfalz
Was sind kosmische Teilchen? Wo kommen sie her? Wie können sie gemessen werden? Macht mit beim „International Cosmic Day“ und findet die Antwort auf diese Fragen. Jugendliche und Lehrkräfte auf [...]
- 26.11.2024 09:00-17:00
International Cosmic Day 2024 @ Uni Bonn
Forschungs- und Technologie-Zentrum Detektorphysik Kreuzbergweg 24, Bonn, Nordrhein-Westfalen
Was sind kosmische Teilchen? Wo kommen sie her? Wie können sie gemessen werden? Macht mit beim „International Cosmic Day“ und findet die Antwort auf diese Fragen. Jugendliche und Lehrkräfte auf [...]
- 26.11.2024 09:00-15:00
International Cosmic Day @ Uni Würzburg
EMD-Center der Julius-Maximilians-Universität Würzburg Matthias-Lexer-Weg 25, Würzburg, Bayern
Was sind kosmische Teilchen? Wo kommen sie her? Wie können sie gemessen werden? Macht mit beim „International Cosmic Day“ und findet die Antwort auf diese Fragen. Jugendliche und Lehrkräfte auf [...]
- 26.11.2024 09:00-16:15
International Cosmic Day 2024 @ TU Dresden
Technische Universität Dresden Zellescher Weg 19, Dresden, Sachsen
Was sind kosmische Teilchen? Wo kommen sie her? Wie können sie gemessen werden? Macht mit beim „International Cosmic Day“ und findet die Antwort auf diese Fragen. Jugendliche und Lehrkräfte auf [...]
- 26.11.2024 09:30-15:00
International Cosmic Day @ Hoyerswerda
ZCOM Zuse-Computer-Museum Dietrich-Bonhoeffer-Straße 1-3, Hoyerswerda, Sachsen
Was sind kosmische Teilchen? Wo kommen sie her? Wie können sie gemessen werden? Macht mit beim „International Cosmic Day“ und findet die Antwort auf diese Fragen. Jugendliche und Lehrkräfte auf [...]



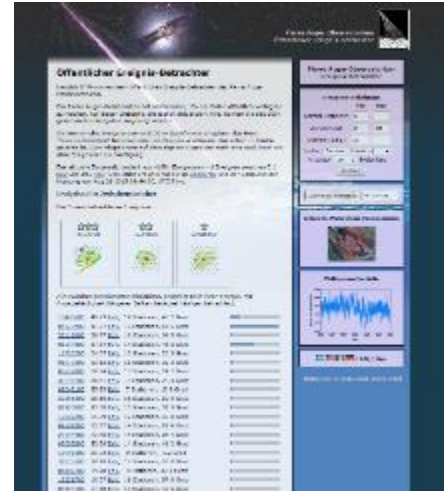
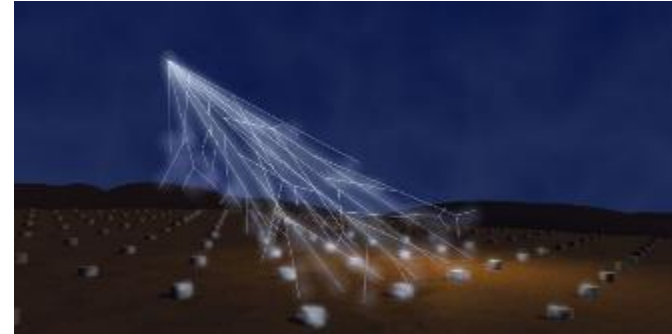
In cooperation with
many networks and partners



Astroteilchen: Auger Masterclass

Jugendliche...

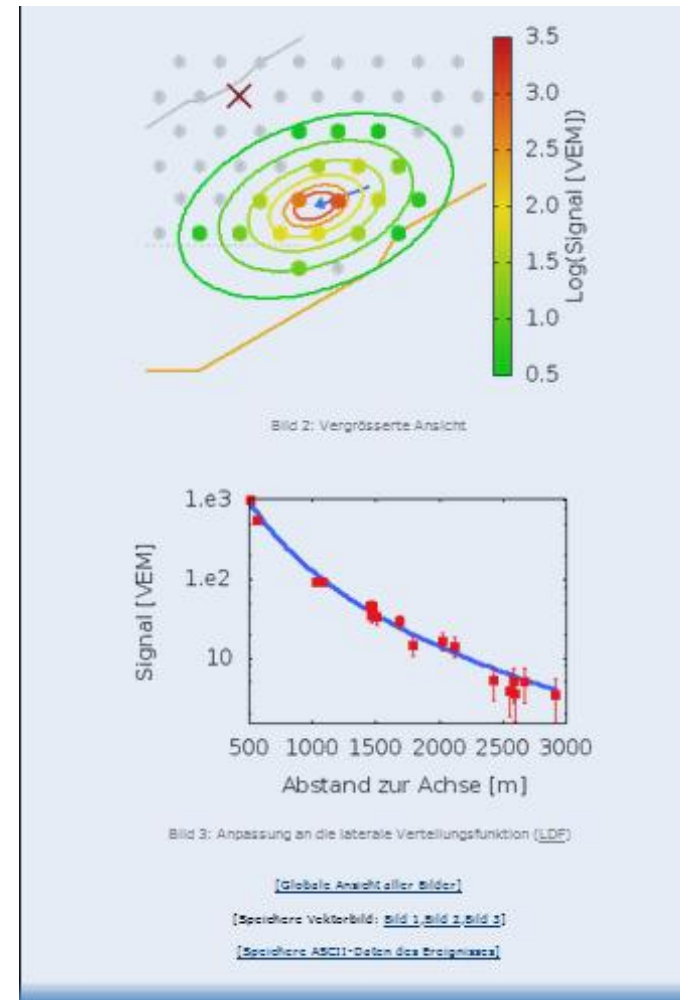
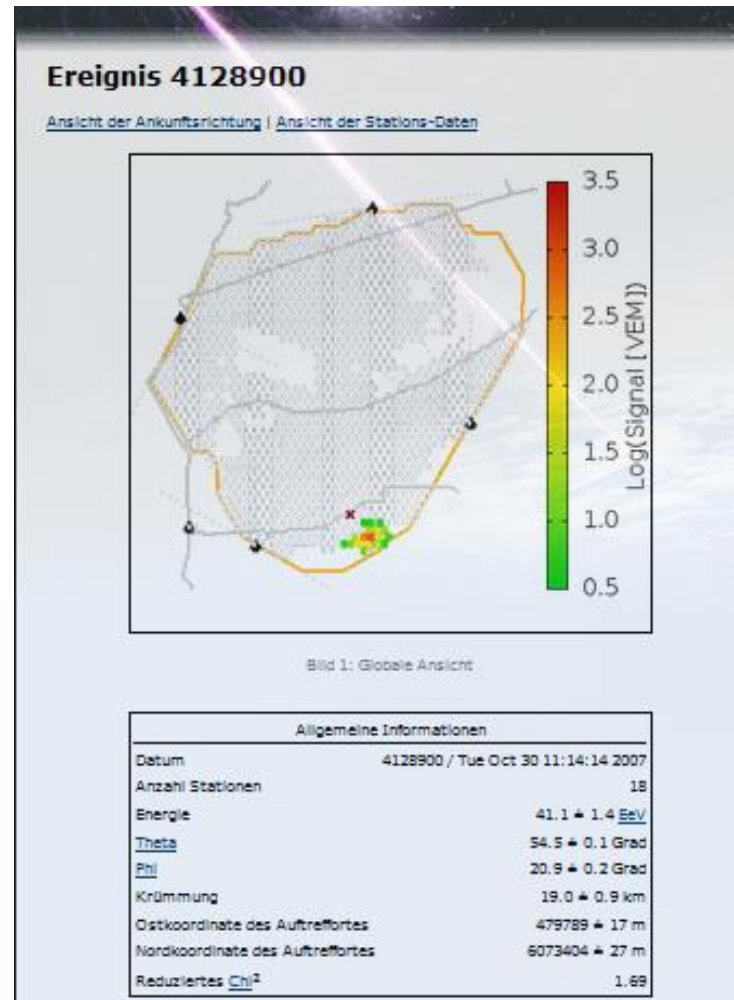
- ▶ rekonstruieren einen Teilchenschauer
- ▶ leiten daraus physikalische Gesetzmäßigkeiten her
- ▶ können ihr Wissen in Physik, Mathematik und Informatik ausbauen:
 - Gewichteter Mittelwert
 - Arbeit mit einem Tabellenkalkulationsprogramm
 - Trigonometrie
 - Polar- bzw. Kugelkoordinaten
 - Koordinaten- und Vektorgleichung
 - Fitten, Fehlerrechnung, e-Funktion



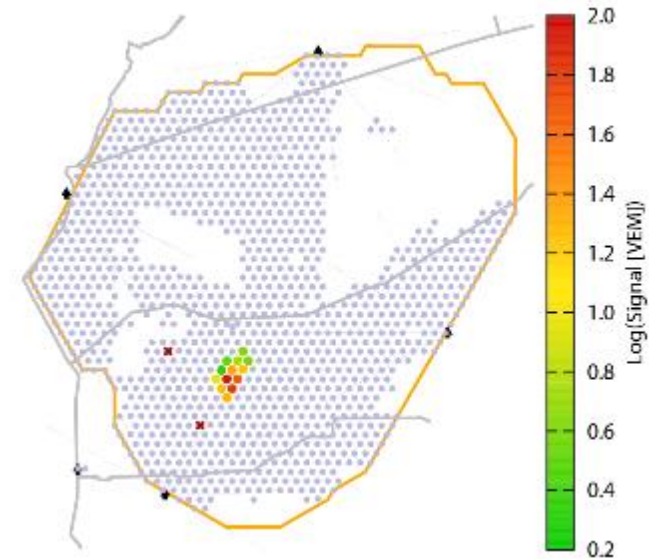
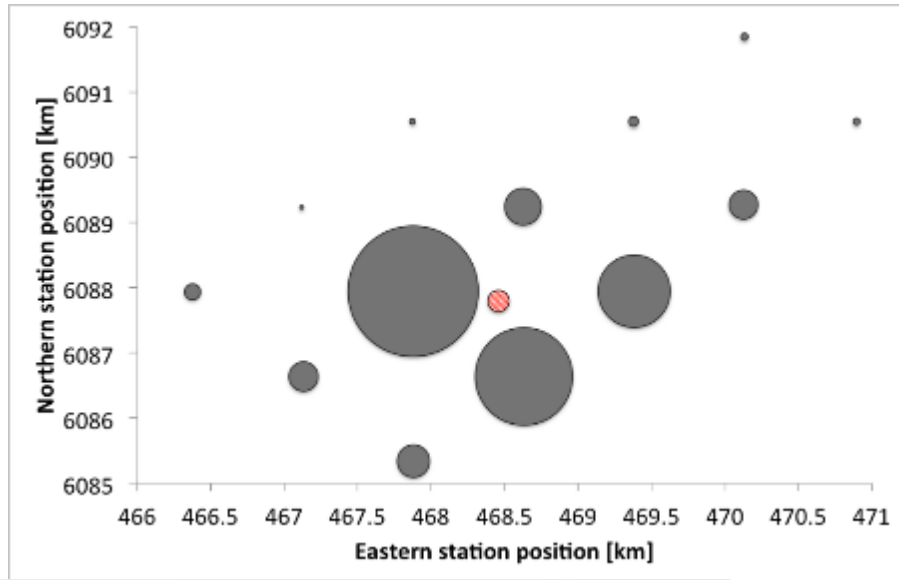
1 % der Daten öffentlich verfügbar

<http://auger.uni-wuppertal.de/ED/>

Betrachtung von einem Ereignis

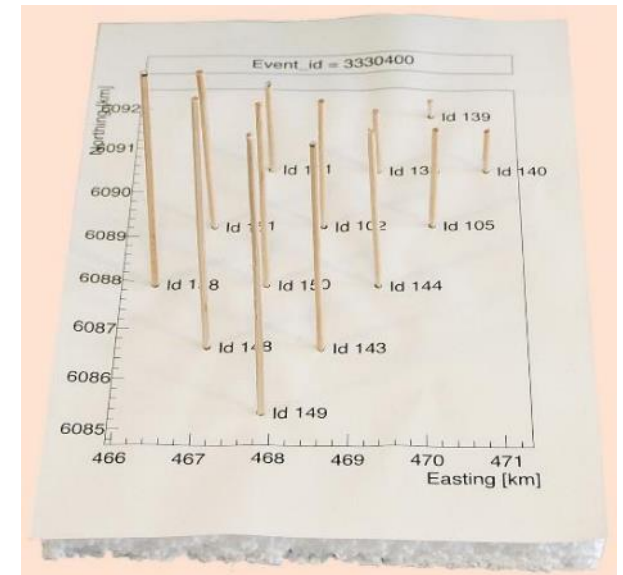


Auftreffpunkt des Schauers



Allgemeine Informationen	
Datum	3330400 / Sun Apr 15 09:31:09 2007
Anzahl Stationen	13
Energie	9.7 ± 0.6 EeV
<u>Theta</u>	59.2 ± 0.1 Grad
<u>Phi</u>	62.2 ± 0.2 Grad
Krümmung	21.2 ± 2.0 km
Ostkoordinate des Auftreffortes	468352 ± 51 m
Nordkoordinate des Auftreffortes	6087466 ± 58 m
Reduziertes <u>Chi</u> ²	2.33

Bau eines Modells
→ Schauerfront



Neue Auger-Masterclass

- ▶ Erstmalig bei den International Masterclasses 2023

Concept of Auger Masterclass

Question: What is the origin of ultra-high energy cosmic rays?

Experimental procedure:

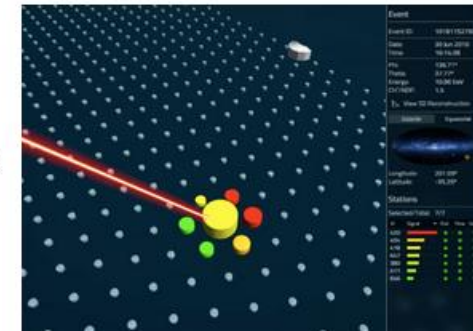
- ▶ reconstruct the arrival direction and energy of real Auger events + perform event selection
- ▶ a sky map with the reconstructed arrival directions of selected events is produced and discussed

Student starting point



Surface Detector stations time and signal only

Reconstructed event



← energy
← arrival direction

Results from 1 student



<https://augermasterclasses.lip.pt/>

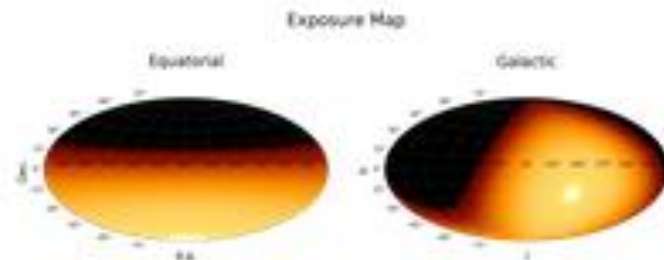
Combination and discussion of results

Auger Masterclass discussion of the results

1) sky-map coordinates

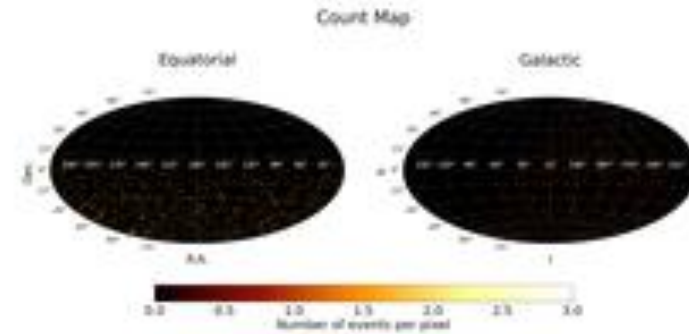


2) observatory exposure to the sky

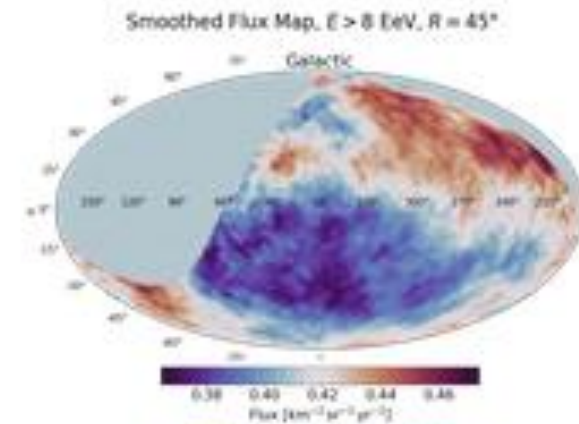


combining statistics of from all students

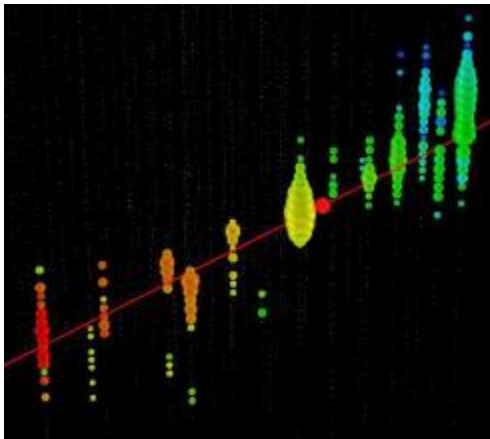
3) count maps of arrival directions



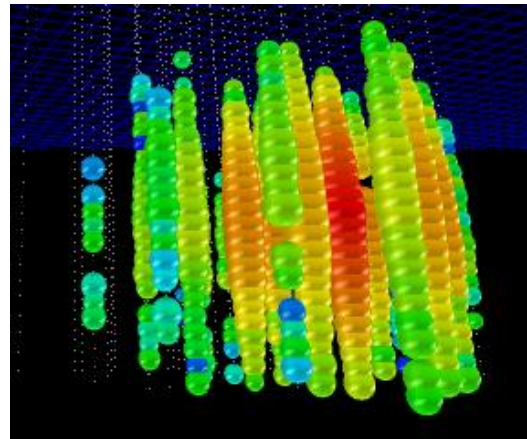
4) smoothed flux map



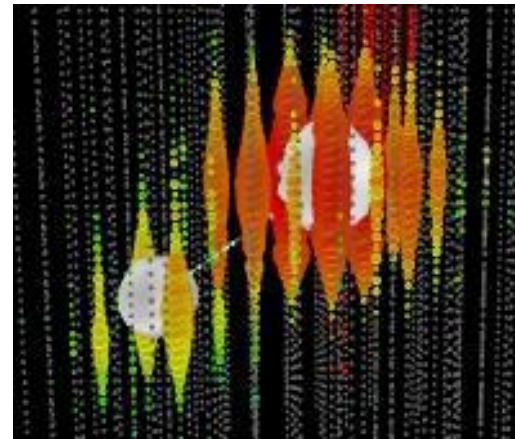
- ▶ <https://masterclass.icecube.wisc.edu/de>, mit Videokonferenz
- ▶ @Aachen, Erlangen, Mainz, Münster, DESY in Zeuthen
- ▶ Aufgabe für Jugendliche: Neutrinos filtern und Signaturen unterscheiden



Myon Neutrino
(data)



Elektronen
Neutrino (data)



Tau Neutrino
(simulation)



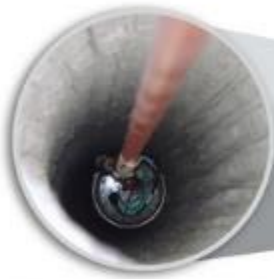
ICECUBE

SOUTH POLE NEUTRINO OBSERVATORY



IceCube Laboratory

Data is collected here and sent by satellite to the data warehouse at UW-Madison



Digital Optical Module (DOM)

5,160 DOMs deployed in the ice

50 m

Ice Top

1450 m

2450 m

86 strings of DOMs,
set 125 meters apart

IceCube detector

DeepCore

Antarctic bedrock



Amundsen-Scott South Pole Station, Antarctica

A National Science Foundation-managed research facility

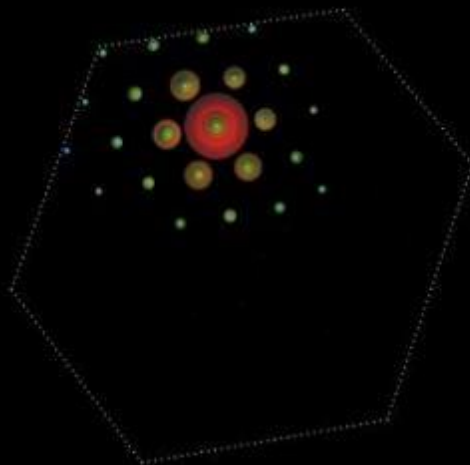
60 DOMs
on each
string

DOMs
are 17
meters
apart

IceCube: PeV Neutrinos

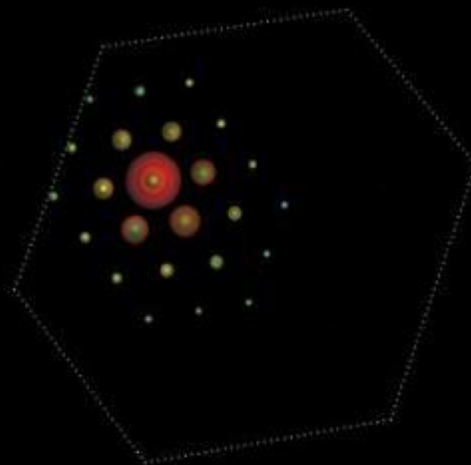
Ernie

January 2012 | 1.1 PeV



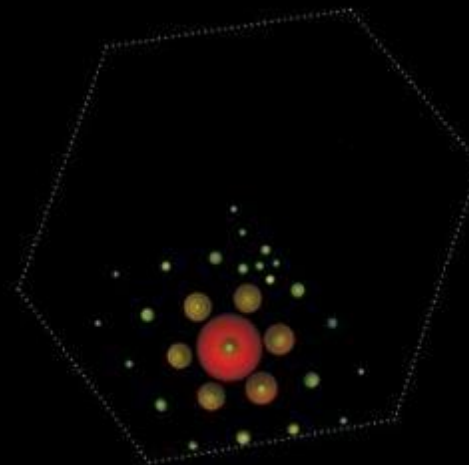
Bert

August 2011 | 1.0 PeV

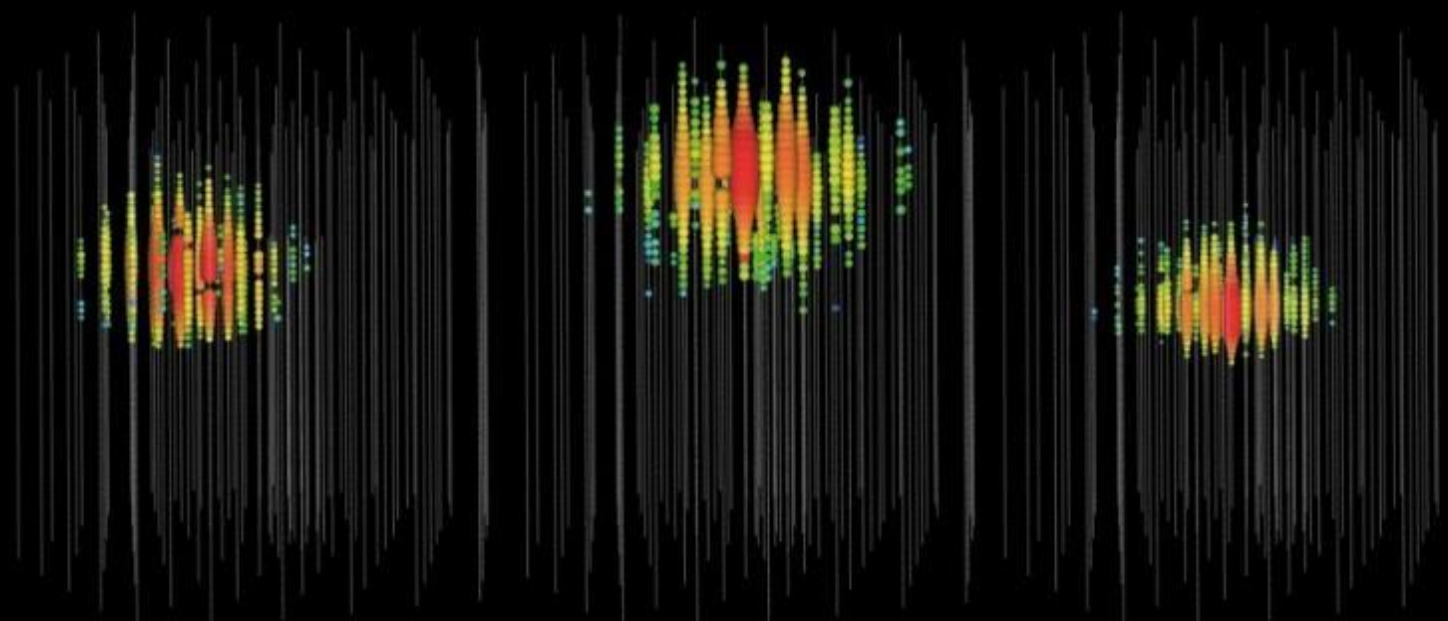


Big Bird

December 2012 | ?PeV



PETRA III Accelerator
DESY, Hamburg



Berlin TV Tower

© DESY



Masterclasses zur Teilchen- und Kernphysik

- ▶ LHC Masterclasses
- ▶ Belle II Masterclasses
- ▶ Masterclasses zur nuklearen Astrophysik
- ▶ Hadronentherapie-Masterclass
- ▶ ML in der Teilchenphysik

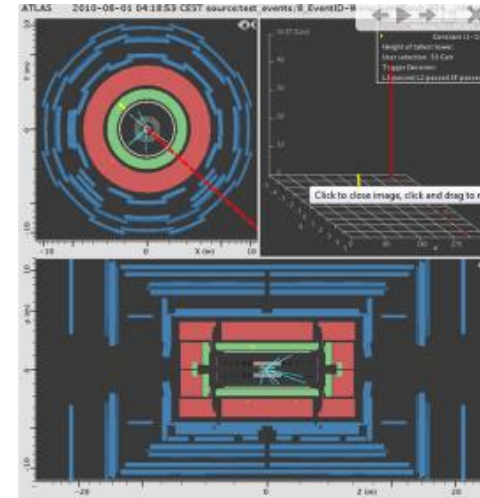
ATLAS W path

Students analyze event displays (50 collision events per pair of students)

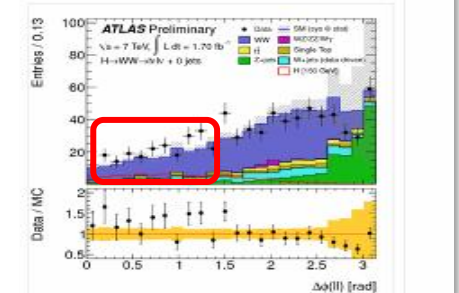
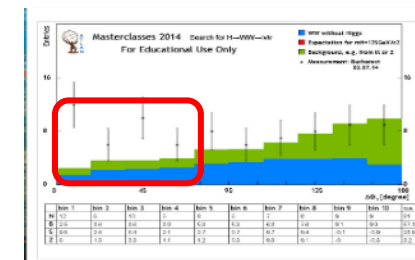
2 tasks:

- Identify W bosons, determine type and electric charge of leptons
- Resulting W^+/W^- is used to reveal the inner structure of the proton (and compared to results from ATLAS)
- Identify W pairs and measure azimuthal opening angle $\Delta\phi_{ll}$
- Resulting histogram is used to provide insight into Higgs discovery process at CERN

<https://atlas.physicsmasterclasses.org/en/wpath.htm>

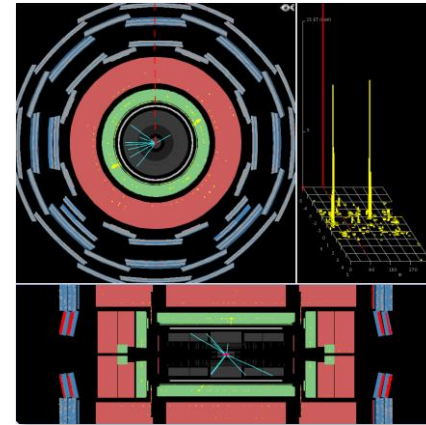


Total #	W → ... + ν				Background
	e ⁺	e ⁻	μ ⁺	μ ⁻	
532					
group A	9	4	10	1	24
group B	11	12	13	10	19
group C	5	3	1	1	19
group D	7	4	11	5	21
group E	11	10	3	2	31
group F	15	3	3	1	26
group G	6	4	3	5	27
group H	15	10	3	2	13
group I	5	3	3	4	5
group J	4	0	1	0	21
group K	5	1	5	3	18
group L	4	7	4	2	31



ATLAS Z path

- Students search for 2-lep, $\gamma\gamma$, or 4-lep events
- Calculate invariant mass, upload results to a plotting tool
- Results are combined, invariant mass distributions are built



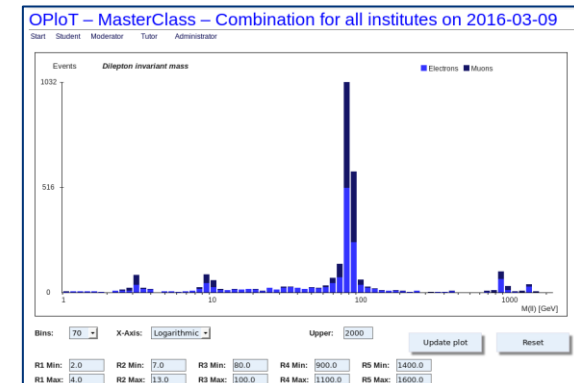
2-lep invariant mass distribution:

- Resonance peaks of known particles: Z^0 , J/Ψ , Υ
- Search for new particles: Z' , graviton

4-lep, di-photon:

- Provide insight into the process of discovering the Higgs at CERN
- Explain concepts of statistics, modelling, signal significance

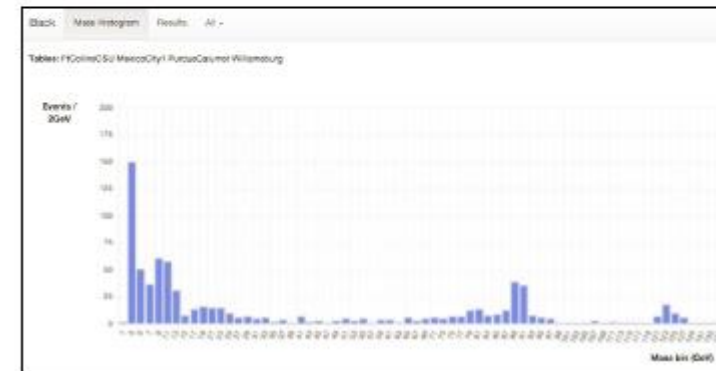
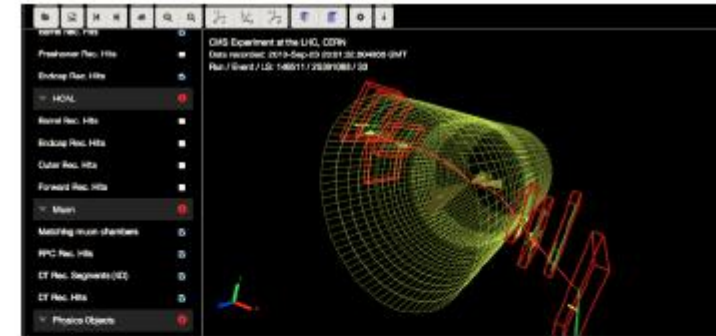
<https://atlas.physicsmasterclasses.org/en/zpath.htm>



CMS Measurement

- ▶ 3D event display (iSpy-webgl)
- ▶ Students identify W, Z, and Higgs candidates
- ▶ Create mass plot of standard model particles that decay into 2 or 4 leptons, incl. Higgs
- ▶ Ratios W^+/W^- , e/μ

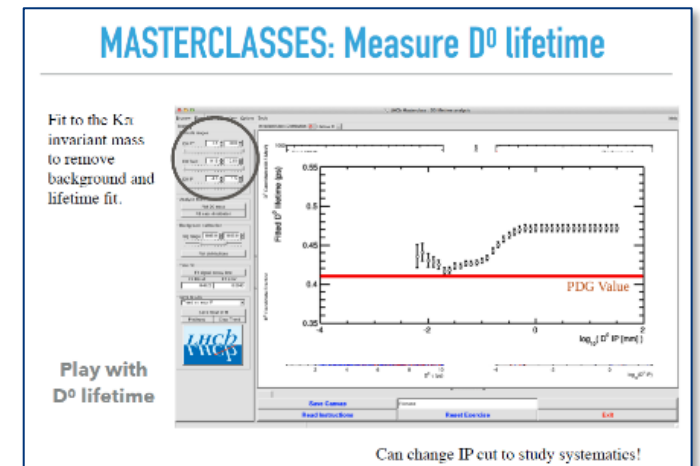
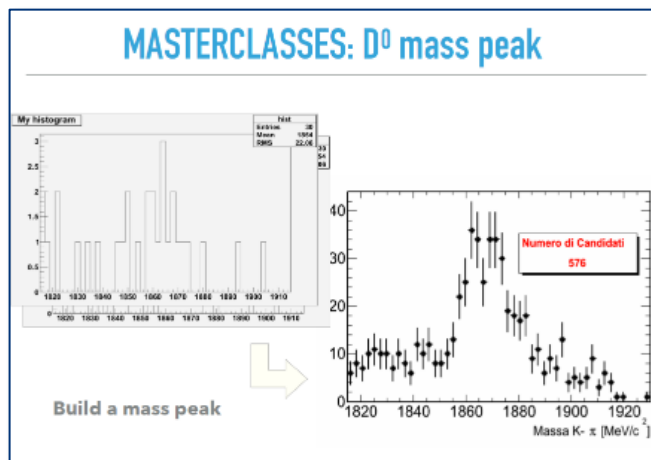
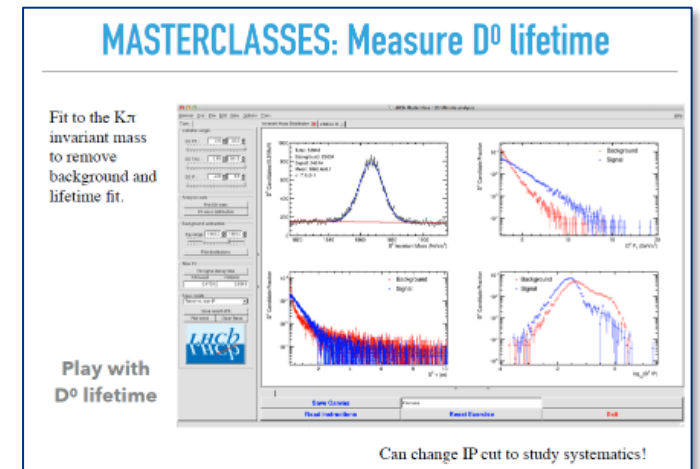
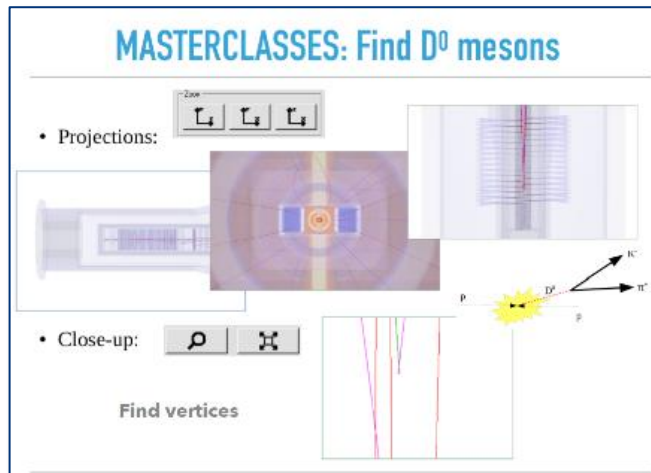
<https://web.quarknet.org/mc/cms/>



LHCb Masterclass

- Students search for the $D^0 \rightarrow K\pi$ decay using an event display
- Students perform a lifetime measurement at the 1 % level
- Live merging of histograms from all groups in the VC

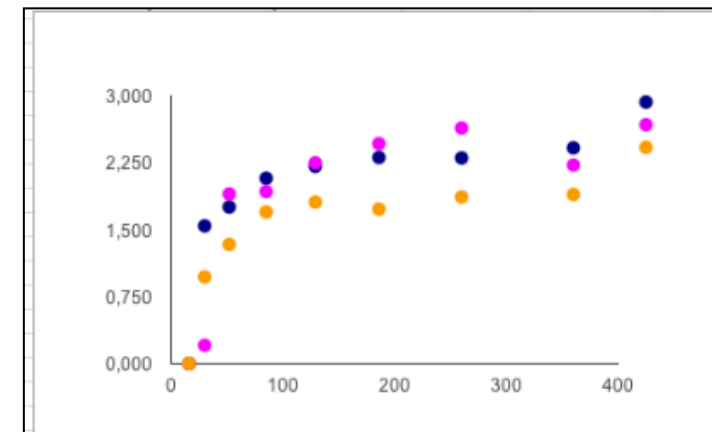
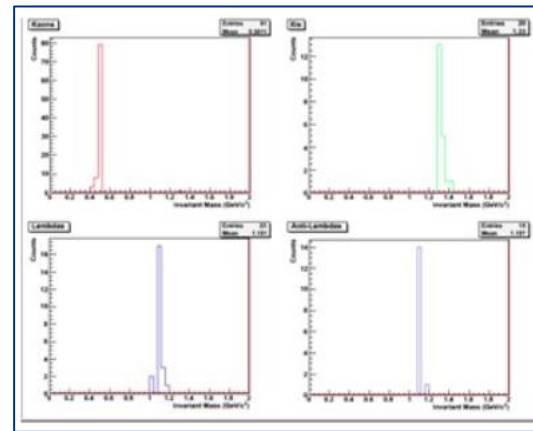
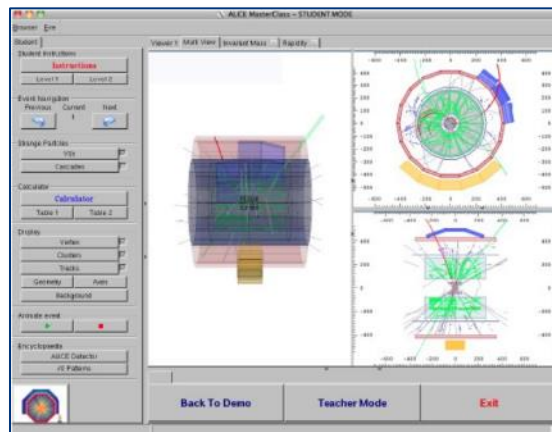
<https://lhcb-outreach.web.cern.ch/lhcbinternationalmasterclasses/d0-lifetime/>



ALICE: Looking for Strange Particles

- Visual identification of V0s from decay pattern, invariant mass calculation
- First part: visual analysis of ~ 15 events per group
- Second part: Calculation of numbers of Ks, Λ , anti Λ from invariant mass distributions (fit gaussian/ polynomial to peak/background; subtract background) for different centrality regions in lead-lead collisions
- Concepts conveyed: invariant mass; centrality of PbPb collisions; background
- Results: observe strangeness enhancement in PbPb collisions comparing with pp collisions

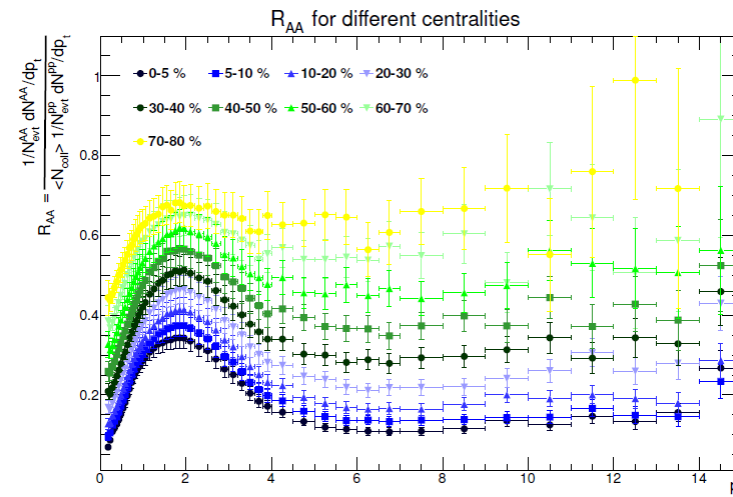
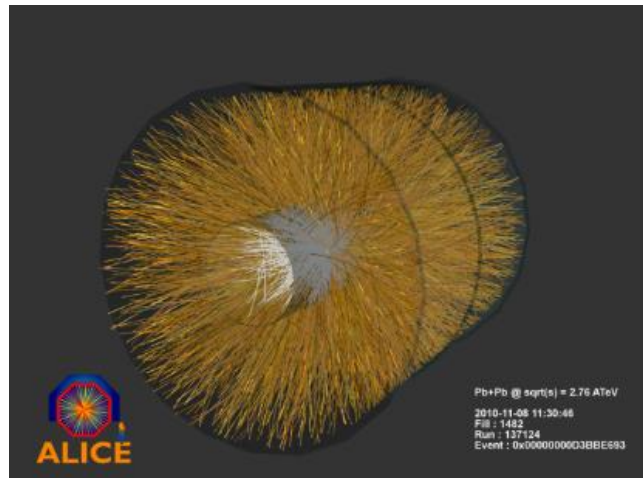
<https://alice-masterclass.web.cern.ch/>



ALICE: Nuclear Modification Factor

- event-display based visual analysis
- RAA simply via counting of tracks
- ROOT based large scale analysis
- RAA as a function of momentum in various Pb-Pb centrality classes
- students discover jet suppression!

<http://www-alice.gsi.de/masterclass/>

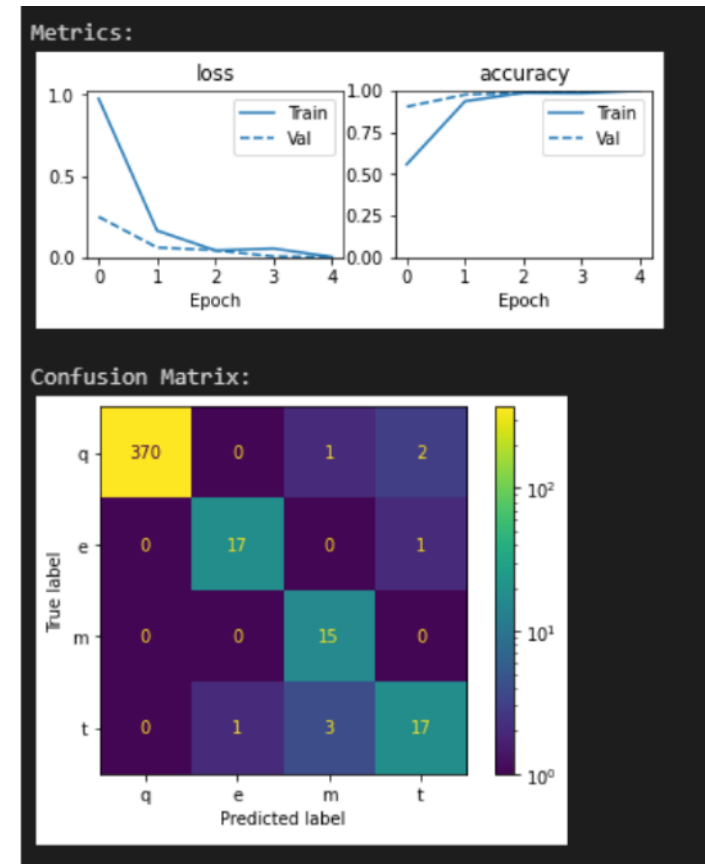
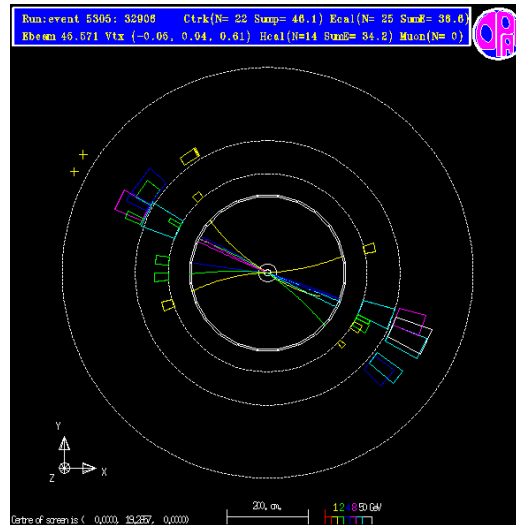


Masterclass ML in der Teilchenphysik

<https://www.physik-astro.uni-bonn.de/machine-learning-masterclass/de/machinelaerning-trifft-teilchenphysik>

Uni Münster, Uni Bonn

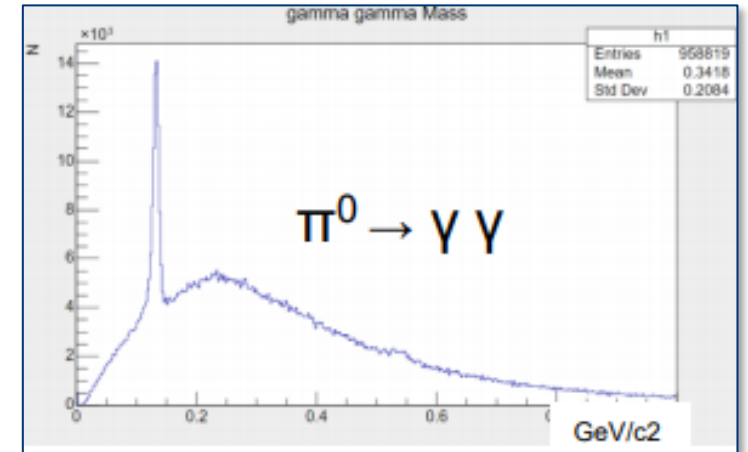
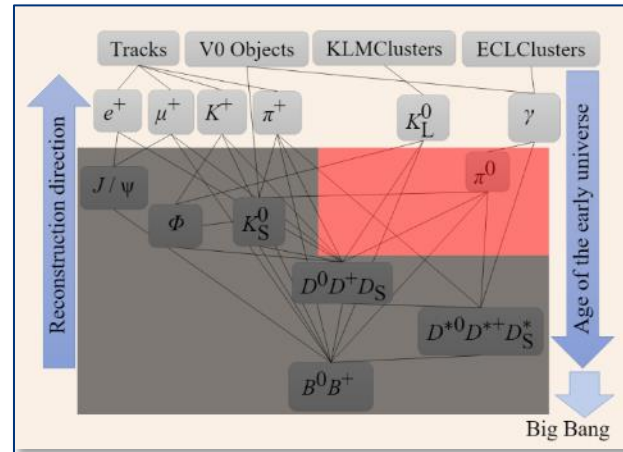
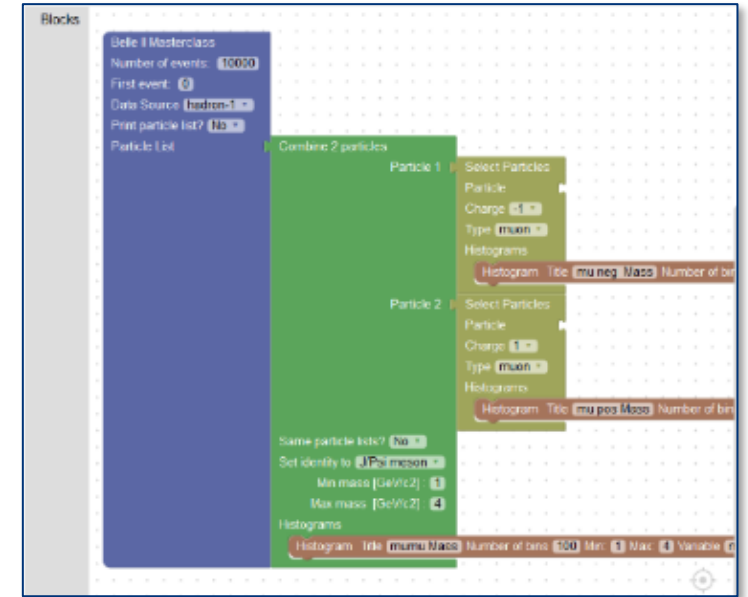
- OPAL Event-Displays
- Klassifizierung von Z-Zerfällen mit Machine Learning
- Interaktive python-notebooks



Belle II: Reconstruct B mesons

- Shows students how to code B-physics analysis
- Students describe decays, make simple cuts, “discover” particles
- Visual code editor Blockly
- Running from the web or download virtual machine
- Analysis of 6M clean reconstructed events
- Basic/advanced level (fit peaks, determine width)
- Videoconference with KEK

<https://belle2.ijs.si/public/home/reconstruct-b-mesons/>

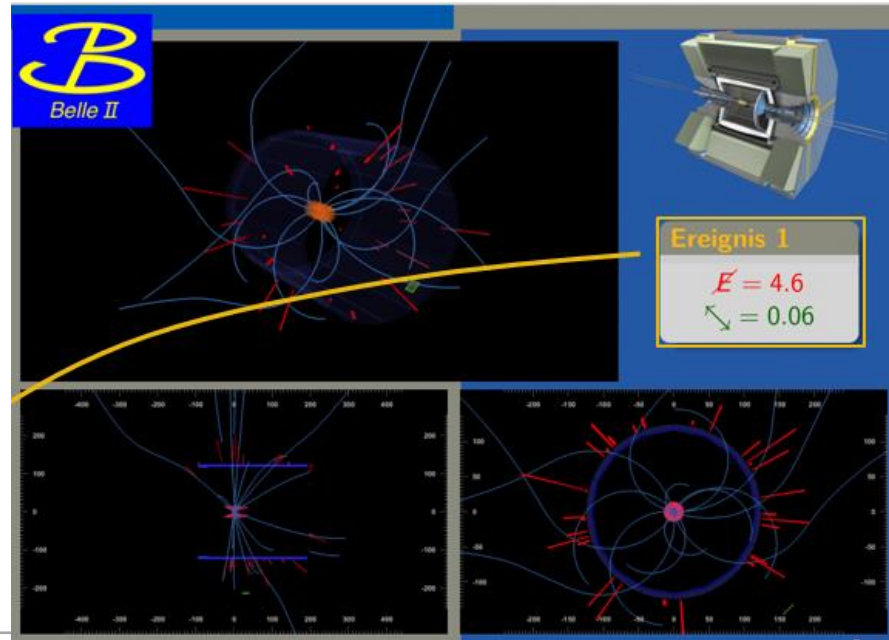


Belle II: Quark Colors



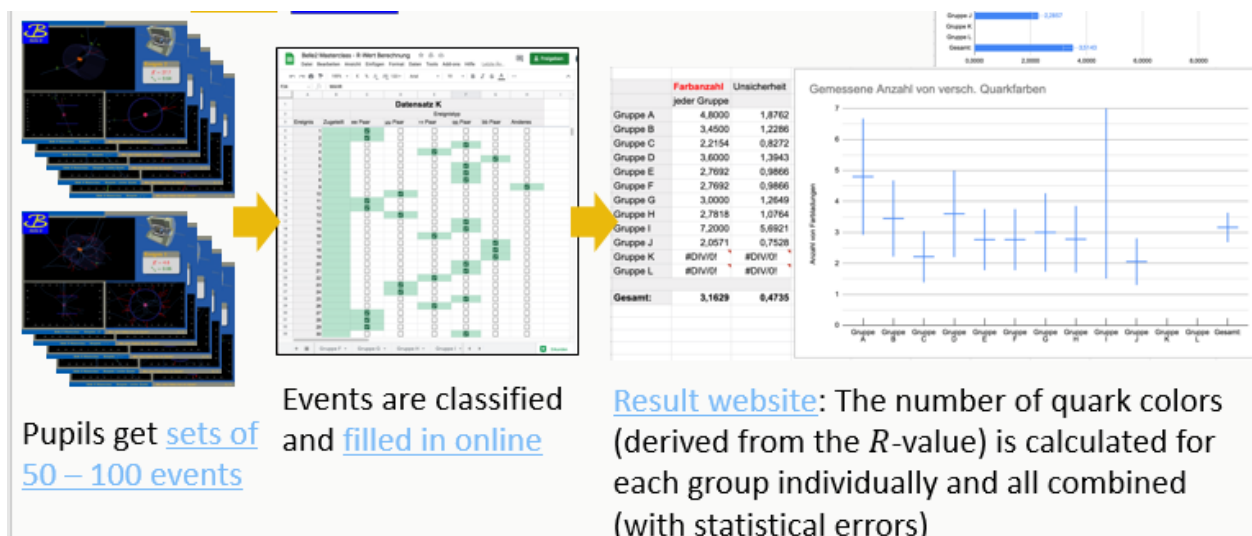
- Concept: Based on event displays, classify event as $e^+e^- / \mu^+\mu^- / \tau^+\tau^- / \bar{q}q / \bar{b}b$
- Derive R -value: $R = \frac{N(\bar{q}q)}{0.5 \cdot [N(\mu^+\mu^-) + N(\tau^+\tau^-)]} = N_c \cdot \sum_{\text{Quarks}} q_{\bar{q}q}^2 = N_c \cdot \frac{10}{9}$
- Deduce **number of quark colors**

**EXAMPLE
EVENT
DISPLAY**
 $e^+e^- \rightarrow \Upsilon(4S) \rightarrow \bar{b}b$



m_{miss}^2 as “missing energy” or \cancel{E}
foxWolframR2 as “straightness” or $\cancel{\lambda}$

Belle II: Quark Colors




- In German and English, more languages will follow
- Developed by physicists and teacher students
- Accompanying material: videos, interactive worksheet, quizzes
- <https://belle2.ijs.si/public/home/quark-colors/>

Particle Therapy Masterclass

- Particle treatment planning
- highlights some of the benefits for society from the technology developed for particle physics research

<https://indico.cern.ch/event/840212/>

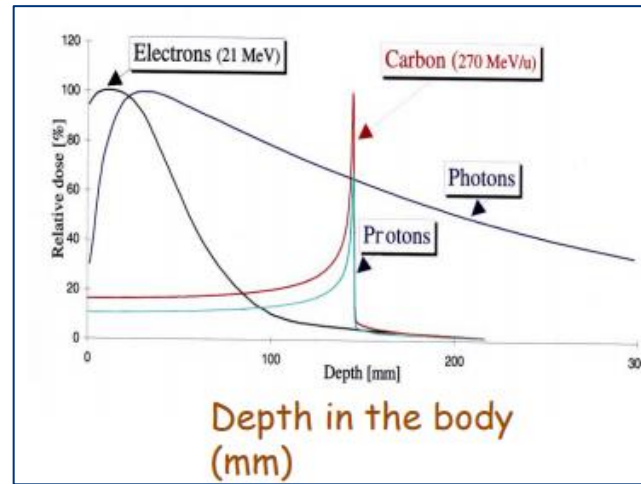



Under development: Particle Therapy Masterclass (draft)

The Particle Therapy Masterclass demonstrates the direct impact of fundamental research on medical applications. This Masterclass Project allows participants to familiarise with the actual operation techniques used for cancer treatment employing x-rays, protons or carbon ions like a physical knife directed by software programs. A first dose can be given by a demo of a professional research software toolkit matRad showing the different steps for a treatment planning for cancer therapy.

The Particle Therapy Masterclass is integrated in the International Particle Masterclasses, a well-established research educational activity and flagship project of the International Particle Physics Outreach Group, **IPPOG**, spread around the world.

- Home
- Proton
- Axis
- Materials
- Agenda
- Institutions
- Invitation
- Survey
- Articles
- Photos
- Contact and Teams
- Events
- Sponsors

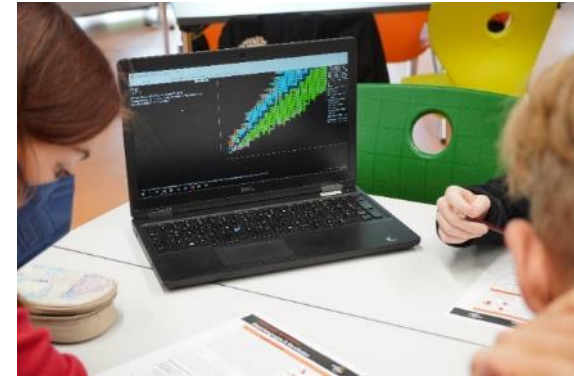


matRad software interface showing a 3D anatomical model of a human head and neck with a radiation dose distribution overlaid. The interface includes various control panels and a color scale for the dose distribution. The matRad logo and 'dkfz' are visible in the top left corner.

Masterclasses zur nuklearen Astrophysik

Masterclass „Reise durch die Elemente“

- Inhalte: Kernstruktur, Kernreaktionen, Elementhäufigkeiten, Nukleosynthese, Sternentwicklung usw.
- Vielfältige Aktivitäten:
 - Erstellung Hertzsprung-Russell-Diagramm mit Stern-Karten
 - Aufgabenblätter zu Kernreaktionen
 - Würfelspiel mit Nuklidkarte
- Analyse der $^{14}\text{N}(\alpha, \gamma)^{18}\text{F}$ -Reaktion
 - Daten aus Gammaspektroskopie
 - Berechnung Wirkungsquerschnitt und Reaktionsrate
- Entwickelt von Hannes Nitsche (Doktorand TUD) im Rahmen von [EU-Projekt](#)
- Verfügbar auf deutsch, englisch und weitere Sprachen
- Weitere NAP-Masterclass zu astronomischen Daten
- <https://www.chetec-infra.eu/masterclasses/>



Guides bei Urknall unterwegs



© Philipp Lindenau



Betreuung einer Schülerforschungsarbeit

- Facharbeit, komplexe Leistung, Besondere Lernleistung, Jahresarbeit, Jugend forscht etc.
- Umfang sehr verschieden, entsprechend auch die benötigte Unterstützung
- Beratung zu Thema, Fachliteratur, möglichen Experimenten, Daten für die Analyse, uvm
- Im Netzwerk Teilchenwelt bislang 156 geförderte Arbeiten, davon 46 preisgekrönt [Liste](#)
- <https://www.teilchenwelt.de/angebote/schuelerforschungsarbeiten/>
- Schülerpraktikum

jugend  forscht



© FZ Jülich / Ralf-Uwe Limbach



© Thomas Förster

Vernetzen und auf dem Laufenden bleiben

Anmelden für Newsletter <https://www.teilchenwelt.de/aktuelles/newsletter/>

- ▶ Mit Angabe „Vermittler:in“ und Eurem Standort

Spotlight on...

- ▶ Vorstellung einer Masterclasses, einmal pro Quartal
- ▶ Nächster Termin: 29.11., 11-12 Uhr: Masterclass mit Daten vom Fermi Large Area Telescope ([Anmeldung](#))
- ▶ Vorgelagert jeweils Onboarding für neue Vermittler:innen (10-11 Uhr), beide Veranstaltungen können unabhängig besucht werden



www.teilchenwelt.de

mail@teilchenwelt.de



PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG