



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG

Forschung trifft Schule @home

Digitale Teilchenphysik-Fortbildungen für Lehrkräfte

Philipp Lindenau, Carolin Gnebner, Niklas Herff,
Michael Kobel, Frank Siegert, Steffen Turkat

DPG-Frühjahrstagung SMuK

23.03.2023 | Dresden



NETZWERK
TEILCHENWELT

Forschung trifft Schule

in Kooperation mit
Dr. Hans Riegel-Stiftung

- ▶ Basisprogramm
 - Zweitägige Fortbildung
- ▶ Vertiefungsprogramm
 - CERN Summer School
- ▶ Digitale Fortbildungen
 - Von der Kollision zur Entdeckung
 - Astroteilchenphysik & Cosmic@Web
 - Standardmodell und Feynman-Diagramme
 - Mehrwöchige Veranstaltungsreihe
 - Digitale Umsetzung geplanter Präsenzveranst.

Bereits vorgestellt @ DPG
Würzburg 2018:

<https://indico.cern.ch/event/716521/>



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG



Warum digital? – Aktuelle Herausforderungen und Chancen



Warum digital? – Aktuelle Herausforderungen und Chancen

- ▶ Anmeldezahlen für Präsenzfortbildungen nicht mehr so hoch wie vor der Pandemie
- ▶ Gestiegene Kosten für Präsenzveranstaltungen

Warum digital? – Aktuelle Herausforderungen und Chancen

- ▶ Anmeldezahlen für Präsenzfortbildungen nicht mehr so hoch wie vor der Pandemie
- ▶ Gestiegene Kosten für Präsenzveranstaltungen



Warum digital? – Aktuelle Herausforderungen und Chancen

- ▶ Anmeldezahlen für Präsenzfortbildungen nicht mehr so hoch wie vor der Pandemie
- ▶ Gestiegene Kosten für Präsenzveranstaltungen
- ▶ Digitale Formate wurden gut angenommen
- ▶ Erweiterung der Zielgruppe möglich (z. B. Deutsche Schulen im Ausland)
- ▶ Verstärkung bestehender Kontakte



Warum digital? – Aktuelle Herausforderungen und Chancen

- ▶ Anmeldezahlen für Präsenzfortbildungen nicht mehr so hoch wie vor der Pandemie
- ▶ Gestiegene Kosten für Präsenzveranstaltungen
- ▶ Digitale Formate wurden gut angenommen
- ▶ Erweiterung der Zielgruppe möglich (z. B. Deutsche Schulen im Ausland)
- ▶ Verstärkung bestehender Kontakte



Bisherige Reichweite von Forschung trifft Schule @home

Format	Anzahl der Veranstaltungen	Gesamtzahl Teilnehmende
Von der Kollision zur Entdeckung	4	75
Astroteilchenphysik & Cosmic@Web	1	18
Standardmodell und Feynman-Diagramme	1	16
Mehrwöchige Veranstaltungsreihe „Science4Schools“ @TU Dresden 2021	5	43
Ersatz geplanter Präsenzveranstaltungen	2	29
	13	181

Bisherige Reichweite von Forschung trifft Schule @home

Format	Anzahl der Veranstaltungen	Gesamtzahl Teilnehmende
Von der Kollision zur Entdeckung	4	75
Astroteilchenphysik & Cosmic@Web	1	18
Standardmodell und Feynman-Diagramme	1	16
Mehrwöchige Veranstaltungsreihe „Science4Schools“ @TU Dresden 2021	5	43
Ersatz geplanter Präsenzveranstaltungen	2	29
	13	181

Von der Kollision zur Entdeckung



NETZWERK
TEILCHENWELT

Von der Kollision zur Entdeckung

Dauer

▶ 5 Stunden

Inhalte

- ▶ Schwache Wechselwirkung
 - W-, Z- und Higgs-Teilchen
- ▶ Forschungsmethodik
 - Statistik, Hypothesentests
 - Beschleuniger und Detektoren
 - Teilchenidentifikation

Beispielagenda

▶ <https://indico.cern.ch/e/Kollision2022>

09:00	→ 09:30	Begrüßung und Warm-Up	🕒 30m	✎
Begrüßung, Klärung des Ablaufs und technischer Aspekte, aktivierende Übung mit Bezug zum Vorbereitungsmaterial Speakers: Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE)), Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE))				
09:30	→ 10:15	Vortrag: Schwache Wechselwirkung und Z-Teilchen	🕒 45m	✎
Informationen zur schwachen Wechselwirkung und deren Botenteilchen, insbesondere dem Z-Teilchen Speaker: Michael Kobel (Technische Universität Dresden (DE))				
10:15	→ 10:25	Pause	🕒 10m	
10:25	→ 11:15	Vortrag: Statistik und Hypothesentests	🕒 50m	✎
Grundlagen der teilchenphysikalischen Forschungsmethodik, relevante statistische Größen, Nachvollziehung einer Entdeckung am Beispiel des Higgs-Teilchens, Einsatz von Monte Carlo Simulationen Speaker: Frank Stegert (Technische Universität Dresden (DE))				
11:15	→ 11:30	Pause	🕒 15m	
11:30	→ 11:55	Vortrag: Teilchenbeschleuniger Teil 2	🕒 25m	✎
Hintergrundinformationen zum LHC und LEP (Large Elektron Positron Collider) aufbauend auf dem Vorbereitungsmaterial (Teil1) Speaker: Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE))				
11:55	→ 12:30	Vortrag + Übung: Detektoren und Eventdisplays	🕒 35m	✎
Funktionsweise von Multifunktionsdetektoren am Beispiel des ATLAS-Detektors (LHC) und des OPAL-Detektors (LEP), einführende Übung zur Identifikation von Teilchen anhand ihrer Signaturen im OPAL-Eventdisplay Speaker: Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE))				
12:30	→ 12:40	Pause	🕒 10m	
12:40	→ 13:30	Übung: Teilchenidentifikation im OPAL-Eventdisplay	🕒 50m	✎
Analyse von Umwandlungen von Z-Teilchen im OPAL-Eventdisplay, Diskussion von Forschungsergebnissen bei LEP Speaker: Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE))				
13:30	→ 14:00	Diskussion, Fragen und Feedback	🕒 30m	✎

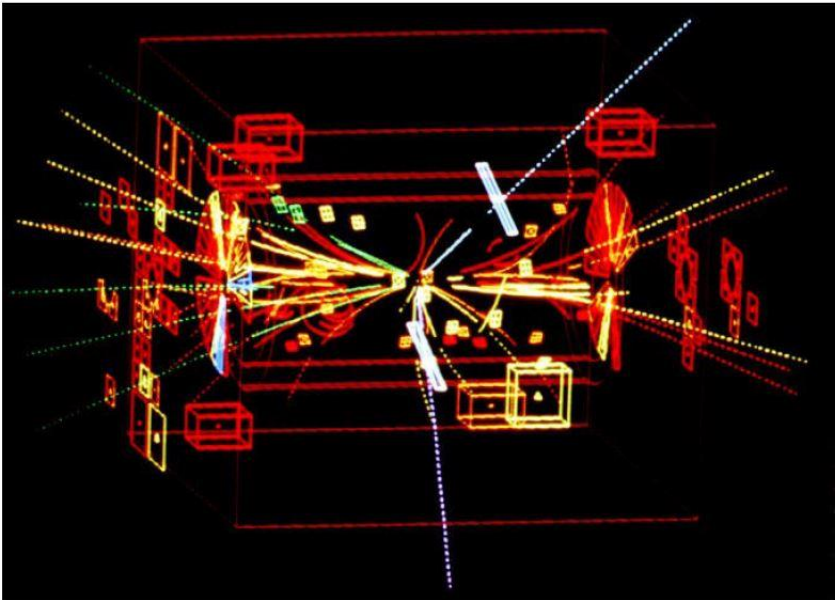
Von der Kollision zur Entdeckung – Schwache Wechselwirkung



Die Entdeckung des Z^0 am CERN, 1983



- ❖ Erzeugung des Z über $\bar{q}q$ -Vernichtung in Antiproton-Proton Kollisionen
- ❖ Das Z wird über seinen Zerfall in $\mu^+\mu^-$ (weiße Spuren) bzw. e^+e^- und ihrer invarianten Masse rekonstruiert



TU Dresden

Michael Kobel



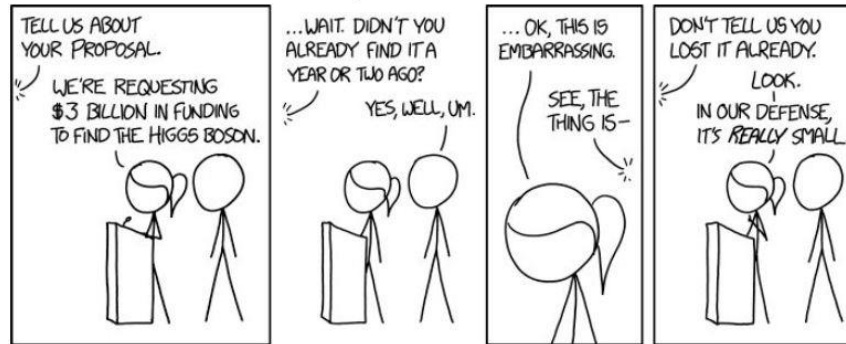
Foto: TU DD

Michael Kobel

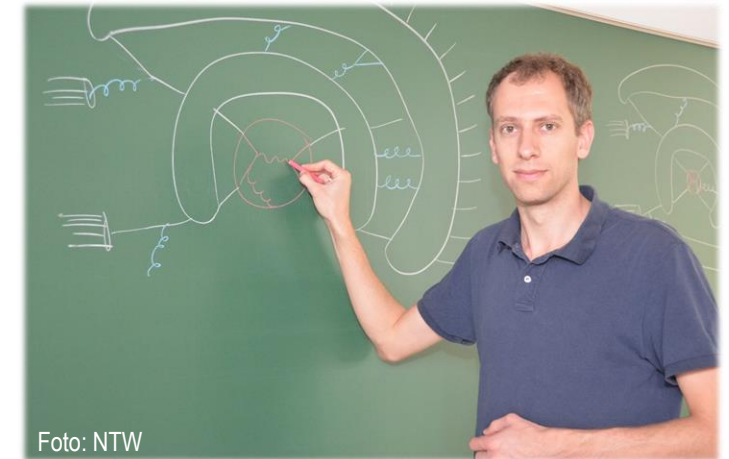
18

Von der Kollision zur Entdeckung – Statistische Methoden

- ▶ **Statistische Methoden sind essentiell**, um LHC-Messungen zu interpretieren
 - Zählexperimenten liegt die Poissonverteilung (\sim Gauß-Normalverteilung) zugrunde
 - Deren bekannte Eigenschaften ermöglichen eine statistische Interpretation der Messwerte
→ Schwankungen und Konfidenzintervalle bestimmbar (mit komplizierteren Mitteln)
- ▶ Der LHC ist nicht nur ein Ring, sondern auch ein **Würfel**.
- ▶ **Ihr wisst jetzt alle, warum das hier Quatsch ist:**

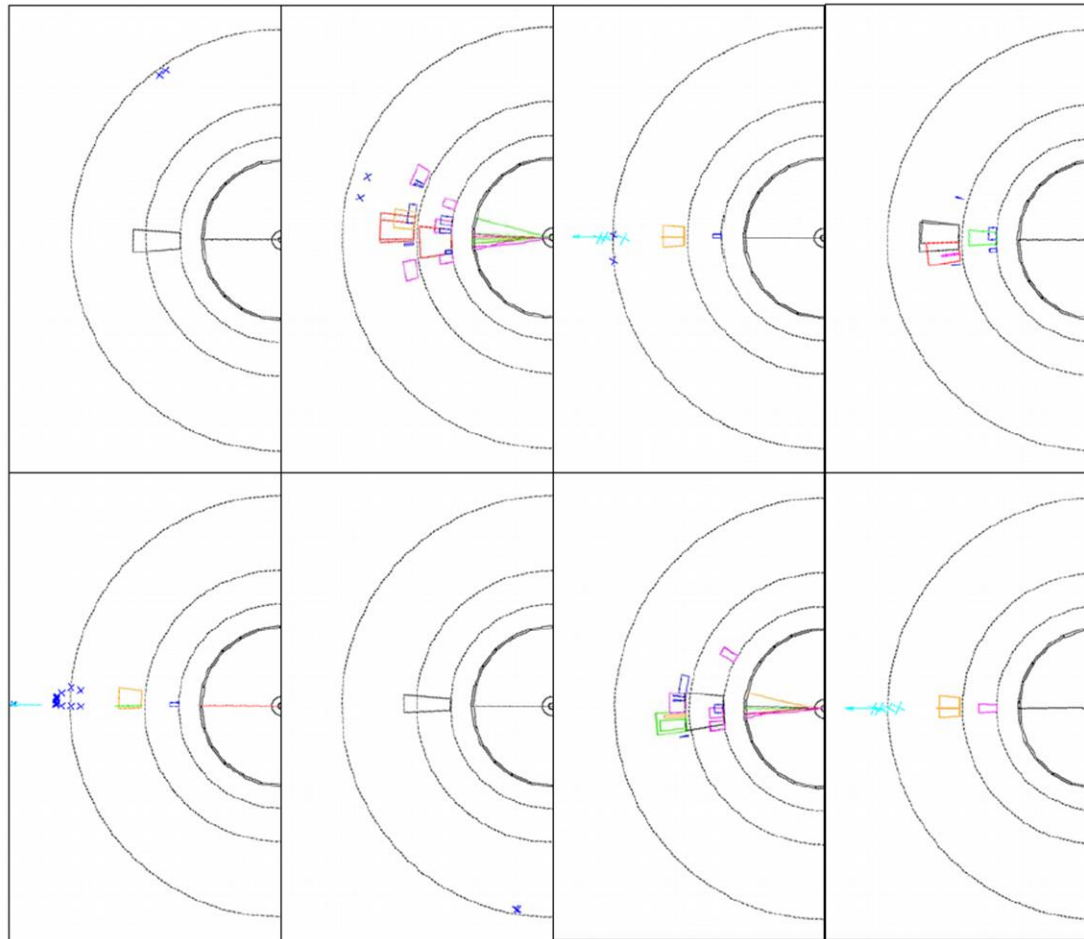


Fragen?



Frank Siebert

Von der Kollision zur Entdeckung – Teilchenidentifikation



Eventdisplay-Puzzle



Niklas Herff



Philipp Lindenau

Von der Kollision zur Entdeckung – positives Feedback

„[Durch das Online-Format] bestand für mich erstmals die Möglichkeit an einer Fortbildung des Netzwerkes teilzunehmen“

„Ich kenne keine Fortbildung, bei der soviel Wert darauf gelegt wird, dass man sich im Vorfeld in das Thema einarbeiten kann.“

„Beibehaltung der Teamgeistatmosphäre. Man hatte auch das Gefühl, dass die Bedürfnisse der Lehrer sehr ernst genommen werden.“

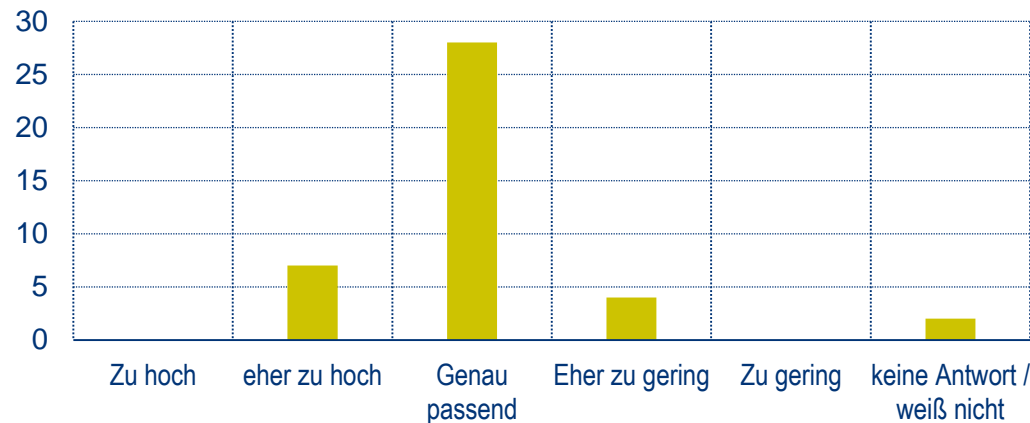
Ø Gesamtnote: 1,5

Weiterempfehlung: 98%
(Rest nicht sicher)

N=41

Von der Kollision zur Entdeckung – Verbesserungsvorschläge

Inhalt der Fortbildung: Das verlangte Vorwissen für die Veranstaltung war



„Das Thema Statistik sollte für die Schulphysiker etwas ausführlicher dargestellt werden [...]“

„Stellenweise waren die Vorträge nicht unbedingt angepasst an das Wissenslevel von Lehrern.“

- ▶ Unterschiedliches Vorwissen der Lehrkräfte
- Ergänzung des Vorbereitungsmaterials für Lehrkräfte, die z. B. keine Mathelehrer sind
- Deutlichere Kommunikation, dass Fortbildung stark fachlich orientiert ist

Astroteilchenphysik & Cosmic@Web



NETZWERK
TEILCHENWELT

Astroteilchenphysik

Dauer

- ▶ 5 Stunden
- ▶ Kürzere Variante mehrfach erprobt
 - z. B. MINT-EC Digitalforum und Physiklehrertag NRW

Inhalte

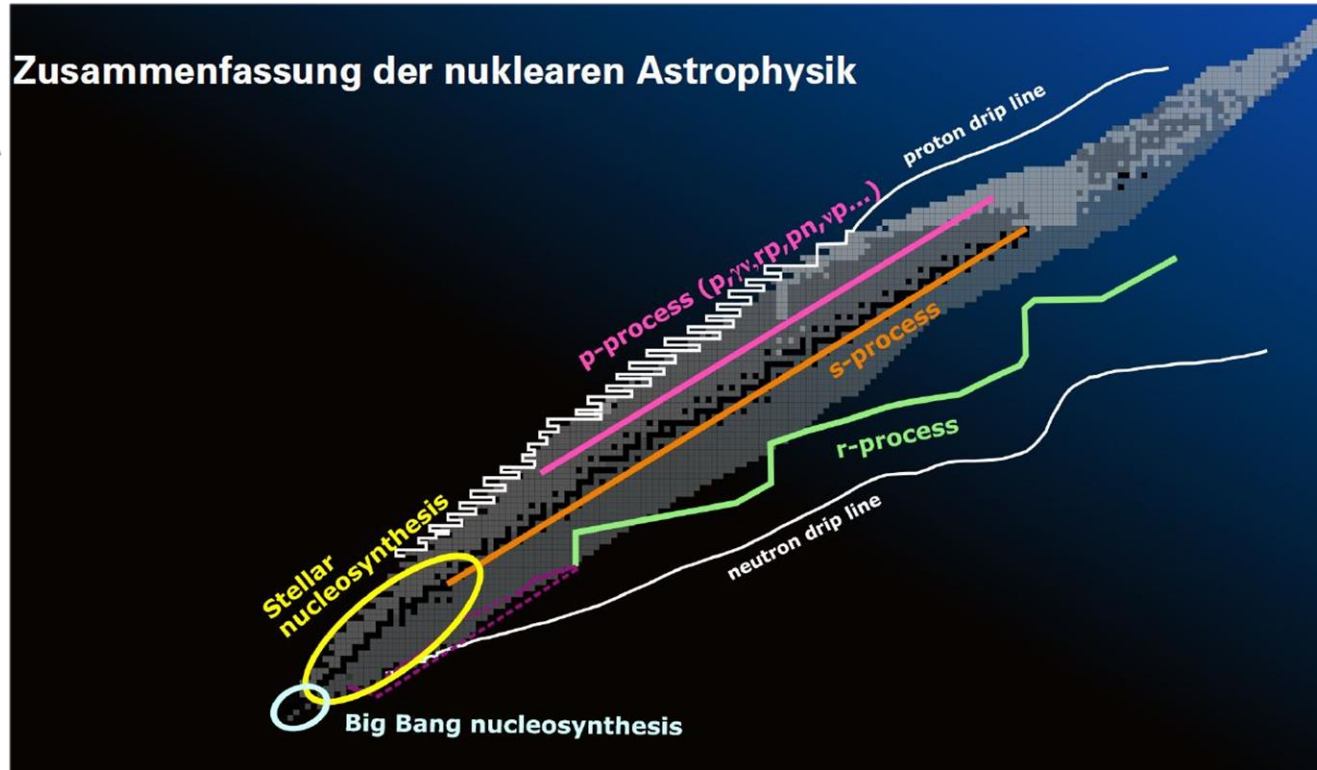
- ▶ Einführung nukleare Astrophysik und virtueller Besuch Felsenkellerlabor DD
- ▶ Einführung Astroteilchenphysik
- ▶ Datenanalyse mit Cosmic@Web

Beispielagenda:

- ▶ <https://indico.cern.ch/e/Astrophysik2022>

09:00	→ 09:30	Begrüßung und Warm-Up	🕒 30m	📄
Begrüßung, Klärung des Ablaufs und technischer Aspekte, Informationen zum Netzwerk Teilchenwelt				
Speakers: Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE)), Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE))				
📄 Warm-Up.pdf 📄 Warm-Up.pptx				
09:30	→ 11:20	Vortrag: Astrophysik & Online- Führung Felsenkeller inkl. kurzer Pause	🕒 1h 50m	📄
Zu Beginn wird es eine Einführung in die nukleare Astrophysik geben, die sich mit der Frage nach dem Ursprung aller Elemente im Universum beschäftigt. Im Anschluss werden wir uns im Rahmen einer digitalen Live-Führung das neue Untertage-Beschleunigerlabor Felsenkeller in Dresden anschauen, in dem die nukleare Astrophysik unter weltweit einzigartigen Bedingungen erforscht wird.				
Speaker: Steffen Turkat (TU Dresden)				
📄 DasLebenDasUnvier...				
11:20	→ 11:50	Mittagspause	🕒 30m	
11:50	→ 13:20	Anwendung Cosmic@Web	🕒 1h 30m	📄
Speakers: Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE)), Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE))				
📄 Cosmic@Web_Onlin... 📄 Cosmic@Web_Onlin...				
13:20	→ 13:30	Pause	🕒 10m	
13:30	→ 14:00	Diskussion, Fragen und Feedback	🕒 30m	📄
Diskussion der Übungsphase, Klärung von offenen Fragen, Feedback zur Fortbildung, weitere Informationen zu Forschung Trifft Schule und Netzwerk Teilchenwelt				
Speakers: Philipp Lindenau (Technische Universität Dresden (DE)), Niklas Herff (Technische Universität Dresden (DE))				
📄 Angebote von NTW... 📄 Angebote von NTW... 🔗 Evaluation 🔗 Netzwerk Teilchenw...				

Astroteilchenphysik – Nukleare Astrophysik



Das Leben, das Universum & der ganze Rest
Forschung trifft Schule / Steffen Turkat
Dresden // 27.09.2022

Slido.com
#7654

Folie 33



Steffen Turkat



Felsenkellerlabor Dresden

Astroteilchenphysik – Einführung

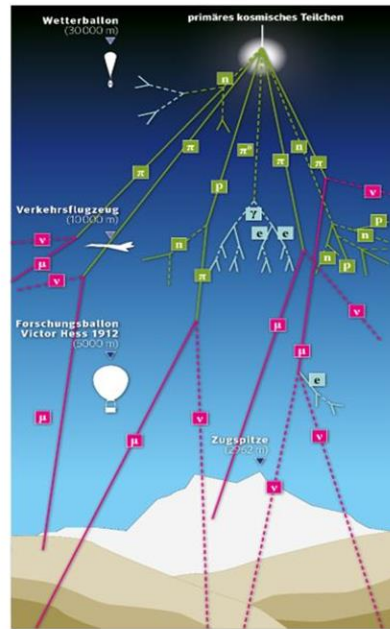
Kosmische Strahlung

Entstehung von Teilenschauern in der Atmosphäre

- aus Kollision von Proton mit Atomkern der Luft entstehen Pionen, Kaonen und Nukleonen
- diese wechselwirken weiter oder wandeln sich um
- hauptsächlich Myonen und Neutrinos erreichen die Erdoberfläche

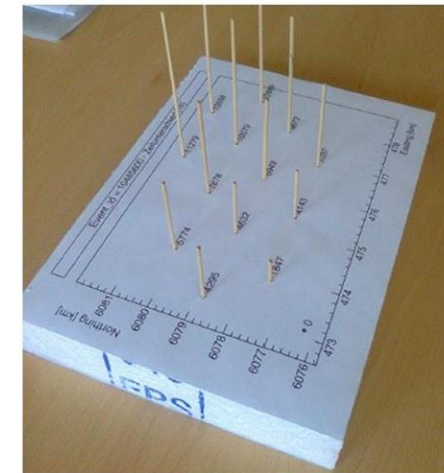
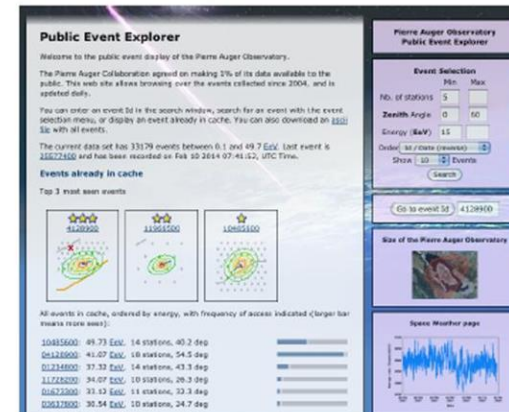


► Grundlagen der Astroteilchenphysik



Auger-Masterclasses

- Auswertung von online zur Verfügung stehenden Daten unter Nutzung von Microsoft Excel
- Selbstbau eines Modells einer Schauerfront (rechts)



► Angebote von Netzwerk Teilchenwelt

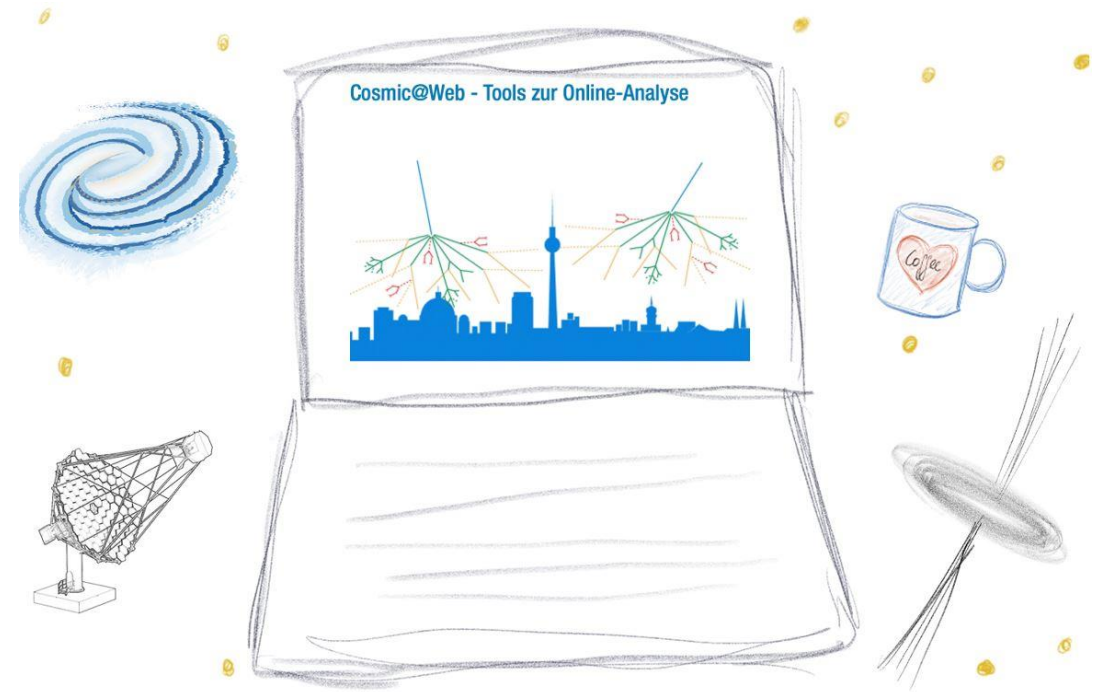
Astroteilchenphysik – Einführung

Wissenschaftliche Methodik

Kreislauf der Erkenntnis



► NoS und Methodik



Seite 30

► Einführung Cosmic@Web

Astroteilchenphysik – Datenanalyse mit Cosmic@Web

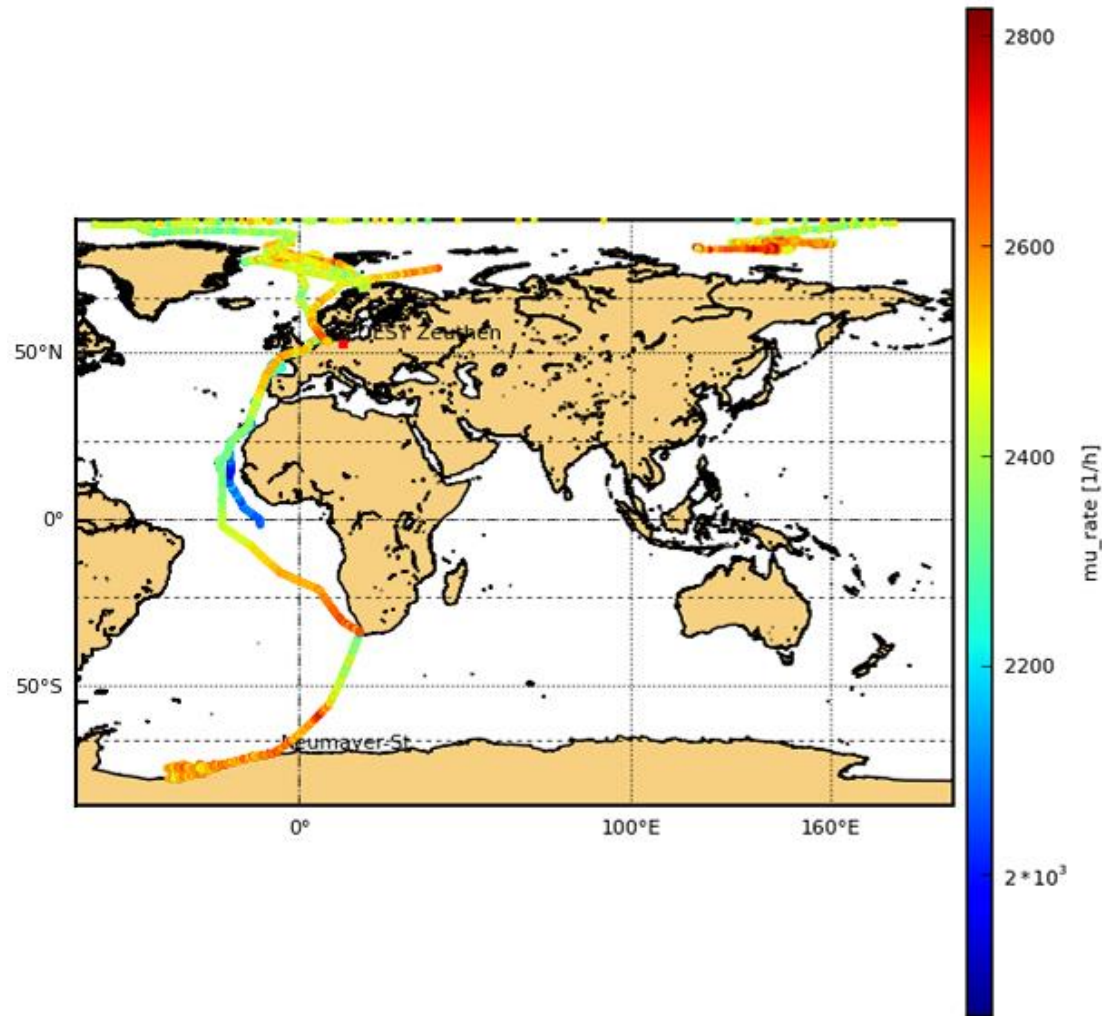


Foto: Alfred-Wegener-Inst.

- ▶ Analyse von Daten des Myon-Detektors auf dem Forschungsschiff Polarstern
- ▶ Tutorial und Diskussion in Breakout-Räumen
- ▶ Generierung von Hypothesen zu Einflussfaktoren auf die Myonenrate
- ▶ Gemeinsamer Versuch, Hypothesen mit Cosmic@Web zu prüfen

Astroteilchenphysik – positives Feedback

Was hat Ihnen am besten gefallen?

„Die Führung durch das Felsenkellerlabor war sehr interessant. Einfach, weil ich Anlage dieser Art noch nie gesehen habe.“

„Die Möglichkeit mit realen Daten zu arbeiten.“
(Physiklehrertag NRW)

Ø Gesamtnote: 1,8

Weiterempfehlung: 82%
(Rest nicht sicher)

N=11

Astroteilchenphysik – Verbesserungsvorschläge

- ▶ Zeit zu knapp bei der Datenanalyse

*„Die Arbeit mit Cosmic@Web finde ich für den Einsatz im Unterricht total spannend.
Hier wäre mehr wünschenswert.“*

- Optimierung der Zeitplanung bei nächster Umsetzung

- ▶ Zu geringer Unterrichtsbezug

*„Wie könnte denn eine Stunde zu diesem Thema aussehen?
Das kam leider gar nicht bzw. viel zu wenig.“*

- Staatsexamensarbeit zur Entwicklung einer Unterrichtseinheit an der TU Dresden

Mehr zu Cosmic@Web

Kontakt: Carolin Gnebner

Schülerlabor physik.begreifen

DESY Zeuthen

carolin.gnebner@desy.de



Students work like astroparticle physicists with
Cosmic@Web

Philipp Lindenau,^{a,*} Carolin Schwerdt^b and Michael Walter^b

^a*Technische Universität Dresden
Institute of Nuclear and Particle Physics & Chair of Didactics of Physics
Germany*

^b*DESY Zeuthen
Germany
E-mail: philipp.lindenau@tu-dresden.de, carolin.schwerdt@desy.de,
michael.walter@desy.de*

Cosmic@Web is an online learning resource developed at *DESY* in Zeuthen, Germany as part of the outreach activities in the framework of *Netzwerk Teilchenwelt*. Via *Cosmic@Web*, high school and university students can access data from astroparticle physics experiments and experience the workflow of scientific research in this field by pursuing their own or suggested research questions. Data from various experiments located in different areas of the world can be used to study cosmic weather effects and muon properties. The analysis can be performed without any coding experience. The graphical interface allows to visualize data in several plot types and offers possibilities of data fitting as well as data reduction and correction. So far, *Cosmic@Web* has been used by German high school students during internships at research institutes like *DESY*, for a research component as part of their high school degree as well as within projects in software development and coding. Additionally, connections to established contents of high school physics curricula will be pointed out and the design of a *Cosmic@Web* workshop for high school students and teachers will be presented. Furthermore, the acceptance of the tool by students and teachers as well as their feedback during and after its introduction in the workshops will be discussed.

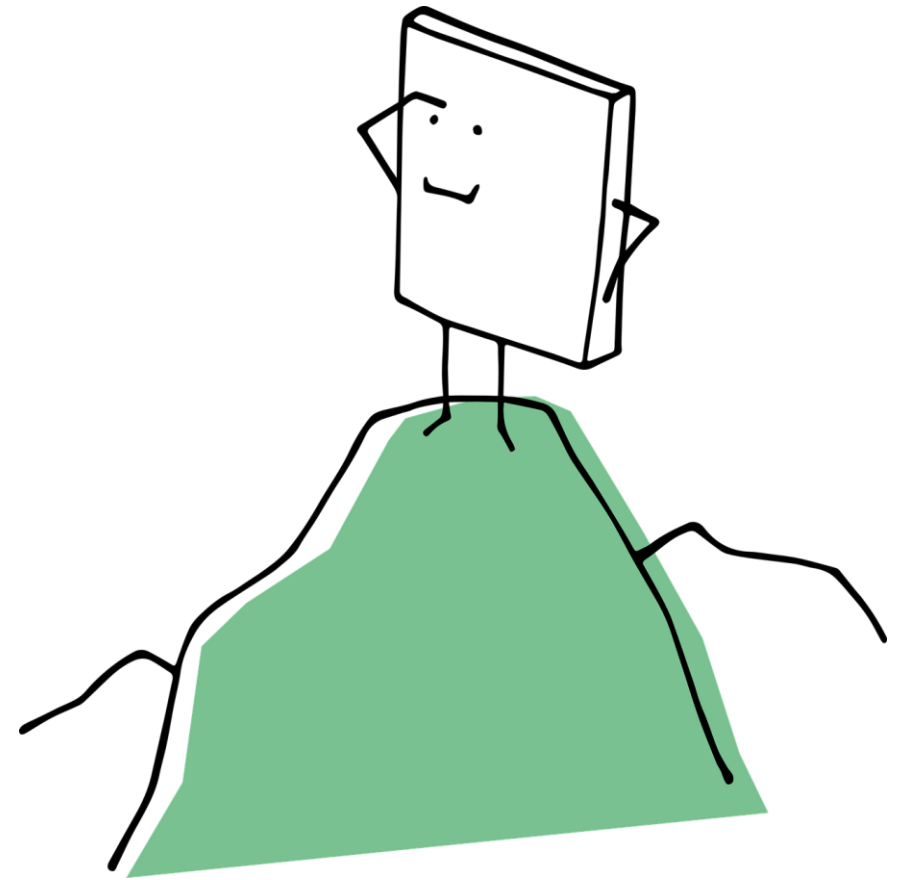
ICRC 2022 Beitrag
Students work like
astroparticle physicists
with *Cosmic@Web*

[https://indico.desy.de/event/
27991/contributions/101195/](https://indico.desy.de/event/27991/contributions/101195/)

POS (ICRC2021) 1398

Ausblick

- ▶ Lehrkräfte wünschen sich Follow-up Veranstaltung zu Präsenzfortbildungen
 - Austausch über Unterrichtserfahrungen
- ▶ Geplant Ende 2023
- ▶ Digital
- ▶ Habt ihr Erfahrungen mit einem solchen Format?
 - Für Input sind wir dankbar!





www.teilchenwelt.de

mail@teilchenwelt.de

philipp.lindenau@tu-dresden.de



Präsentation



Vielen Dank!

PROJEKTLEITUNG



PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



FÖRDERER

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung



DR. HANS RIEGEL-STIFTUNG