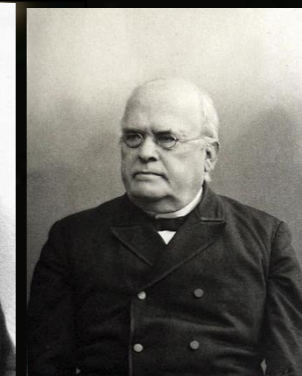
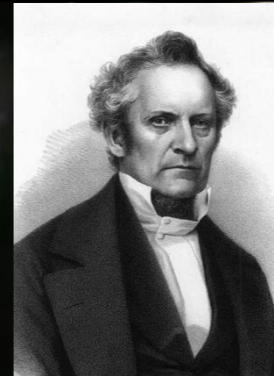




**Hochenergetische kosmische Strahlung - Boten  
aus den Tiefen des Universums**

# Strahlung: Entdeckung

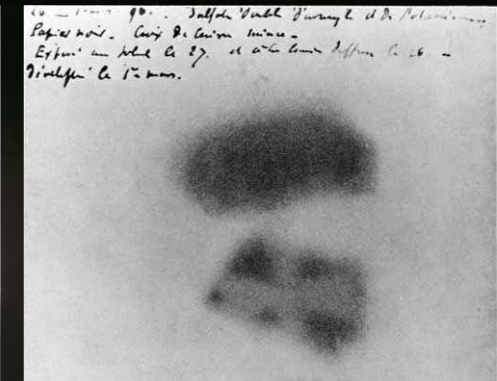
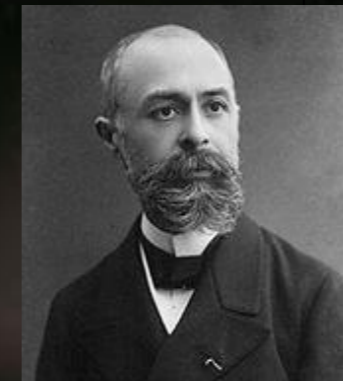
- 1858: **Kathodenstrahlung**  
(J. Plücker, J. Hittorf)



- 1895: **X-Rays**  
(W.C. Röntgen)



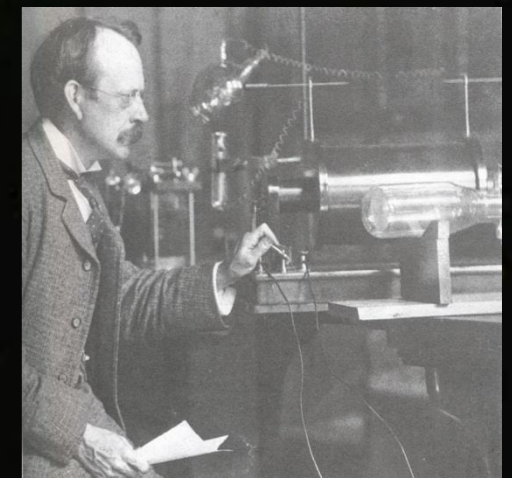
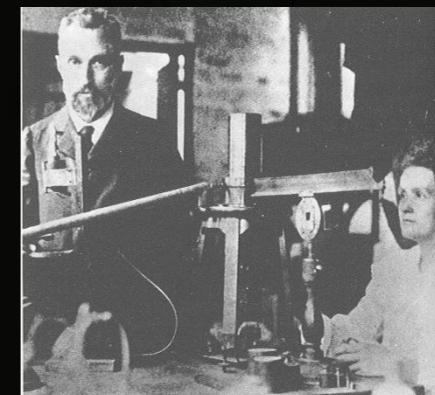
- 1896: **Uran Strahlung**  
(A.H. Becquerel)



- 1897: **Kathodenstrahlung sind Elektronen**  
(J.J. Thomson)

- 1898: **Uran Strahlung sind radioaktive Zerfälle**  
(M. and P. Curie)

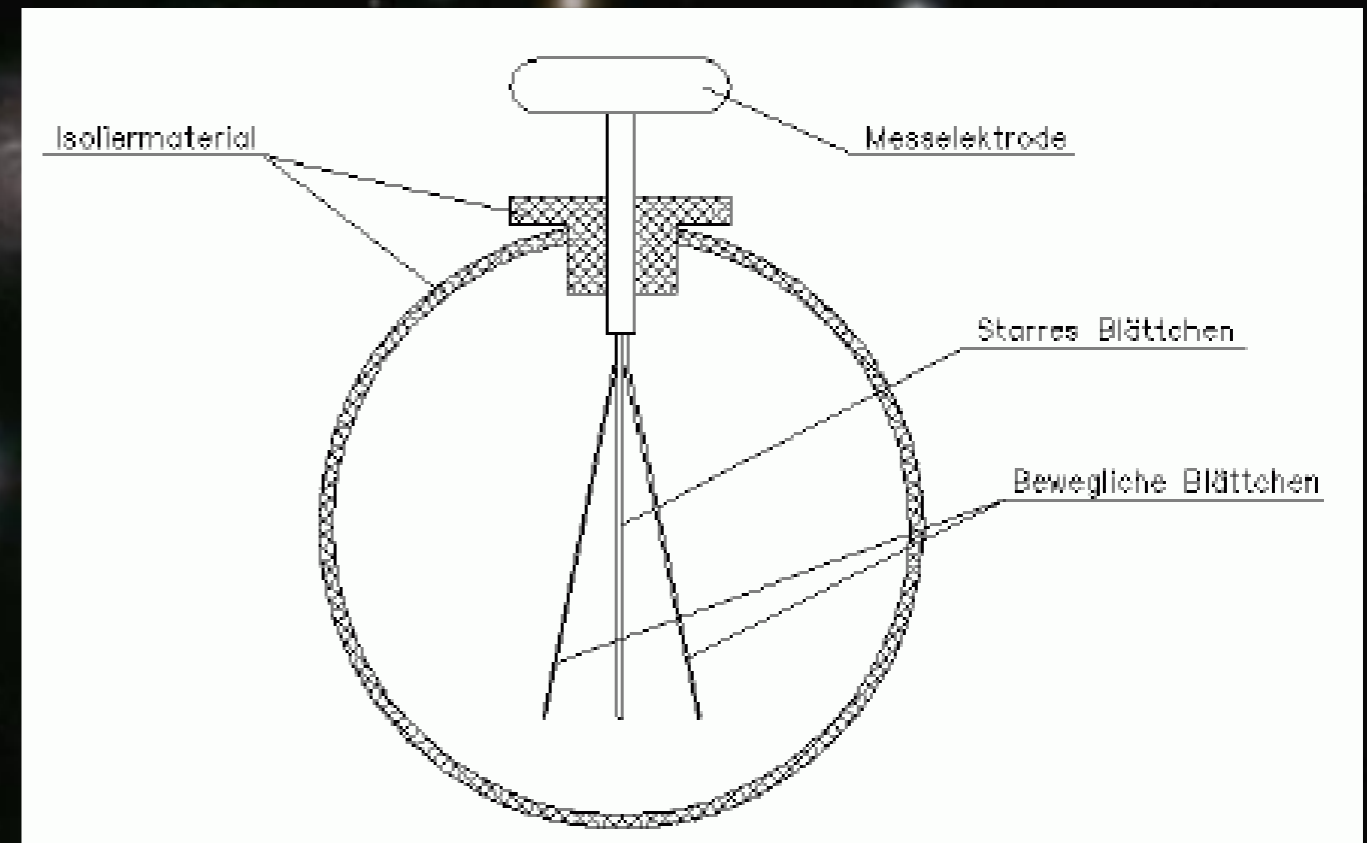
Durchdringende (Erd-) Strahlung  
Abschwächung der Ionisierung  
durch 1000 m Luft auf 1%





# Die Kosmische Strahlung: Entdeckung

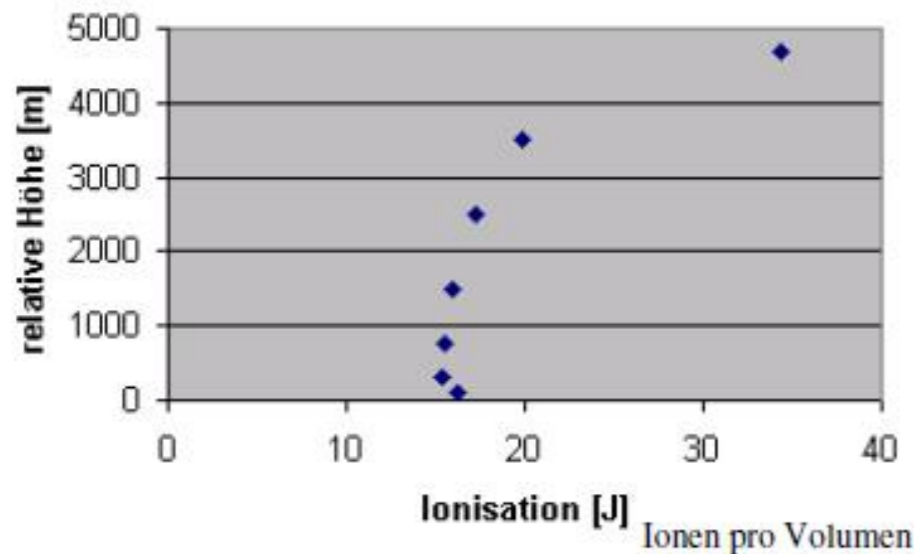
- Theodor Wulf (1847) erbaut **Elektroskop**
- **Ionisierende Strahlung beschleunigt Entladung**
- **Messung der ionisation der Luft**
- **Irdische Radioaktivität als Ursache?**
- **Messungen auf dem Eiffelturm (1887-1889) bis 330 m:**
- **Ionisation sinkt nur auf 64% aber 10% erwartet**



# Die Kosmische Strahlung: Entdeckung



Strahlungsverlauf in der Atmosphäre



V. Hess, 7. August 1912:  
~200 km, bis zu 5350 m Höhe

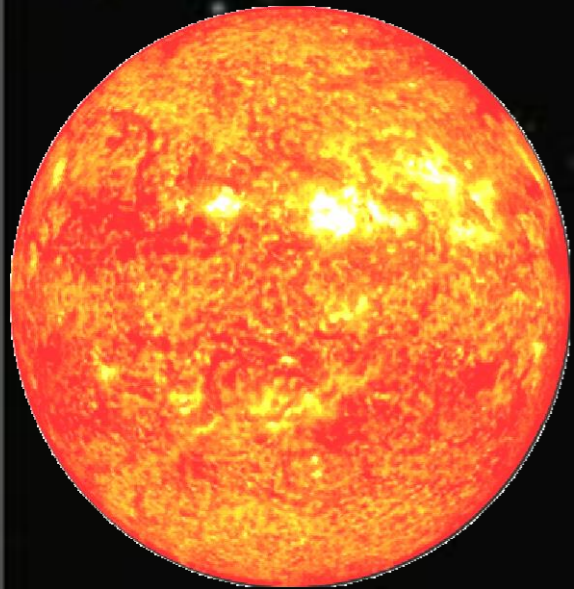
- Ionisation nimmt zu !
  - Strahlung von oben !
  - „Höhenstrahlung“ (cosmic rays)



The Nobel Prize in Physics 1936  
Victor F. Hess, Carl D. Anderson



# Die Kosmische Strahlung



Sie besteht (oberhalb der Atmosphäre) zum grossen Teil aus Atomkernen, in der Zusammensetzung ähnlich unseres Sonnensystems (H, He, ... Fe)

Sie fällt völlig gleichmässig aus allen Richtungen auf die Erde ein

Kontinuierlicher Teilchenstrom auf Meereshöhe: ca. 240 Teilchen / m<sup>2</sup>·s



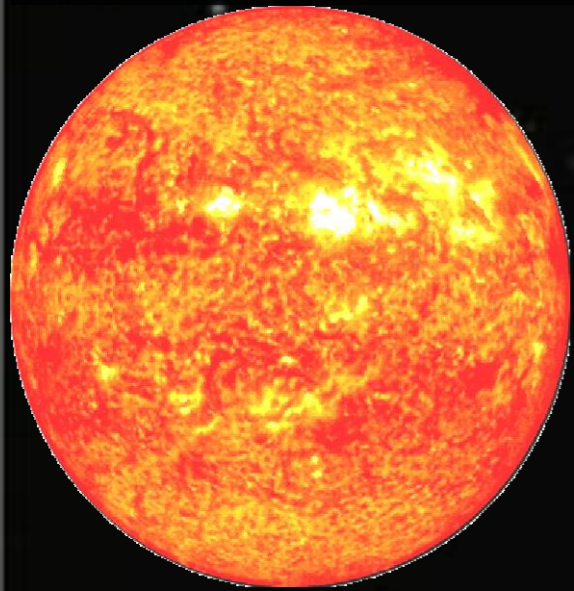


# Cosmic Ray Flashes verleihen Superkräfte!





# Die Kosmische Strahlung



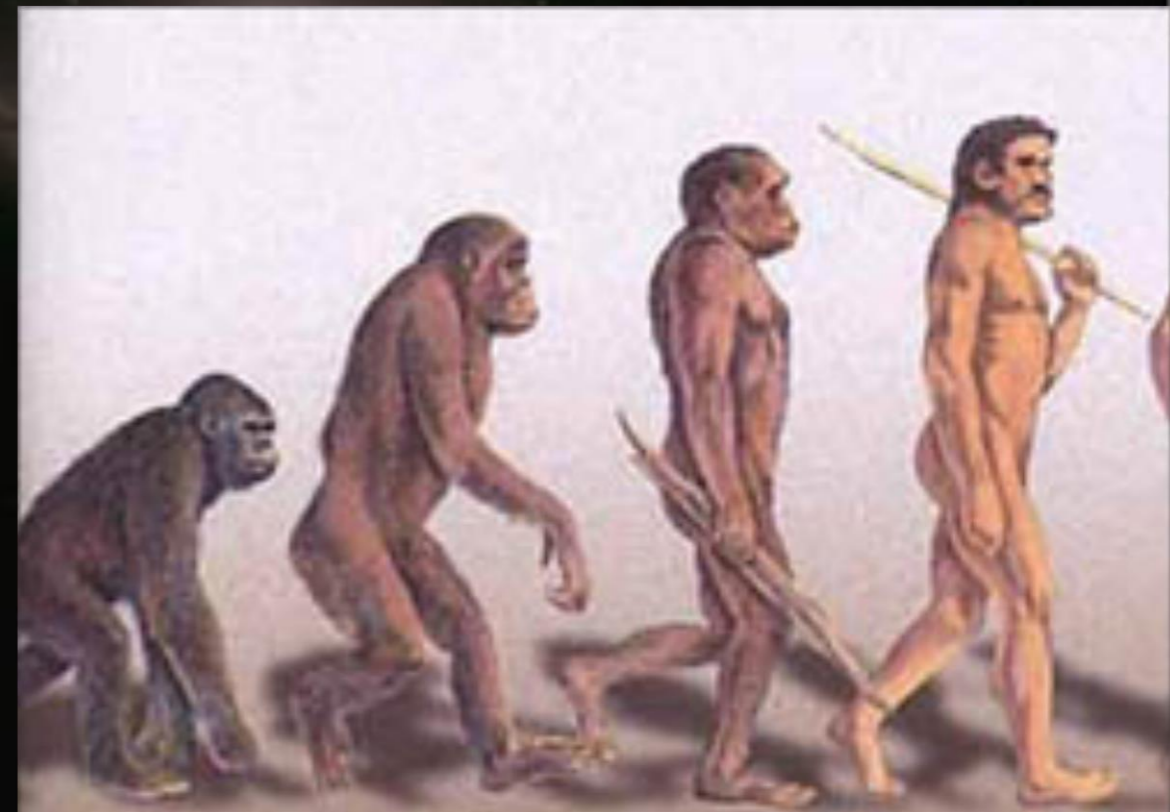
Sie besteht (oberhalb der Atmosphäre) zum grossen Teil aus Atomkernen, in der Zusammensetzung ähnlich unserer Sonne (H, He, ... Fe)

Zudem die

Sie fällt völlig gleichmässig aus allen Richtungen auf die Erde ein

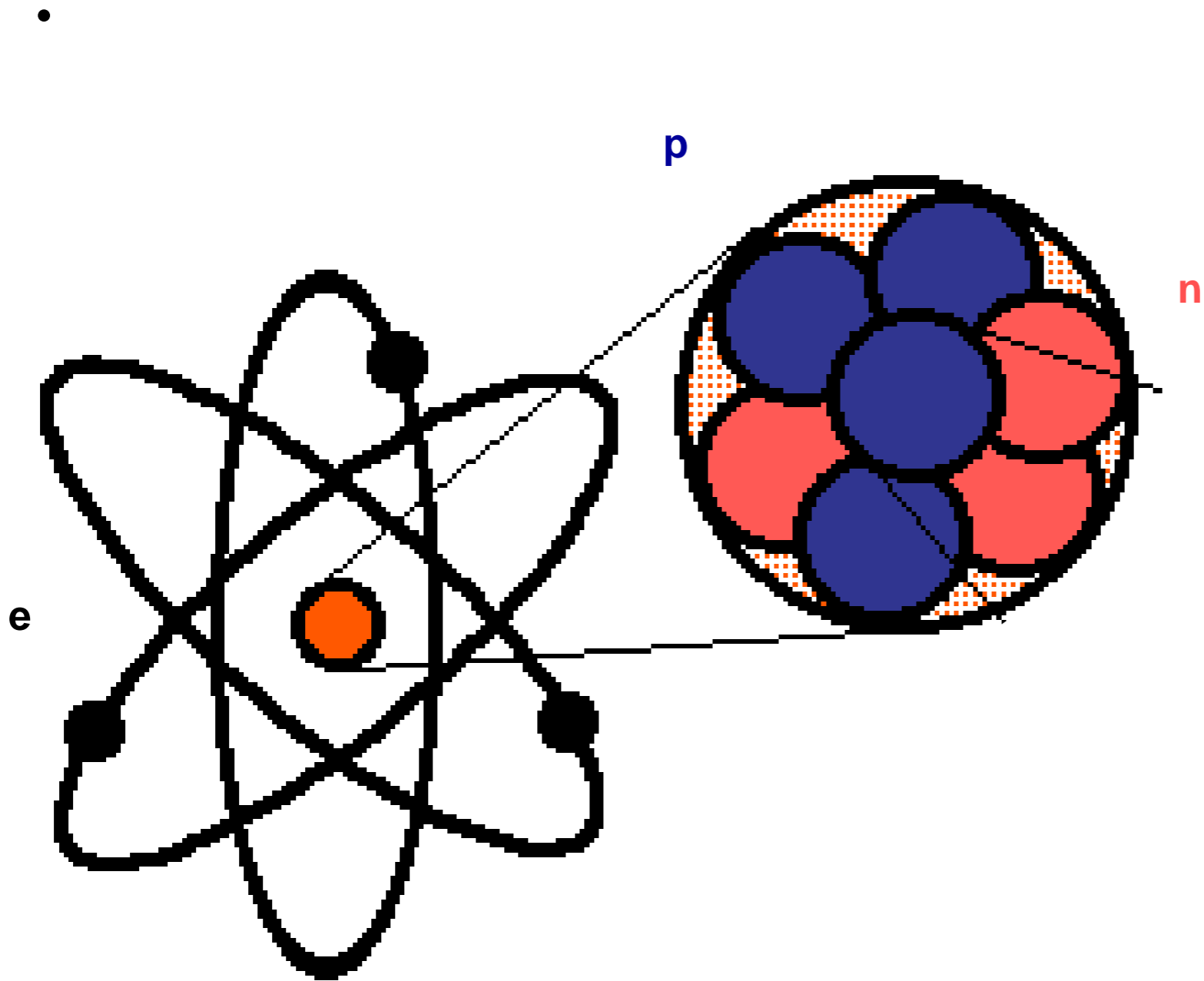
**Kontinuierlicher Teilchenstrom auf Meereshöhe:** ca. 240 Teilchen / m<sup>2</sup>·s

(Anregung von Mutationen...)



# Standardmodell früher

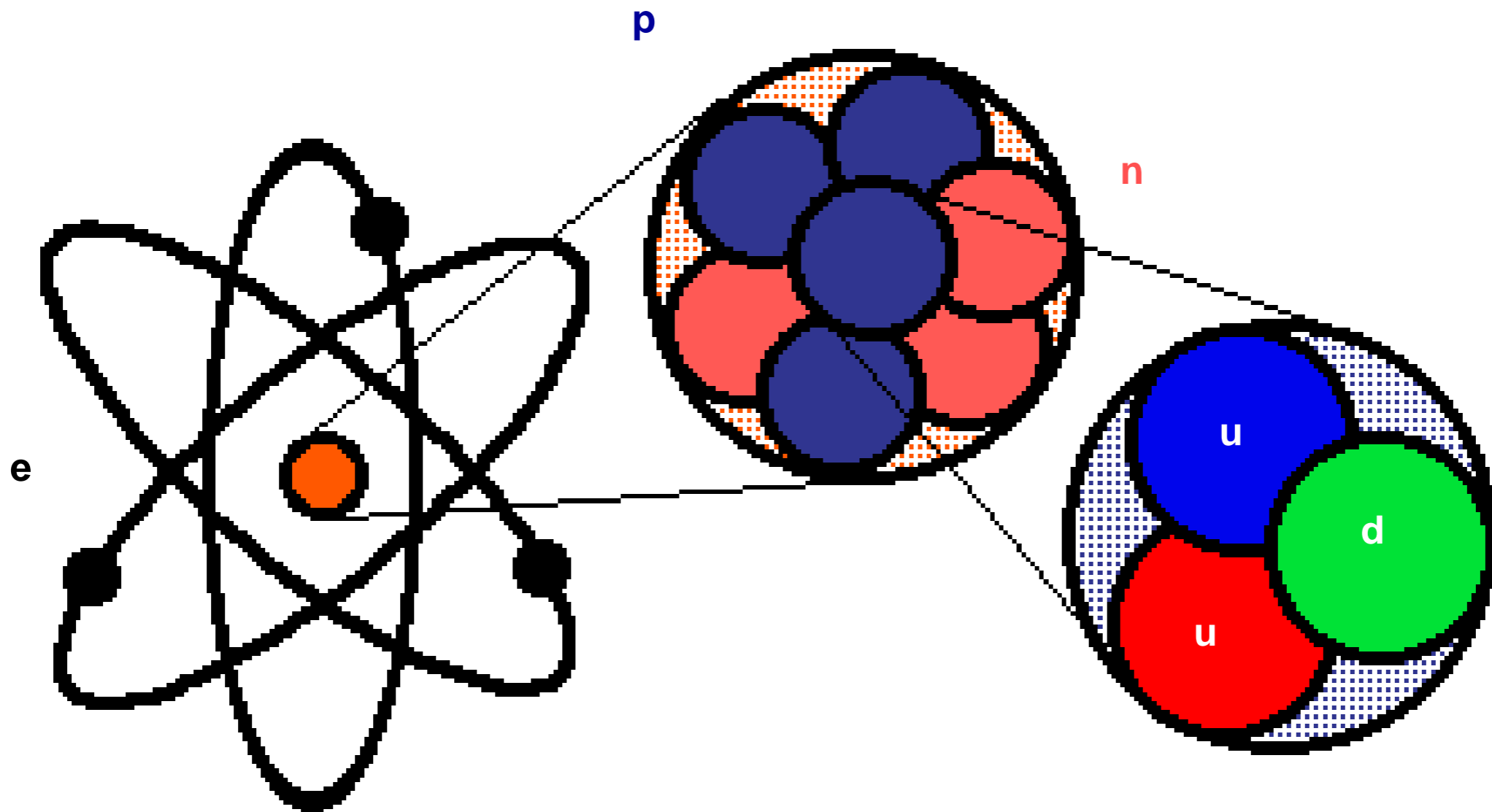
- ▶ alles besteht aus Protonen & Elektronen (später Neutronen)





# Standardmodell früher

- ▶ alles besteht aus Protonen & Elektronen (später Neutronen) : nicht ganz...



# Standardmodell heute: Teilchenzoo

## Materieteilchen

### 1. Familie



Up-  
Quark



Down-  
Quark

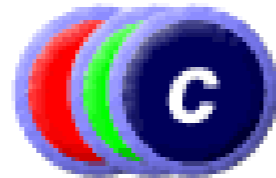


Elektron



Elektron-  
Neutrino

### 2. Familie



Charm-  
Quark



Strange-  
Quark



Myon



Myon-  
Neutrino

### 3. Familie



Top-  
Quark



Bottom-  
Quark



Tauon



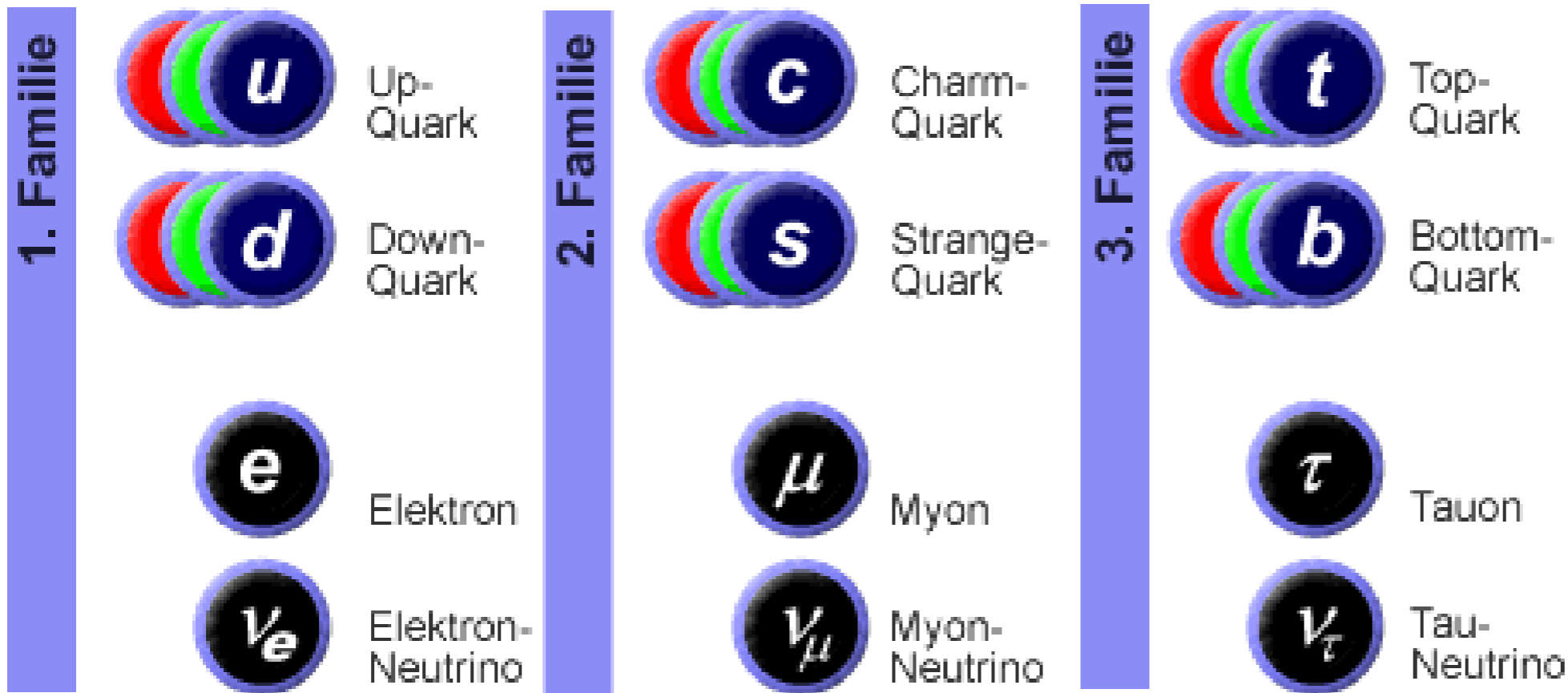
Tau-  
Neutrino





# Standardmodell heute: Teilchenzoo

## Materieteilchen



► Baryonen



► Mesonen



# Standardmodell heute: Teilchenzoo

## Materieteilchen

1. Familie



2. Familie



3. Familie



+ Antiteilchen  
+ Austauschteilchen  
(+ Higgs)

$p = uud$

$n = udd$

► Baryonen

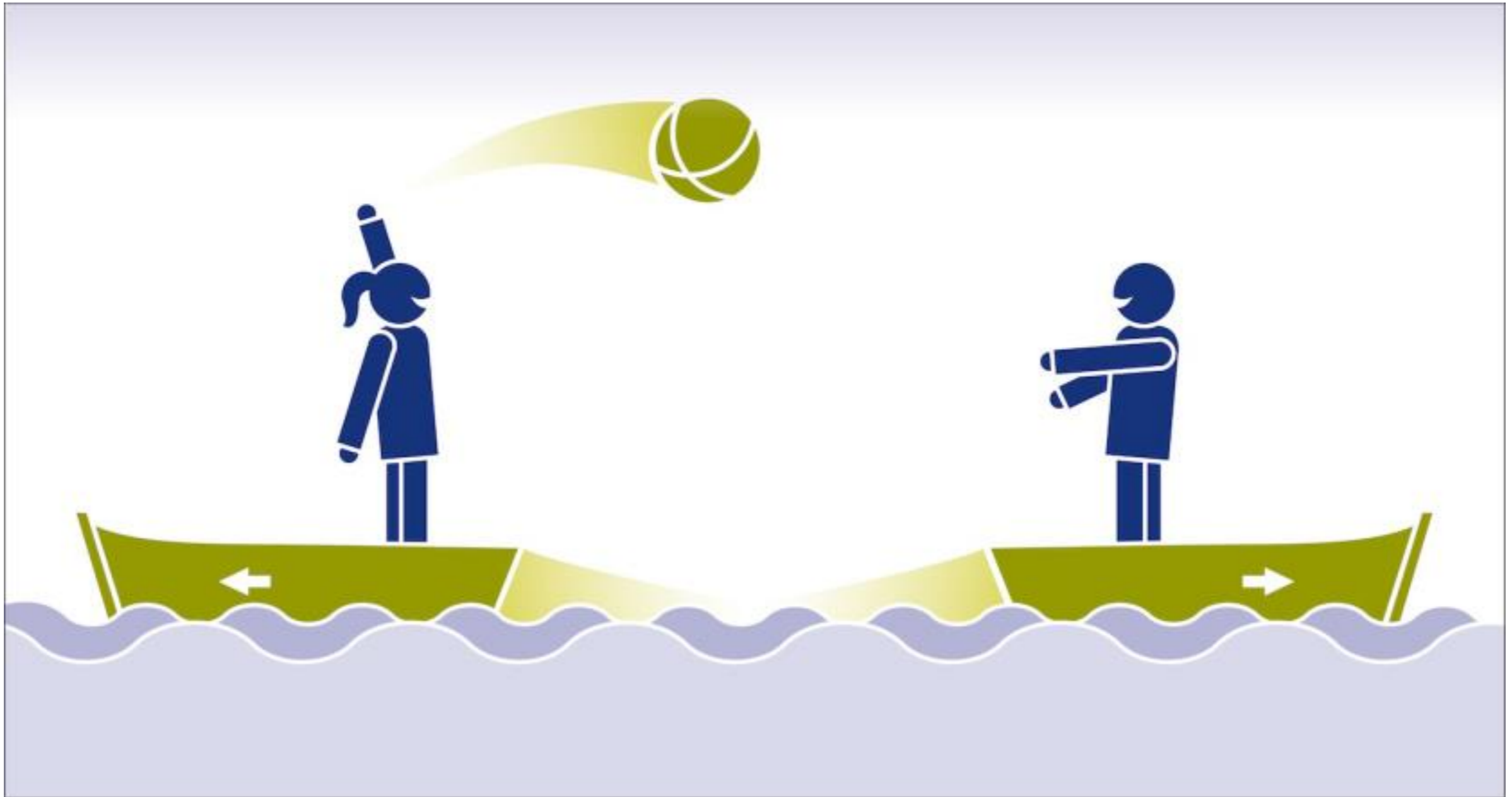
$\pi^+ = u\bar{d}$

$K^+ = u\bar{s}$

► Mesonen

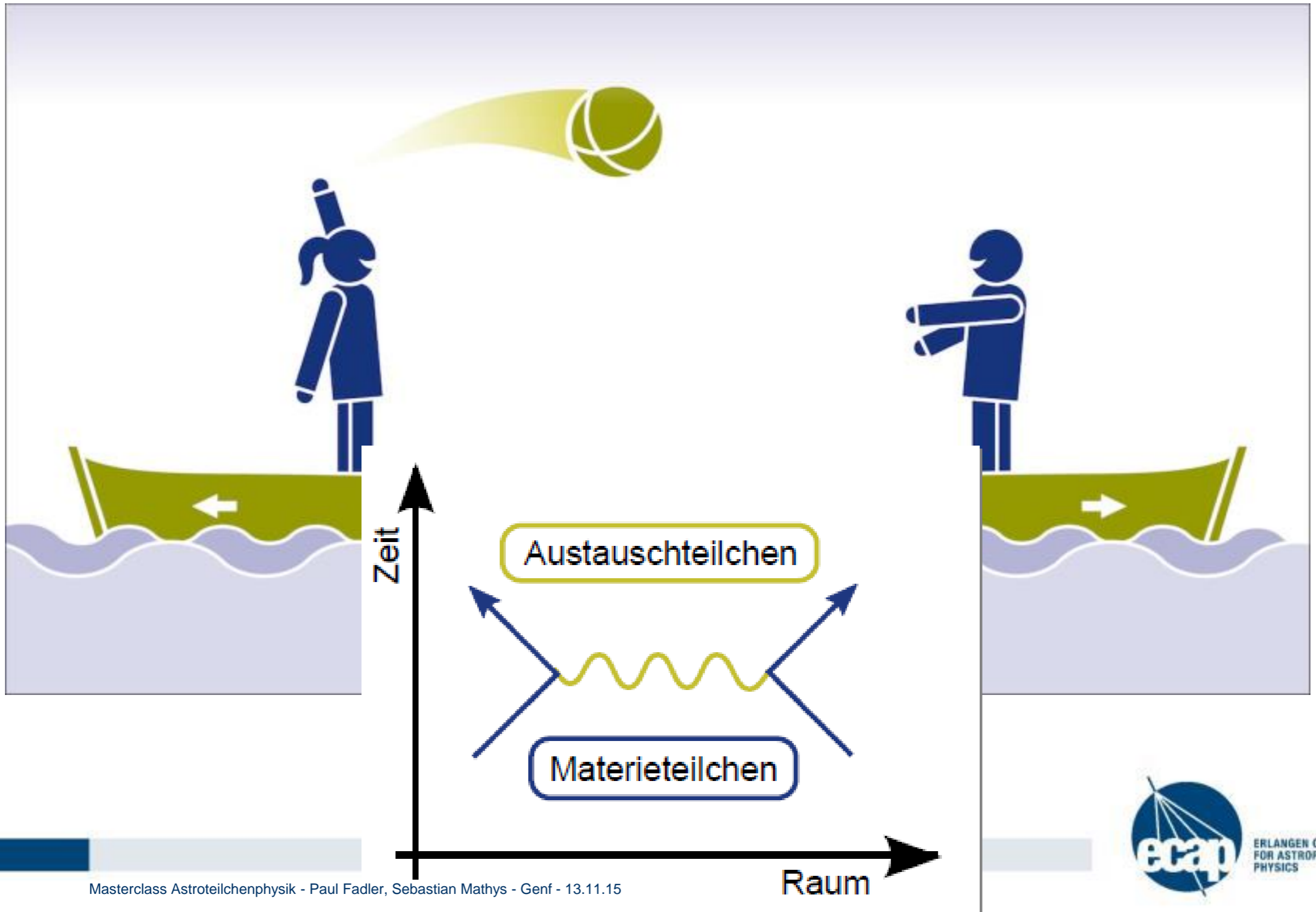


# Austauschteilchen

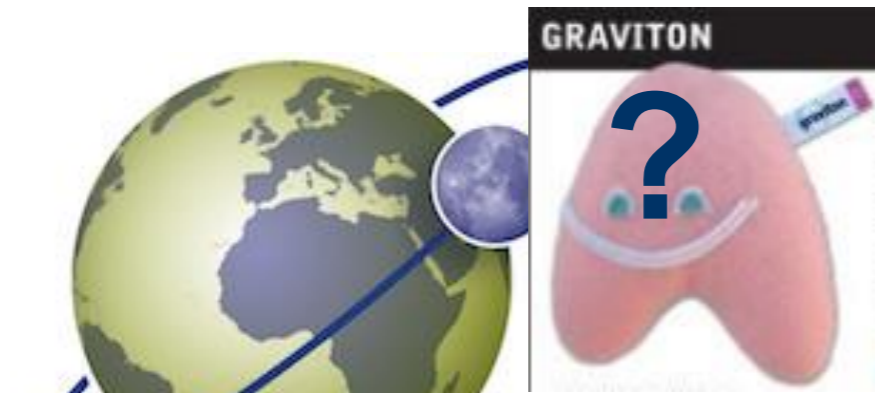




# Austauschteilchen



# Wechselwirkungen



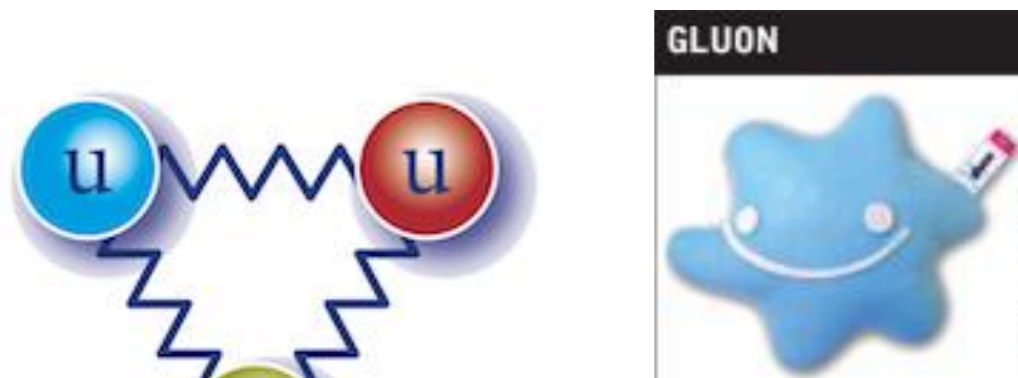
**GRAVITON**

Reichweite  $\infty$   
wirkt auf Massen



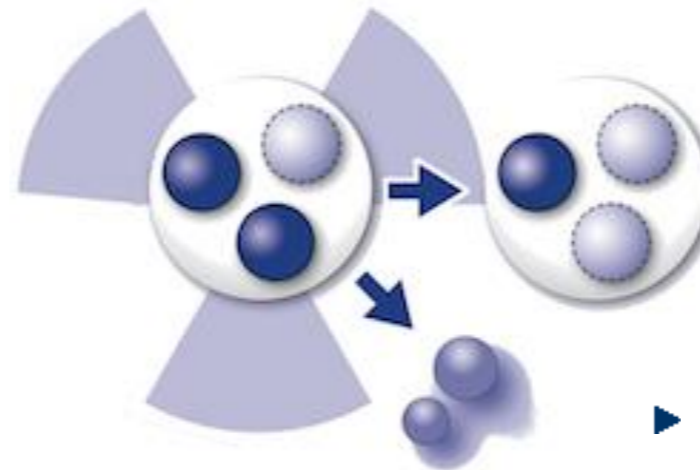

**PHOTON**

Reichweite  $\infty$   
wirkt auf Ladungen



**GLUON**

Reichweite  $\approx 10^{-15}$  m  
wirkt auf „Farben“




**W BOSON**

**Z BOSON**

Reichweite  $< 10^{-15}$  m  
wirkt auf Hyperladungen



# Higgs

- ▶ Masse aus Wechselwirkung mit Hintergrundfeld



## HIGGS BOSON



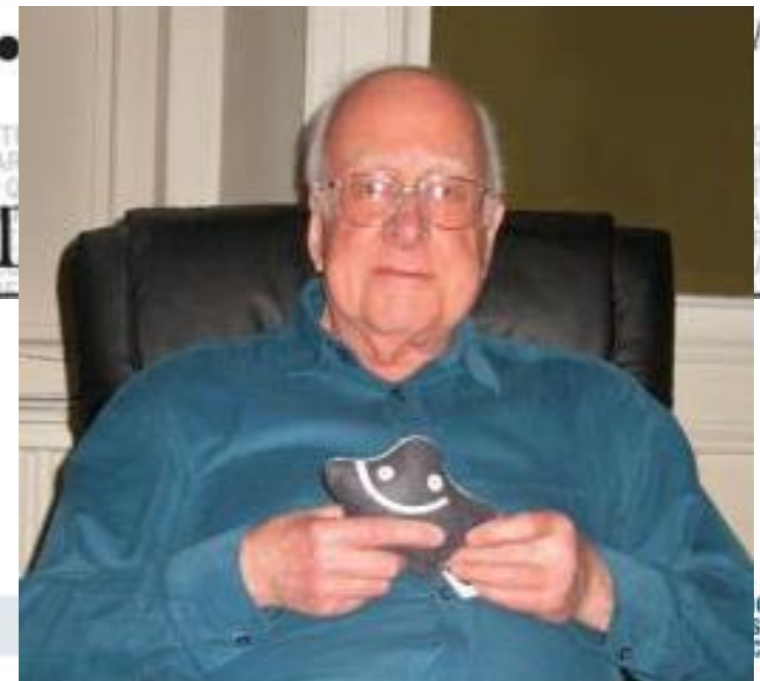
The **HIGGS BOSON** is the particle of the Higgs mechanism, believed by physicists to reveal how all matter in the universe gets its mass. On July 4, 2012, the CMS and ATLAS collaborations at CERN announced a 5-sigma level of certainty that the Higgs boson had been detected with a mass of around 125 GeV.

**\$10.49** PLUS SHIPPING

●●●●●●  
LIGHT

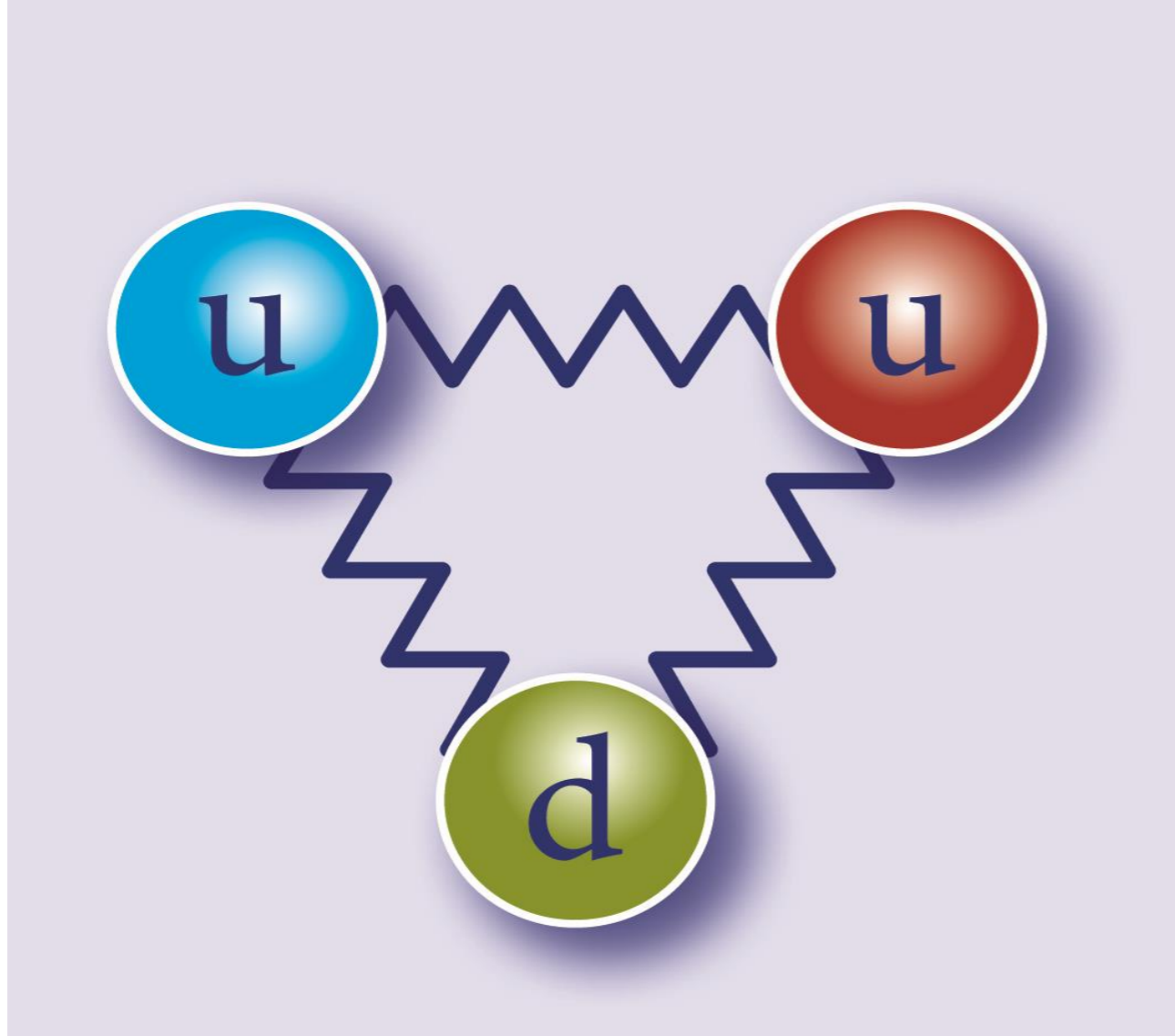
● MUON PHOTON NEUTRINO  
● NEUTRON DOWN QUARK  
● NEUTRINO MUON UP QUARK  
● UP QUARK  
● TAU LEPTON  
● ELECTRON  
● PHOTON  
● GLUON  
● HIGGS BOSON

The **PART**



# Starke Wechselwirkung: Confinement

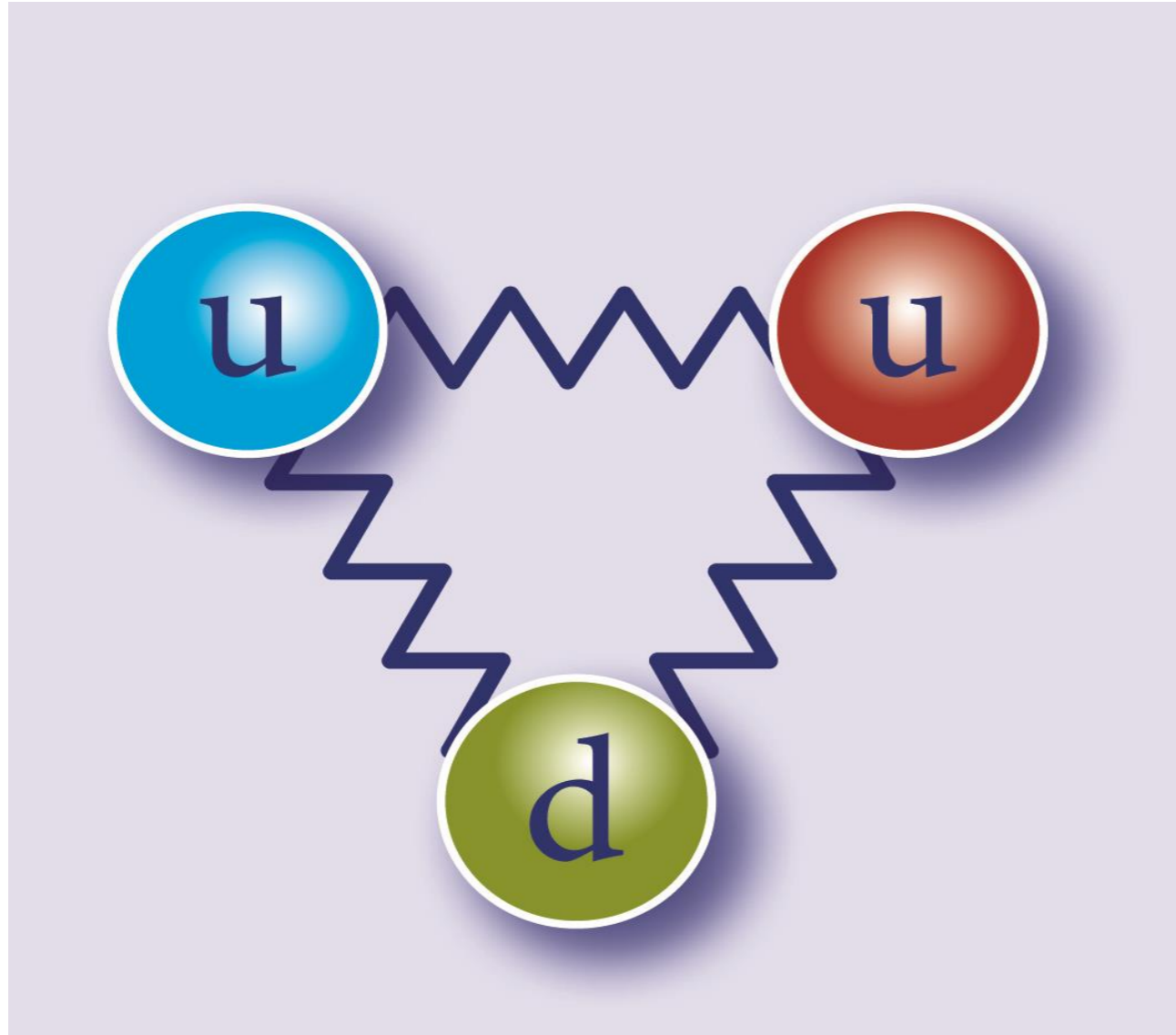
- ▶ freie Teilchen sind „schwarz/weiß“



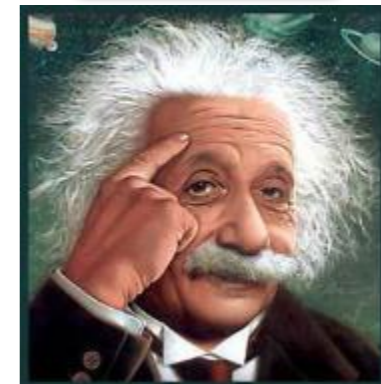


# Starke Wechselwirkung: Confinement

- ▶ freie Teilchen sind „schwarz/weiß“



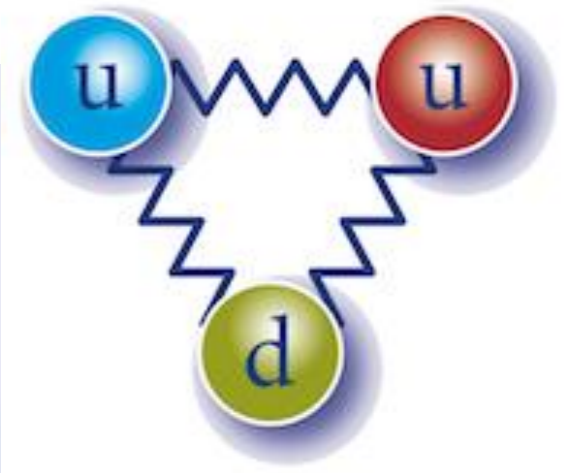
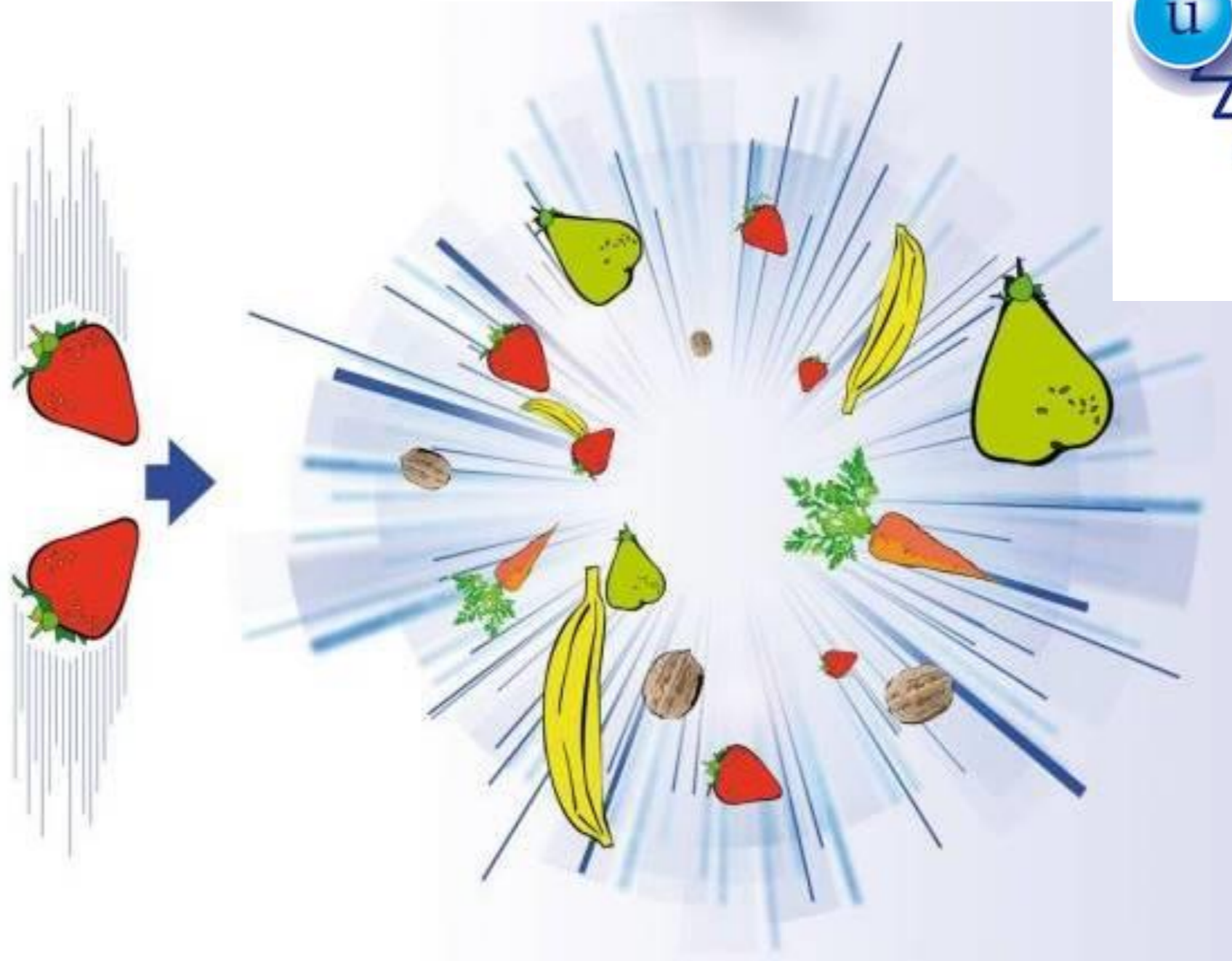
$$E = mc^2$$



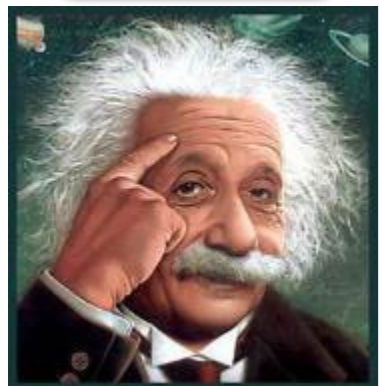
# Starke Wechselwirkung

- ▶ neue Teilchen aus Energie

- 

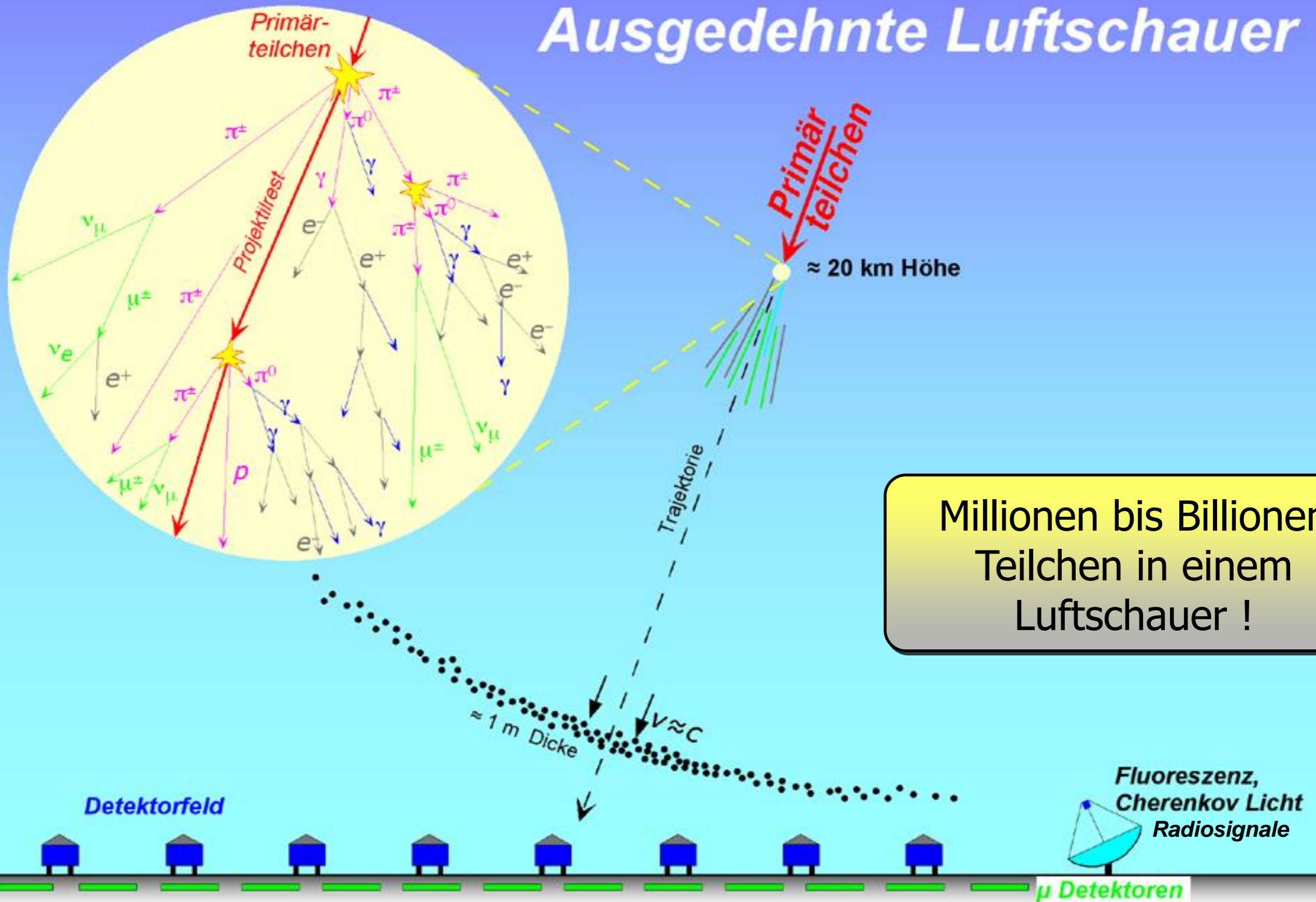


$$E = mc^2$$





# Nachweis hochenergetischer kosm. Teilchen



## Ausgedehnte Luftschauder

Primärteilchen

$\approx 20$  km Höhe

Millionen bis Billionen Teilchen in einem Luftschauder !

Detektorfeld

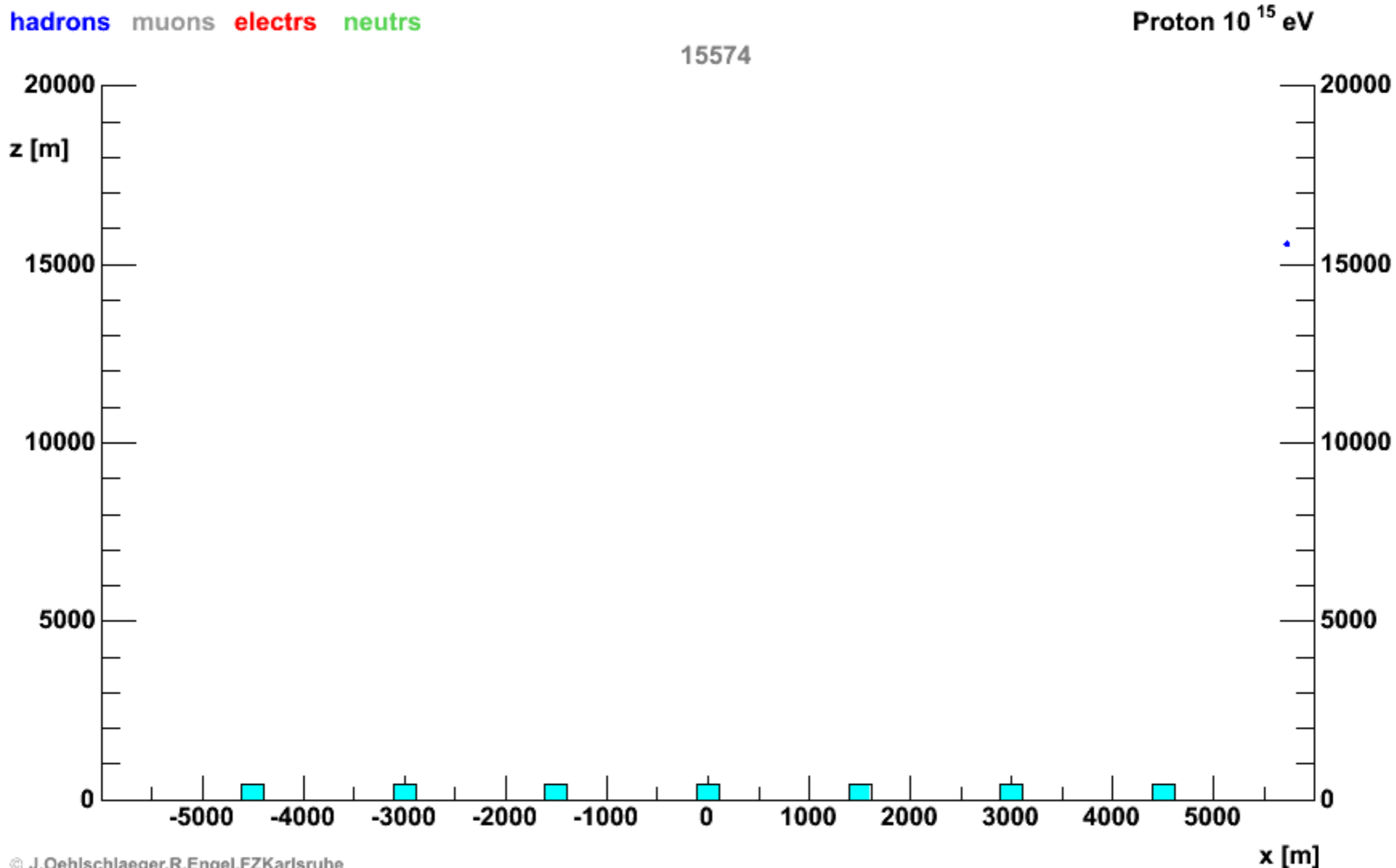
Fluoreszenz,  
Cherenkov Licht  
Radiosignale

μ Detektoren



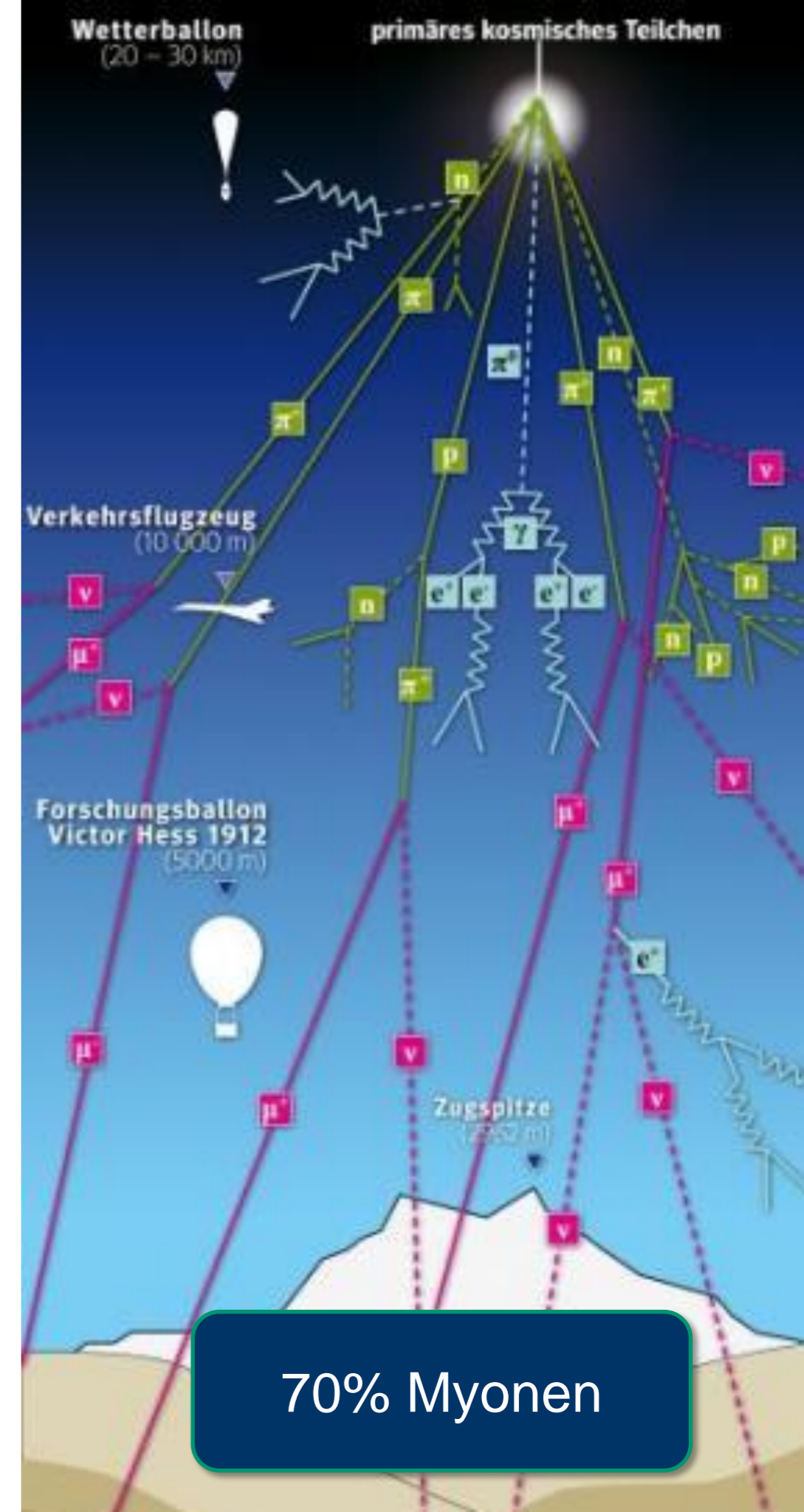
# Computersimulation eines Luftschauers

ca. 30 Minuten CPU-Zeit, abh. von der Primärenergie (bis ca. 30 Std/Schauer)

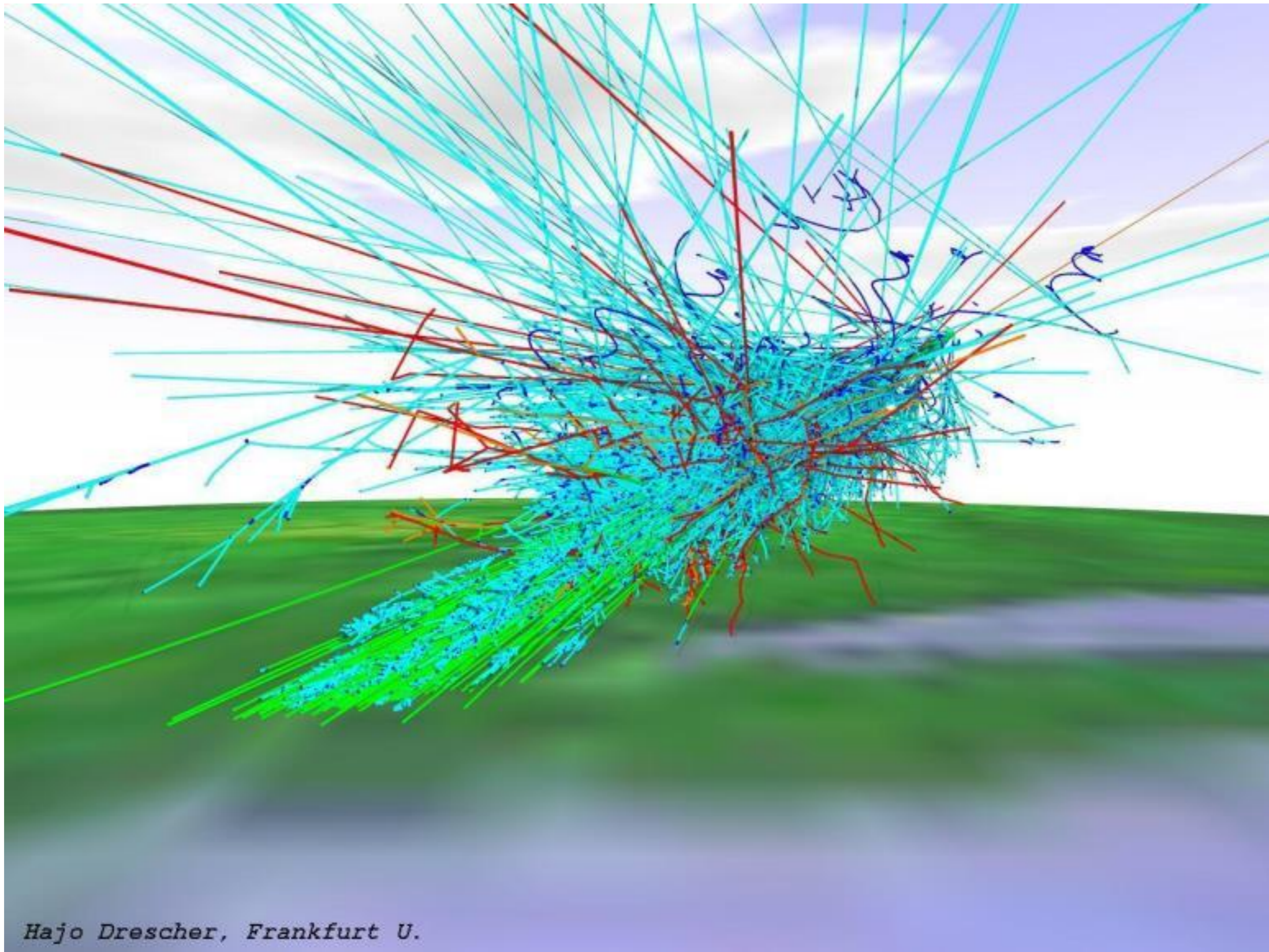


# Myon

- ▶ 1935 entdeckt in kosmischer Strahlung
- ▶ negativ geladen
- ▶ Masse  $\approx 200$  Elektronmassen
- ▶ mittlere Lebensdauer  $2,2 \cdot 10^{-6}$  s



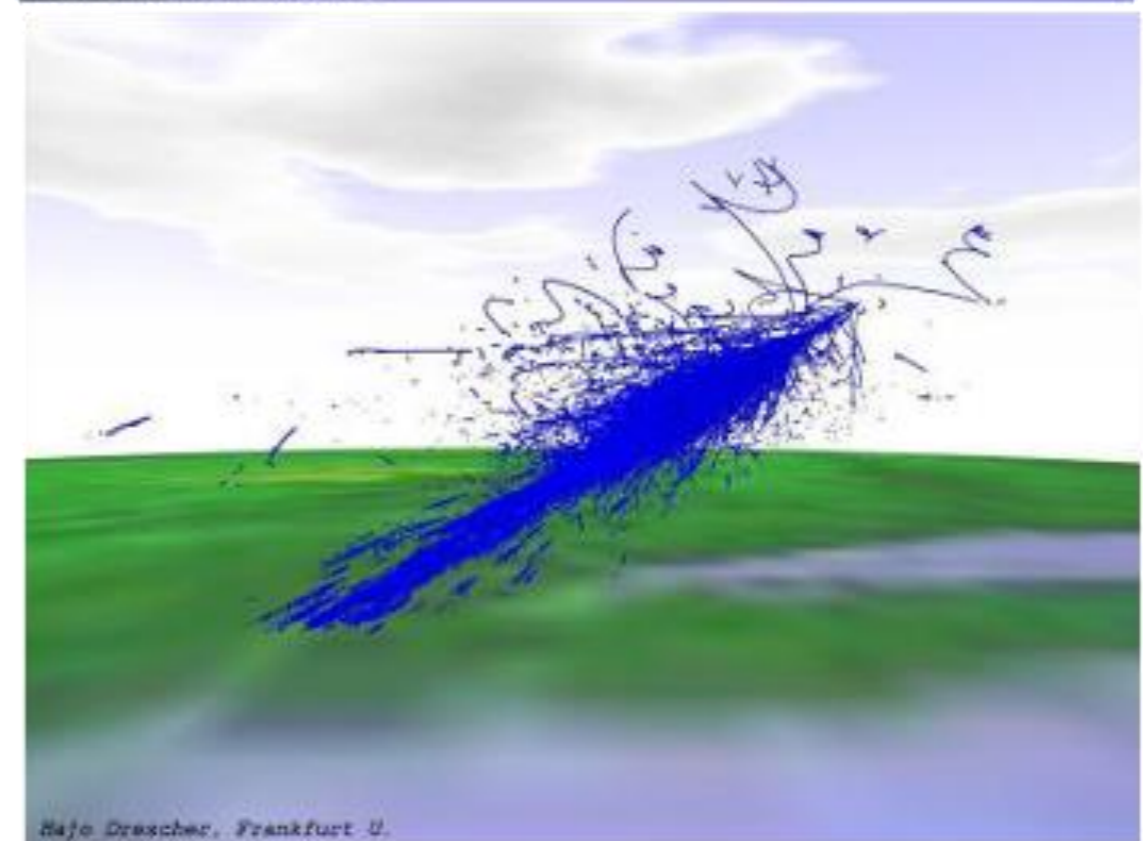
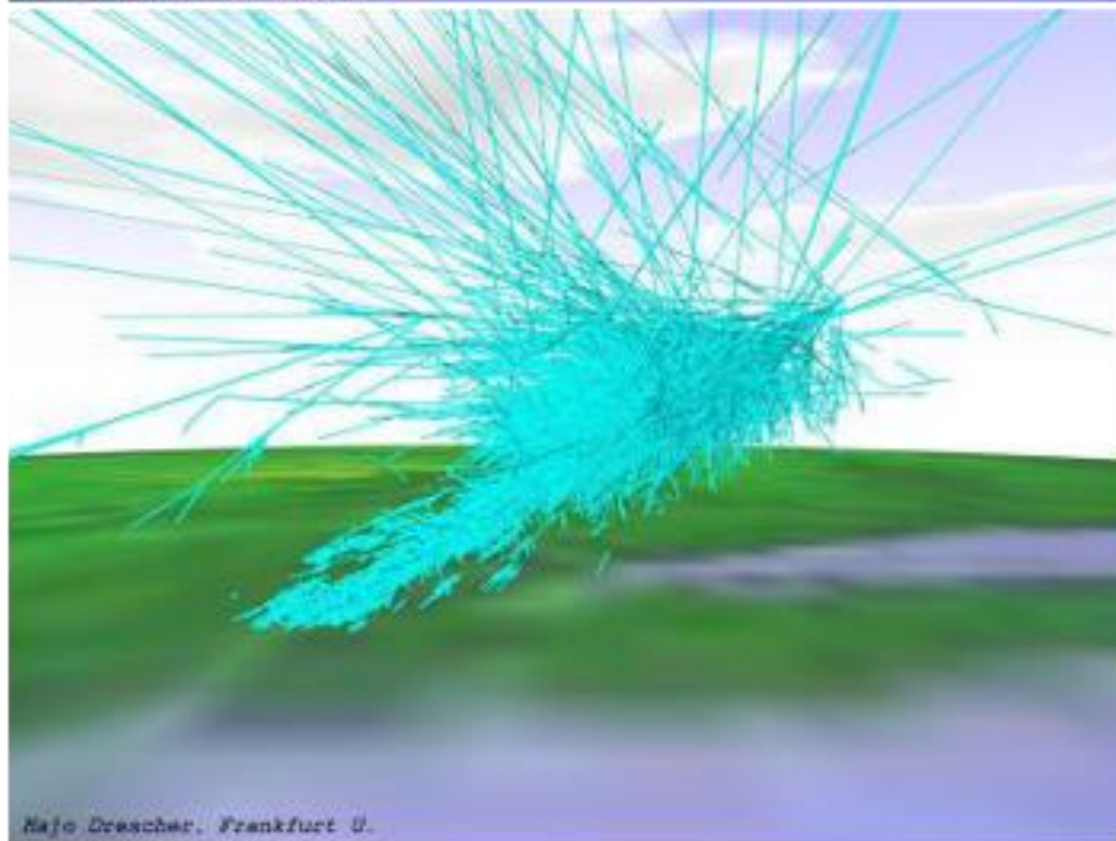
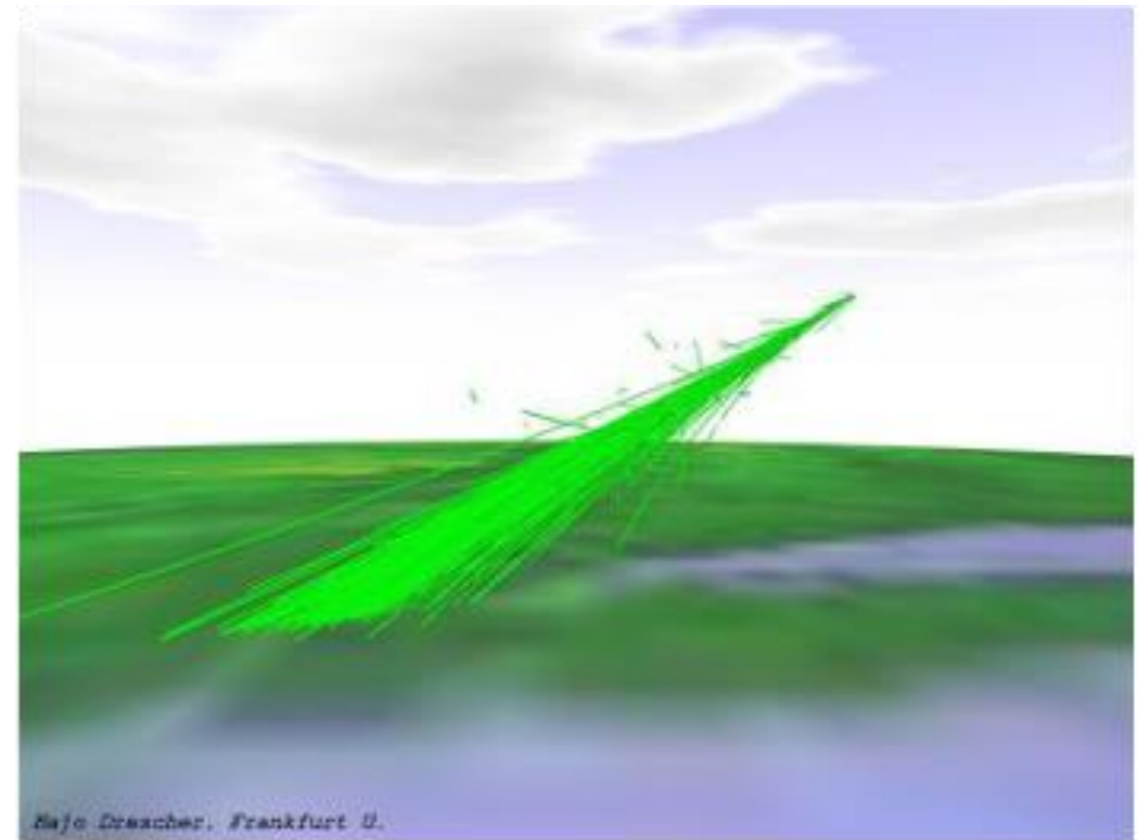
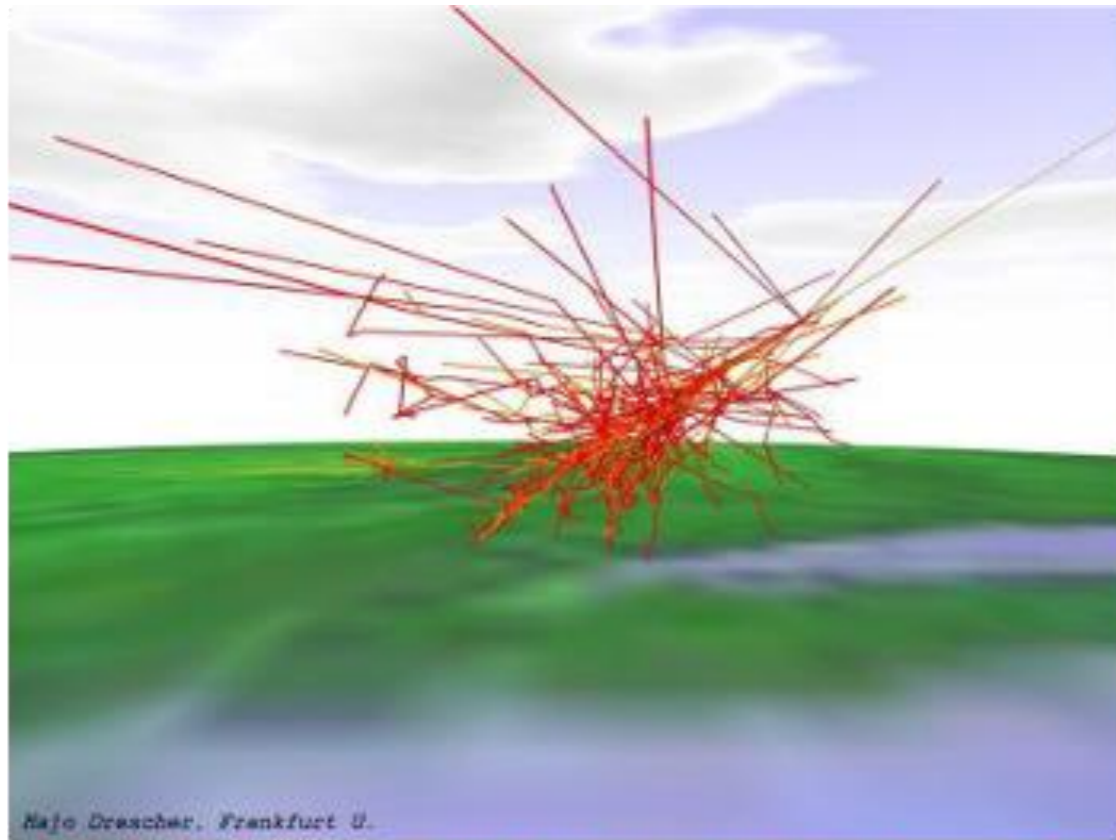




*Hajo Drescher, Frankfurt U.*

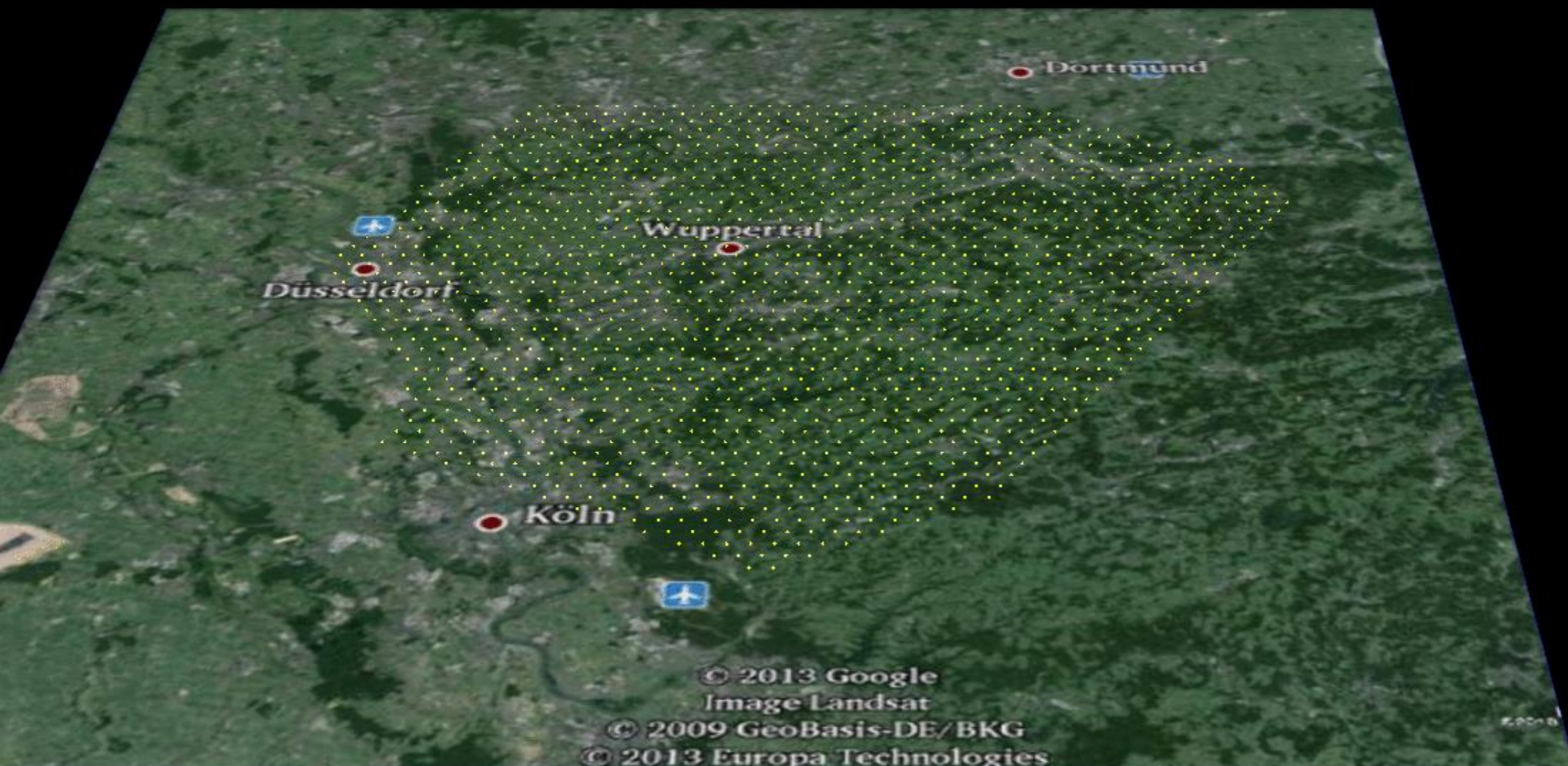
Protonen Neutronen Photonen Elektronen/Positronen Myonen





Protonen Neutronen Photonen Elektronen/Positronen Myonen





Düsseldorf

Wuppertal

Dortmund

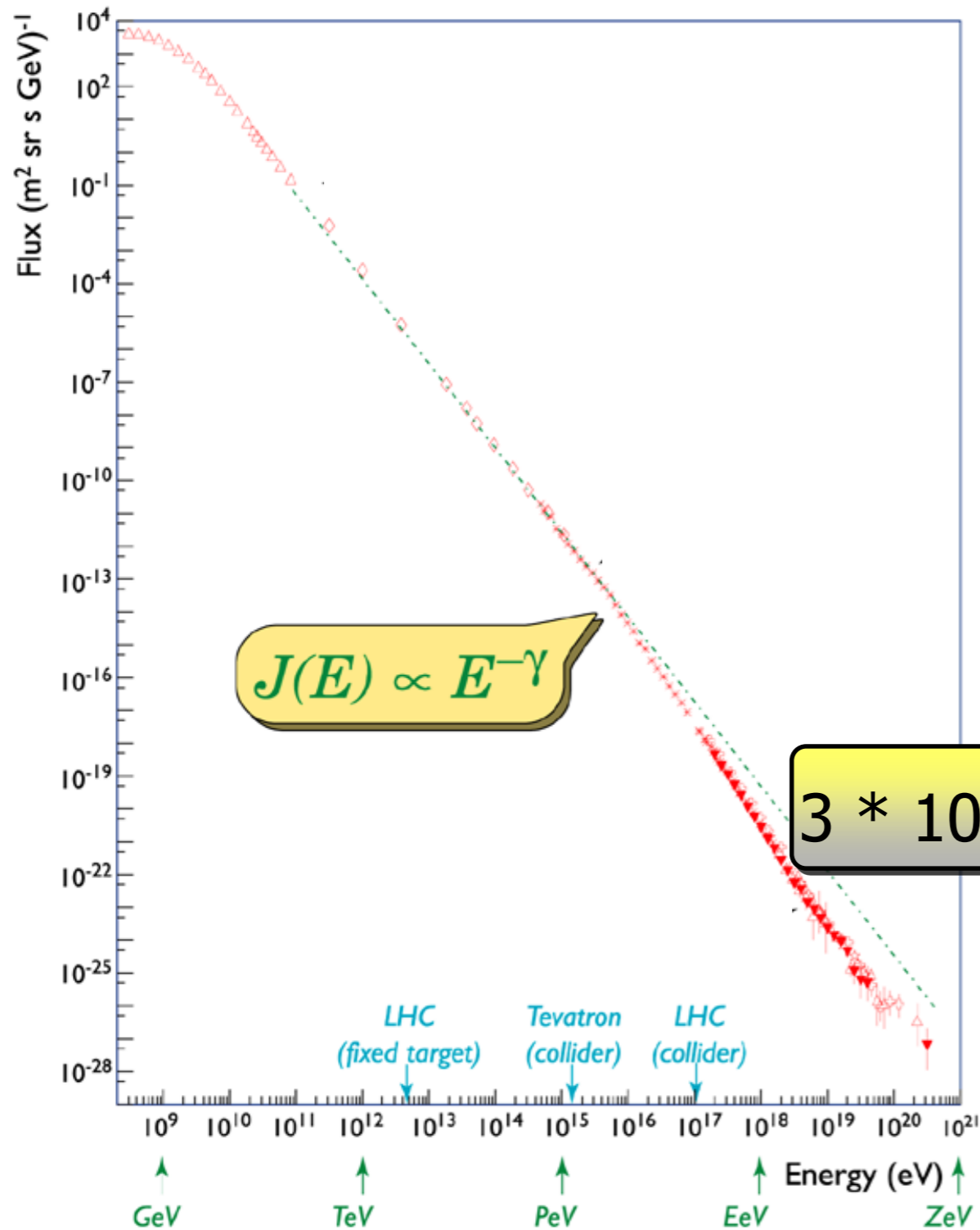
Köln

© 2013 Google  
Image Landsat  
© 2009 GeoBasis-DE/BKG  
© 2013 Europa Technologies

K2013

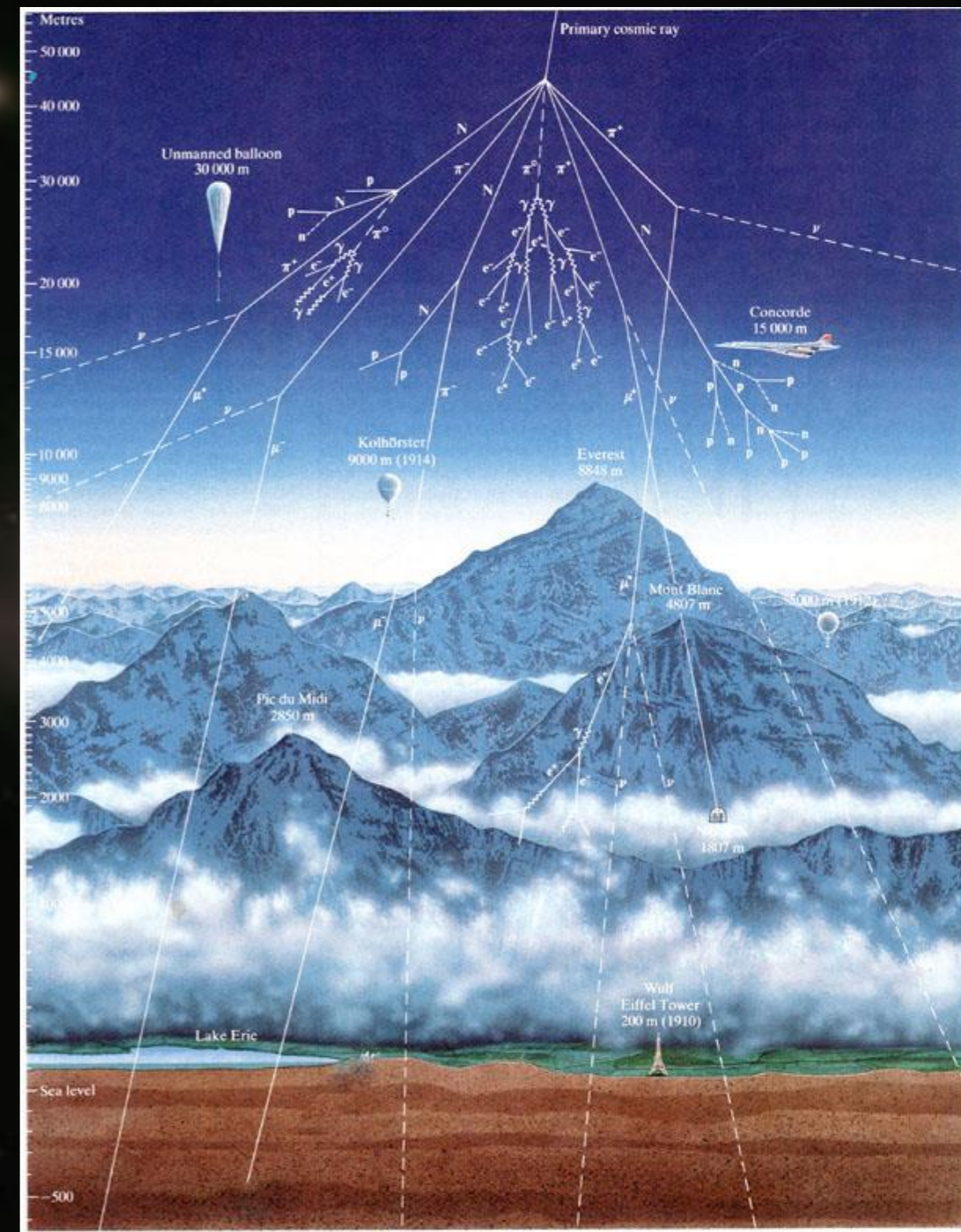


# Cosmische Strahlung



(Anregung von Mutationen...)

Sie deckt ein extrem breites Energiespektrum ab, bis weit über die Energien irdischer Beschleuniger



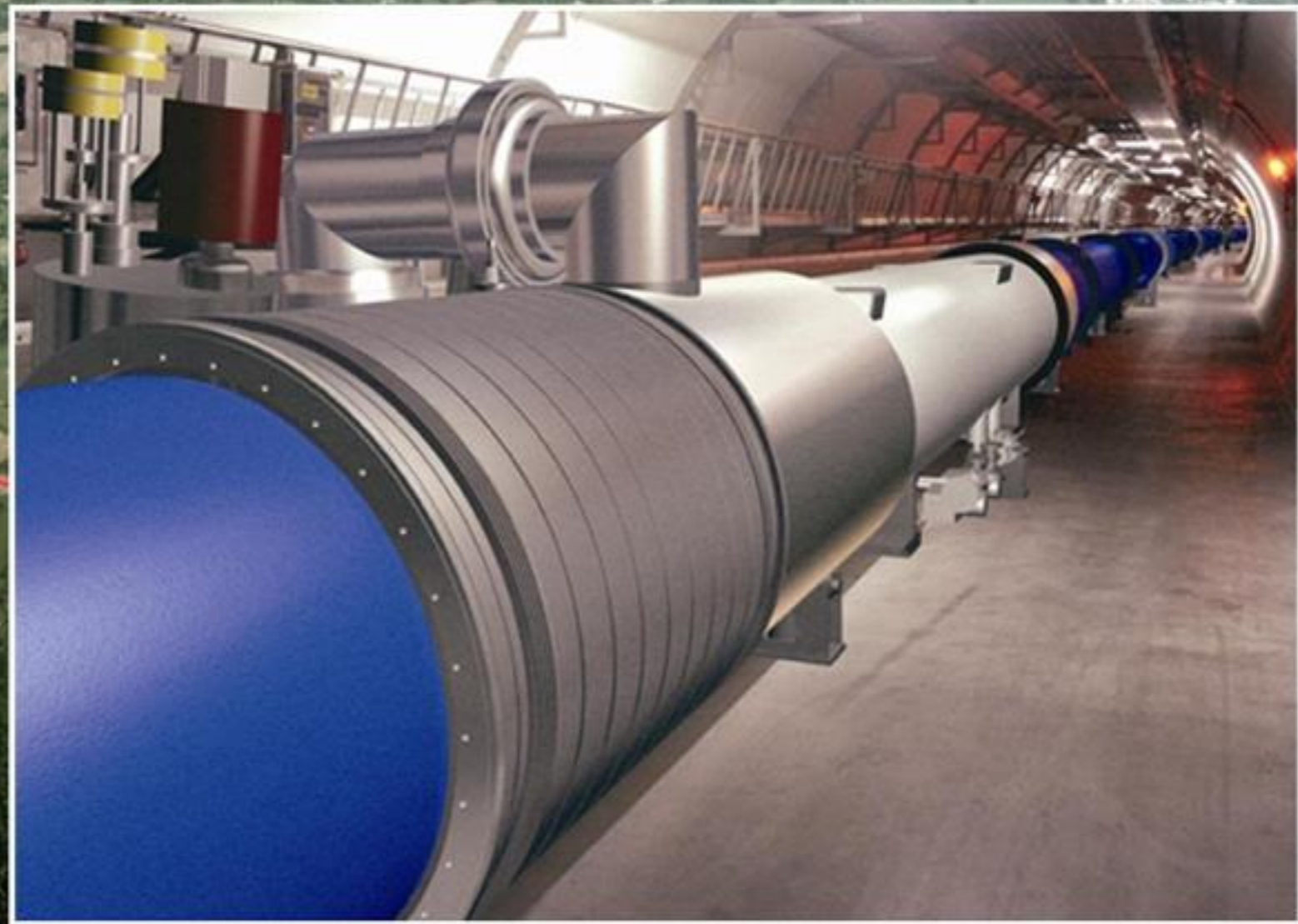


Kosmische Strahlung:

$300 \text{ EeV} = 3 \cdot 10^{20} \text{ eV} = 300\,000\,000\,000\,000\,000\,000\,000 \text{ eV}$

# LHC

**größter Teilchenbeschleuniger  
auf der Erde**



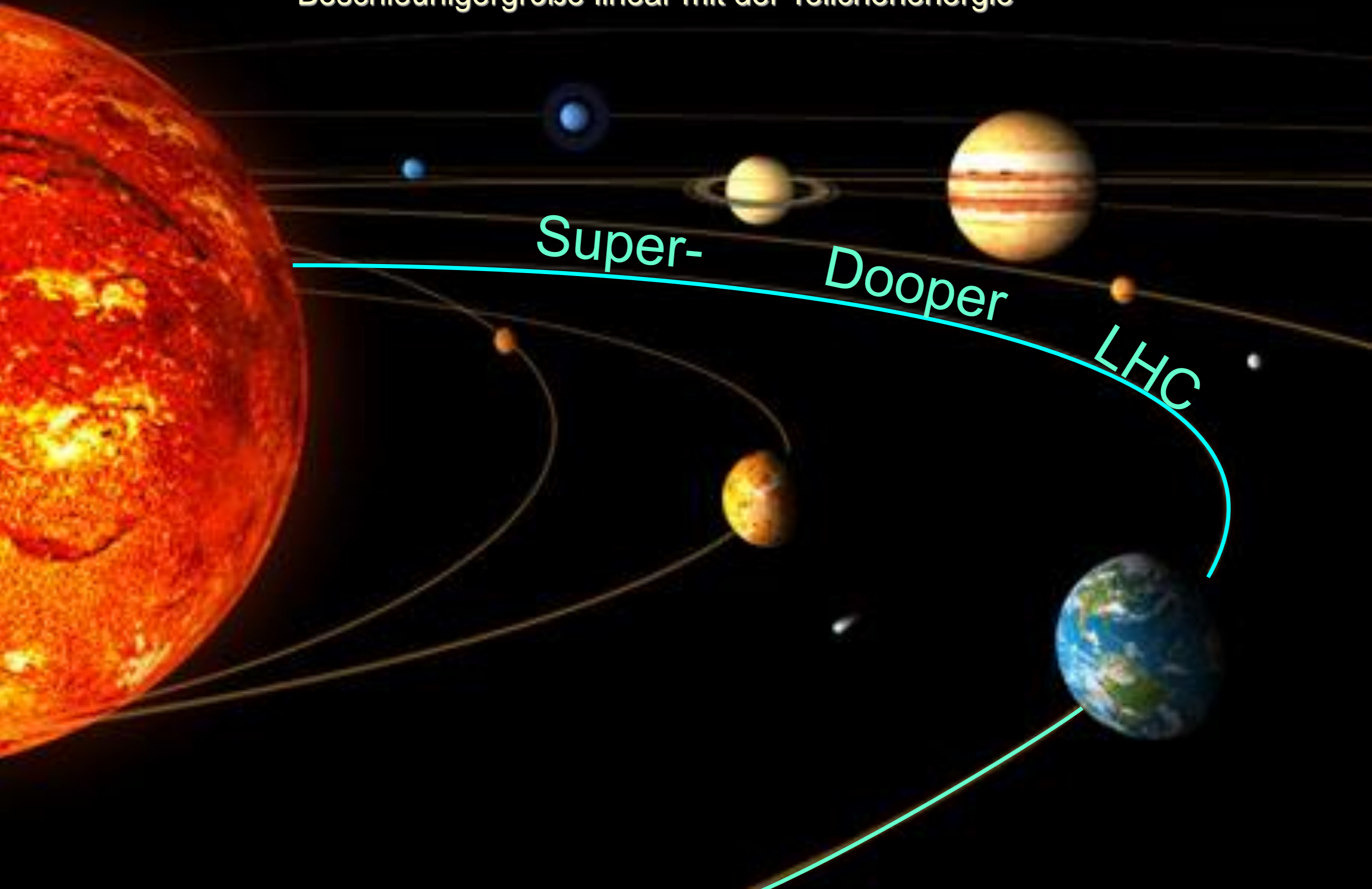
Maximalenergie:

$7 \text{ TeV} = 7 \cdot 10^{12} \text{ eV} = 7\,000\,000\,000\,000 \text{ eV}$



# Super-LHC: Erdumlaufbahn um Sonne

Bei festem Magnetfeld wächst die erforderliche Beschleunigergröße linear mit der Teilchenenergie



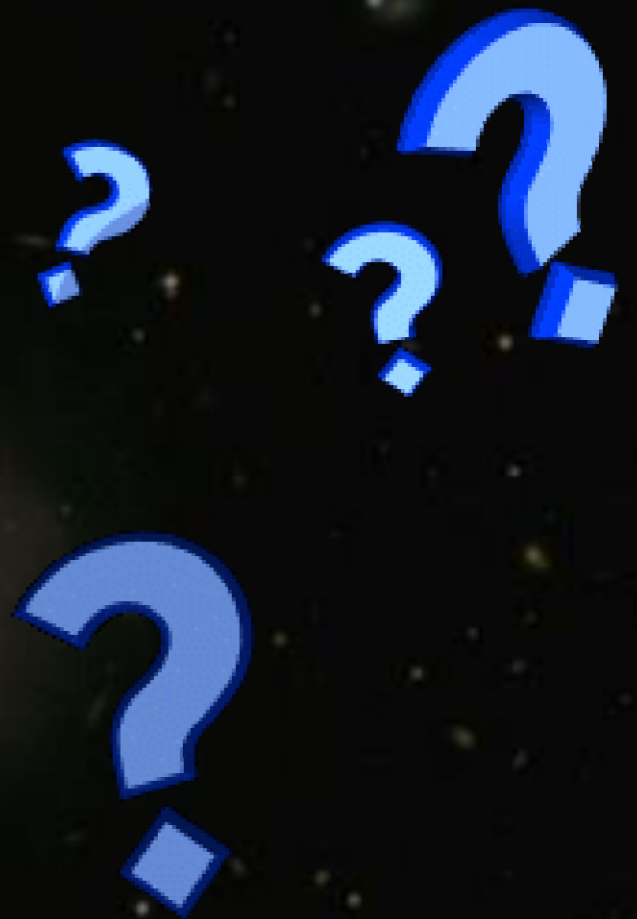


# Was wir verstehen wollen...

Woher kommt die kosmische Strahlung ?

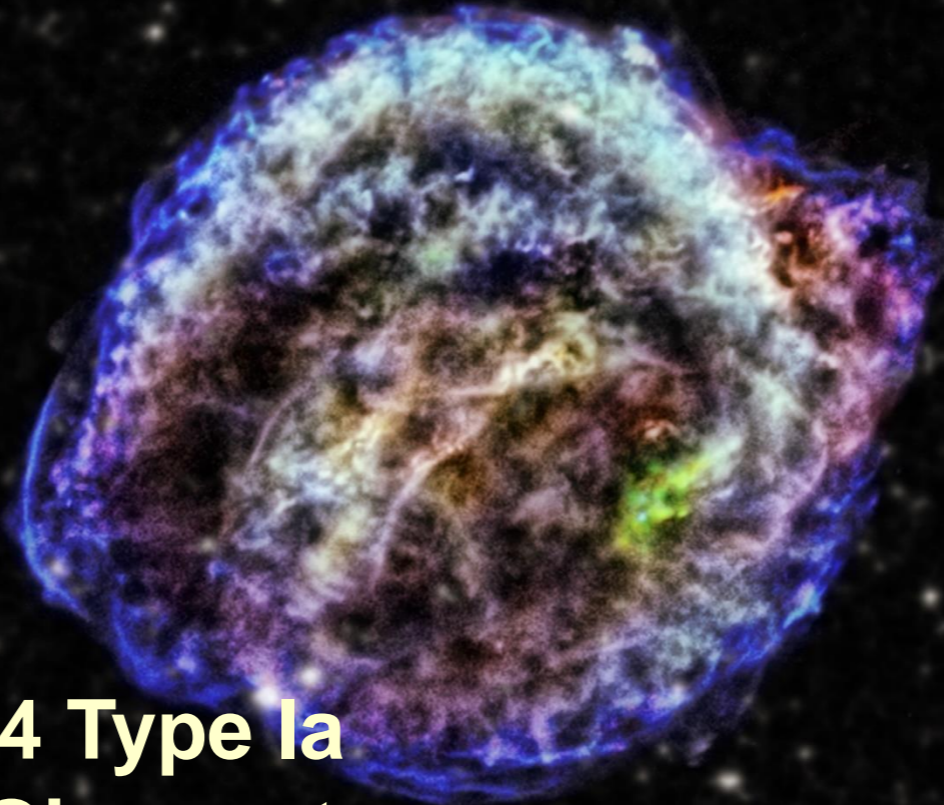
Wie funktionieren die Quellen ?

Gibt es ein natürliche obere Grenzenergie ?



# Quellen der kosmischen Strahlung

## Supernova



**Kepler SN 1604 Type Ia**

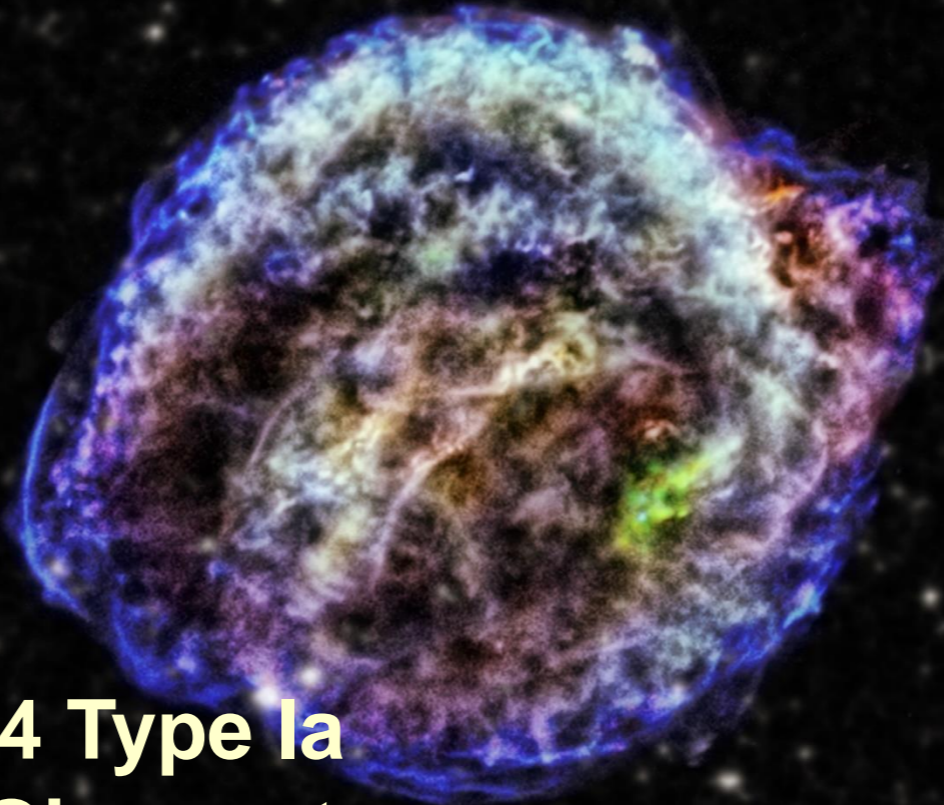
**Chandra X-ray Observatory**

Weißer Zwerg überschreitet die Chandrasekar Grenze  
bei der akkretion von Materie aus dem begleitenden roten Zwerg



# Quellen der kosmischen Strahlung

## Supernova



**Kepler SN 1604 Type Ia**

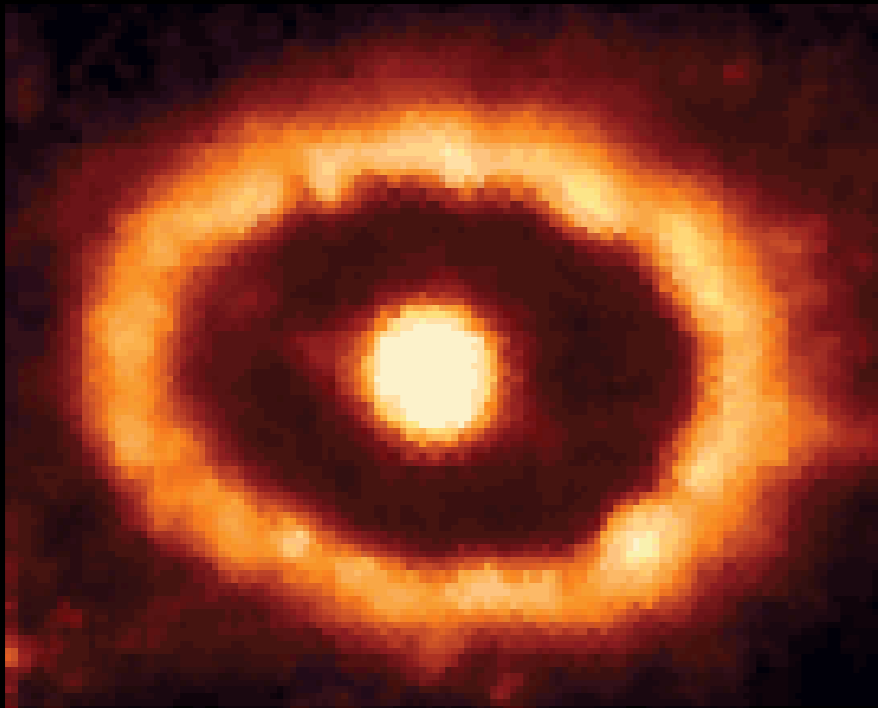
**Chandra X-ray Observatory**

Weißer Zwerg überschreitet die Chandrasekar Grenze  
bei der akkretion von Materie aus dem begleitenden roten Zwerg

# Sind **Supernovae** (explodierende Sterne) die Quellen der kosmischen Strahlung ?

Hell wie 10 Mrd Sonnen!

Kosmisches „Ping-Pong Spiel“ in  
Magnetfeldern gibt Teilchen ihre  
Energien...

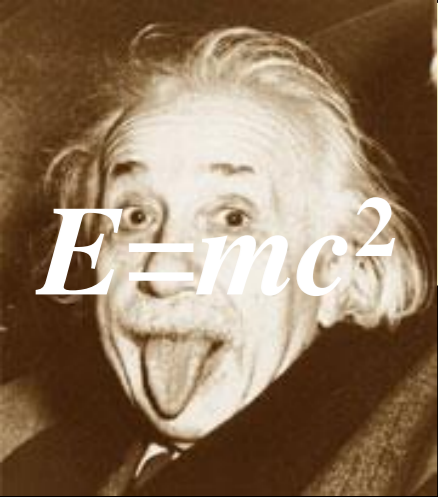


09/1994



Credit: T. Goertel, The Space Telescope Science Institute.





# Schwarze Löcher ( $\sim 10$ Mrd Sonnenmassen) als kosmische Beschleuniger ??

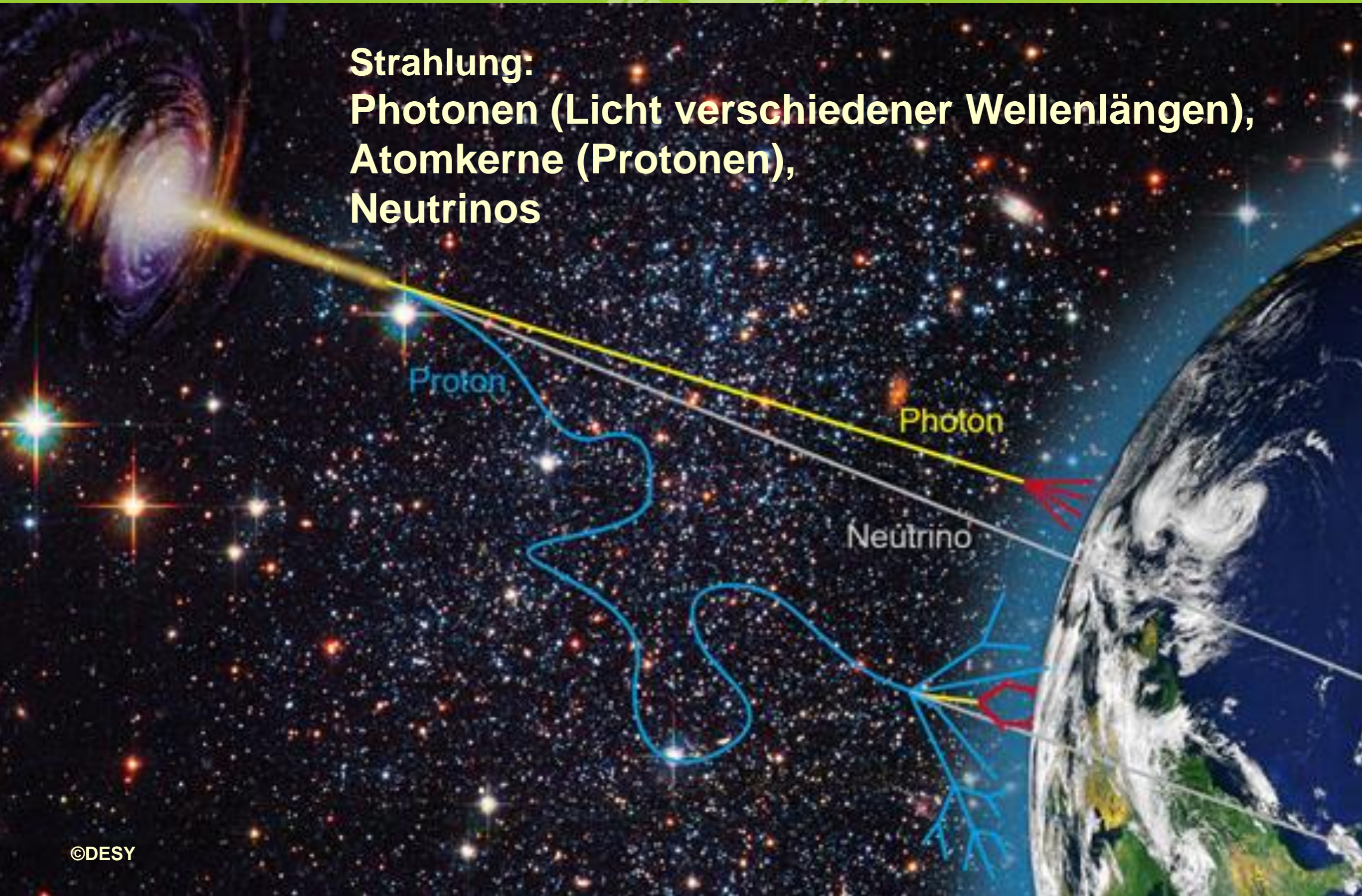


Schwarzes Loch: bis  $\sim 42\%$  der Ruhemasse einfallender Teilchen wird als Energie abgestrahlt !



# Strahlung propagiert zum Beobachter

**Strahlung:**  
**Photonen (Licht verschiedener Wellenlängen),**  
**Atomkerne (Protonen),**  
**Neutrinos**





Die bekannte (Astro)physik bietet  
bislang keine Erklärung für  
diese Teilchen...

Teilchen dieser Art treffen  
ca. alle 6 Sekunden auf  
die Erde, ...

...d.h. einmal pro km<sup>2</sup>  
und Jahrhundert !!

Herausforderung:

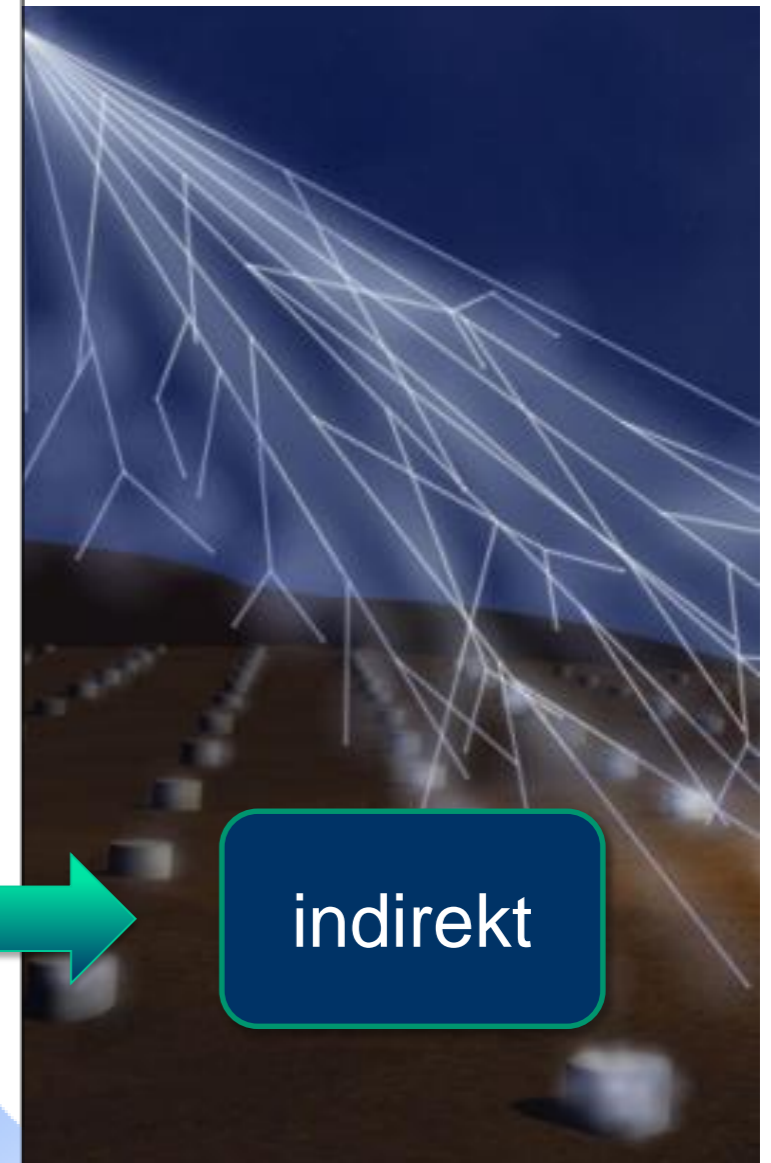
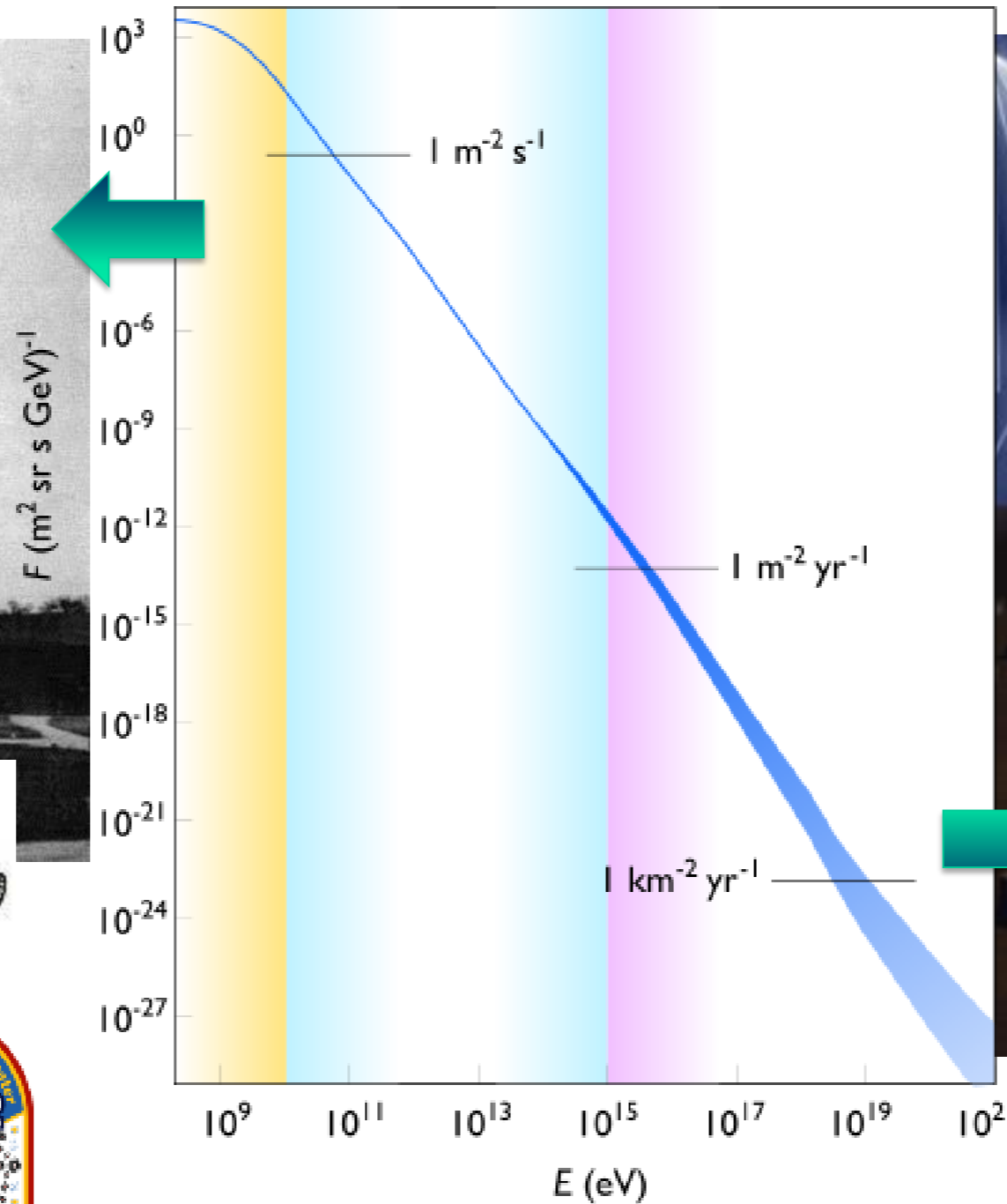
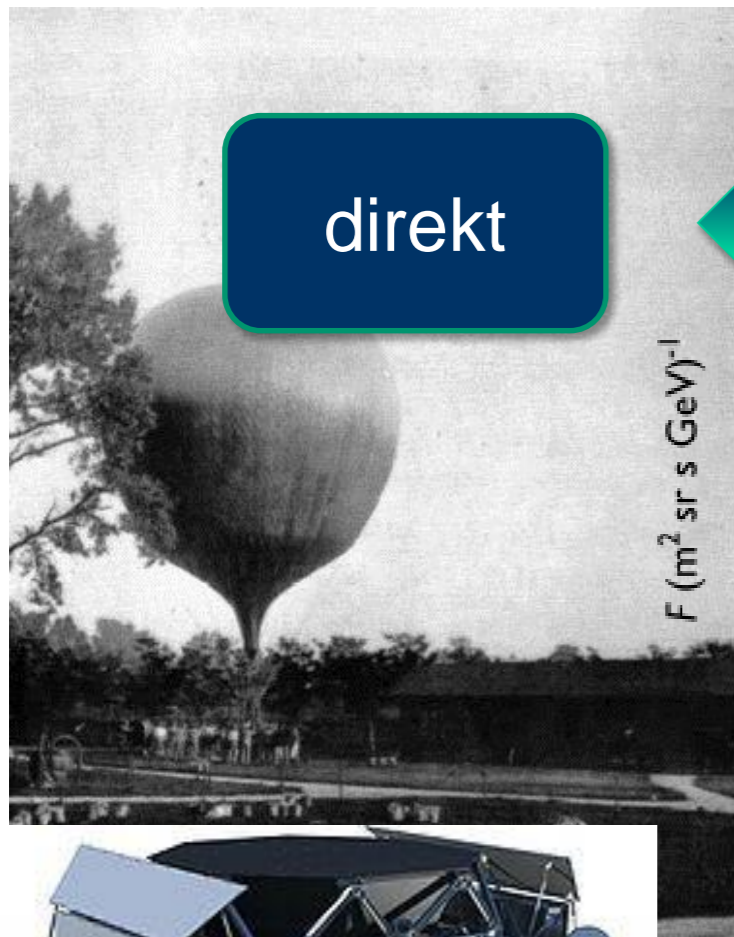
- ♦ Wie misst man solche Teilchen ?
- ♦ ... und das trotz der phantastisch geringen Rate ?





# Untersuchungsmethoden

## ► Messung kosmischer Strahlung





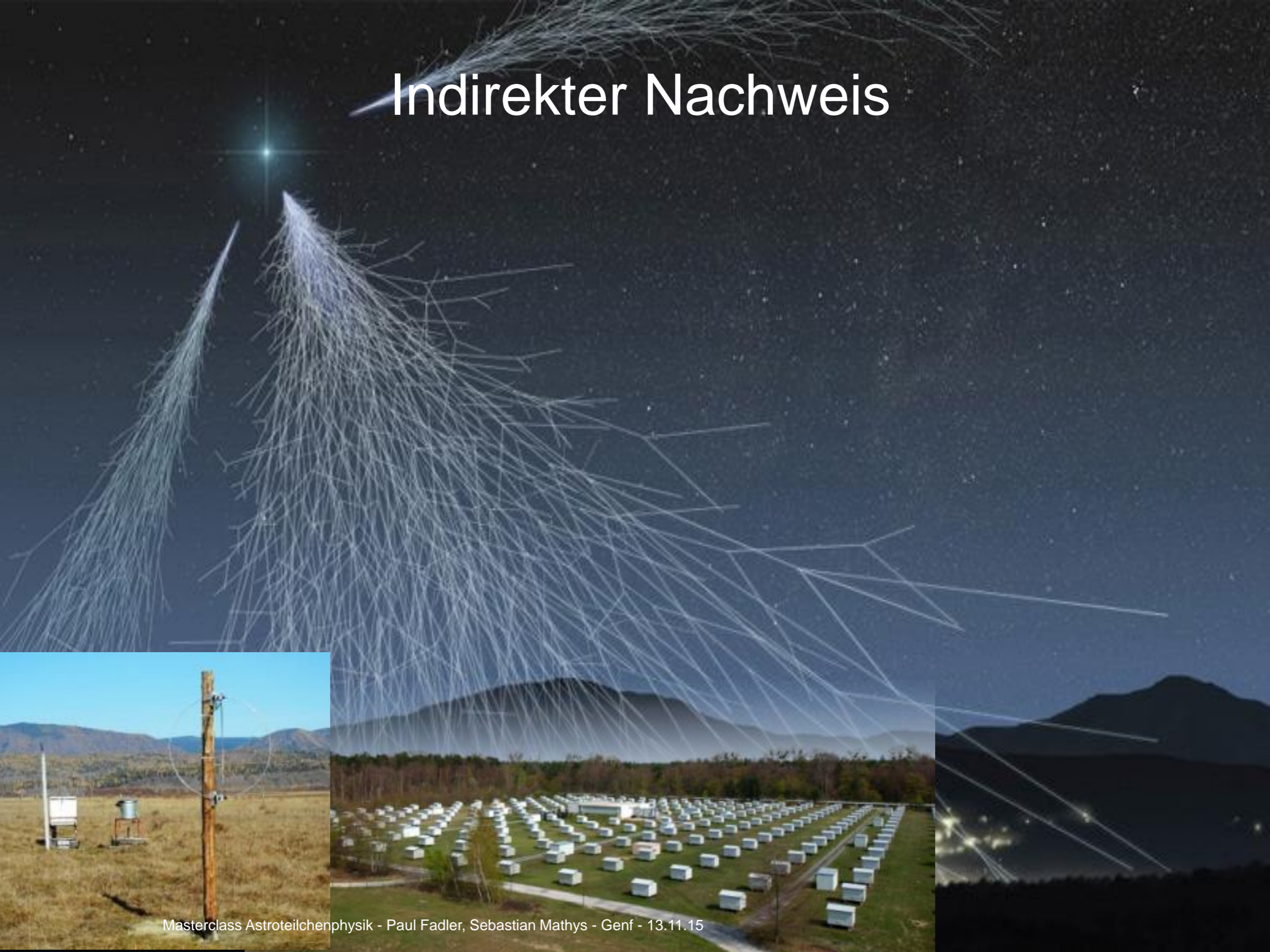
# Nebelkammern

- ▶ ionisierenden Teilchen auf der Spur...





# Indirekter Nachweis





# Indirekter Nachweis





# Indirekter Nachweis

**Kascade  
GRANDE**



**TUNKA**

Helmholtz Russia Joint Research Group

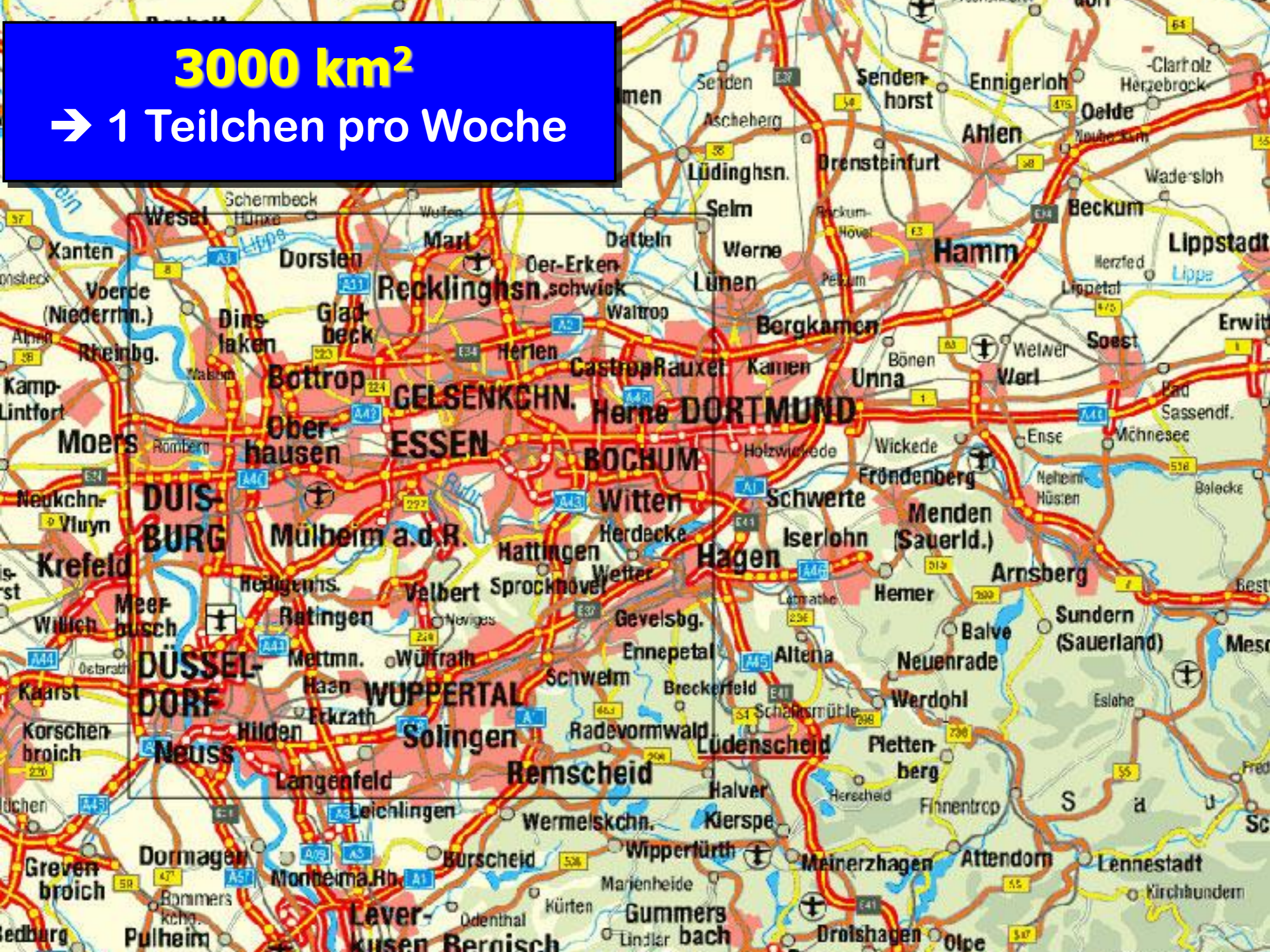
Masterclass Astroteilchenphysik - Paul Fadler, Sebastian Mathys - Genf - 13.11.15





**3000 km<sup>2</sup>**

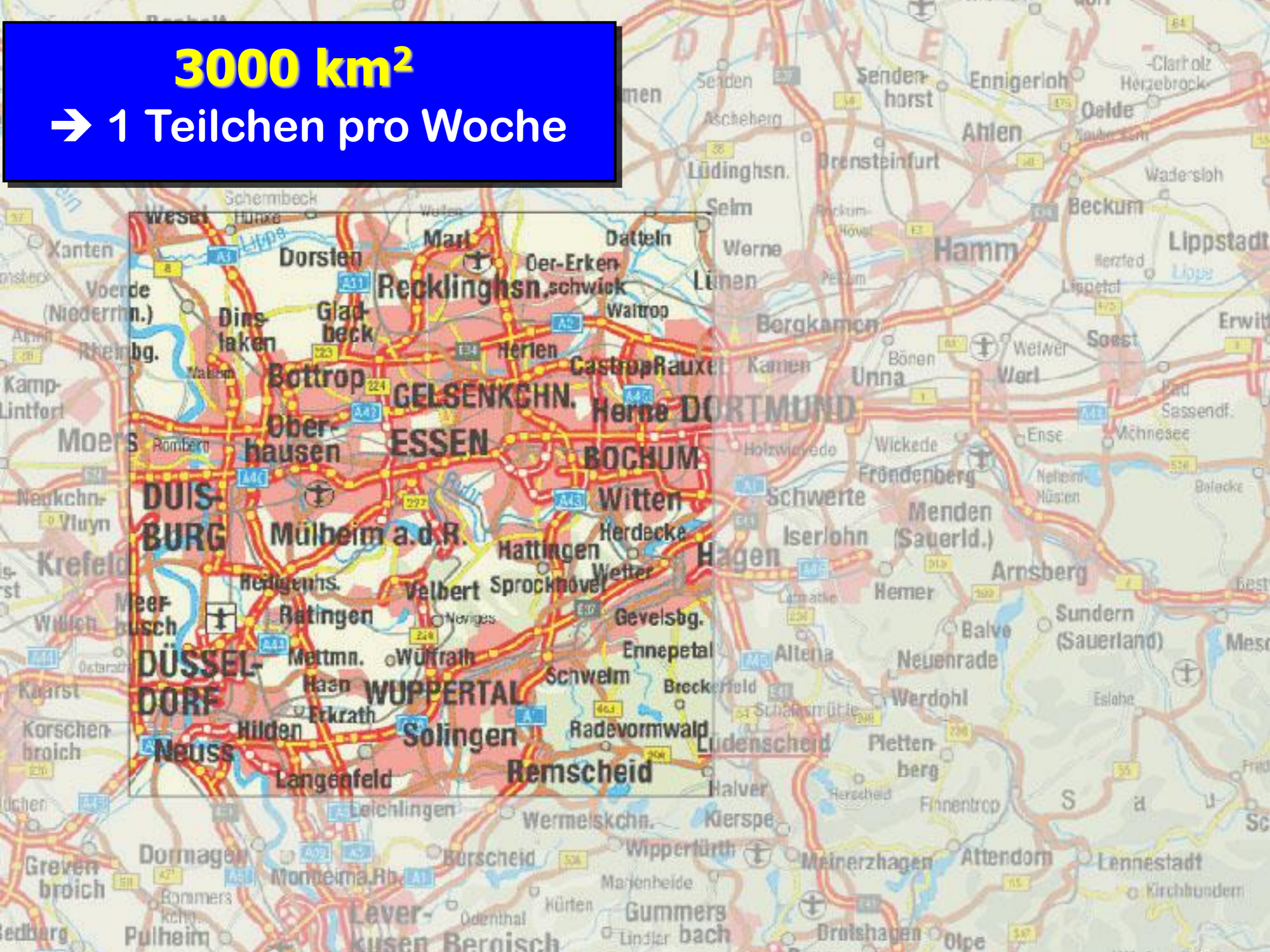
**→ 1 Teilchen pro Woche**



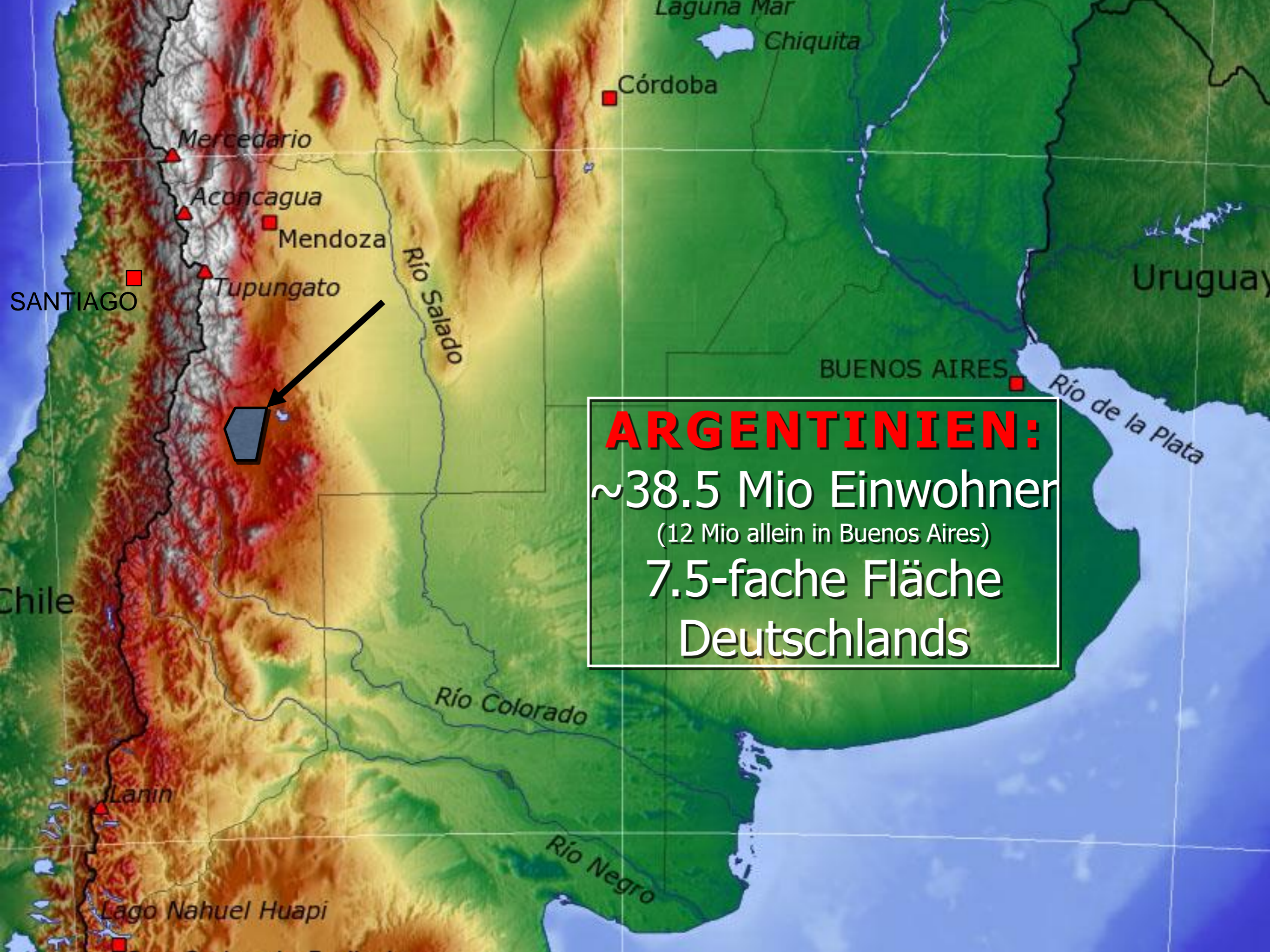


**3000 km<sup>2</sup>**

**→ 1 Teilchen pro Woche**







**ARGENTINIEN:**  
~38.5 Mio Einwohner  
(12 Mio allein in Buenos Aires)  
7.5-fache Fläche  
Deutschlands



# Pierre Auger Experiment

Pampa Amarilla; Provinz Mendoza



## Konzept: Hybrid-Nachweis

1600 Teilchendetektoren  
auf 1.5 km Raster  
⇒ 3000 km<sup>2</sup> Fläche

gleichzeitig optische  
Beobachtung der Leuchtspur am Himmel mit  
24 Teleskopen (4 Orte)  
(Fluoreszenzeffekt)







# Physik in der Pampa



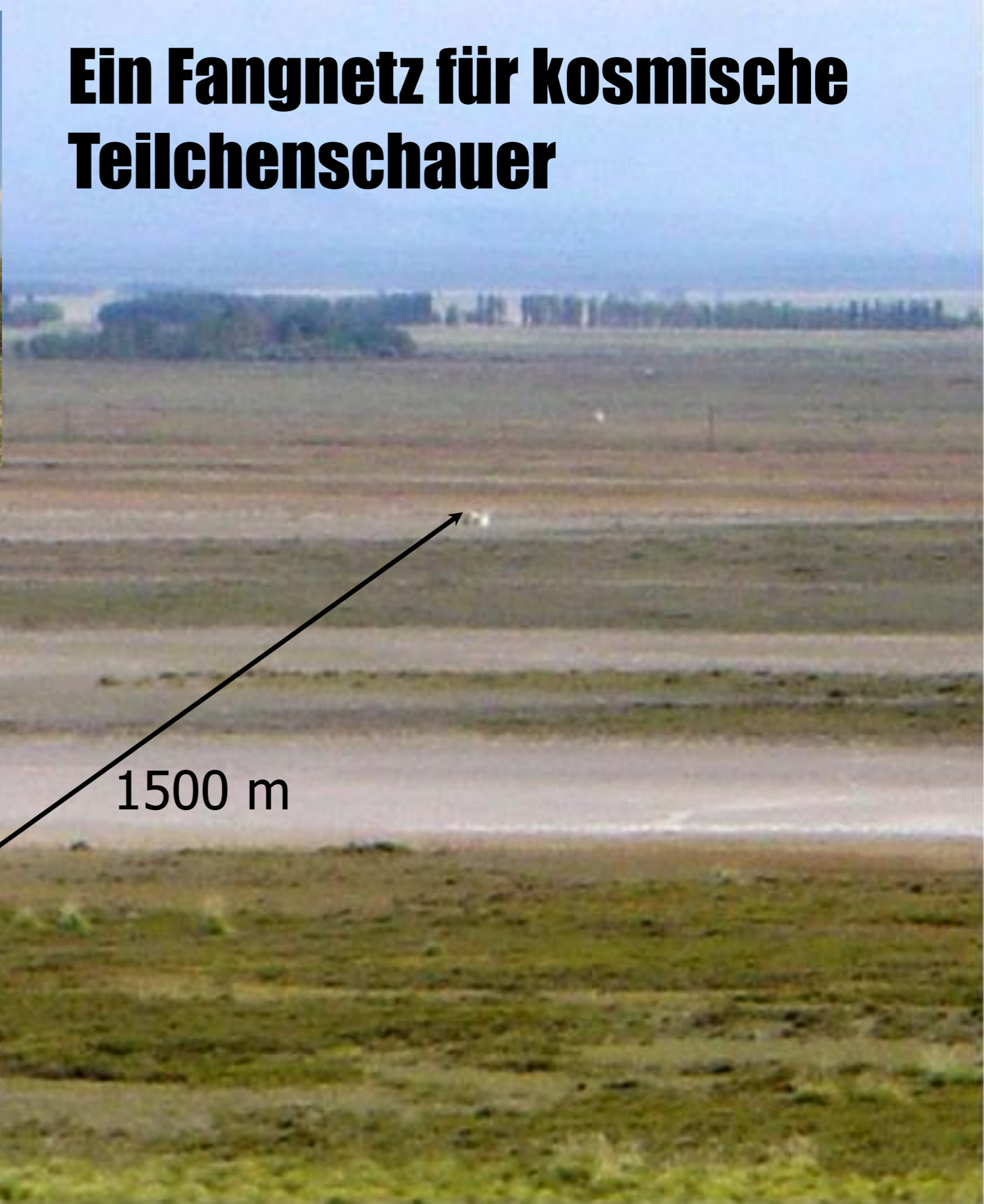


# Autonomer Teilchendetektor





# Ein Fangnetz für kosmische Teilchenschauer





# Autonomer Teilchendetektor

Cherenkov Licht im Wasser



ns-



GPS Antenne

deckung



Solarzellen

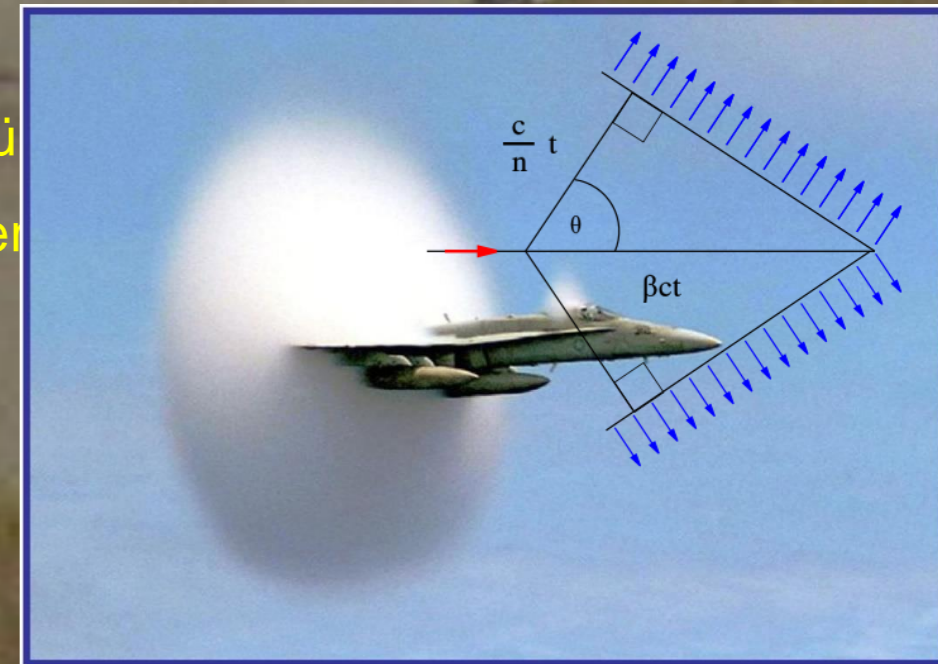


Batterie



Plastik Tank gefüllt  
mit 12 Tonnen Wasser

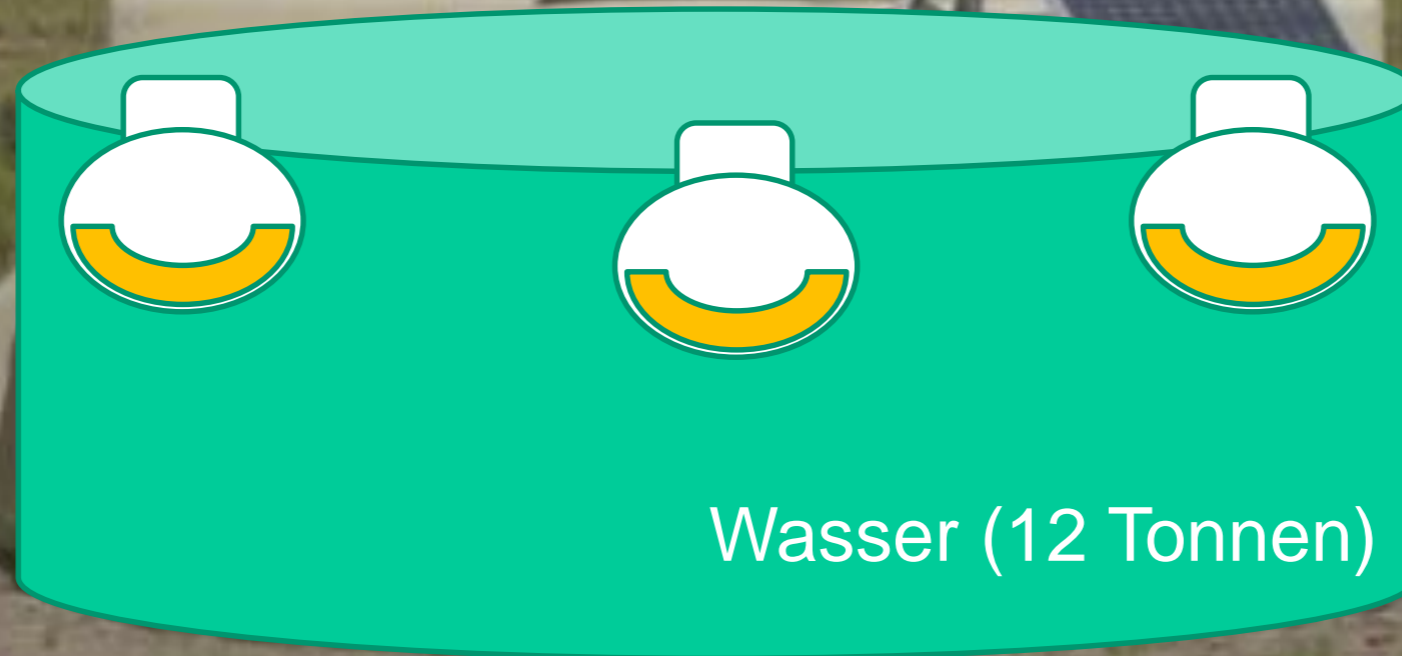
3 – Photovervielfacher





# Myonen im Tank...

Photomultiplier



Wasser (12 Tonnen)



# Photomultiplier

- ▶ Nachweis einzelner Photonen

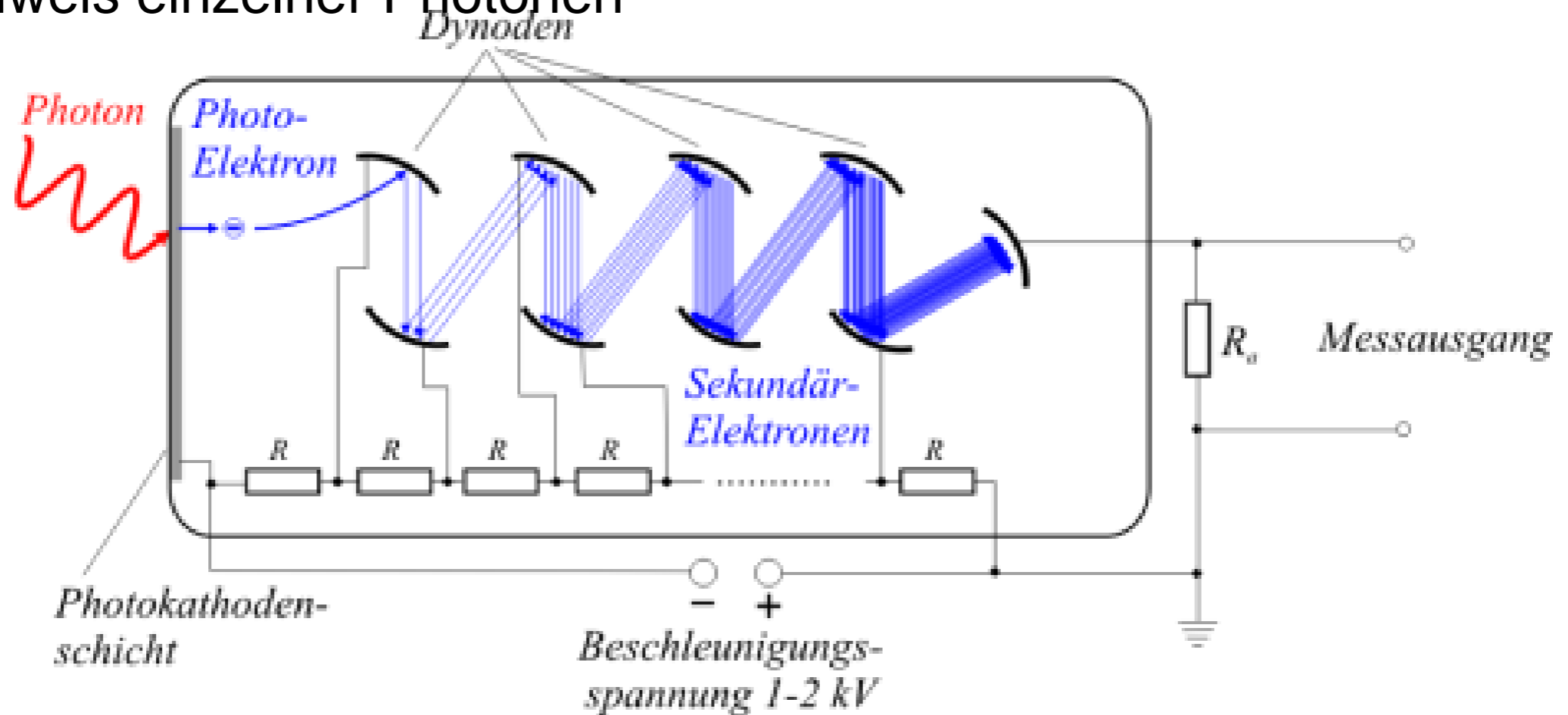
*Photon*  






# Photomultiplier

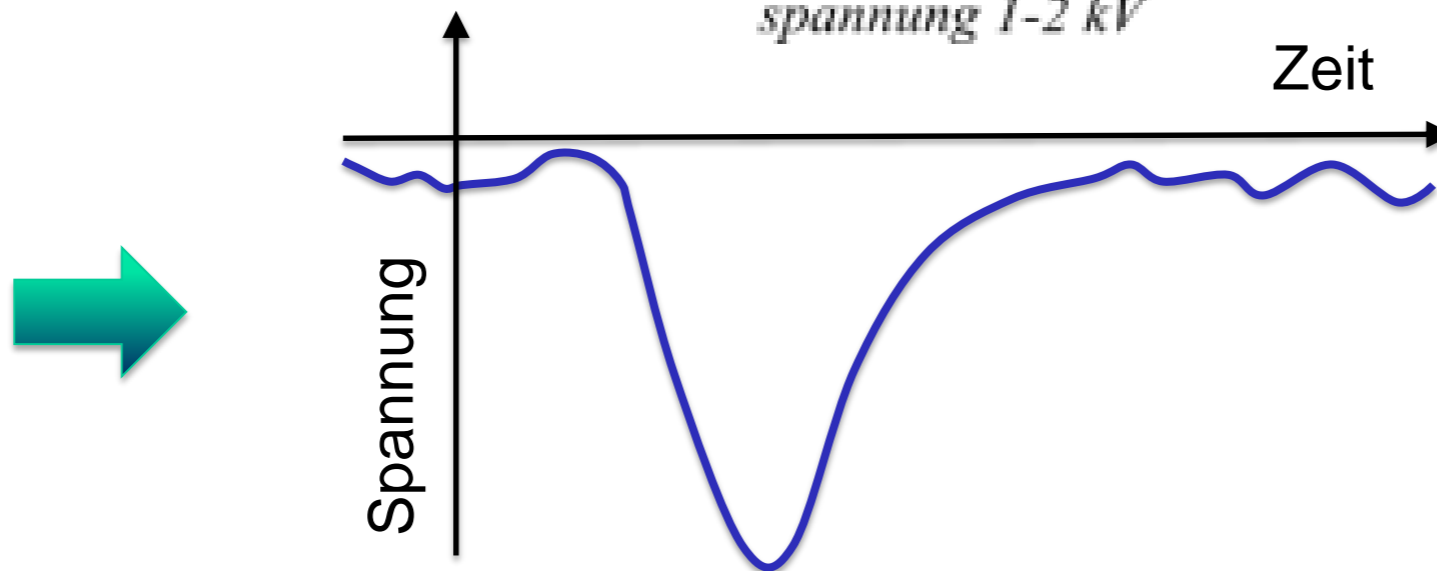
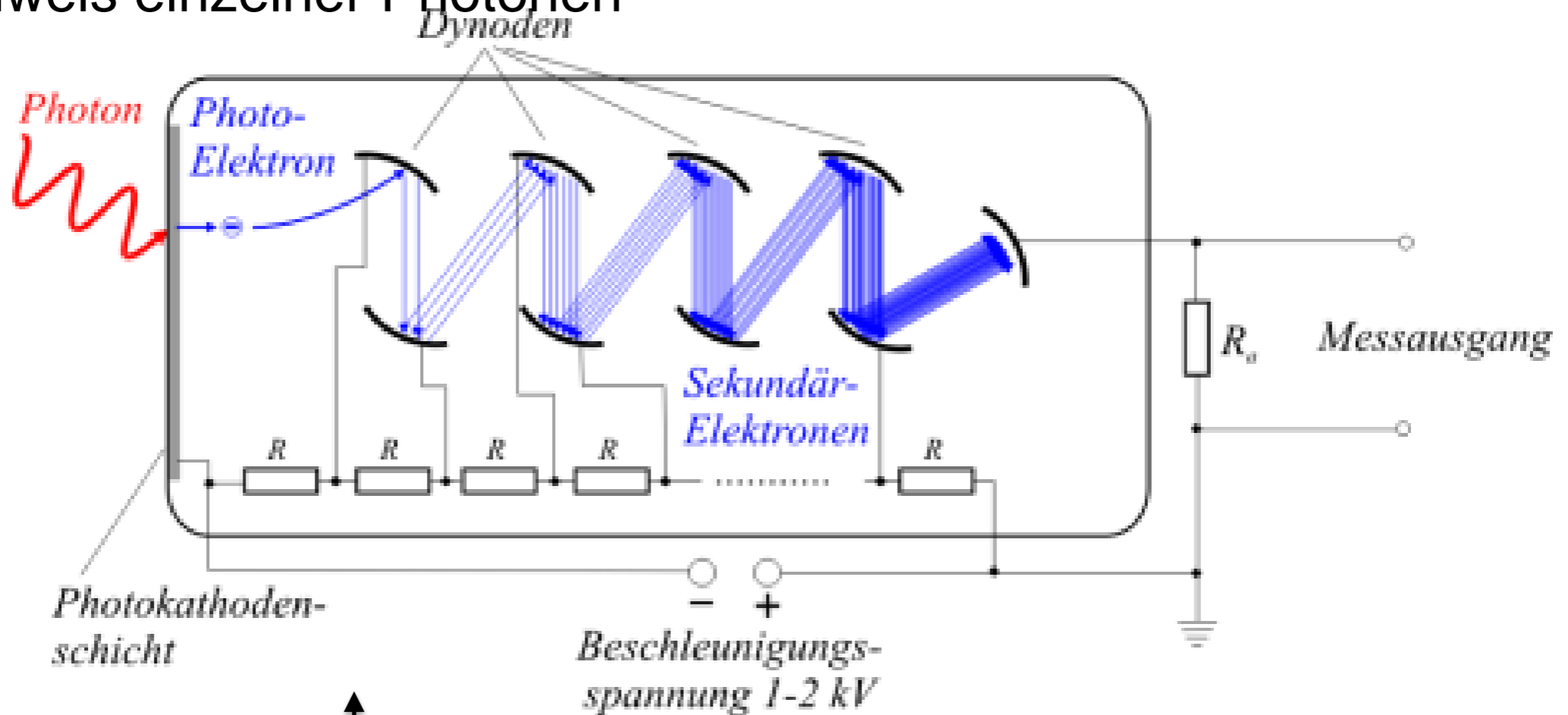
- ▶ Nachweis einzelner Photonen





# Photomultiplier

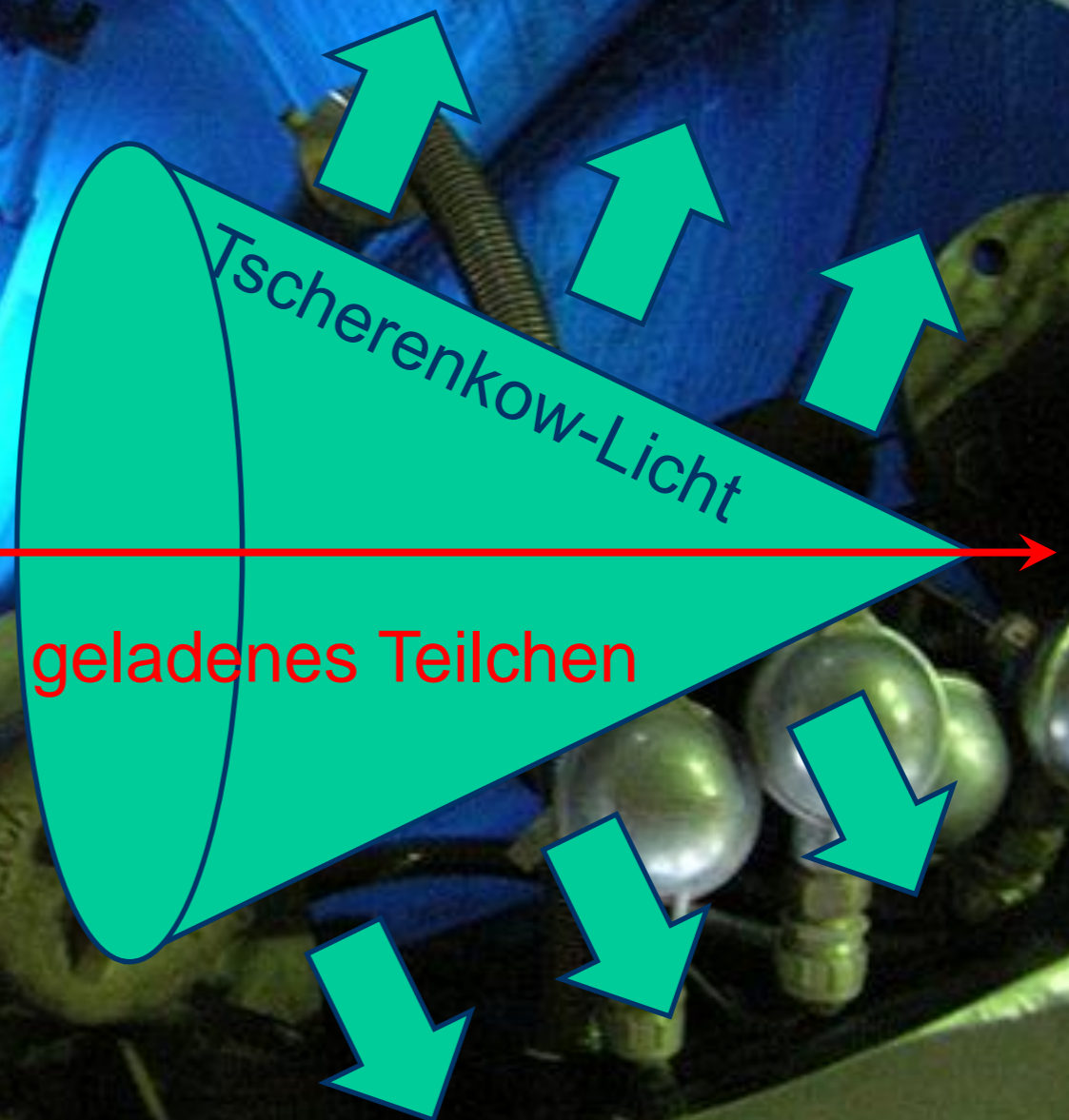
- ▶ Nachweis einzelner Photonen





# Tscherenkow Strahlung

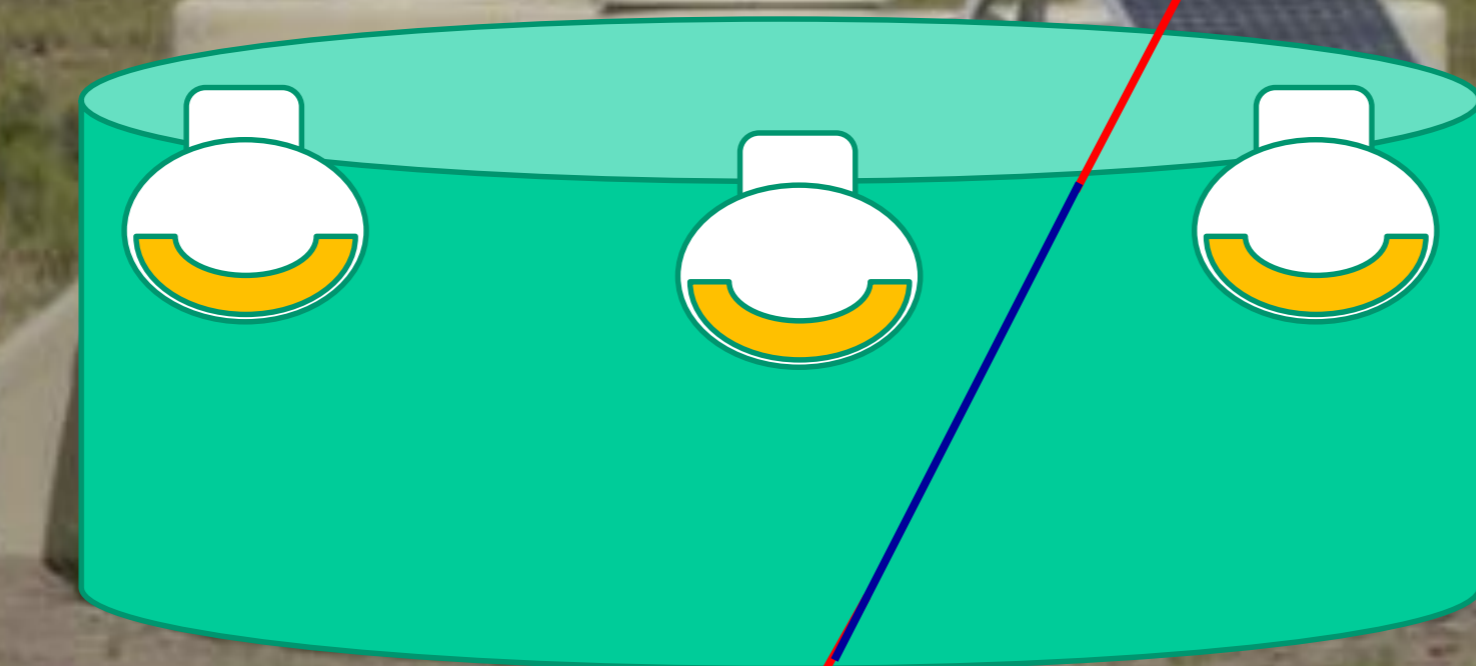
- ▶ geladenes Teilchen schneller als Licht (in Medium)
- ▶ kurzzeitige Polarisation
- ▶ Lichtemission





# Myonen im Tank...

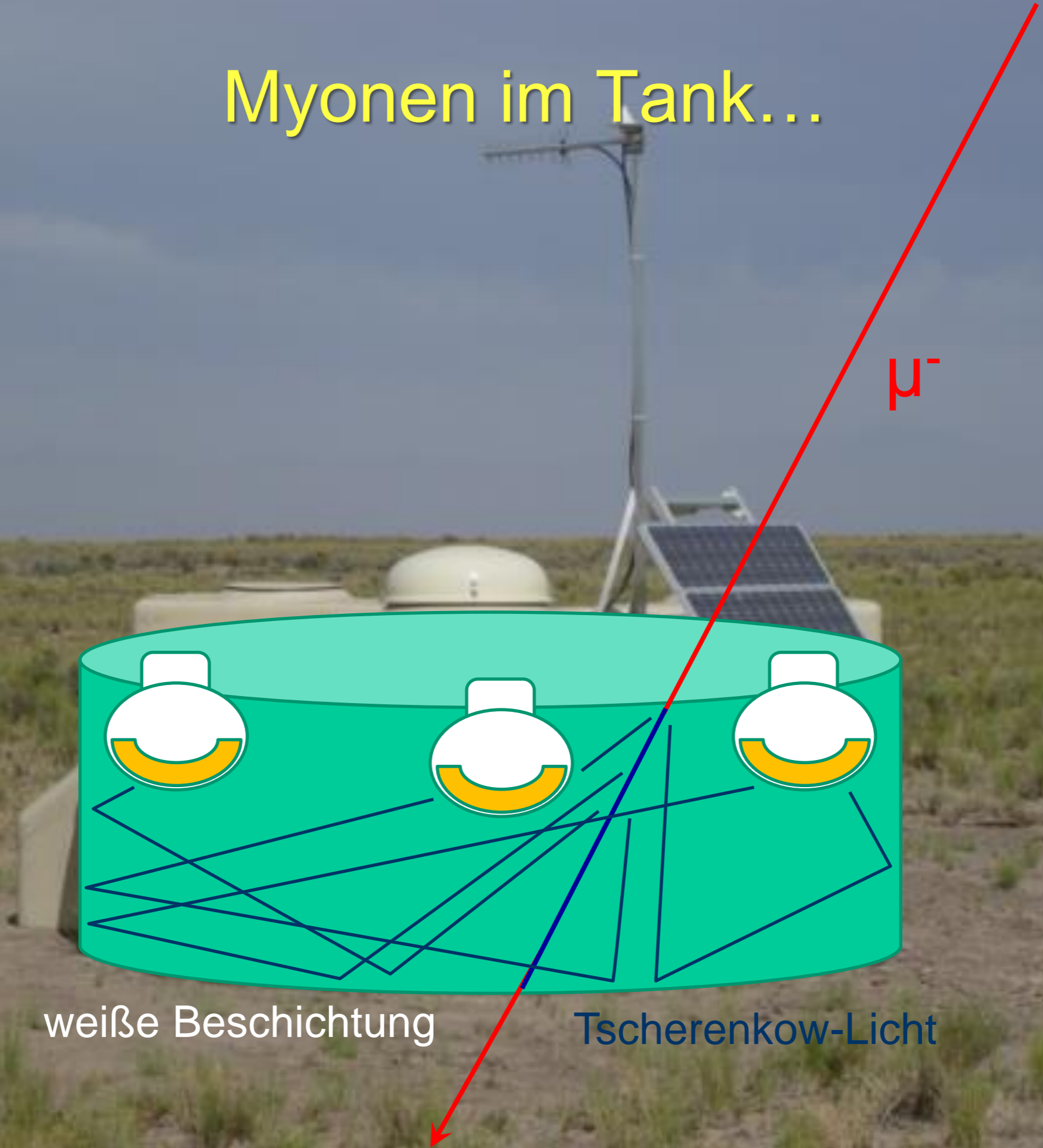
$\mu^-$



weiße Beschichtung



# Myonen im Tank...



$\mu^-$

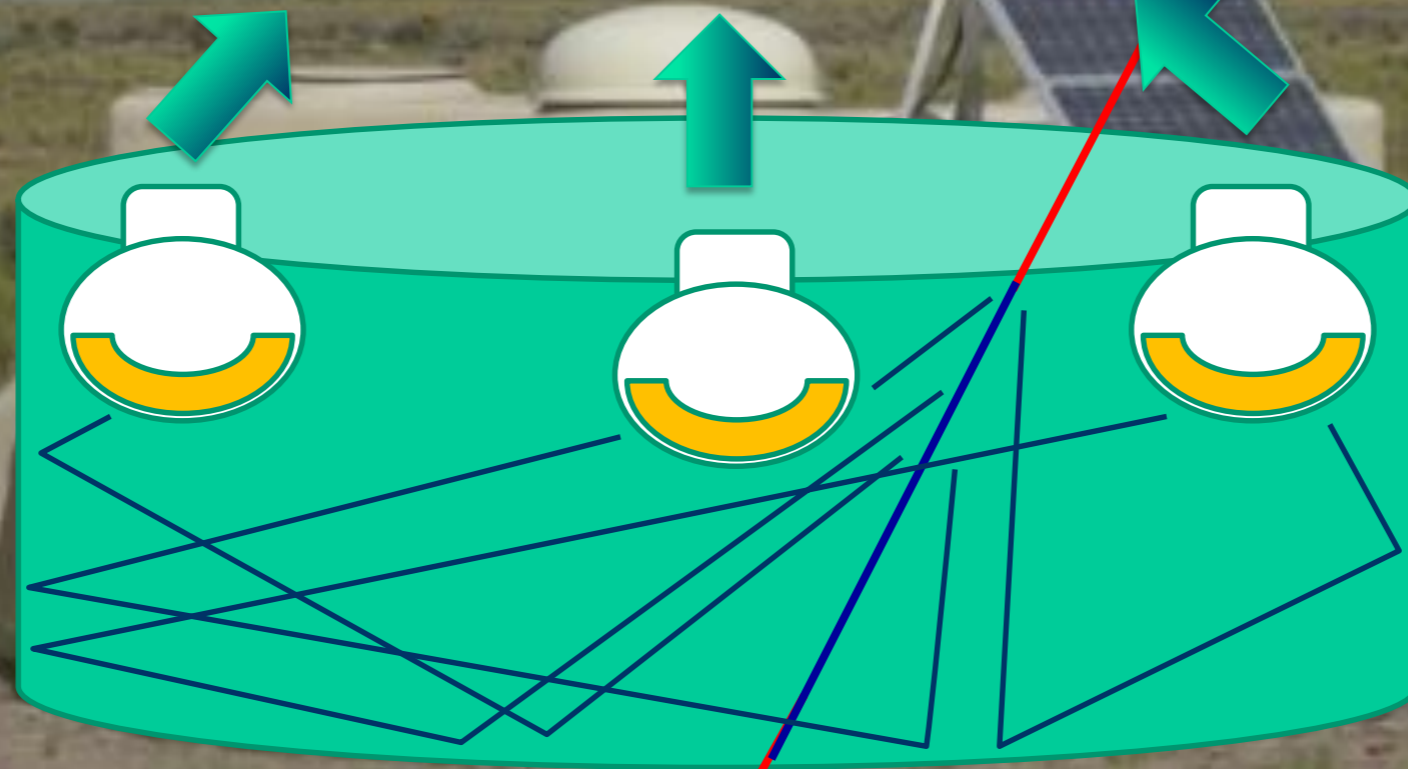
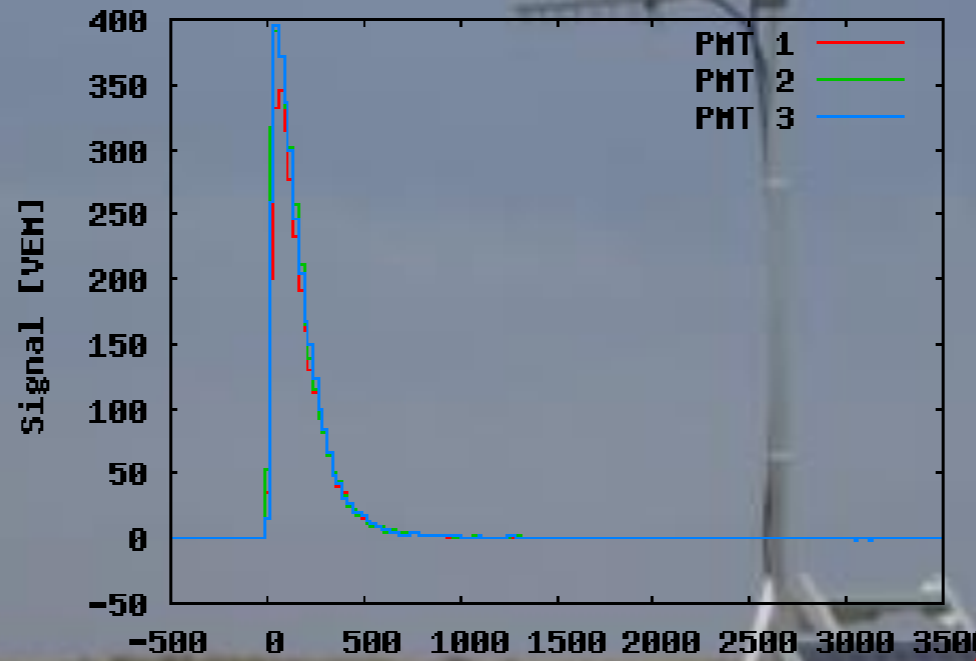
weiße Beschichtung

Tscherenkow-Licht



# Myonen im Tank...

LsId 479 - MarITere



weiße Beschichtung

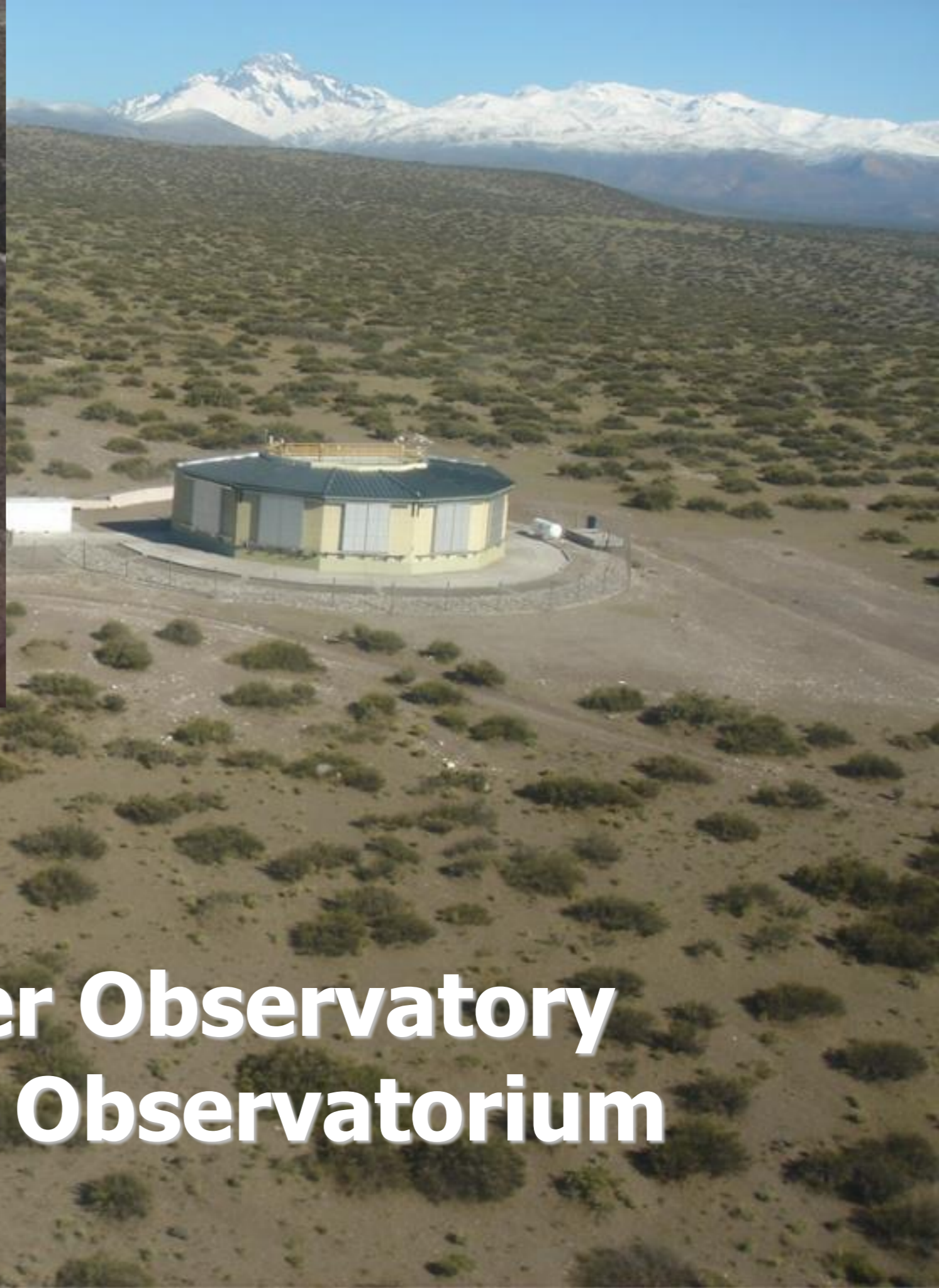
Tscherenkow-Licht



Google Earth



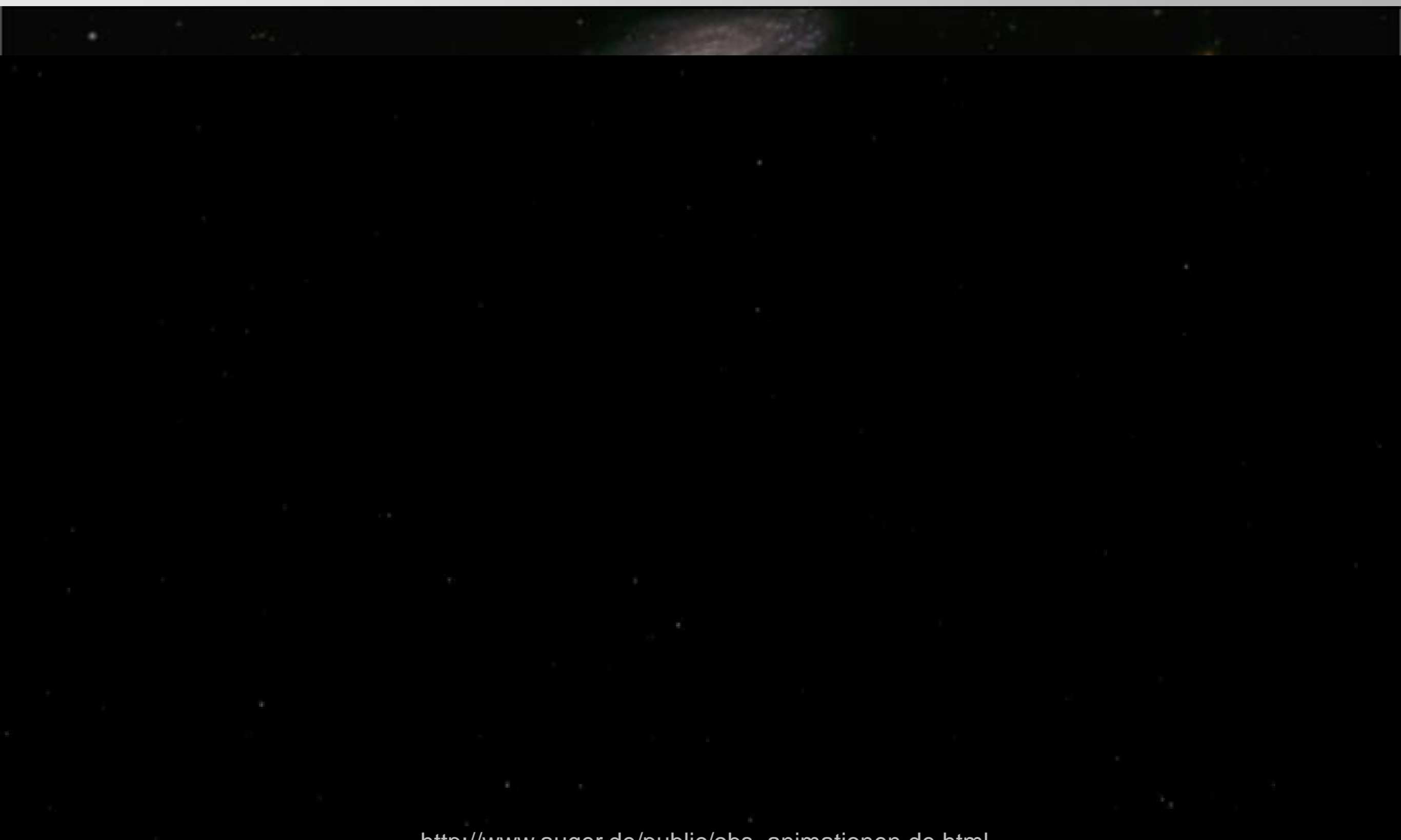
Image © 2006 DigitalGlobe



**Pierre Auger Observatory  
ein hybrides Observatorium**



# Nachweis der kosmischen Teilchen

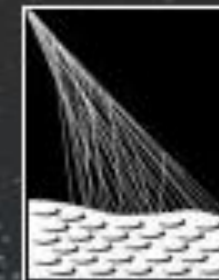




# Auger Event Movie

Pierre Auger Observatory

studying the universe's highest energy particles



## Google Earth Model - Auger South

### Installing the Google Earth model file

- Download and install [Google Earth](#) (version 5 or later) if you have not already done so (note: the 3D features will not work properly with Google Earth 3 or earlier versions).
- Download the Auger South Google Earth model file [Pierre Auger Observatory English.kmz](#) and save it to disk. Ignore any attempts by any browser uncompression utility to extract the individual files that comprise this archive. Note that some utility like WinZip might insist that it wants to save the file to Pierre\_Auger\_Observatory\_English.zip instead of .kmz . Force the extension to be .kmz so it will be recognized as a Google Earth object.
- Double-click on the downloaded Pierre\_Auger\_Observatory\_English.kmz file to automatically start Google Earth and rotate the Earth and zoom in so as to display the Auger Observatory in the field of view. If doing this does not start Google Earth automatically, you may have to first start the program and load the .kmz file manually. Explore the various controls for navigating around the screen, zooming in and out, tilting the field of view to explore the Observatory. Clicking on any object on the screen will open an information box on the object, with a link to the main [Auger Web site](#).

[Auger Google Earth Home](#)

[Auger South Google Earth Model](#)

[Auger North Google Earth Model](#)

[Google Sky Model](#)

[Google Earth Screenshots](#)

[International Auger Google Earth/Sky Models](#)

[Google Earth Event Display](#)

[Google Earth/Sky Tours and Movies](#)

[News](#)



# Auger Event Movie

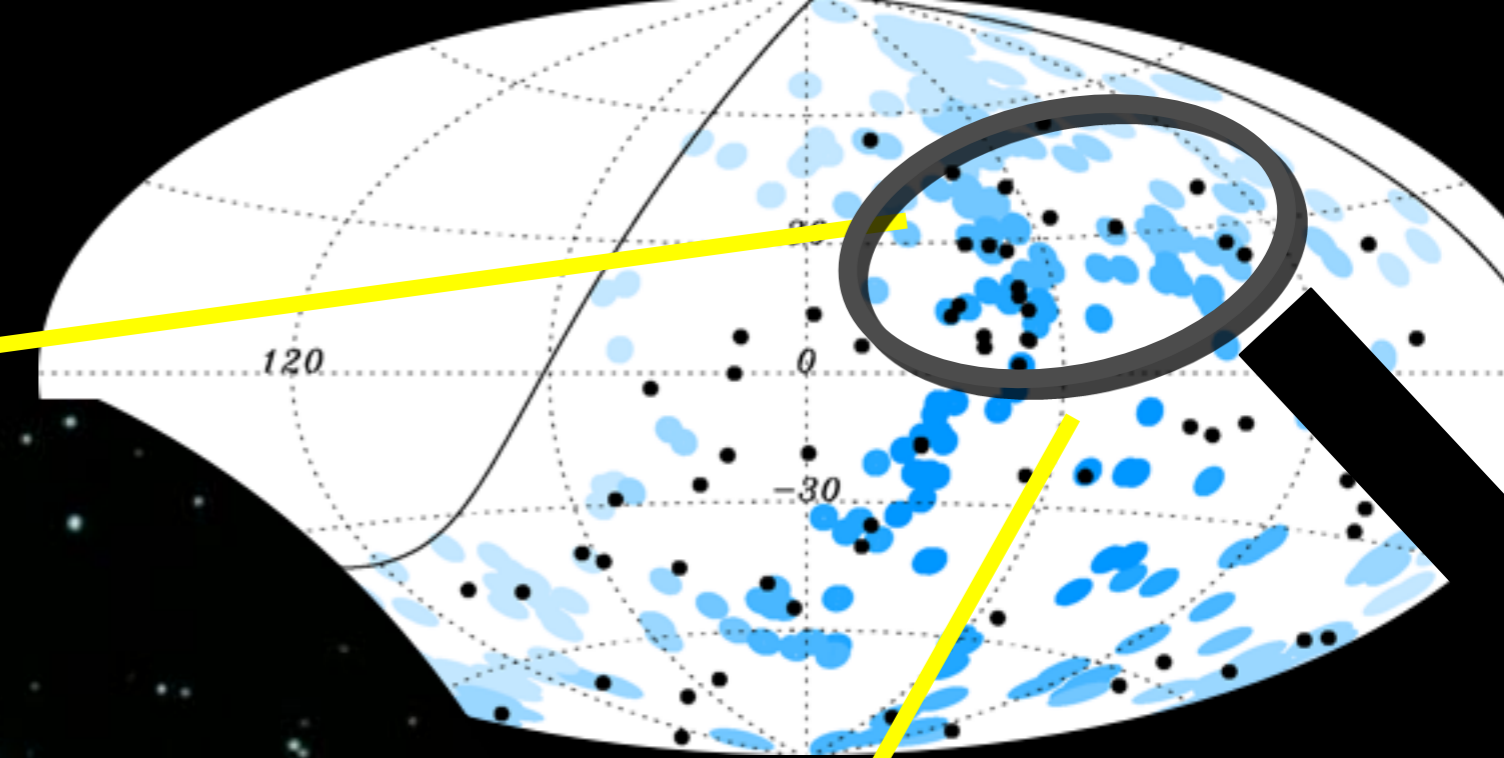
[http://www.phys.psu.edu/~coutu/ge\\_movies.htm](http://www.phys.psu.edu/~coutu/ge_movies.htm)

<http://www.phys.psu.edu/~coutu/AugerEvt.wmv>





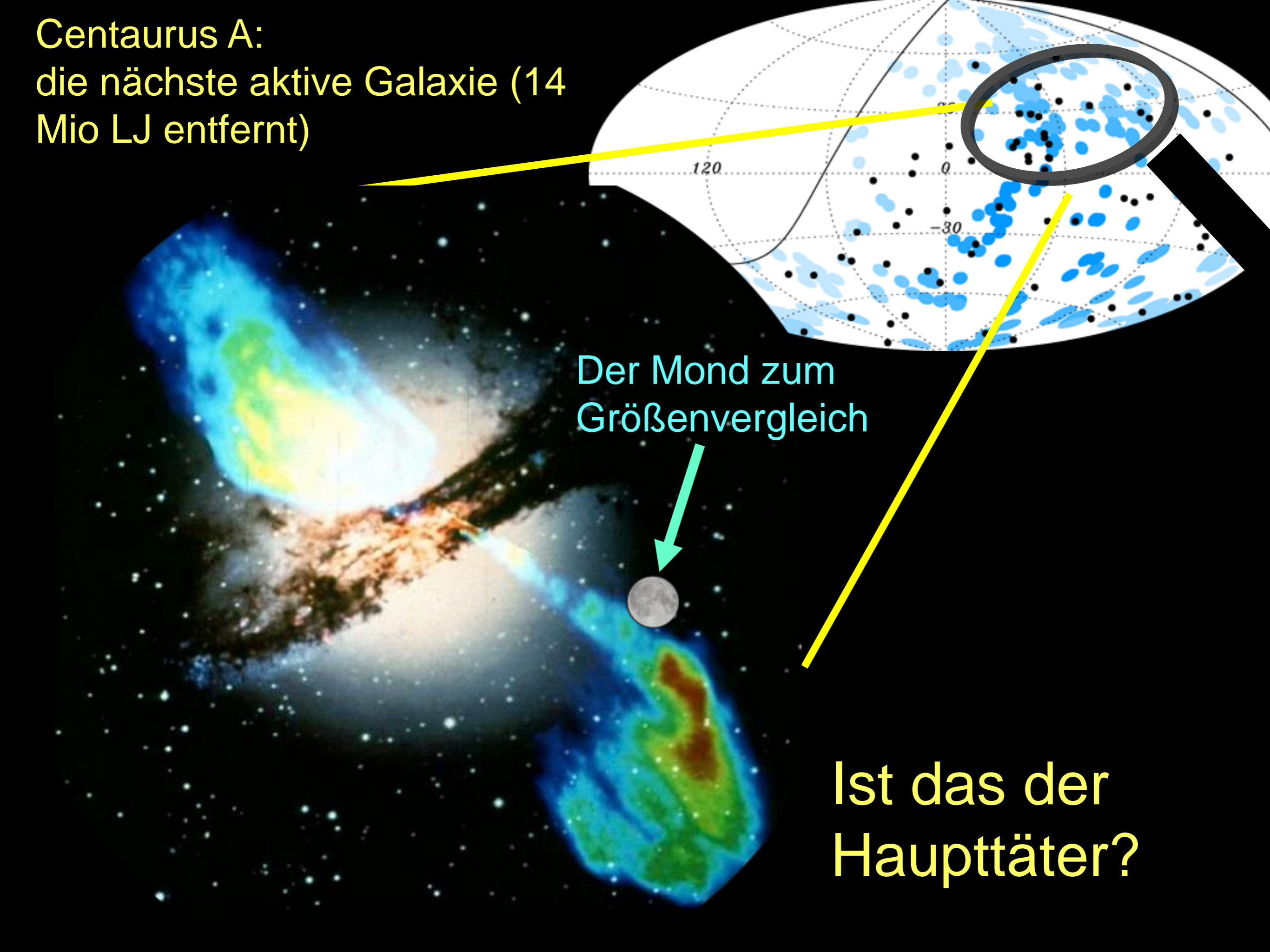
Centaurus A:  
die nächste aktive Galaxie (14  
Mio LJ entfernt)



Der Mond zum  
Größenvergleich



Ist das der  
Haupttäter?







**Hochenergetische kosmische Strahlung - Boten  
aus den Tiefen des Universums**

Eine wissenschaftliche Herausforderung  
die uns ständig durchdringt





Jugendliche

Lehrkräfte

Teilchenphysik

Astroteilchenphysik

## Auf den Spuren des Urknalls



[www.teilchenwelt.de](http://www.teilchenwelt.de)

Am Forschungszentrums CERN in Genf wird der leistungsstärkste Teilchenbeschleuniger der Welt betrieben: der LHC. In dem Beschleunigerring tief unter der Erde lassen Wissenschaftler Teilchen mit sehr hohen Energien aufeinander prallen. Bei den Kollisionen entstehen viele neue Teilchen, die in den Detektoren des LHC sogenannte Teilchenspuren hinterlassen.

Im Netzwerk Teilchenwelt zeigen Euch junge Wissenschaftler, wie Ihr solche Spuren selbst auswertet und Ihr könnt Forscherinnen und Forschern am CERN über die Schulter schauen.

Sie möchten mehr erfahren?

Nachrichten aus dem Netzwerk

Jetzt Newsletter abonnieren!

## Standorte



## Veranstaltungen

29.02.2012 08:00 Uhr - 14:00 Uhr | Kulmbach, Bayern

**Teilchenwelt-Masterclass an der Adalbert-Raps-Schule in Kulmbach**

01.03.2012 - 10.03.2012 23:00 Uhr | Genf  
**BEWERBUNGSZEITRAUM: 4. Workshop für Jugendliche am CERN**

alle Veranstaltungen anzeigen

## Community

Für Neulige und alte „Netzwerk-Hasen“





# NETZWERK TEILCHENWELT ..... QUARKS, ELEKTRONEN & CO. ....

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

DAS PROJEKT | AKTUELLES | MITMACHEN | STANDORTE | MATERIAL | FORUM



Jug  
Auf  
Am F  
Welt  
Teilch  
neue  
Im N  
ausw

en

14:00 Uhr | Kulmbach,

erclass an der Adalbert-  
Kulmbach

23:00 Uhr | Genf  
TRAUM: 4. Workshop  
n CERN

n anzeigen

Nachrichten aus dem Netzwerk

Jetzt Newsletter abonnieren!

Für Neulige und alte „Netzwerk-Hasen“



# Pierre Auger Daten

- ▶ <http://auger.uni-wuppertal.de/AUGER/>
- ▶ Ereignis-Betrachter



**Pierre Auger Observatorium  
Astroteilchen-Gruppe Universität Wuppertal**

## Suche nach den höchstenergetischen Teilchen im Universum

Die Arbeitsgruppe ist mit wesentlichen Aktivitäten am internationalen Großexperiment Pierre Auger beteiligt. Mit diesem Experiment (Standort Südhalbkugel: Provinz Mendoza/Argentinien; Nordhalbkugel: Colorado/USA (in Planung)) werden die höchstenergetischen Teilchen des Universums mit (makroskopischen) Energien bis über  $10^{20}$  eV beobachtet. Der Ursprung und die Natur dieser Teilchen sind bislang völlig unbekannt. Als Quellen werden sowohl Jets aktiver Galaxien als auch Reliktteilchen aus Phasenübergängen des frühen Universums diskutiert.

Die Schwerpunktaktivitäten der Wuppertaler Arbeitsgruppe liegen im Aufbau der Kameras der Fluoreszenzdetektoren, des Slow Control Systems für den automatischen ferngesteuerten Betrieb der Fluoreszenzdetektoren, der Entwicklung und Fertigung der Ausleseelektronik für die Oberflächendetektoren, sowie der Luftschauersimulationen, und der Datenanalyse.

Das Experiment befindet sich noch bis Ende 2007 im Aufbau. Es ist mit einer Fläche von über  $2800 \text{ km}^2$  schon jetzt das weltweit größte Luftschauereperiment. Parallel zu den Aufbauarbeiten werden Daten aufgezeichnet und ausgewertet.

Ein Artikel zum Pierre Auger Observatorium für ein breiteres Spektrum findet sich bei [3sat/nano](#) (2006).

Weitere Publikationen der Arbeitsgruppe im Zusammenhang mit dem Pierre Auger Experiment finden sich [hier](#).

**Auger Wuppertal**  
Auger Uni-Wuppertal  
Ereignis-Betrachter  
Publikationen  
Auger Intern

**Astroteilchen Wuppertal**  
Astroteilchen-Gruppe  
Mitarbeiter  
Kontakt  
Presse

**Auger-Links**  
Auger-Deutschland  
Auger  
Auger-Süd  
PAOMon WS 2010  
AYM 2013

**Astroteilchen-Links**  
Astroteilchenphysik  
Impressum

Gefördert durch:  
Deutsche Forschungsgemeinschaft  
DFG





## Ereignis 10485600

[Ansicht der Ankunftsrichtung](#) | [Ansicht der Stations-Daten](#)

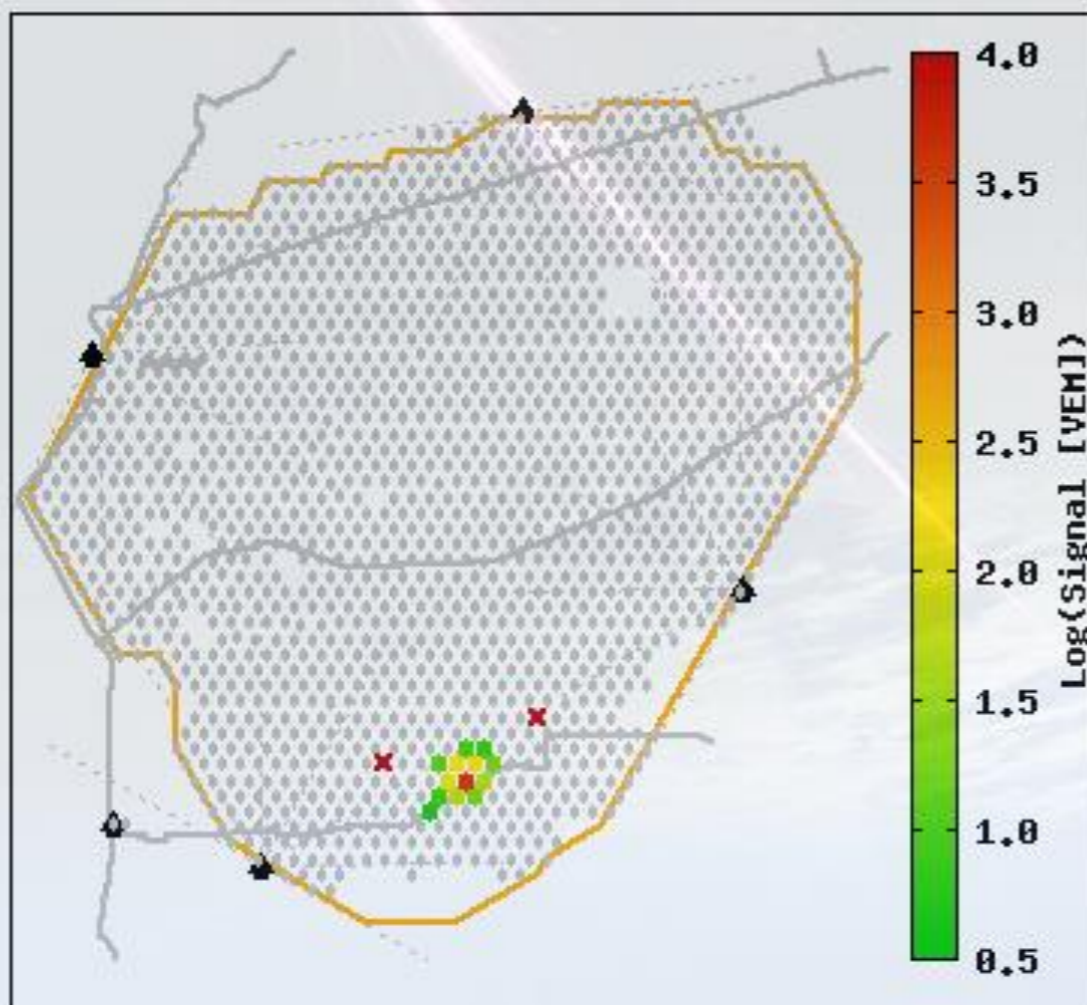


Bild 1: Globale Ansicht

Allgemeine Informationen	
Datum	10485600 / Tue Oct 26 17:39:16 2010
Anzahl Stationen	13
Energie	$49.9 \pm 1.9$ EeV
<a href="#">Theta</a>	$40.3 \pm 0.1$ Grad

### Pierre Auger Observatorium Ereignis-Betrachter

#### Ereignis-Selektion

	Min	Max
Anzahl Stationen	<input type="text" value="5"/>	<input type="text"/>
Zenitwinkel	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="60"/>
Energie (EeV)	<input type="text" value="15"/>	<input type="text"/>
Sortiert	<input type="text" value="Datum (rückwärts)"/>	
Anzeigen	<input type="text" value="10"/>	Ereignisse
<input type="button" value="Suchen"/>		

### Ereignis 10485600

[Ansicht der Ankunftsrichtung](#)  
[Ansicht der Stations-Daten](#)

#### Grösse des Pierre Auger Observatoriums







## Öffentlicher Ereignis-Betrachter

Herzlich Willkommen beim öffentlichen Ereignis-Betrachter des Pierre Auger Observatoriums.

Die Pierre Auger-Kollaboration hat beschlossen, 1% der Daten öffentlich verfügbar zu machen. Auf dieser Webseite, die täglich aktualisiert wird, können die seit 2004 gesammelten Ereignisse angezeigt werden.

Sie können eine Ereignisnummer (ID) im Suchfenster eingeben, das Menü "Ereignis-Selektion" benutzen oder ein Ereignis anschauen, das schon im Cache geladen ist. Zum Abspeichern auf dem eigenen Computer steht eine [ascii Datei](#) mit allen Ereignissen zur Verfügung.

Der aktuelle Datensatz besteht aus 25799 Ereignissen mit Energien zwischen 0 EeV und 49.9 EeV. Das letzte Ereignis hat die ID [14176700](#) und der Zeitpunkt der Messung war Apr 02 2012 12:30:33, UTC Time.

### Ereignisse im Zwischenspeicher

Die 3 meistbetrachteten Ereignisse



Alle zwischengespeicherten Ereignisse, geordnet nach ihrer Energie, mit Anzeigehäufigkeit (längerer Balken bedeutet häufiger betrachtet):

<a href="#">10485600</a>	49.93 EeV	13 Stationen	40.3 Grad	██████████
<a href="#">04128900</a>	41.07 EeV	18 Stationen	54.5 Grad	██████████
<a href="#">01234800</a>	37.33 EeV	14 Stationen	43.3 Grad	██████████
<a href="#">11728200</a>	34.07 EeV	10 Stationen	26.3 Grad	██████████
<a href="#">01673300</a>	33.12 EeV	11 Stationen	32.3 Grad	██████████
<a href="#">02126300</a>	32.84 EeV	14 Stationen	53.4 Grad	██████████
<a href="#">03637800</a>	30.54 EeV	10 Stationen	24.7 Grad	██████████
<a href="#">00012100</a>	25.02 EeV	7 Stationen	15.0 Grad	██████████

### Pierre Auger Observatorium Ereignis-Betrachter

#### Ereignis-Selektion

	Min	Max
Anzahl Stationen	<input type="text" value="5"/>	<input type="text"/>
Zenitwinkel	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="60"/>
Energie (EeV)	<input type="text" value="15"/>	<input type="text"/>
Sortiert	<input type="text" value="Datum (rückwärts)"/>	
Anzeigen	<input type="text" value="10"/>	Ereignisse
<input type="button" value="Suchen"/>		

#### Grösse des Pierre Auger Observatoriums



| [FAQ](#) | [Über](#)

[Impressum astro.uni-wuppertal](#)

**Betrachtungshäufigkeit**



# FAQ - Häufig gestellte Fragen

Allgemeine Informationen zum Pierre Auger Observatorium und den Detektoren finden sich auf der deutschen [Webseite](#) oder (in Englisch) auf der [zentralen Webseite](#) oder der des [Südexperimentes](#).

Dieses öffentliche Ereignis-Betrachter wurde erst kürzlich in Betrieb genommen. Wir versuchen, diese FAQ-Seite stets zu verbessern, damit auch Nichtexperten die Möglichkeiten des Ereignis-Betrachter nutzen können. Fragen oder Anregungen können gerne gerichtet werden an [auger-public-ed@googlegroups.com](mailto:auger-public-ed@googlegroups.com).

### 1. Was bedeutet **VEM/LDF/T5**?

Bitte schauen Sie im [Glossar](#), in dem die verwendeten Fachausdrücke erklärt werden.

### 2. Eine einzigartige Charakteristik des Pierre Auger Observatoriums ist der Hybrid-Aufbau. Gibt es Pläne, bald ein Betrachter auch für Hybrid-Ereignisse zur Verfügung zu stellen?

Ja, und wir arbeiten derzeit daran. Dies benötigt mehr Zeit, da die Hybrid-Rekonstruktion aufwendiger ist als die Analyse lediglich der Bodenstationen.

### 3. Was bedeuten die Sterne?

Die Sterne weisen nur auf die Top 3 der am häufigsten betrachteten Ereignisse hin. Der schnellste Weg zu schönen Ereignissen!

### 4. Wie wurden die 1% veröffentlichten Daten ausgewählt? Per Zufall? Wie funktioniert der Selektionsalgorithmus?

Sie haben vielleicht schon bemerkt, daß sämtliche Ereignis-IDs auf 00 enden. Auf diese Weise werden die Ereignisse ausgewählt: Alle **T5**-Ereignisse mit einem Zenitwinkel bis zu 60 Grad,  $E < 50$  **EeV** und einer ID-Endung von 00 werden veröffentlicht.

### 5. Warum die Limitierung auf maximal 60 Grad Zenitwinkel und 50 EeV in Energie?

Horizontale Ereignisse (Zenitwinkel größer als 60 Grad) haben eine sehr flache **LDF**, sind stark von Fluktuationen betroffen und werden vom Magnetfeld stark beeinflusst. Ihre Rekonstruktion und Interpretation ist komplex und benötigt dedizierte Rekonstruktionsalgorithmen. Hochenergetische Ereignisse müssen ebenfalls sorgfältig von den Physikern untersucht werden. Wir hoffen, in naher Zukunft beide Ereignisklassen hinzufügen zu können.

03637800: 30.54 **EeV**, 10 Stationen, 24.7 Grad



## ter

achter des Pierre Auger

der Daten öffentlich verfügbar  
iert wird, können die seit 2004

er eingeben, das Menü  
schauen, das schon im Cache  
puter steht eine [ascii Datei](#) mit

en mit Energien zwischen 0 **EeV**  
00 und der Zeitpunkt der



ch ihrer Energie, mit  
er betrachtet):




### Pierre Auger Observatorium Ereignis-Betrachter

#### Ereignis-Selektion

	Min	Max
Anzahl Stationen	<input type="text" value="5"/>	<input type="text"/>
Zenitwinkel	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="60"/>
Energie ( <b>EeV</b> )	<input type="text" value="15"/>	<input type="text"/>
Sortiert	<input type="text" value="Datum (rückwärts)"/>	
Anzeigen	<input type="text" value="10"/>	Ereignisse
<input type="button" value="Suchen"/>		



 | [FAQ](#) | [Über](#)

[Impressum](#) [astrop](#) [wuppertal](#)

**FAQ und Erklärungen**



# Rekonstruktion

- ▶ falls gerade kein Rechencluster zur Hand...

```
// File mit vorhangendne Events einlesen
ifstream inevents("auger_public_2014_02_20.txt");

// removing first lines with explanations of values
for (int i=0; i<19; i++) {
    getline(inevents, line);
}

while (inevents.good()) {

    // Event id auslesen
    inevents >> event_id >> blub >> blub >> blub >> blub >> blub >> blub >> blub;

    //event_id = 628700;

    // File mit Daten der Stationen einlesne
    ostringstream filename;
    filename << "./data/auger_public_event_" << event_id << ".txt";
    ifstream infile(filename.str().c_str());

    // remove first line with comments
    getline(infile, line);

    i = 0;
    while (infile.good()) {

        // Event auslesen
        infile >> id[i] >> signal[i] >> zeitsec[i] >> zeitns[i] >> east[i] >> north[i] >> hoehe[i];
        north[i] = north[i]/1000.;
        east[i] = east[i]/1000.;

        // Beschriftungen der Punkte
        ostringstream textname;
        textname << " " << signal[i];
        text[i] = new TText(east[i],north[i],textname.str().c_str());

        i = i+1;
    }
    i = i-1;
    infile.close();

    // plotten, falls mehr als 10 Stationen getriggert haben
    if (i>=10.) {

        stations = new TGraph(i, east, north);

        // Title
        ostringstream eventname;
        eventname << "Event_id = " << event_id;
        stations->SetTitle(eventname.str().c_str());

        // Formatierung
        stations->SetMarkerColor(2);
        stations->SetMarkerStyle(20);
        stations->GetXaxis()->SetTitle("Easting [km]");
        stations->GetYaxis()->SetTitle("Northing [km]");
        stations->GetYaxis()->SetTitleOffset(1.25);
        stations->Draw("AP");

        // Beschriftungen
        for (int n=0; n<i; n++) {
            text[n]->SetTextAlign(12);
            text[n]->SetFont(style_label_font);
            text[n]->SetFontSize(0.04);
            text[n]->Draw("same");
        }

        // Dateiausgabe
        ostringstream pdfname;
        pdfname << "./plots/grid_" << event_id << ".pdf";
        can->Print(pdfname.str().c_str());
    }
}
```



# Public Event Explorer

Welcome to the public event display of the Pierre Auger Observatory.

The Pierre Auger Collaboration agreed on making 1% of its data available to the public. This web site allows browsing over the events collected since 2004, and is updated daily.

You can enter an event Id in the search window, search for an event with the event selection menu, or display an event already in cache. You can also download an [ascii file](#) with all events.

The current data set has 33179 events between 0.1 and 49.7 **EeV**. Last event is [25577400](#) and has been recorded on Feb 10 2014 07:41:52, UTC Time.

## Events already in cache

Top 3 most seen events



All events in cache, ordered by energy, with frequency of access indicated (larger bar means more seen):

<a href="#">10485600</a> : 49.73 <b>EeV</b> , 14 stations, 40.2 deg	
<a href="#">04128900</a> : 41.07 <b>EeV</b> , 18 stations, 54.5 deg	
<a href="#">01234800</a> : 37.32 <b>EeV</b> , 14 stations, 43.3 deg	
<a href="#">11728200</a> : 34.07 <b>EeV</b> , 10 stations, 26.3 deg	

12

## Pierre Auger Observatory Public Event Explorer

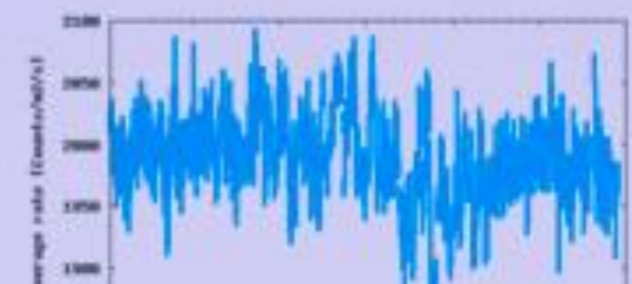
### Event Selection

	Min	Max
Nb. of stations	<input type="text" value="5"/>	<input type="text"/>
<b>Zenith</b> Angle	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="60"/>
Energy ( <b>EeV</b> )	<input type="text" value="15"/>	<input type="text"/>
Order	<input type="text" value="Id / Date (reverse)"/>	
Show	<input type="text" value="10"/>	Events
<input type="button" value="Search"/>		

### Size of the Pierre Auger Observatory



### Space Weather page





# Public Event Explorer

## Event Selection

25315300: 19.55 [EeV](#), 15 stations, 52.6 deg, Jan 26 2014 02:41  
25249400: 15.83 [EeV](#), 12 stations, 36.7 deg, Jan 22 2014 01:28  
24261400: 29.07 [EeV](#), 14 stations, 45.9 deg, Nov 23 2013 19:40  
22918500: 27.39 [EeV](#), 14 stations, 19.2 deg, Aug 21 2013 17:36  
22551000: 16.88 [EeV](#), 13 stations, 43.5 deg, Jul 29 2013 01:29  
22508900: 19.96 [EeV](#), 13 stations, 38.6 deg, Jul 26 2013 13:04  
20261000: 19.96 [EeV](#), 11 stations, 40.6 deg, Oct 07 2012 04:07  
15279100: 20.78 [EeV](#), 14 stations, 59.2 deg, Jun 21 2012 04:38  
14537100: 25.01 [EeV](#), 14 stations, 44.5 deg, May 05 2012 11:03  
13471600: 20.06 [EeV](#), 12 stations, 45.2 deg, Dec 26 2011 10:16  
13236700: 19.07 [EeV](#), 16 stations, 57.7 deg, Nov 23 2011 10:30  
13150700: 28.21 [EeV](#), 18 stations, 54.9 deg, Nov 12 2011 05:26  
11935600: 17.71 [EeV](#), 11 stations, 47.0 deg, Jun 12 2011 14:39  
10882200: 25.09 [EeV](#), 12 stations, 43.3 deg, Jan 05 2011 04:59  
10485600: 49.73 [EeV](#), 14 stations, 40.0 deg, Oct 26 2010 17:39  
9819400: 15.07 [EeV](#), 11 stations, 34.9 deg, Jun 30 2010 00:33  
8275000: 15.10 [EeV](#), 13 stations, 45.6 deg, Sep 03 2009 16:11  
7969100: 20.81 [EeV](#), 12 stations, 41.1 deg, Jul 10 2009 02:24  
4699800: 15.96 [EeV](#), 12 stations, 49.1 deg, Mar 21 2008 19:47  
4128900: 41.07 [EeV](#), 18 stations, 54.6 deg, Oct 30 2007 11:14  
4105300: 22.77 [EeV](#), 14 stations, 53.5 deg, Oct 23 2007 14:06  
3005800: 23.20 [EeV](#), 14 stations, 41.1 deg, Jan 03 2007 09:28  
1673300: 33.12 [EeV](#), 11 stations, 32.2 deg, Oct 05 2005 22:25  
1234800: 37.32 [EeV](#), 14 stations, 43.4 deg, Mar 05 2005 15:54

The current data set has 33179 events between 0.1 and 49.7 [EeV](#). Last event is [25577400](#) and has been recorded on Feb 10 2014 07:41:52, UTC Time.

## Pierre Auger Observatory Public Event Explorer

### Event Selection

	Min	Max
Nb. of stations	<input type="text" value="11"/>	<input type="text"/>
<b>Zenith</b> Angle	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="60"/>
Energy ( <b>EeV</b> )	<input type="text" value="15"/>	<input type="text"/>
Order	<input type="text" value="Id / Date (reverse)"/>	
Show	<input type="text" value="100"/>	Events
<input type="button" value="Search"/>		

### Size of the Pierre Auger Observatory



[Space Weather page](#)



# Event 10485600

[See CR incoming direction](#) | [See individual station data](#)

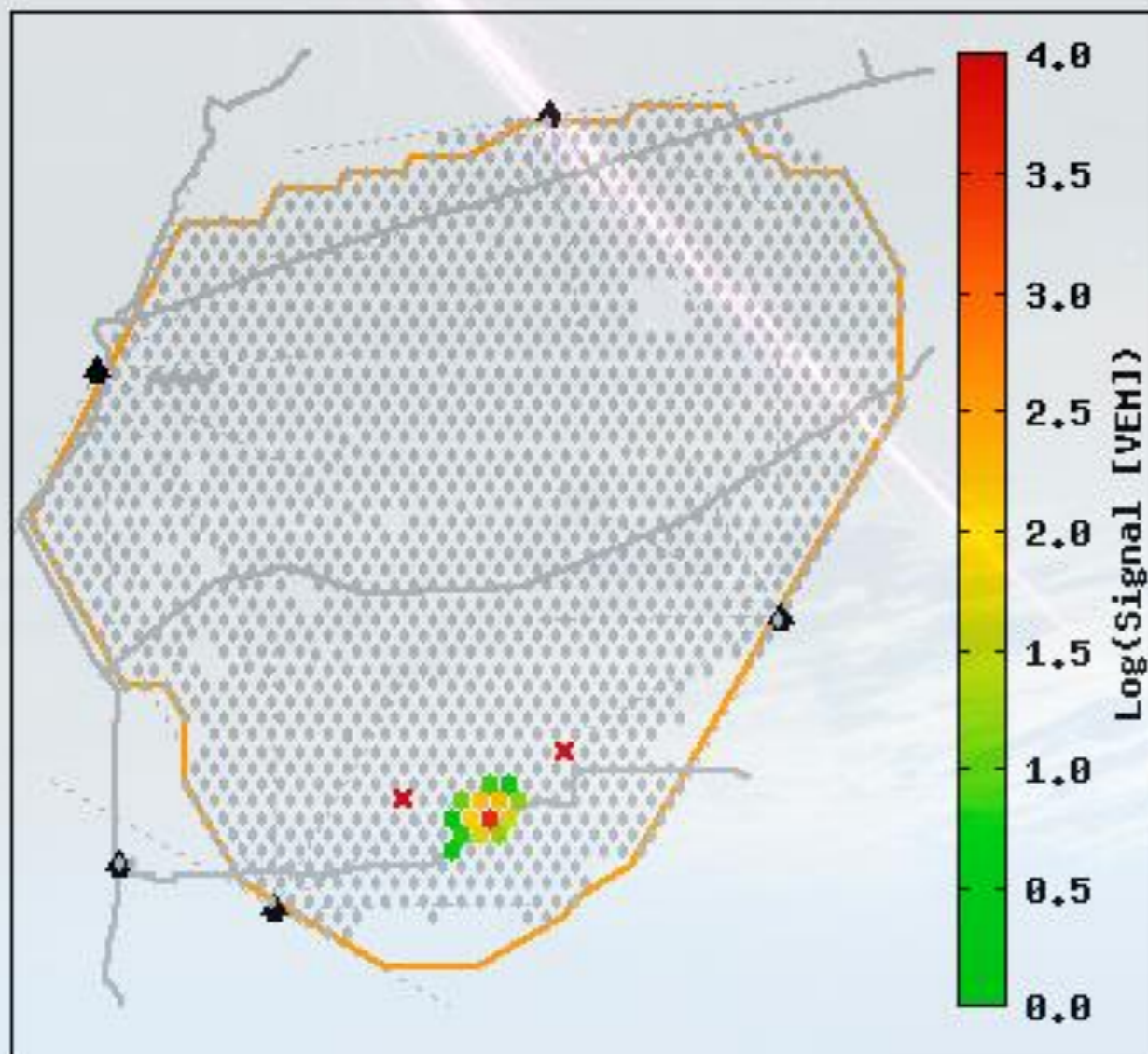


Figure 1: Southern array global view

Generic Information	
Id / Date	10485600 / Tue Oct 26 17:39:16 2010
Nb. of stations	14
Energy	$49.7 \pm 1.9$ EeV
<u>Theta</u>	$40.2 \pm 0.2$ deg
<u>Phi</u>	$130.2 \pm 0.2$ deg

## Pierre Auger Observatory Public Event Explorer

### Event Selection

	Min	Max
Nb. of stations	<input type="text" value="5"/>	<input type="text"/>
<b>Zenith</b> Angle	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="60"/>
Energy ( <b>EeV</b> )	<input type="text" value="15"/>	<input type="text"/>
Order	<input type="text" value="Id / Date (reverse)"/>	
Show	<input type="text" value="10"/>	Events
<input type="button" value="Search"/>		

### Event 10485600

[See CR incoming direction](#)  
[See individual station data](#)

### Size of the Pierre Auger Observatory



[Space Weather page](#)



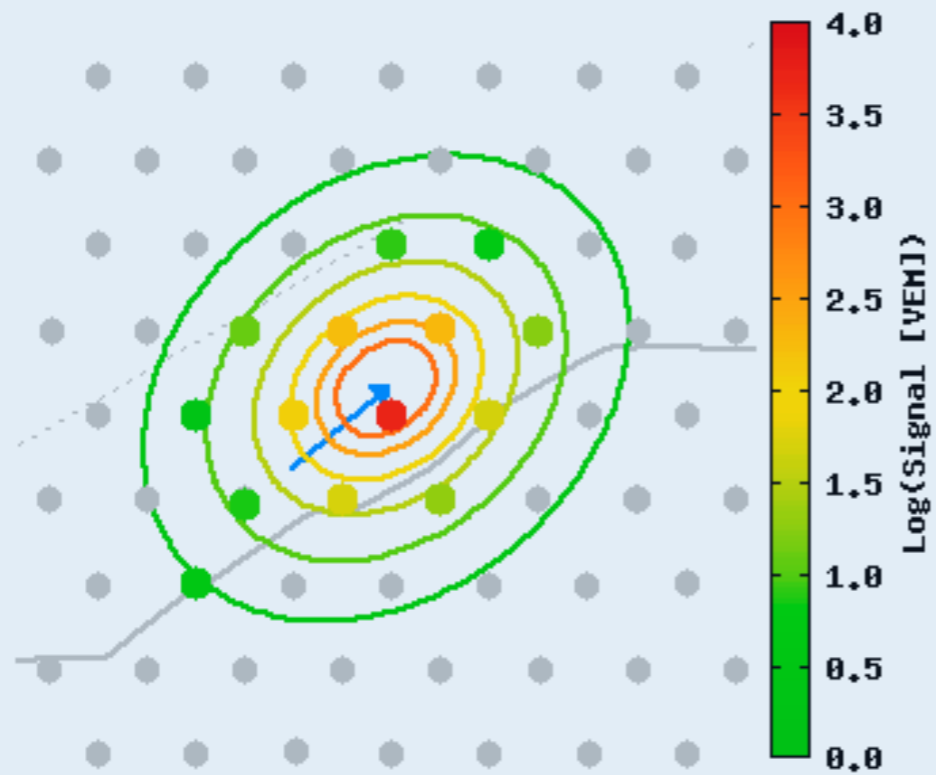


Figure 2: Southern array zoomed view

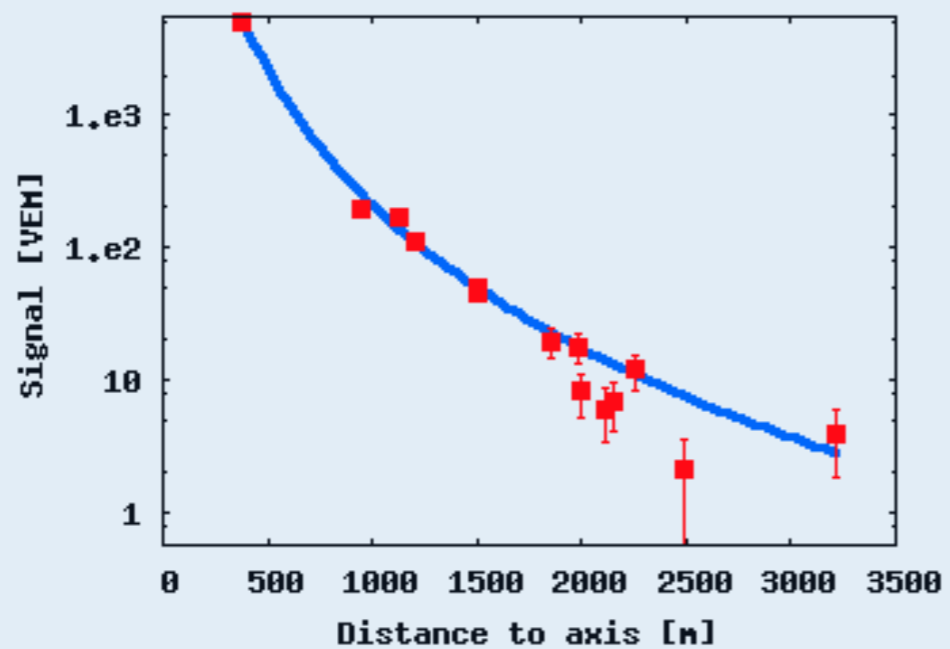


Figure 3: Lateral Distribution Function (LDF) fit

[\[See a global picture of all figures\]](#)

[Download vector-based image: [Figure 1](#), [Figure 2](#), [Figure 3](#)]

[\[Download ASCII data for event\]](#)

01/01 2007	01/03 2007	01/05 2007	01/07 2007	01/09 2007	01/11 2007	01/01 2008
Date						

[FAQ](#) | [About](#)

Page hosted by [the Auger group at Colorado State University](#)





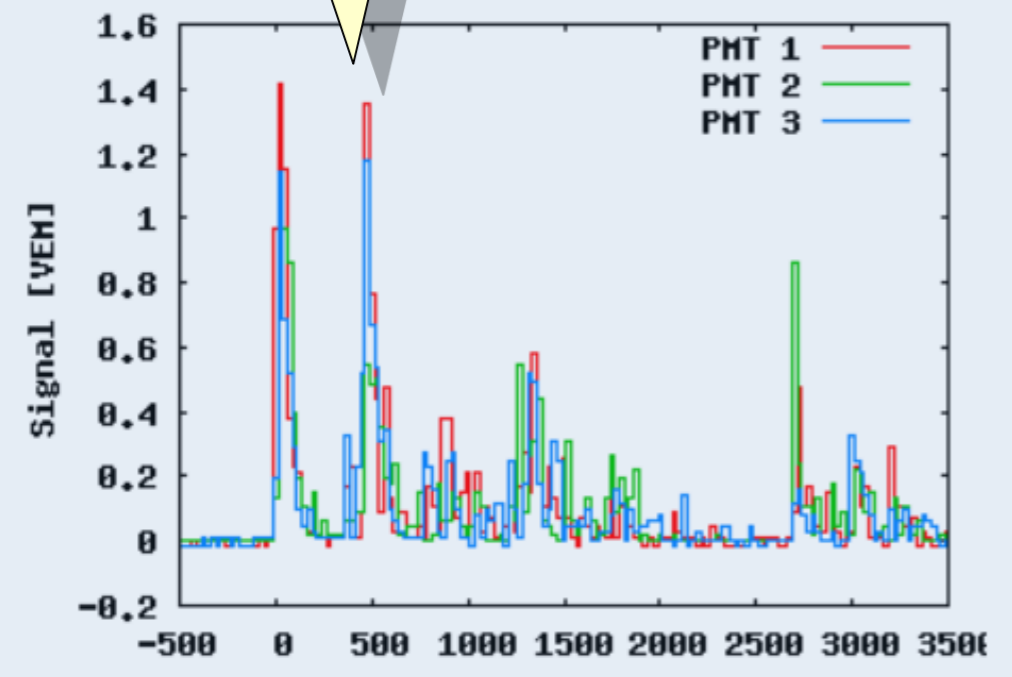
### Ereignis 10485600

[Ansicht der rekonstruierten Daten](#) | [Ansicht der Stations-Daten](#)

Die Herkunftsrichtung des Ereignisses:  
Galaktische Länge:  $293.7 \pm 0.2$  Grad  
Galaktische Breite:  $10.3 \pm 0.2$  Grad

Einzelne Myonen

LsId 282 - Funika

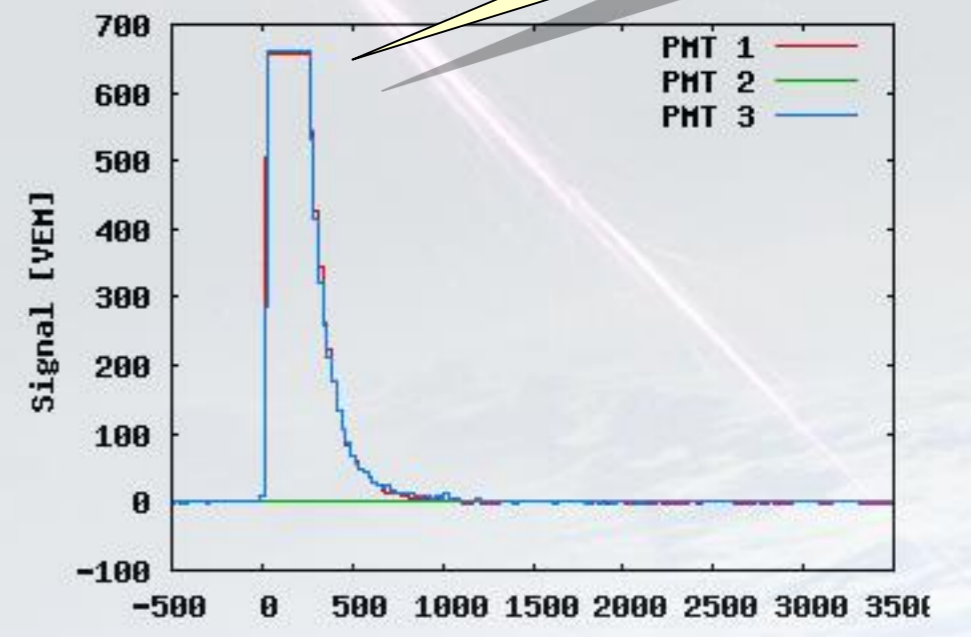


[Anzeigen Diamanten zeigen AGNs näher als 100 Mpc an, farbcodiert entsprechend Entfernung]

### Ereignis 10485600

[Ansicht der rekonstruierten Daten](#) | [Ansicht der Anku...](#)

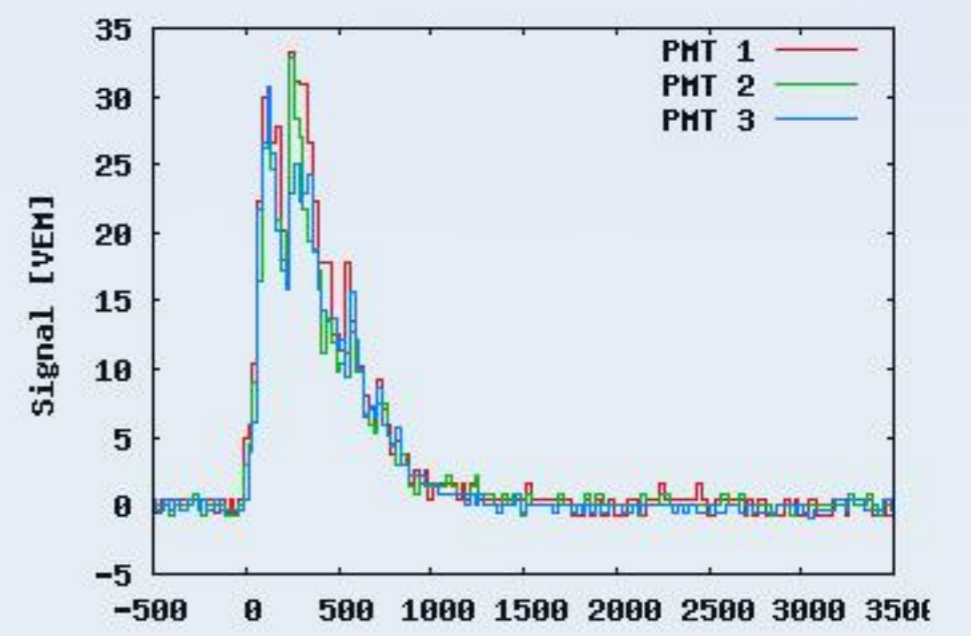
LsId 281 - Roxana



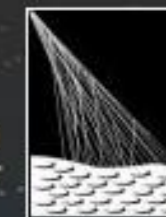
Signal in VEM für die 3 PMTs der Station 281 (Roxana) als Funktion der Zeit

Sättigung

LsId 266 - Lina







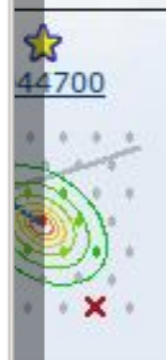
## Öffentlicher Ereignis-Betrachter

Herzlich Willkommen beim öffentlichen Ereignis-Betrachter des Pierre Auger Observatoriums.

Die Daten öffentlich verfügbar gemacht werden, können die seit 2004

eingeben, das Menü  
hauen, das schon im Cache  
uter steht eine ascii Datei mit

n mit Energien zwischen 0 EeV  
0 und der Zeitpunkt der



ch ihrer Energie, mit  
er betrachtet):

### Pierre Auger Observatorium Ereignis-Betrachter

#### Ereignis-Selektion

	Min	Max
Anzahl Stationen	<input type="text" value="5"/>	<input type="text"/>
Zenitwinkel	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="60"/>
Energie (EeV)	<input type="text" value="15"/>	<input type="text"/>
Sortiert	<input type="text" value="Datum (rückwärts)"/>	
Anzeigen	<input type="text" value="10"/>	Ereignisse
<input type="button" value="Suchen"/>		

#### Grösse des Pierre Auger Observatoriums



| [FAQ](#) | [Über](#)

[Impressum astro.uni-wuppertal](#)

```
auger_public_2012_04_03-1.txt (/tmp) - gedit
#####
#
# Auger oeffentliche Daten, produziert: Tue, 03 Apr 2012 20:42:20
#
#####
#
# Spalten:
#
# 1: Ereignis ID
# 2: Stationenanzahl des Ereignisses
# 3: Rekonstruiertes Theta der einlaufenden kosmischen Strahlung
# 4: Rekonstruiertes Phi of der einlaufenden kosmischen Strahlung
# 5: Rekonstruierte Energy (EeV)
# 6: Unix-Zeit in Sekunden (Sekunden seit 1.1.1970, ohne Schaltsekunden)
# 7: Galaktische Laenge (grad)
# 8: Galaktische Breite (grad)
#
#####
#
620100 3 15.9606 66.5061 1.5952 1072936424 -117.861 9.74423
620400 3 26.5494 -101.793 0.355838 1072964627 -41.5096 -2.20725
620800 3 22.8514 -30.7643 0.613309 1073009810 -108.484 -24.868
621400 3 43.2584 44.7172 0.750369 1073079948 155.425 -60.5886
622200 3 24.0716 26.1112 0.283068 1073168340 -158.134 -72.3622
622800 3 22.2321 -154.025 0.333249 1073236969 -10.8102 -7.6192
625800 3 34.3345 -128.556 0.352402 1073583032 -25.9538 -11.4969
626100 3 42.2738 61.8234 0.314927 1073619805 -145.183 10.5576
626500 3 5.18435 -100.743 0.726089 1073664627 -4.89934 -15.6018
627500 3 41.2253 134.881 0.362137 1073775906 91.8655 -62.5636
628700 3 22.0332 141.632 0.376102 1073910275 -36.1409 39.8033
629700 3 29.5092 -149.164 0.398732 1074022716 -5.48652 -31.2578
630000 3 14.5103 -99.7295 0.742544 1074054246 -100.062 -18.4343
631500 3 28.4256 -72.1029 0.341653 1074217013 -89.604 -30.8883
#####
Reiner Text Tabulatorbreite: 8 Z. 17, Sp. 2 EINF
```

**Excel-Analyse der Ereignis-Daten**

03637800: 30.54 EeV, 10 Stationen, 24.7 Grad



# Import in Open Office

Textimport - [auger\_public\_event\_000010485600.txt]

**Importieren**

Zeichensatz: Unicode (UTF-8)

Sprache: Standard - Unbekannt

Ab Zeile: 1

**Trennoptionen**

Feste Breite

Getrennt

Tabulator     Komma     Andere

Semikolon     Leerzeichen

Feldtrenner zusammenfassen    Texttrenner: ' ' (Dropdown)

**Weitere Optionen**

Werte in Hochkomma als Text

Erweiterte Zahlenerkennung

**Felder**

Spaltentyp: (Dropdown)

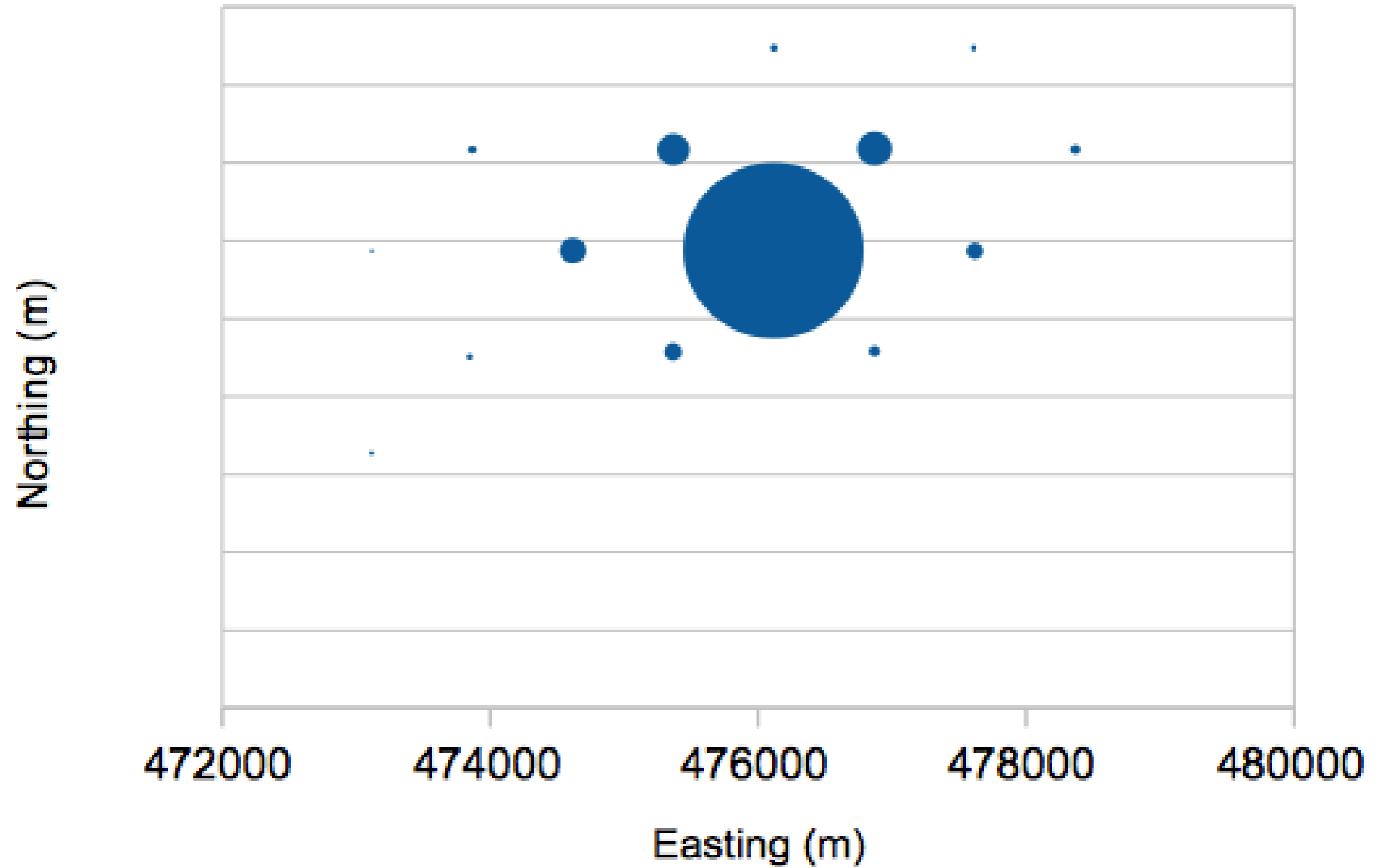
	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Standard	Stand:
1	#	Id	Signal (VEM)	Zeit (sec)	Zeit (ns)	Easting (m)	North
2	281	5148.15	1288114741	729507291	476125.64	6078859.83	1375.
3	266	191.42	1288114741	729510421	476879.69	6080165.6	1376.
4	273	167.61	1288114741	729508020	475377.97	6080154.44	1375.
5	284	111.77	1288114741	729504974	474626.76	6078857.62	1374.
6	280	50.91	1288114741	729504485	475376.01	6077555.62	1373.
7	276	45.78	1288114741	729510014	477627	6078852.38	1373.
8	291	19.33	1288114741	729507379	476879.05	6077565.3	1373.
9	272	17.43	1288114741	729513231	478377.29	6080155.35	1374.





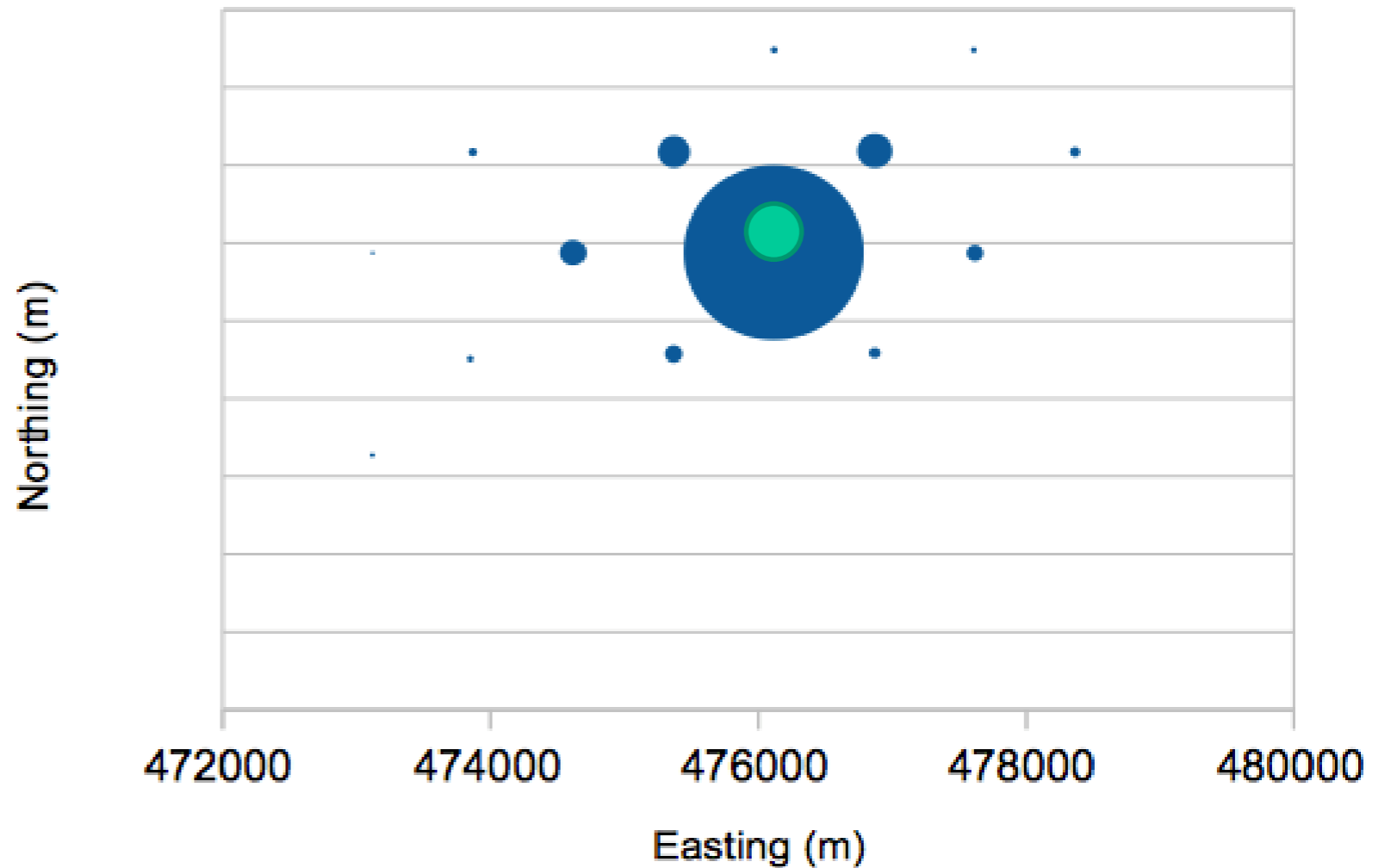


# Signalverteilung





# Schauerachse

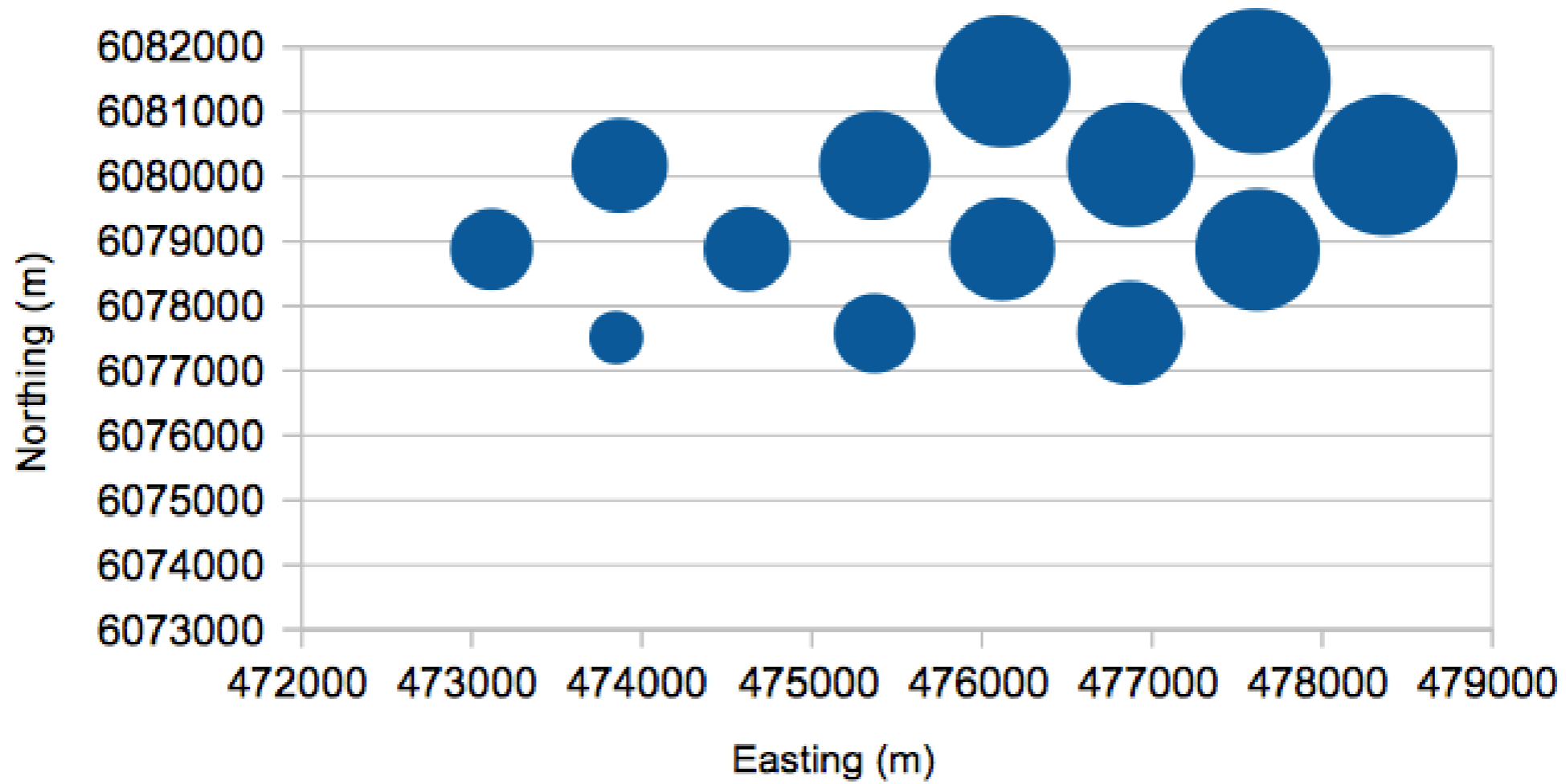


► gewichteter Mittelwert

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i = \frac{1 \cdot x_1 + \dots + 1 \cdot x_N}{1 + \dots + 1}$$

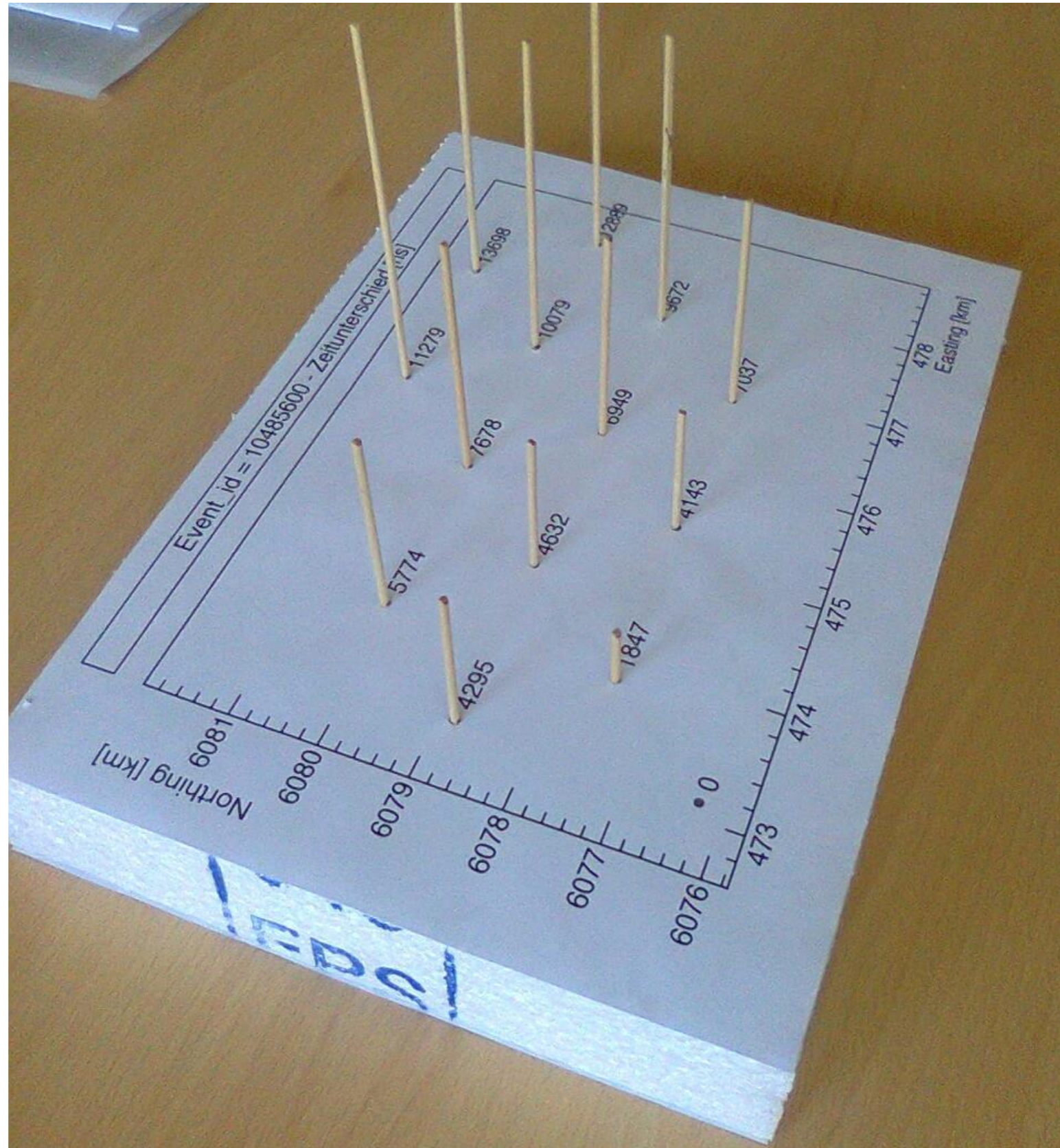


# Ankunftszeiten



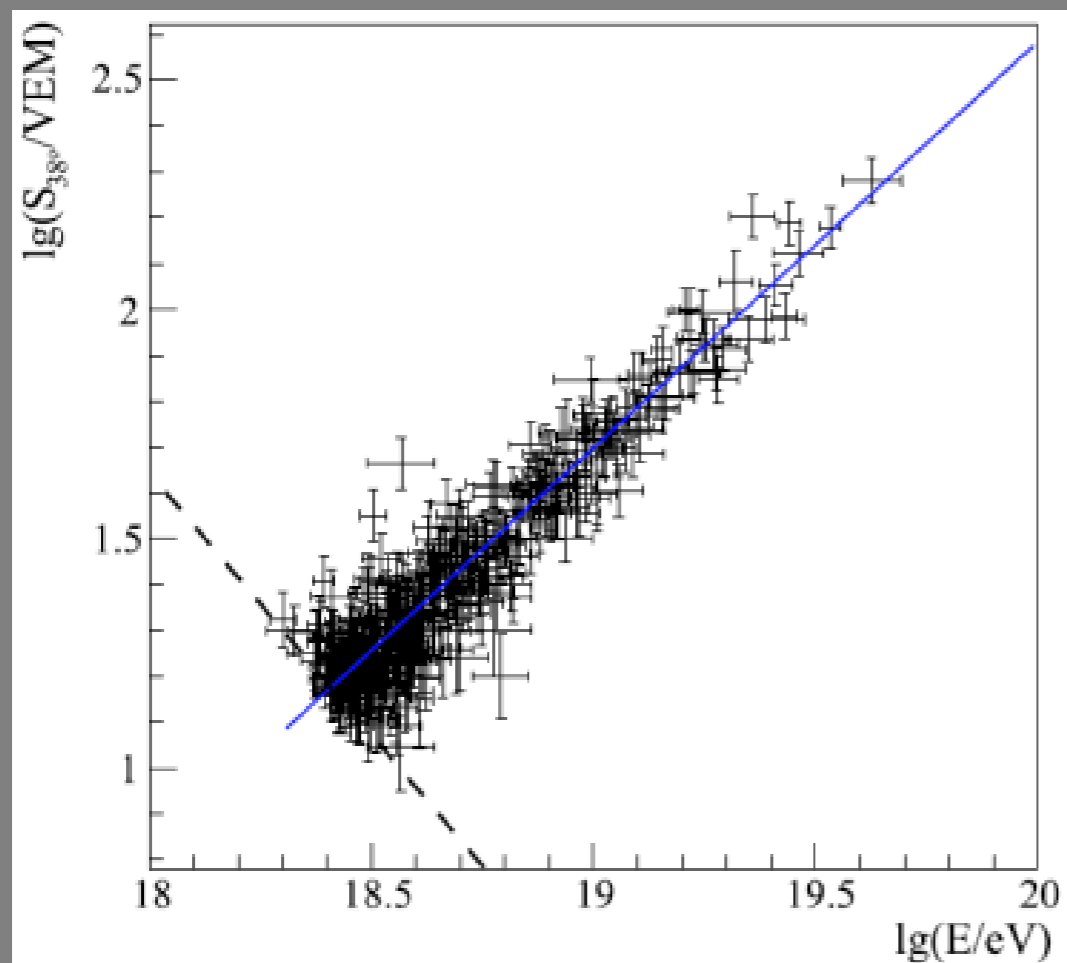
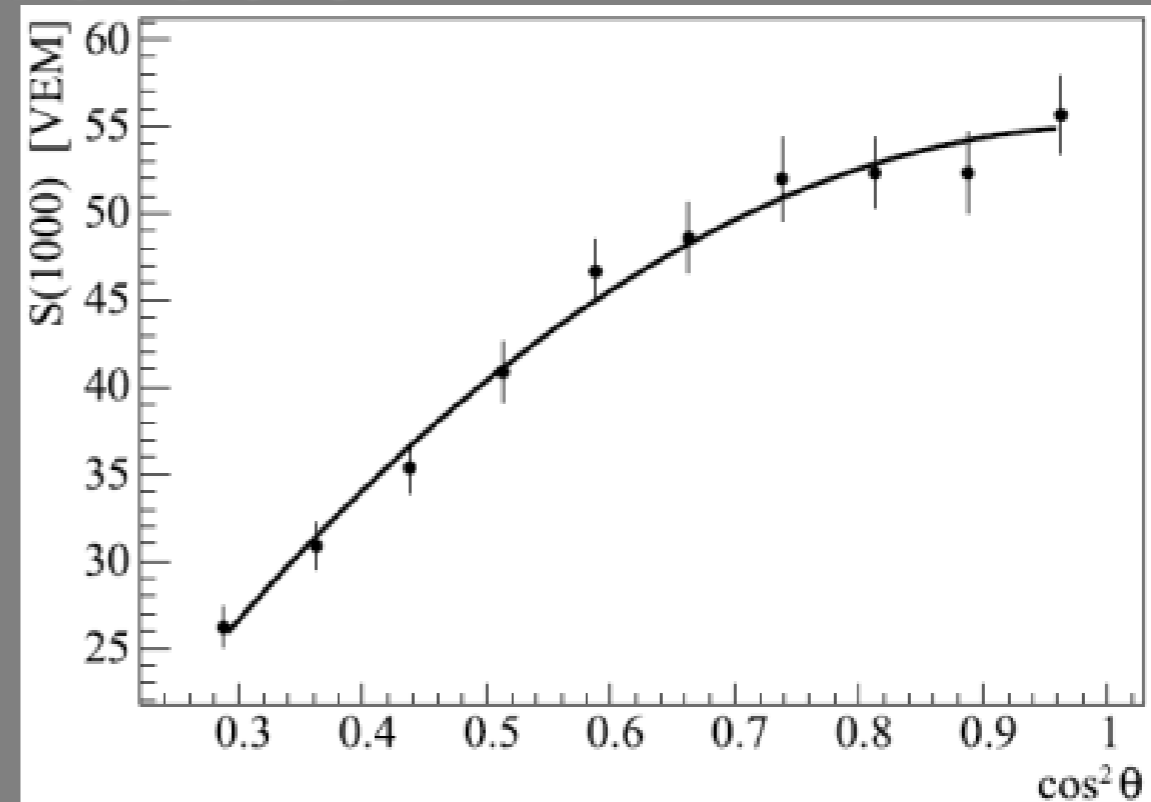
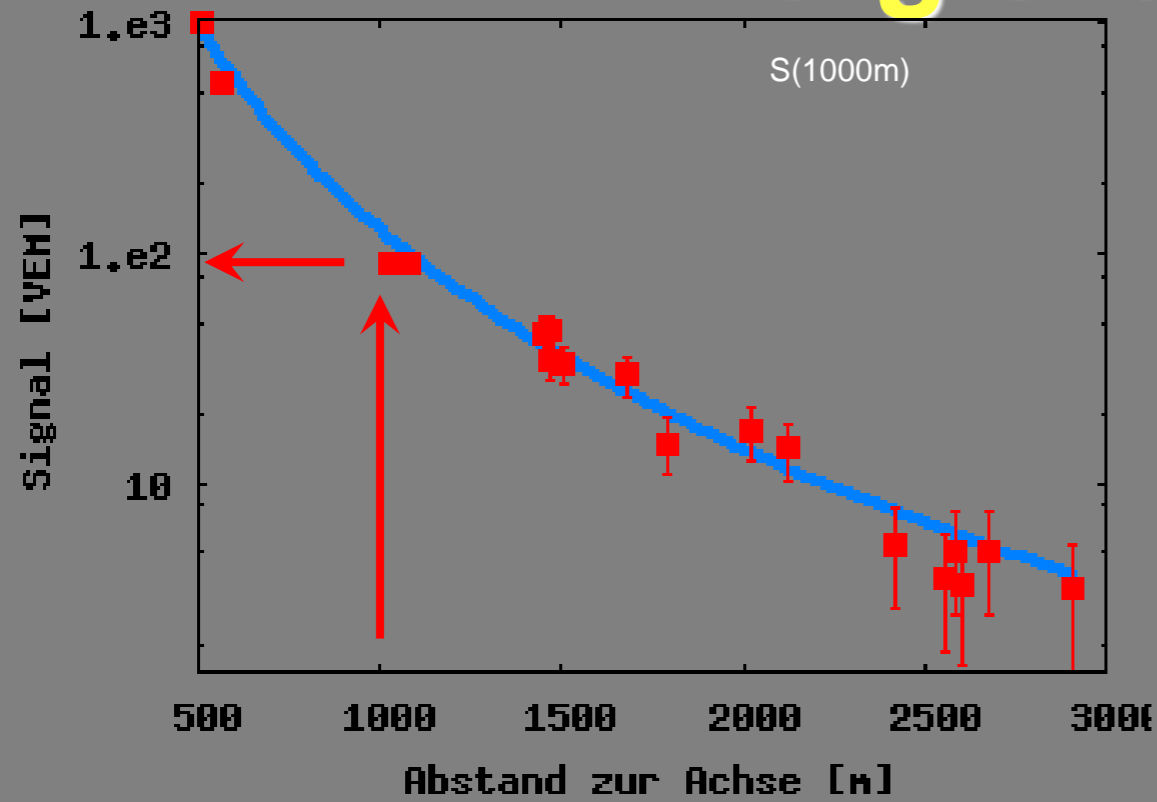


# Richtungsrekonstruktion





# Energiekalibration



$$S_{38^\circ} = \frac{S(1000m)}{CIC(\vartheta)}$$

$$CIC(\vartheta) = 1 + 0,94x - 1,21x^2$$

$$x = (\cos \vartheta)^2 - (\cos 38^\circ)^2$$

$$E = 1,49 \cdot 10^{17} \text{ eV} \cdot S_{38^\circ}^{1,08}$$



... und was wir daraus bestimmen

• **Richtung** des Primärteilchens

• **Energie,**

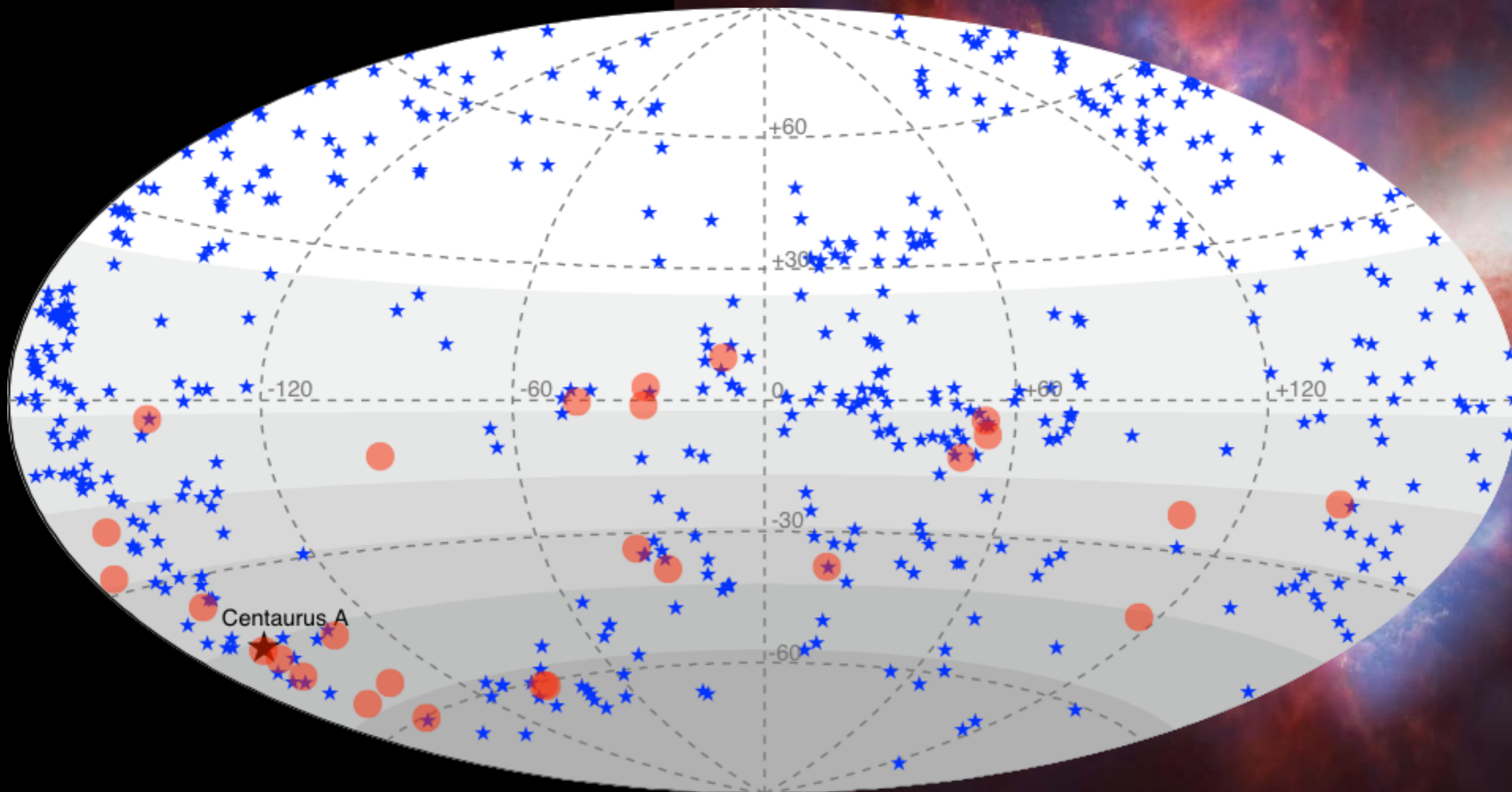
• **Art,**



Photonen, Neutrinos,  
Protonen, Atomkerne,  
Exotika ??



## Erste Ergebnisse...

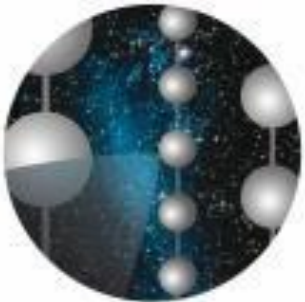
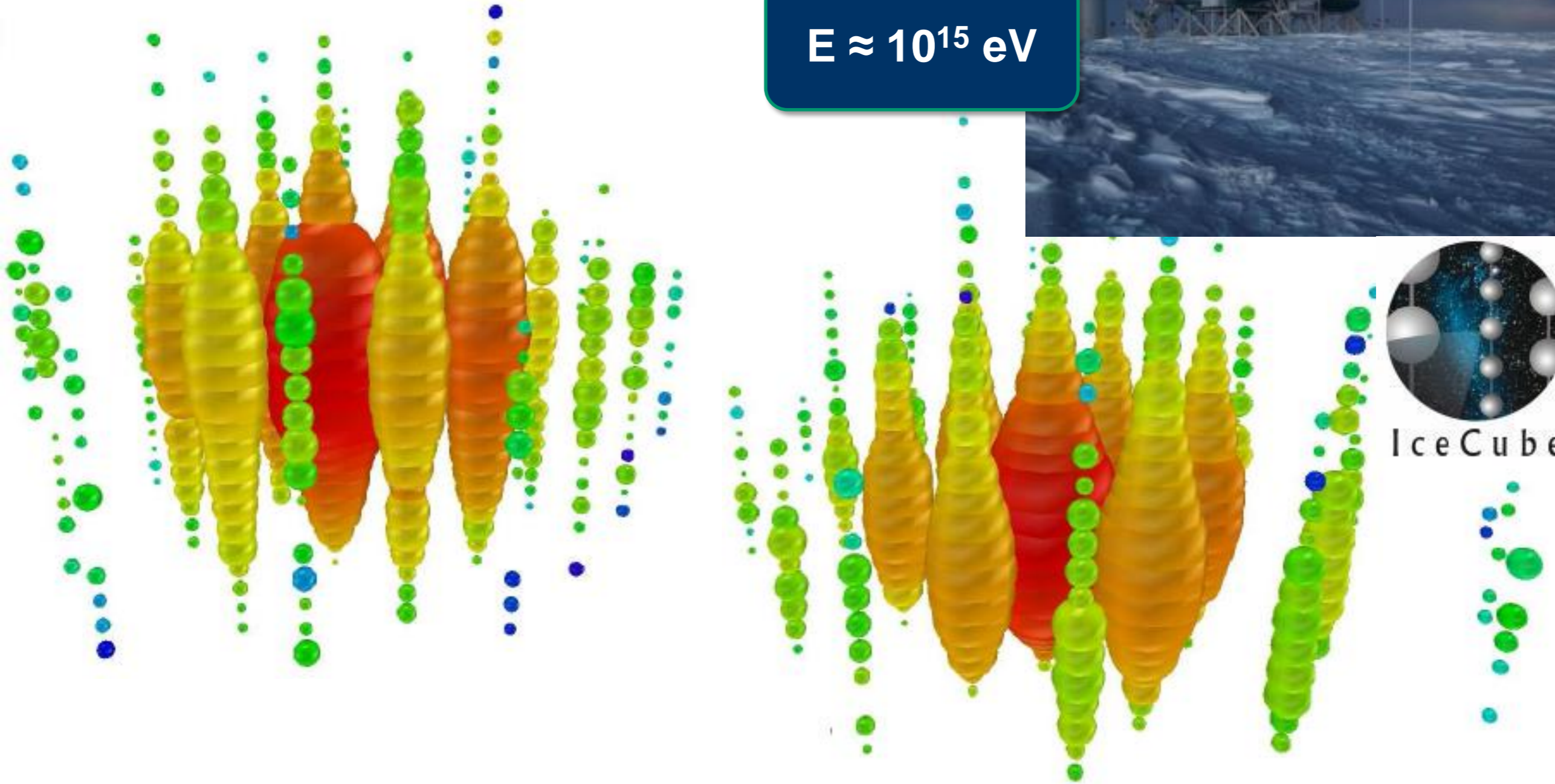
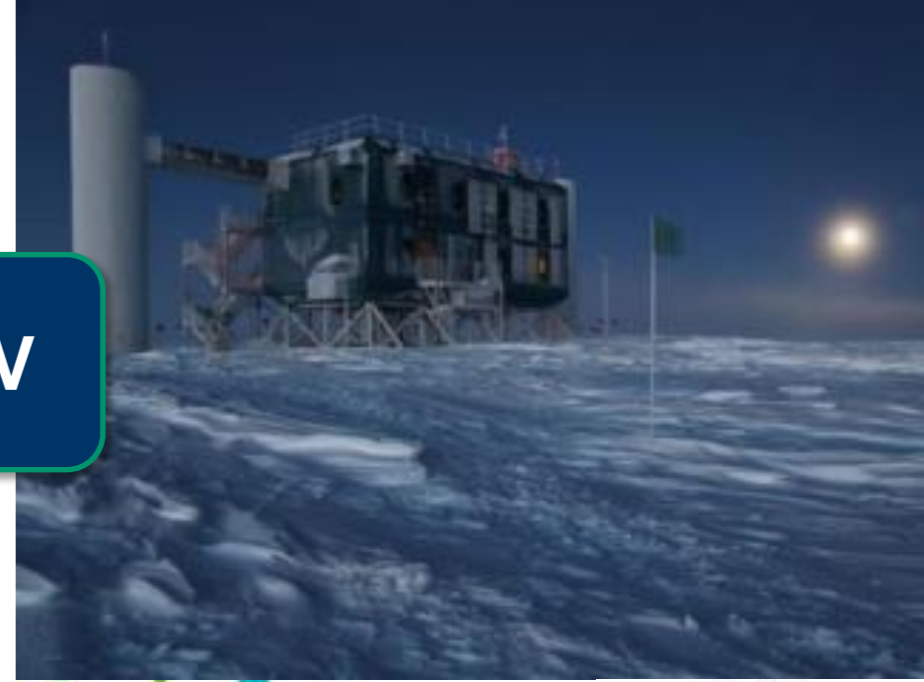


Platz 3 der größten wissenschaftlichen  
Durchbrüche des Jahres 2007  
(1: Genforschung, 2: Stammzellenforschung)



# Neues vom Südpol

$E \approx 10^{15} \text{ eV}$

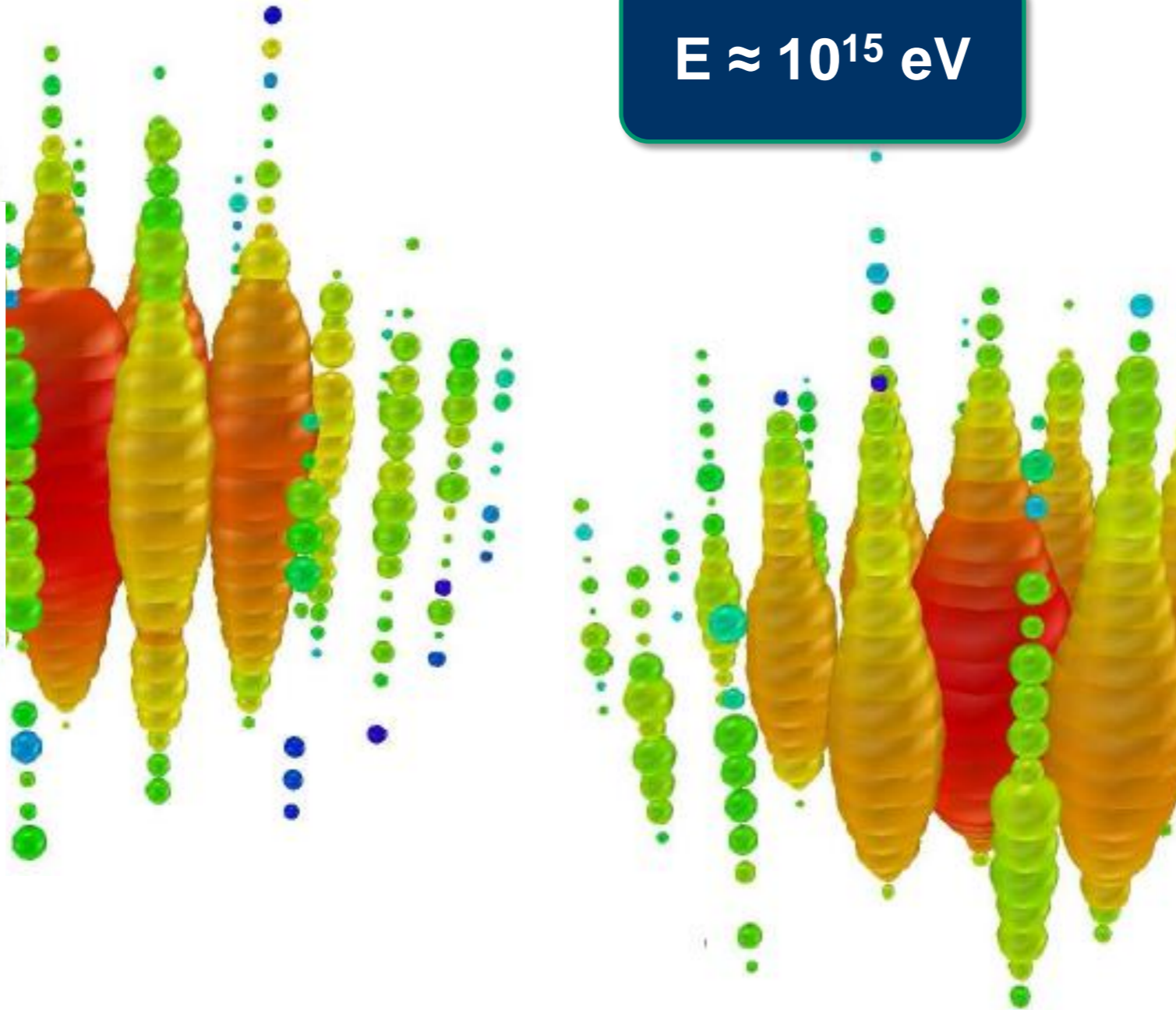


IceCube



# Neues vom Südpol

$E \approx 10^{15} \text{ eV}$









Backup

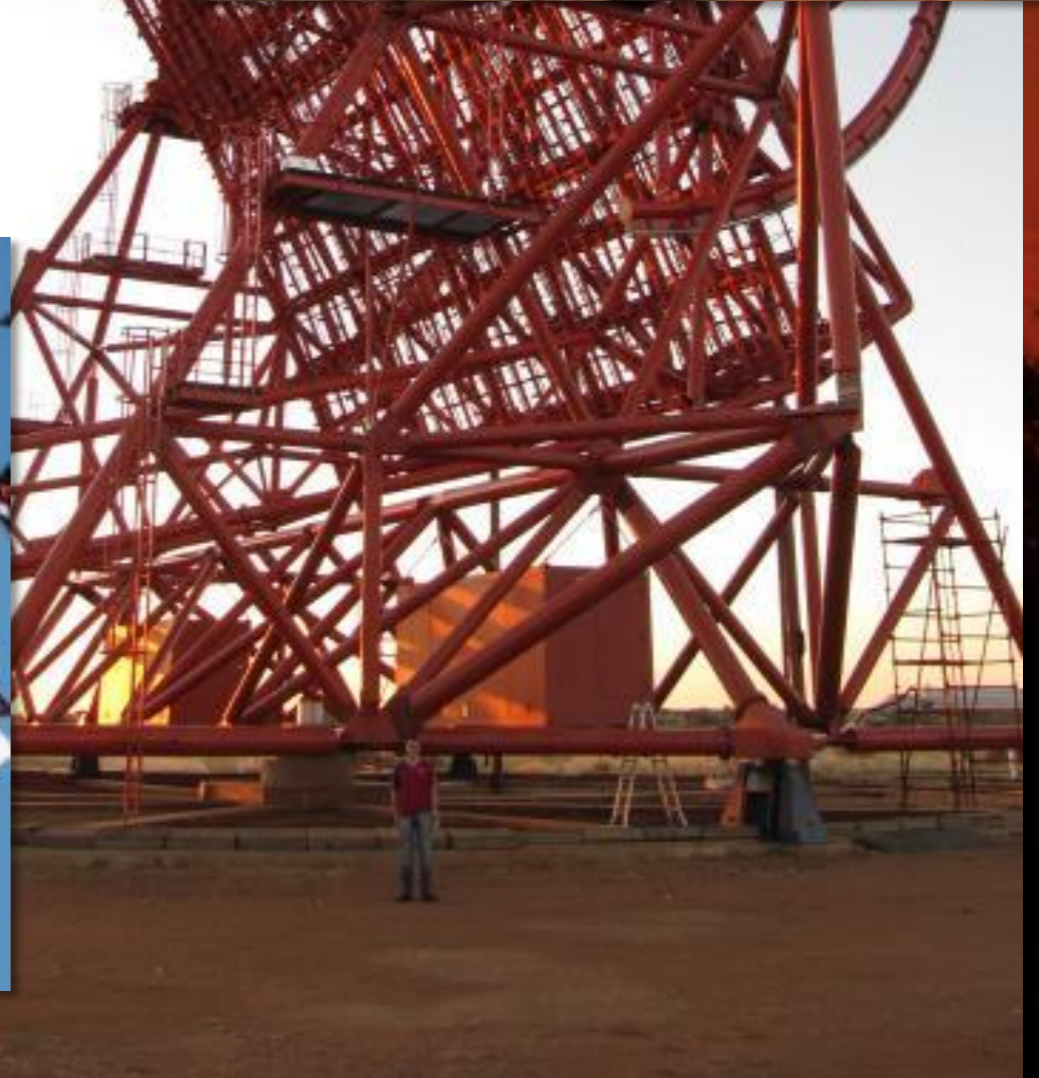


# Experimentalphysiker bei der Arbeit...



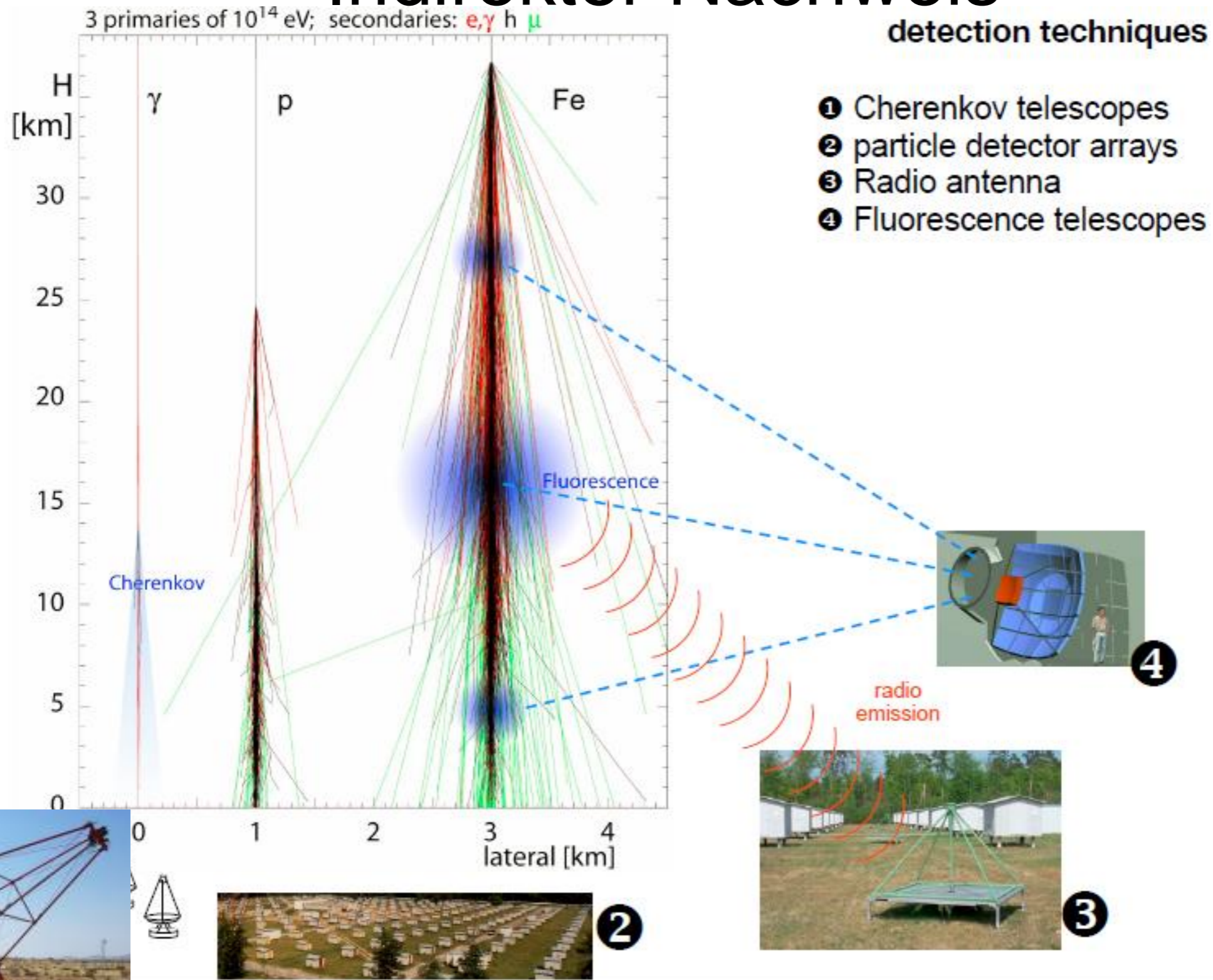


# Experimentalphysiker bei der Arbeit...



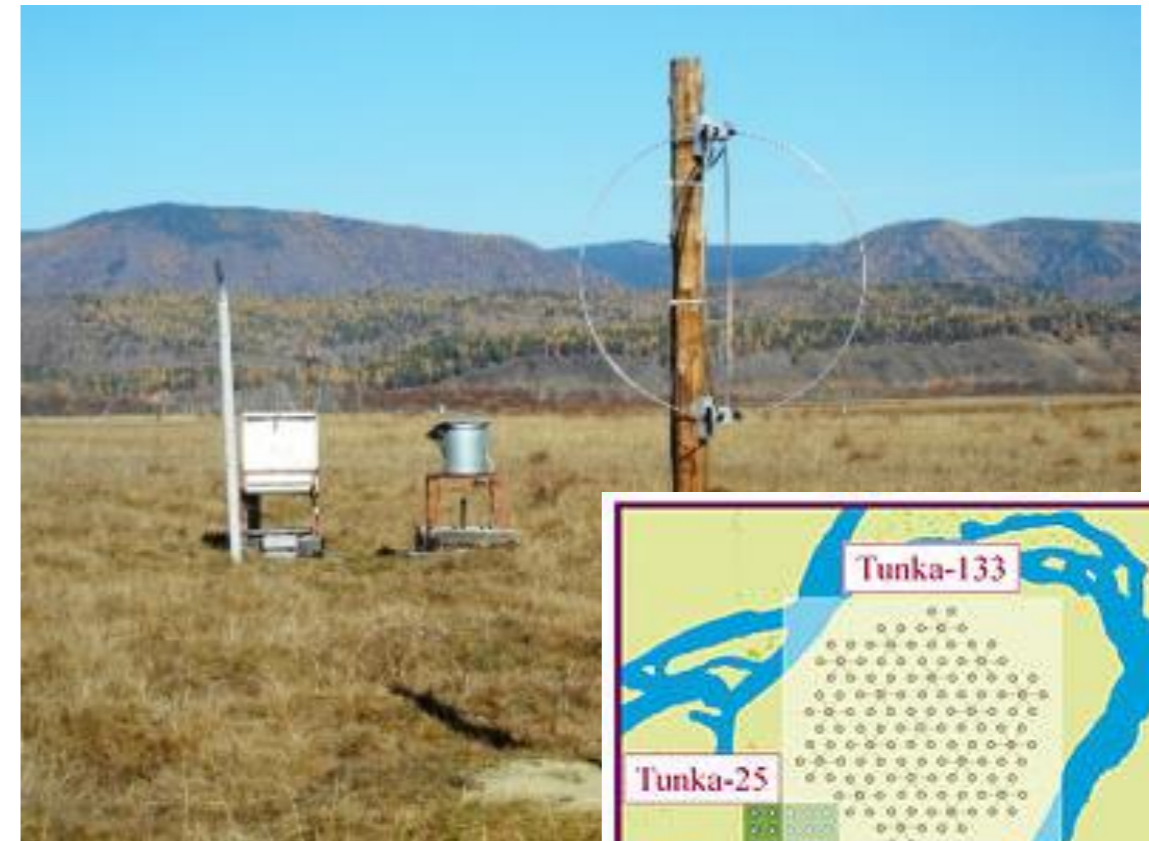
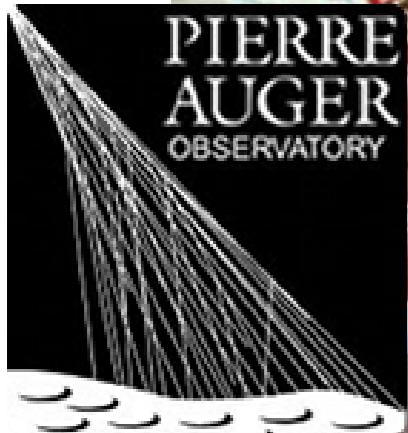
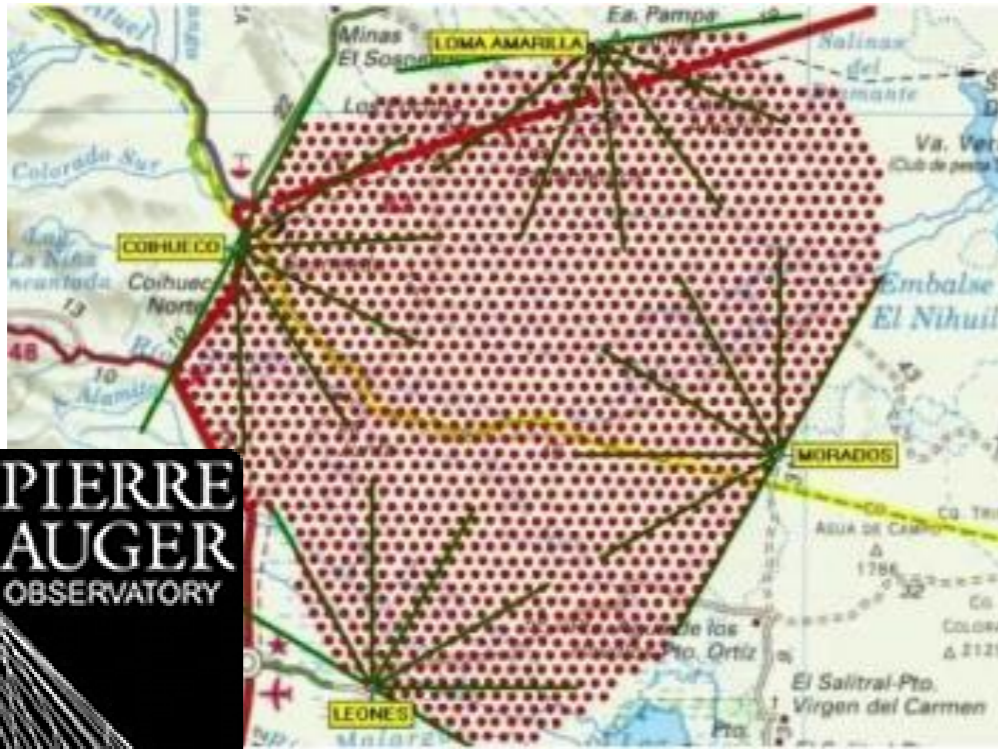


# Indirekter Nachweis





# Schauerexperimente



**TUNKA**  
Helmholtz Russia Joint Research Group



# Wechselwirkungen



???



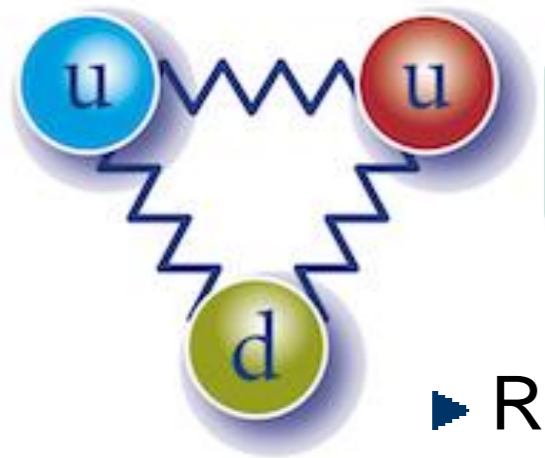
- ▶ Reichweite  $\infty$
- ▶ wirkt auf Massen



Photon



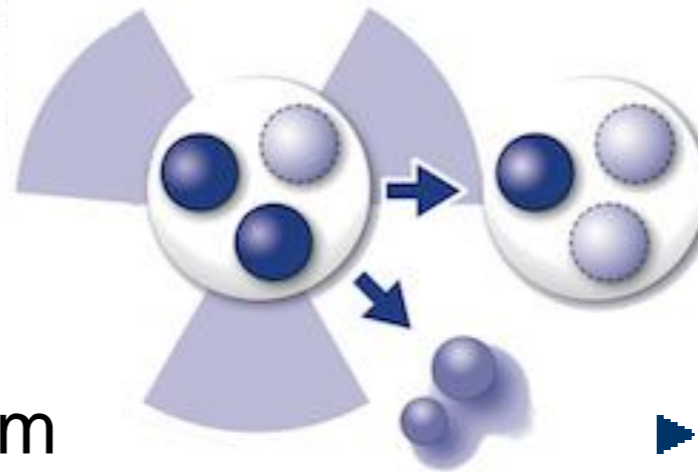
- ▶ Reichweite  $\infty$
- ▶ wirkt auf Ladungen



Gluon



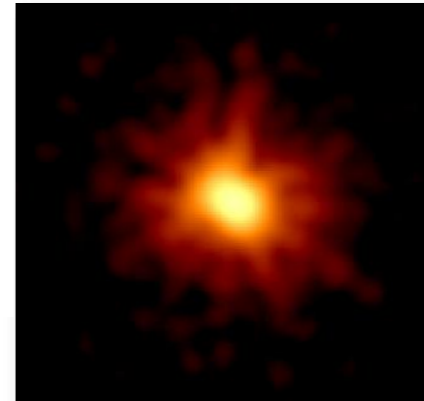
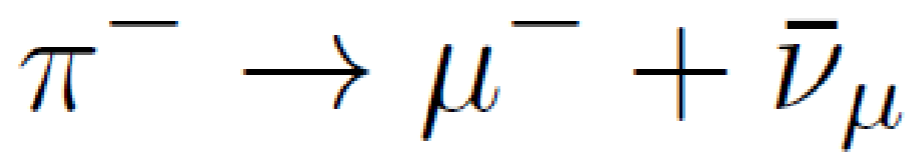
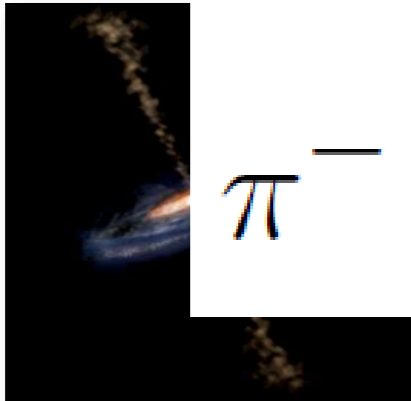
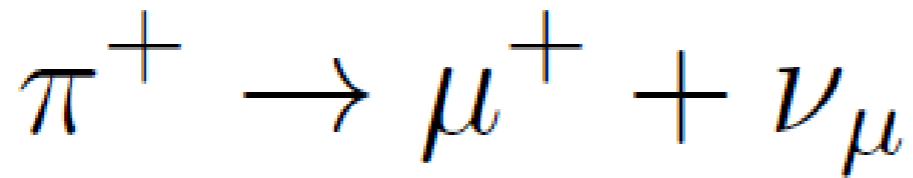
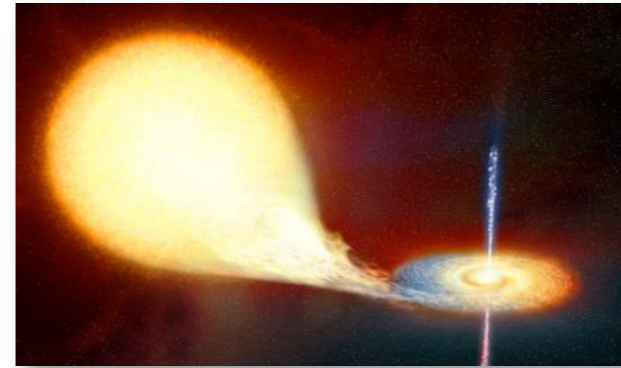
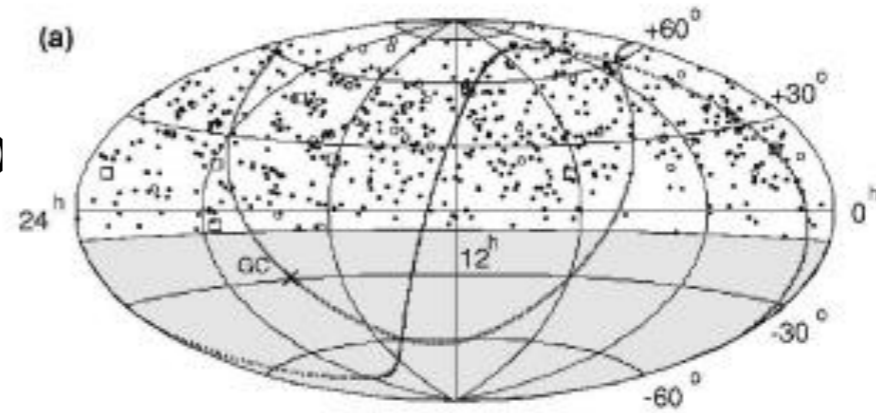
- ▶ Reichweite  $\approx 10^{-15}$  m
- ▶ wirkt auf „Farben“



- ▶ Reichweite  $< 10^{-15}$  m
- ▶ wirkt auf Hyperladungen



# Zusammensetzung





# Pierre Auger Observatorium

