Teilchendetektoren für das Klassenzimmer: Die Schülerexperimente von „Netzwerk Teilchenwelt“

Bernadette Schorn, Thomas Hildebrand,
Barbara Valeriani-Kaminski
Universität Bonn

Workshop der Heisenberg-Gesellschaft
23.6.2018

UNIVERSITÄT BONN

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

NETZWERK TEILCHENWELT

Das Netzwerk Teilchenwelt

Ein Netzwerk zwischen:

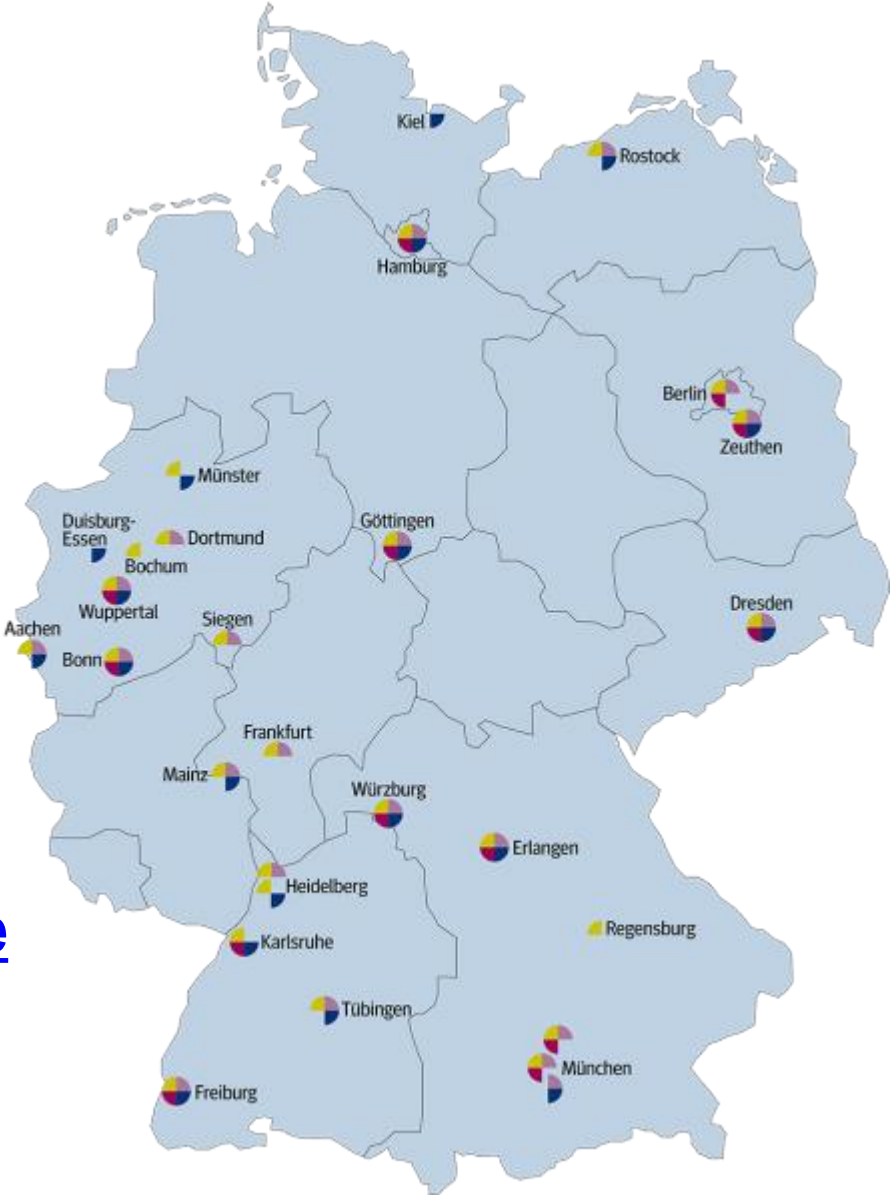
- **Wissenschaftler/-innen**
- **Jugendlichen**
  - 15-19 Jahre
- **Lehrkräften**
  - an Schulen, Schülerlaboren, Schülerforschungszentren, Museen etc.

in direktem Kontakt

- **zum CERN in Genf**
- **zu Forschungszentren und Universitäten bundesweit**

Bundesweites Netzwerk

- Geburtsjahr: **2010**
- **30** Standorte bundesweit, mehr als **100** junge Wissenschaftler
- Projektleitung/-koordination: **TU Dresden**
- Finanzierung: **BMBF, Dr. Hans Riegel-Stiftung** (Lehrerfortbildungen)
- Partner: **www.weltderphysik.de**
- Schirmherrschaft: **DPG**



Projektziele

- **Authentische Erfahrungen ermöglichen**
  - mit eigenen Messungen an Originaldaten
  - durch eigenständiges Experimentieren
- **Faszination wecken**
  - für grundlegende Fragen über unser Universum
- **Erlebnis Forschung vermitteln**
- **Bedeutung Grundlagenforschung vermitteln**
- **Zusätzlich:**
  - Angebot für Jugendliche zur Studien- und Berufswahl
  - Ausbildung junger Wissenschaftler/-innen in Kommunikation

Angebote für den Schulunterricht

Projekttage „Masterclasses“

- Finden in den Schulen oder an den jeweiligen Universitäten statt
- Einführung in die Grundlagen der Teilchen- oder Astroteilchenphysik, **Auswertung Daten aktueller Experimente**
- Werden von Doktoranden/Studenten durchgeführt.

Zielgruppe: Gymnasiale Oberstufe
Dauer: 5 – 7 Stunden
Teilnehmerzahl: ca. 20
Kosten: Keine

Je zwei Teilnehmer ist ein **Rechner** notwendig!

Angebote für den Schulunterricht

Projekttage „Masterclasses“

- Finden in den Schulen oder an den jeweiligen Universitäten statt
- Einführung in die Grundlagen der Teilchen- oder Astroteilchenphysik, **Auswertung Daten aktueller Experimente**
- Werden von Doktoranden/Studenten durchgeführt.

Zielgruppe: Gymnasiale Oberstufe
Dauer: 5 – 7 Stunden
Teilnehmerzahl: ca. 20
Kosten: Keine

Je zwei Teilnehmer ist ein **Rechner** notwendig!

Zusätzlich: **International Masterclass „Hands on Particle Physics“**

Detektoren für die Schule

- **Nebelkammer-Sets:**
  Radioaktivität und kosmische Strahlung sichtbar machen.
  (**Workshop 1:** Bernadette Schorn)

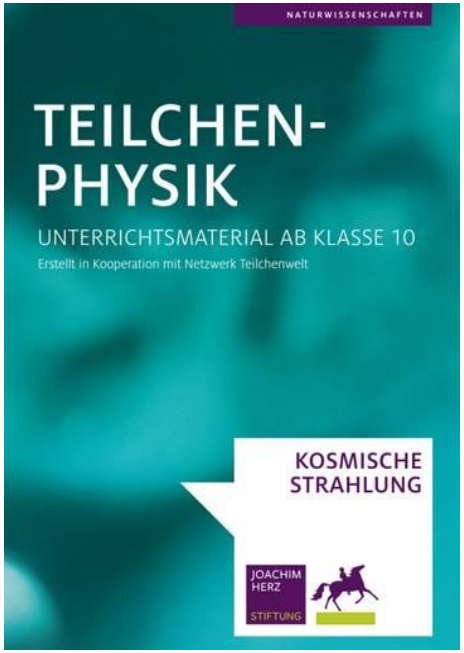
- **CosMO-Experiment:**
  Szintillationszähler zur Messung kosmischer Myonen.
  (**Workshop 2:** Barbara Valeriani-Kaminski)

- **Kamiokanne:**
  Mit Wasser Myonen nachweisen.
  (**Workshop3:** Thomas Hildebrand)

Materialien für die Schule

Aus der Kooperation mit der Joachim Herz Stiftung:

- Unterrichtsmaterialien zur Teilchenphysik
  1. Band1: Wechselwirkungen, Ladungen und Teilchen
  2. Band2: Forschungsmethoden
  3. Band3: Kosmische Strahlung
  4. Band4: Mikrokurse



- Physik-Portal LEIFI
  1. Überarbeitung Kapitel zur Teilchenphysik

Lehrerfortbildungen „Forschung trifft Schule“

©Netzwerk Teilchenwelt (Foto: Philipp Lindenau)

Lehrerfortbildungen „Forschung trifft Schule“

Ab 2017 zusammen mit der Dr. Hans-Riegel-Stiftung:
drei verschiedene Formate:

- Allgemeine Lehrerfortbildung
- Multiplikatoren-Schulung
- CERN Summer School

©Netzwerk Teilchenwelt (Foto: Philipp Lindenau)

Lehrerfortbildungen „Forschung trifft Schule“

Nächste Termine:

Allgemeine Lehrerfortbildung

- 06. - 07.09.2018 in Bad Honnef (NRW)
- 18. - 21.12.2018 in Gars am Inn (BY)

CERN Summer School

- 15. - 21.07.2018

Multiplikatorenschulung

- 24. – 26.9.2018 in Mainz

MINT-Talente fördern in Netzwerk Teilchenwelt

Qualifizierungsprogramm

Mehrstufiges Angebot für Jugendliche:

1. Tutor bei Masterclasses oder Cosmics-Experimenten
2. Mithilfe bei Vermittlungsangeboten
3. Weitergabe der Faszination Teilchenphysik

©Netzwerk Teilchenwelt

MINT-Talente fördern in Netzwerk Teilchenwelt

Vertiefungsprogramm

Mehrstufiges Angebot für Jugendliche:

- Workshop für Teilchenwelt-BotschafterInnen am CERN
- Nächster Workshop: **Herbst 2018**

©Netzwerk Teilchenwelt

MINT-Talente fördern in Netzwerk Teilchenwelt

Forschungsmitarbeit

Mehrstufiges Angebot für Jugendliche:

- Projektarbeiten an lokalen Forschungseinrichtungen und am CERN
- Nächste Projektwochen: **30.9.-12.10.2018**

©Netzwerk Teilchenwelt

Mehr Informationen unter

www.teilchenwelt.de

bonn@teilchenwelt.de oder
stadtxy@teilchenwelt.de

Danke!

Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Dr. Hans Riegel-Stiftung

UNIVERSITÄT BONN

Miniworkshops:

- **Nebelkammer-Sets:**
  Radioaktivität und kosmische Strahlung sichtbar machen.
  (**Workshop 1:** Bernadette Schorn)

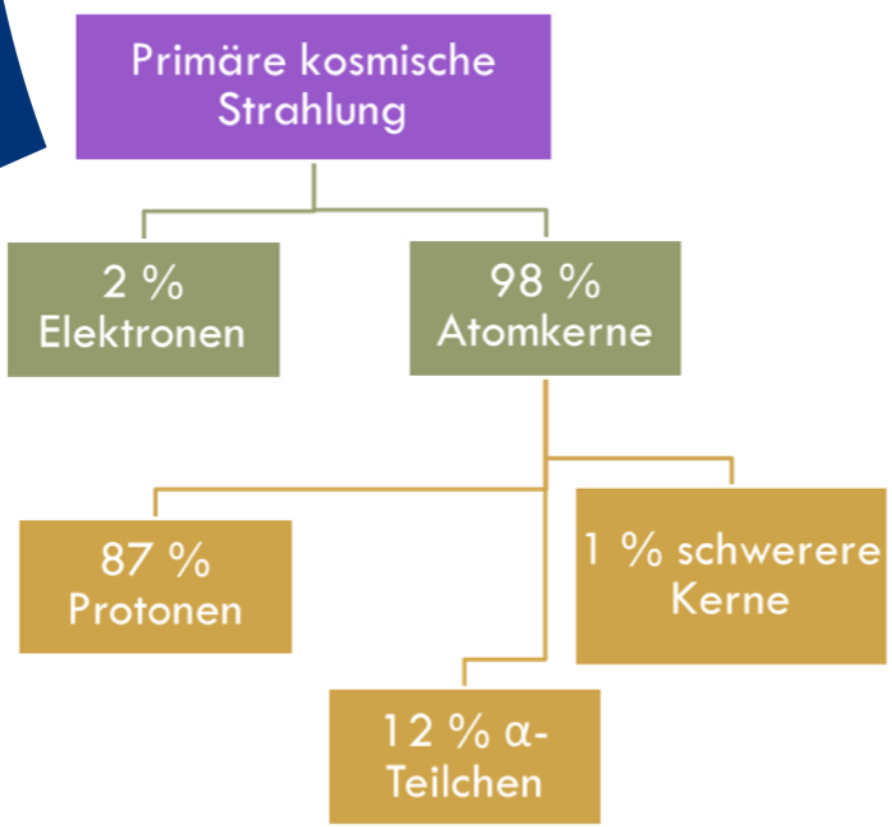
- **CosMO-Experiment:** Szintillationszähler zur Messung kosmischer Myonen.
  (**Workshop 2:** Barbara Valeriani-Kaminski)

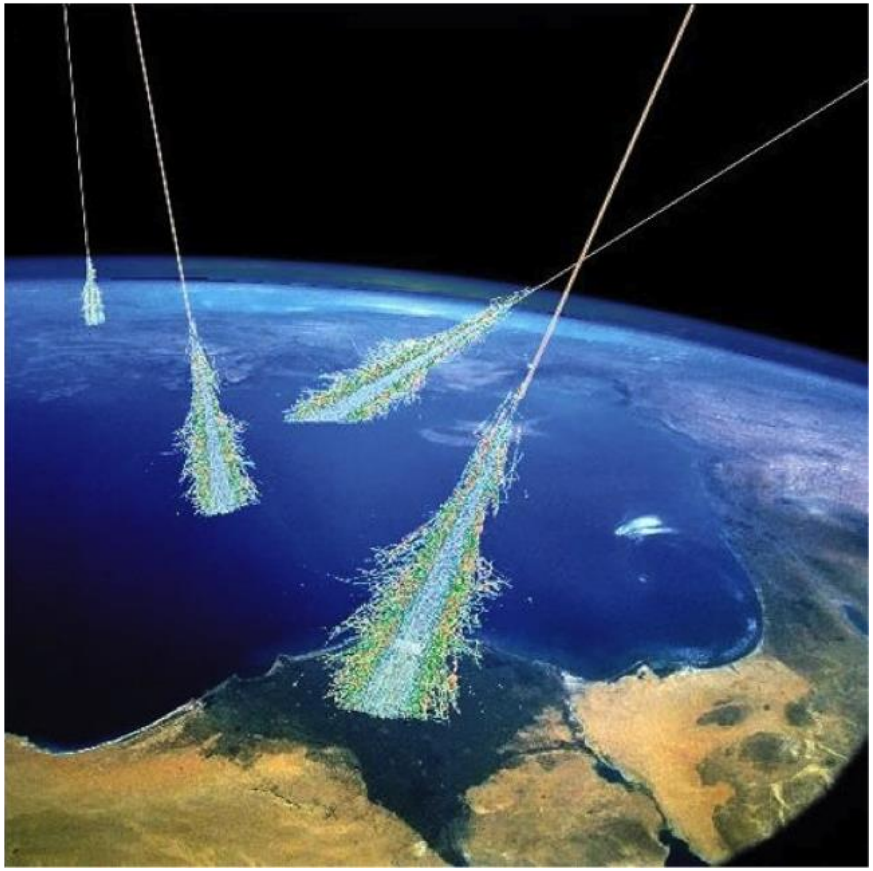
- **Kamiokanne:**
  Mit Wasser Myonen nachweisen.
  (**Workshop3:** Thomas Hildebrand)

CosMO-Workshop

Szintillationszähler zur Messung kosmischer Myonen

Kosmische Strahlung

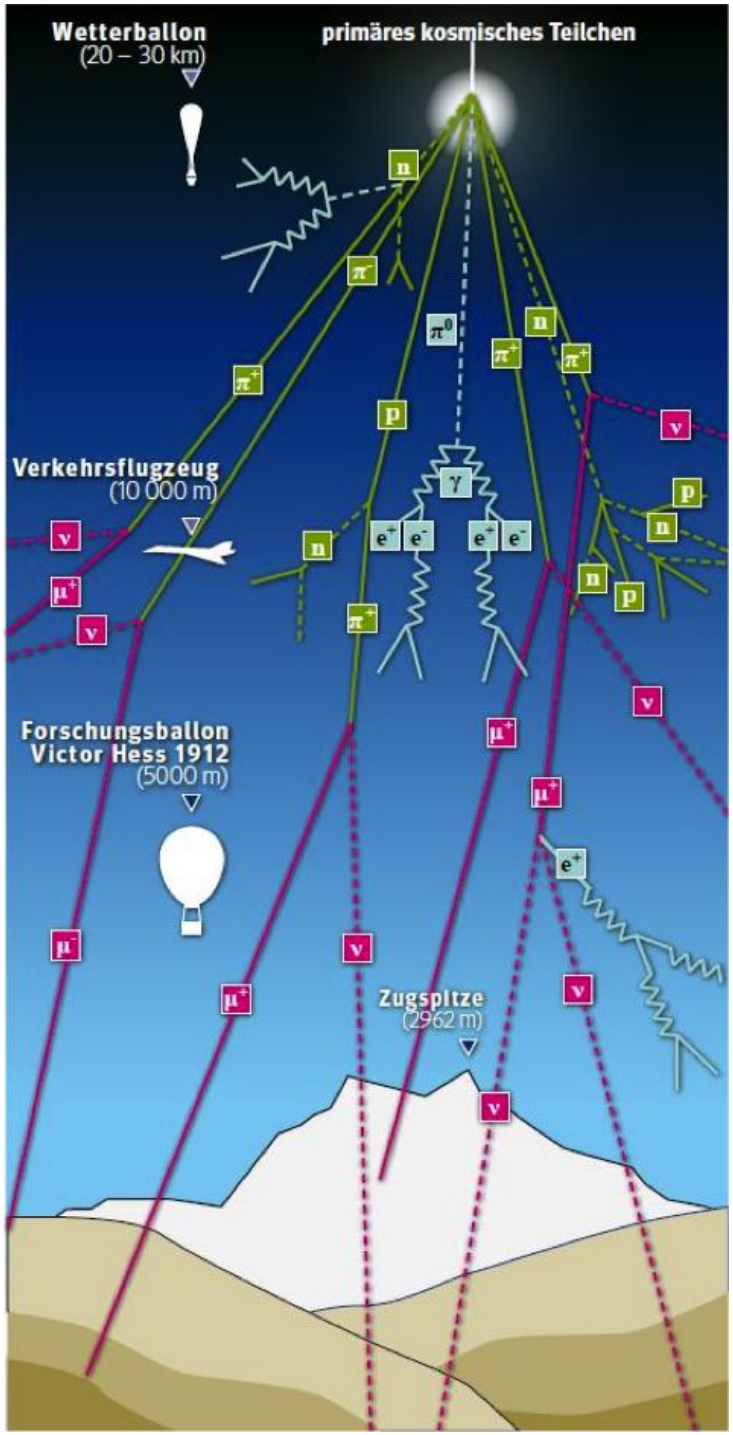


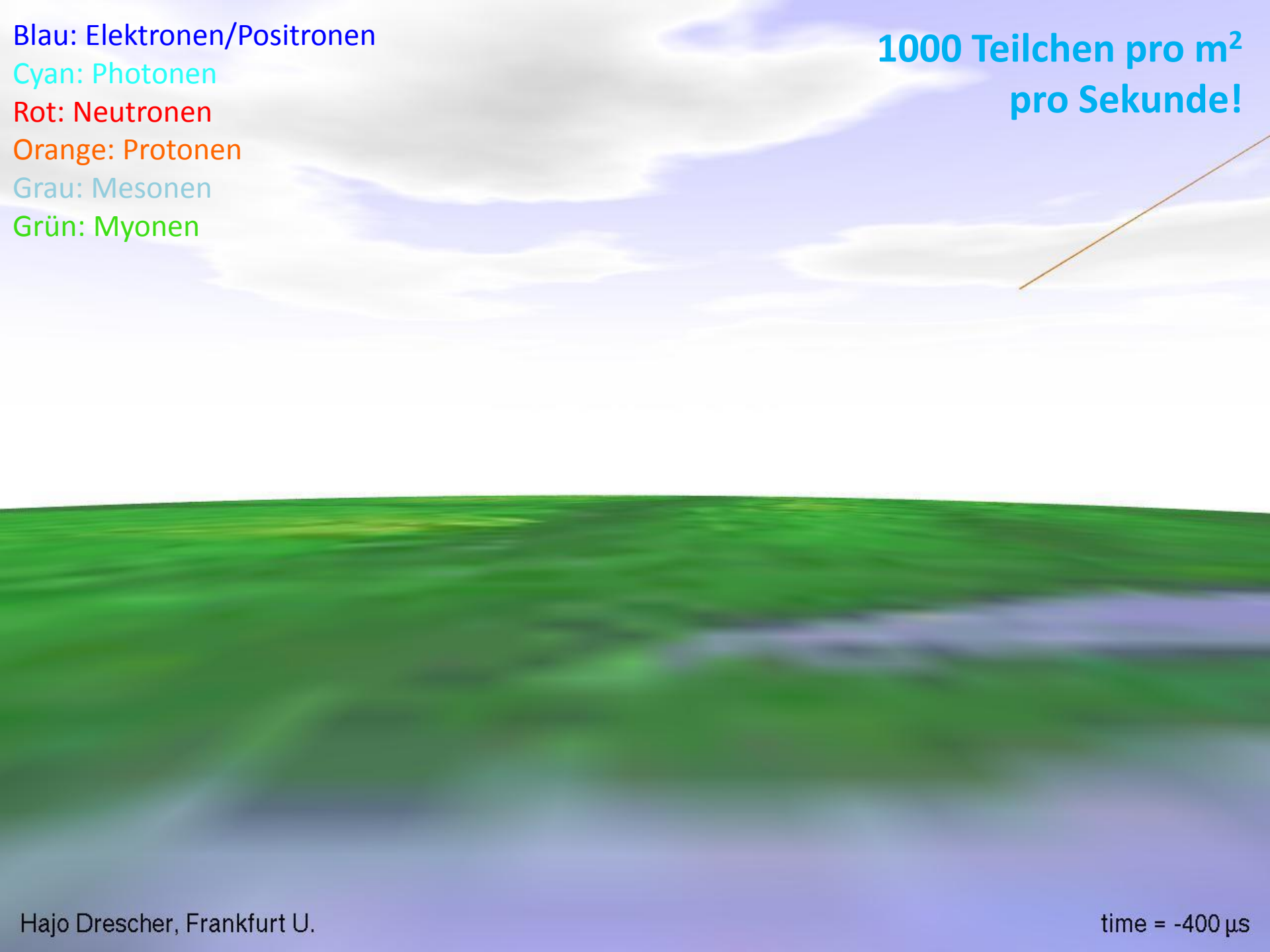


Kosmische Strahlung

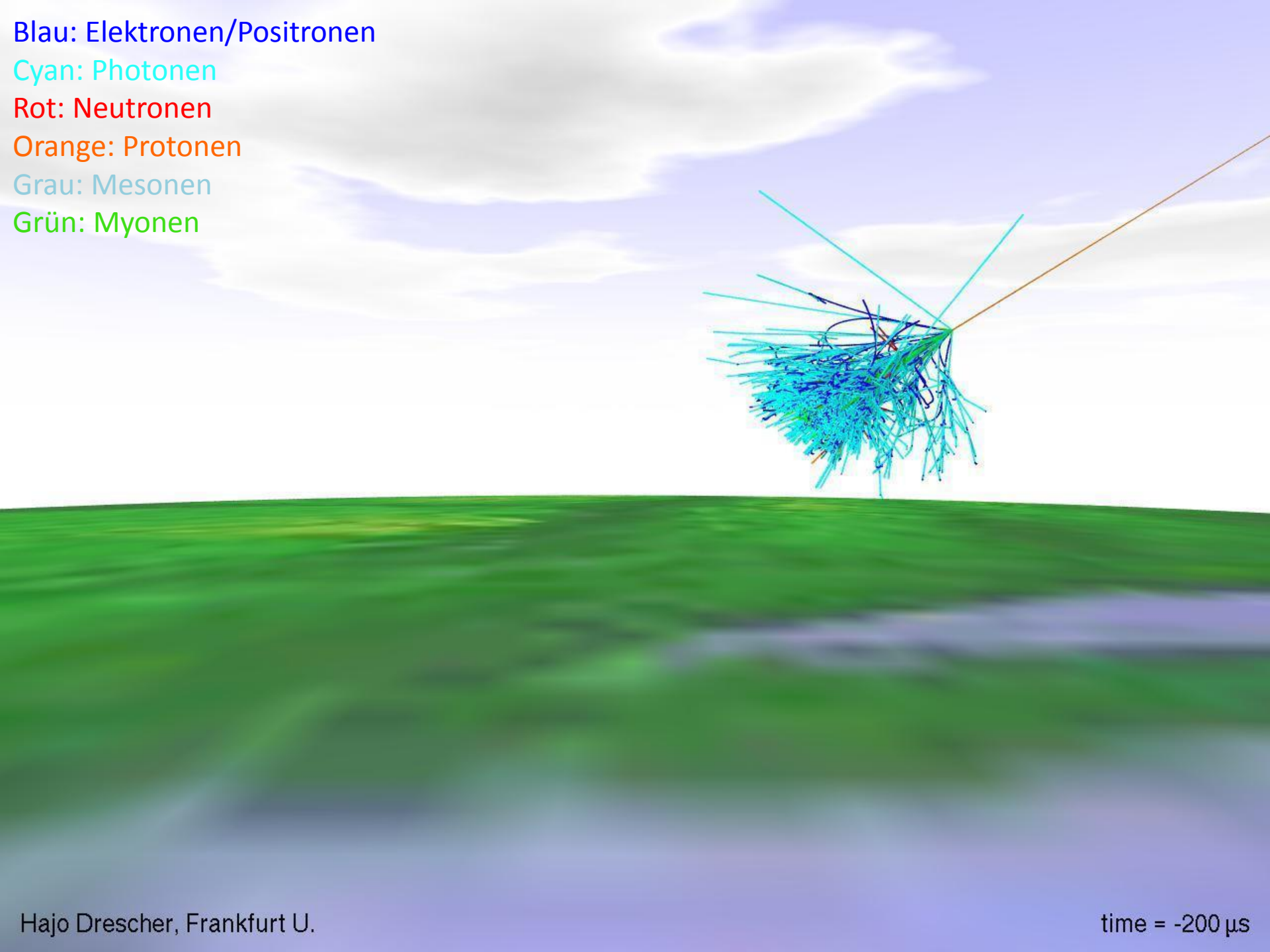
- bei der **Kollision** von Protonen mit den Atomkernen der Luft entstehen Pionen, Kaonen und Nukleonen
- aus **Zerfall** von Pionen und Kaonen entstehen Photonen, Myonen und Neutrinos

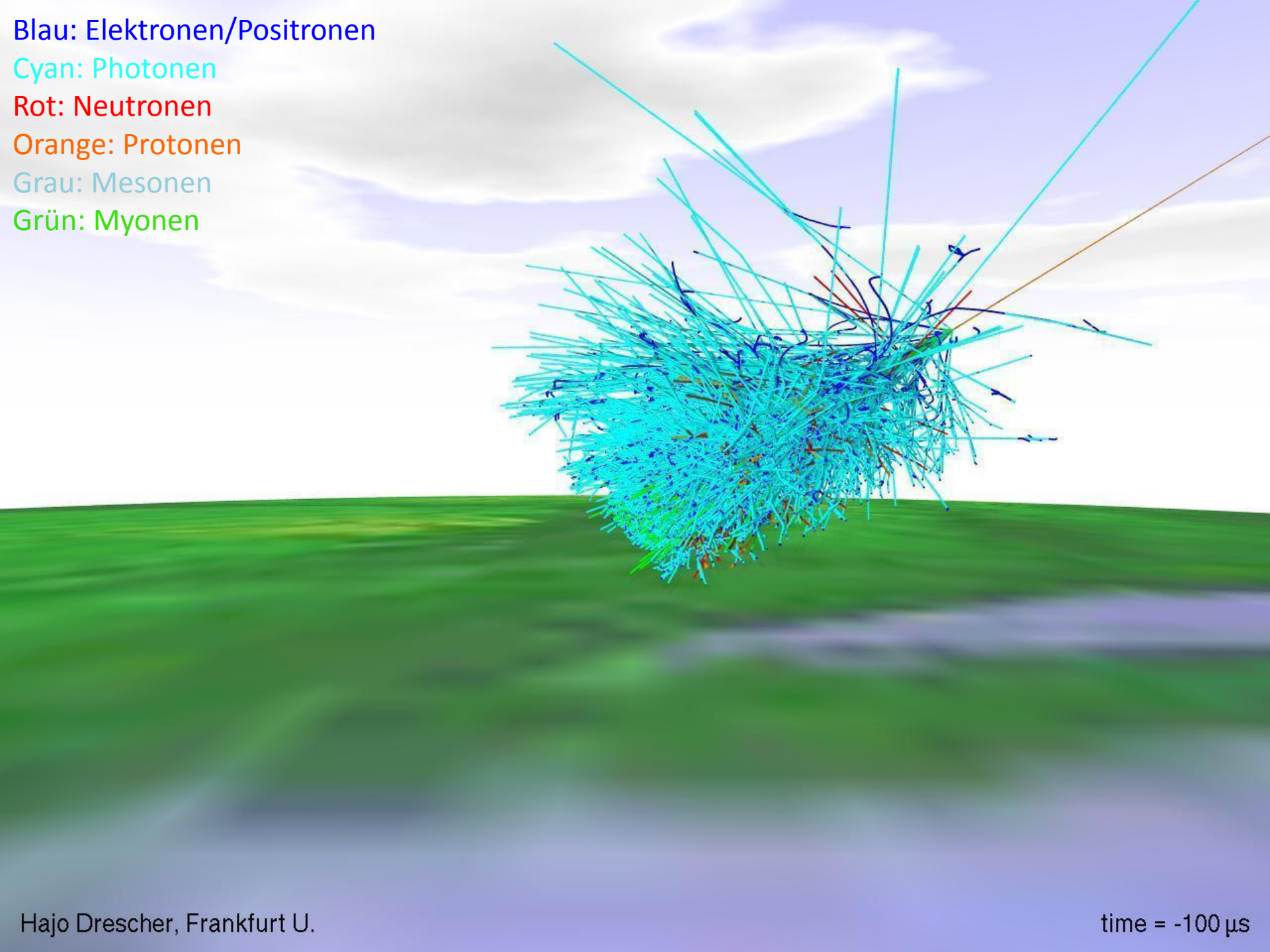
Geladenen Teilchen auf Meereshöhe sind überwiegend Myonen!

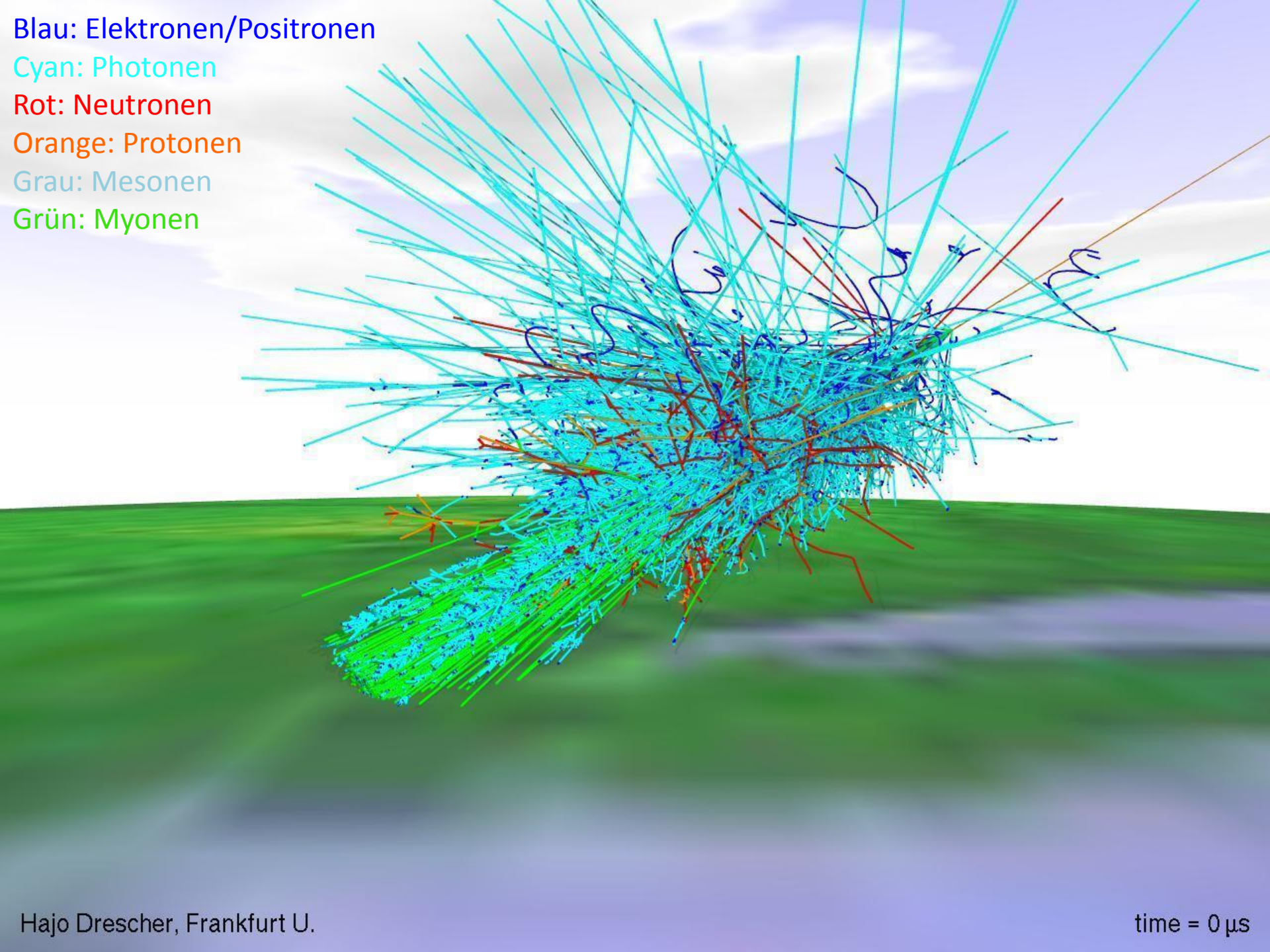


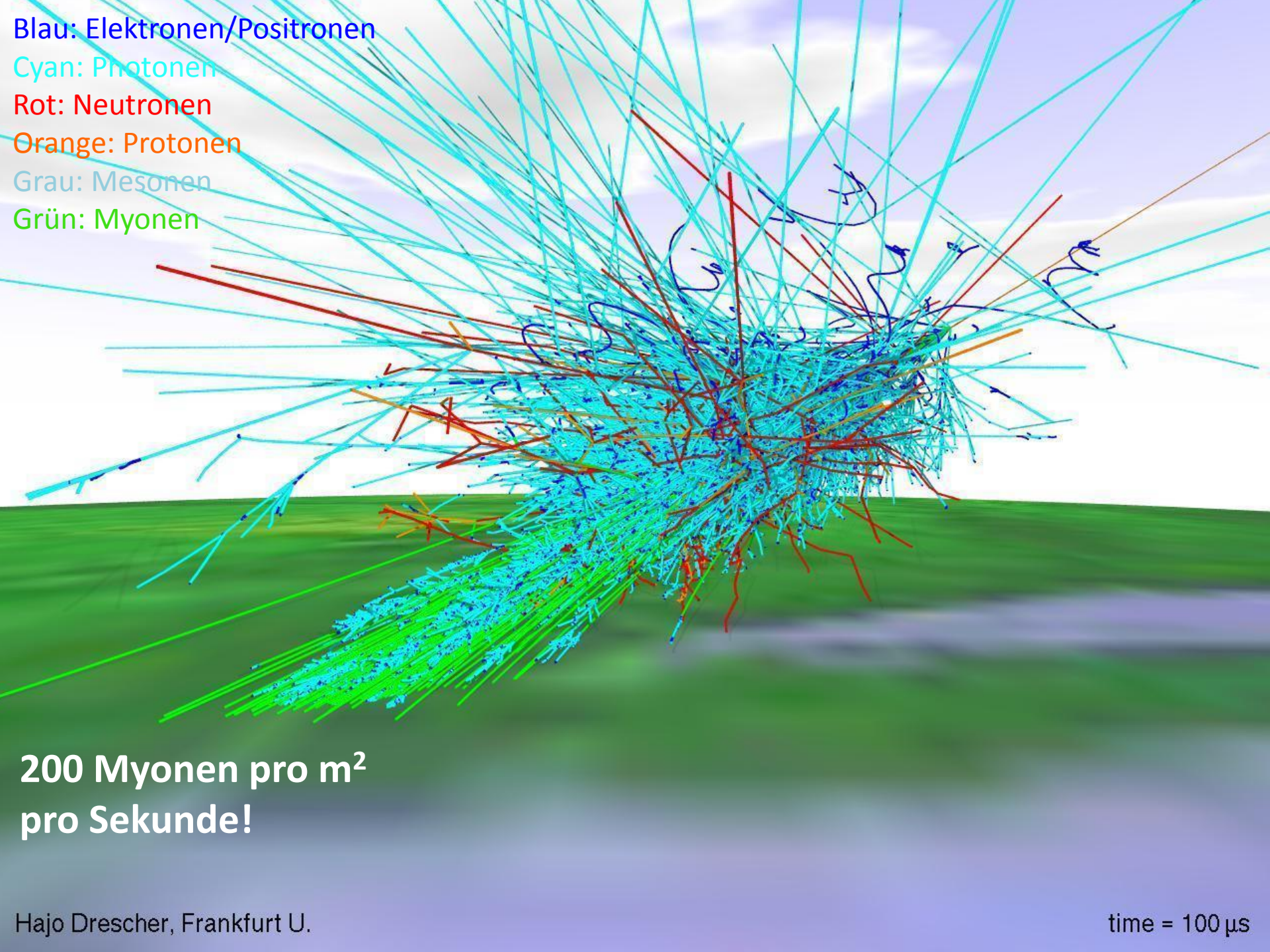

Blau: Elektronen/Positronen
Cyan: Photonen
Rot: Neutronen
Orange: Protonen
Grau: Mesonen
Grün: Myonen
1000 Teilchen pro m²
pro Sekunde!
Hajo Drescher, Frankfurt U.
time = -400 µs

Blau: Elektronen/Positronen
Cyan: Photonen
Rot: Neutronen
Orange: Protonen
Grau: Mesonen
Grün: Myonen
Hajo Drescher, Frankfurt U.
time = -300 µs


Blau: Elektronen/Positronen
Cyan: Photonen
Rot: Neutronen
Orange: Protonen
Grau: Mesonen
Grün: Myonen
Hajo Drescher, Frankfurt U.
time = -200 µs

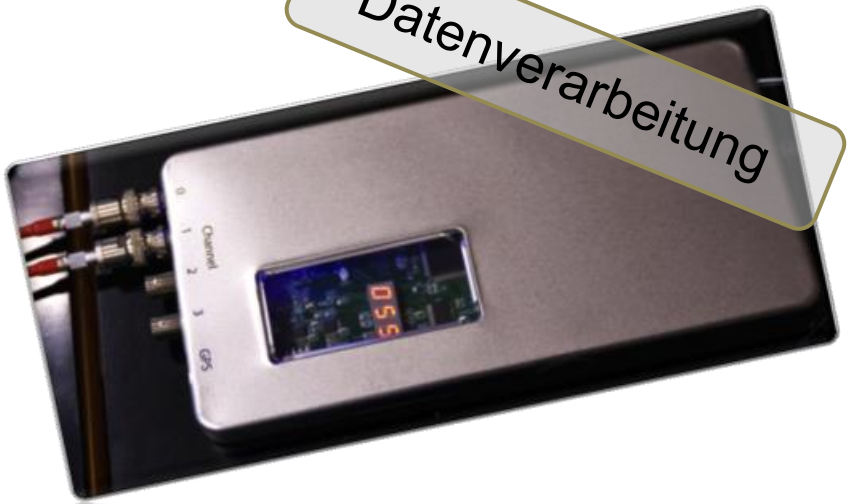

Blau: Elektronen/Positronen
Cyan: Photonen
Rot: Neutronen
Orange: Protonen
Grau: Mesonen
Grün: Myonen
Hajo Drescher, Frankfurt U.
time = -100 µs


Blau: Elektronen/Positronen
Cyan: Photonen
Rot: Neutronen
Orange: Protonen
Grau: Mesonen
Grün: Myonen
Hajo Drescher, Frankfurt U.
time = 0 µs

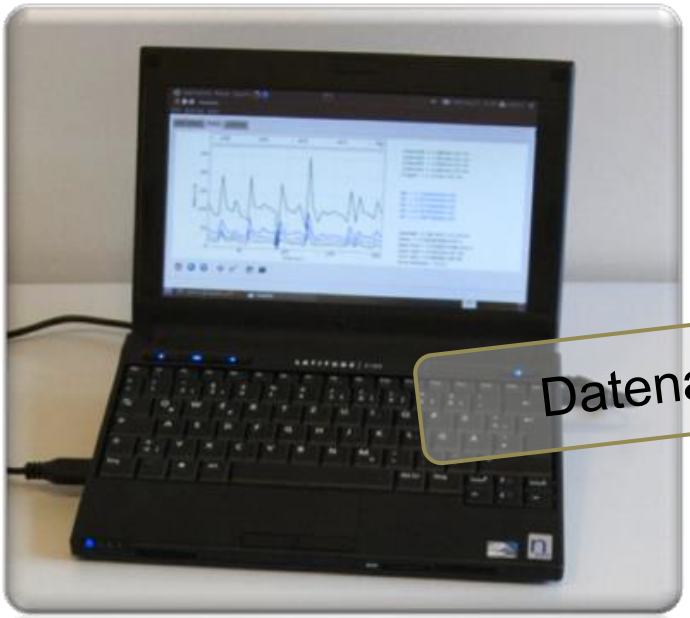

Blau: Elektronen/Positronen
Cyan: Photonen
Rot: Neutronen
Orange: Protonen
Grau: Mesonen
Grün: Myonen
200 Myonen pro m²
pro Sekunde!
Hajo Drescher, Frankfurt U.
time = 100 µs

Das CosMO-Experiment

Detektor

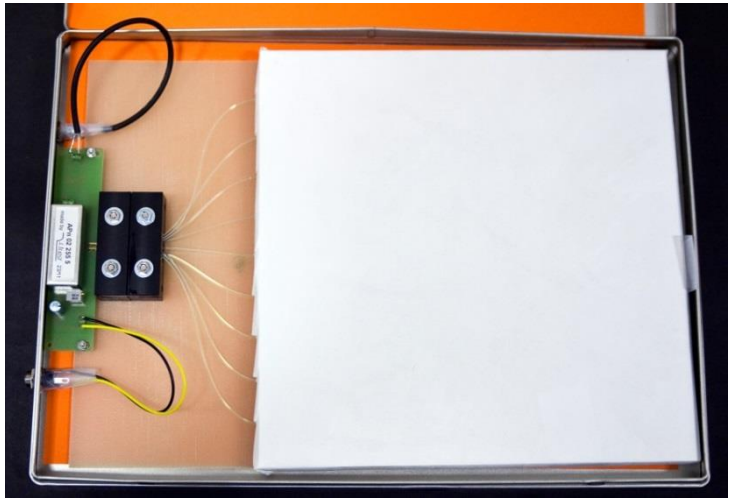


Datenverarbeitung



Datenauslese

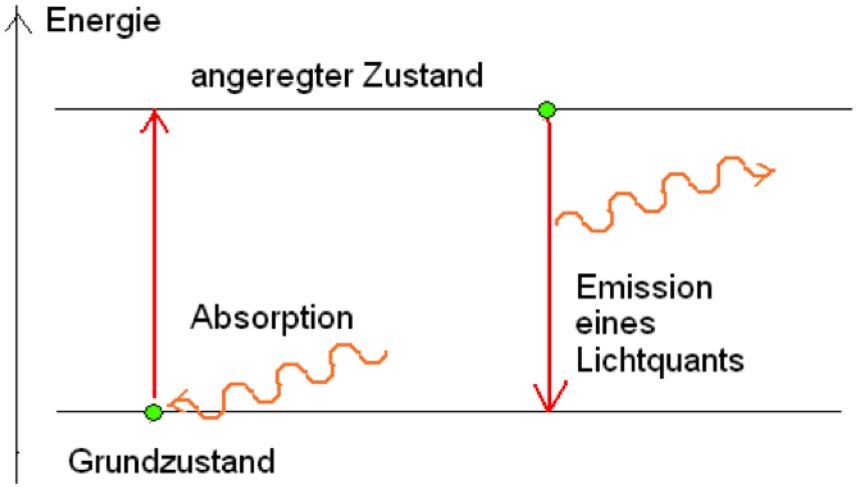
Der Szintillationszähler
Detektion



Bestandteile:

- Szintillator, Lichtleiter, Photomultiplier, Spannungsversorgung
- Beim Durchgang eines kosmischen Teilchens wird Detektormaterial angeregt und Szintillationslicht emittiert.

Der Szintillationszähler
Detektion



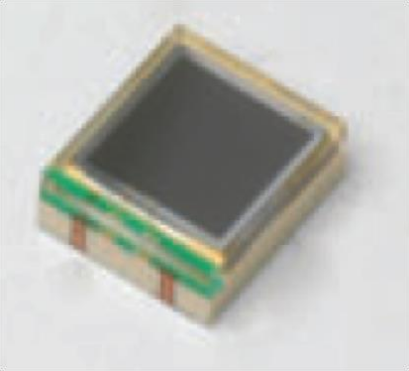
Szintillationslicht

- Geladenes Teilchen regt Atome im Szintillator an.
- Bei anschließender Abregung wird Licht emittiert.
- Lichtleiter leiten das Licht an Photomultiplier weiter

Der Szintillationszähler
Detektion

Photomultiplier

- Photonen erzeugen im PMT Elektronen
- Elektronen werden verstärkt
- Elektronisches Signal kann ausgelesen werden



- PMT‘s benötigen Hochspannung
- SiPM benötigen nur um die 70V
- SiPM‘s sind sehr sensitiv

Der Szintillationszähler
Datenverarbeitung

- Die DAQ-Karte verarbeitet das elektronische Signal und fügt Zeitinformation hinzu (wahlweise auch GPS Informationen)
- Unterdrücken von Rauschsignalen

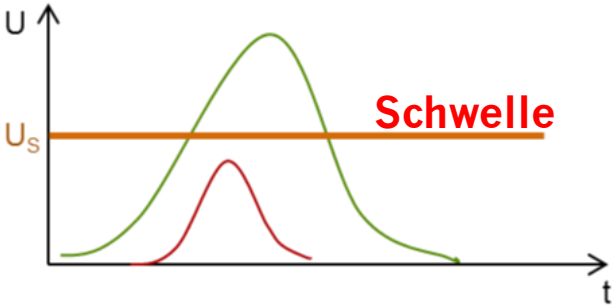
Der Szintillationszähler
Datenauslese

- Verarbeitetes Signal wird an Computer weitergegeben
- Mit Hilfe von Software „**muonic**“ ist direkte graphische Darstellung möglich
- Daten können gesondert mit Tabellenverarbeitungsprogrammen analysiert werden.

Der Szintillationszähler
Triggerbedingungen

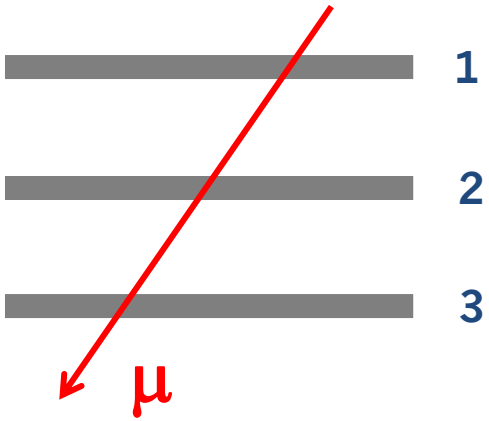
Schwellenspannung:

- Ermöglicht Signalunterdrückung von Signalen kleiner Intensität (Rauschen)



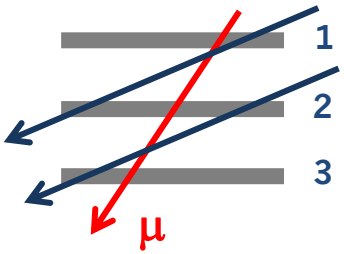
Koinzidenzmessung:

- Innerhalb von 200ns muss ein Signal in beiden Detektoren registriert werden.
- Richtungseinschränkung der kosmischen Strahlung möglich.
- Weitere Unterdrückung der Rauschsignale

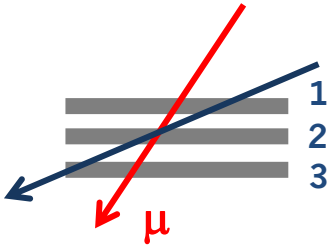


Messungen

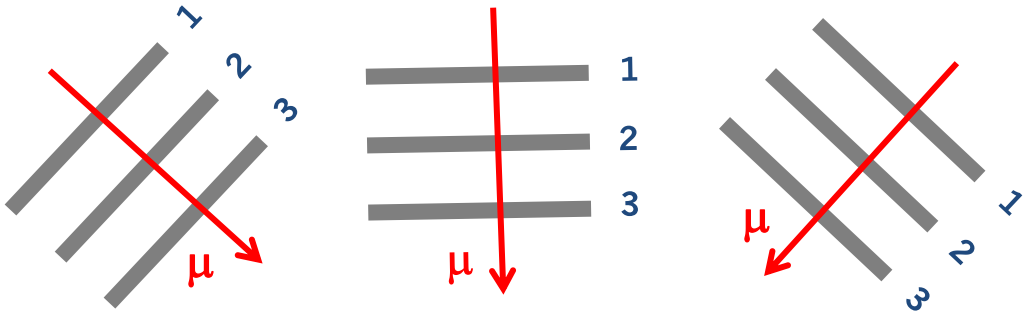
1. Myonen-Rate



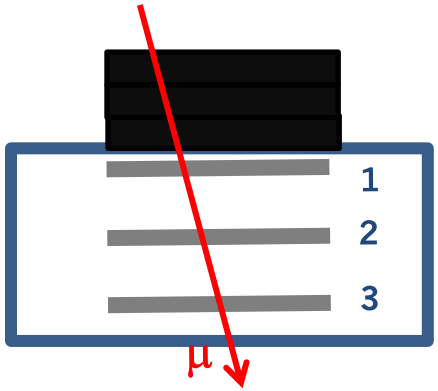
2. Abhängigkeit der Myonen-Rate vom Abstand zwischen den Platten



3. Winkelverteilung der Myonen

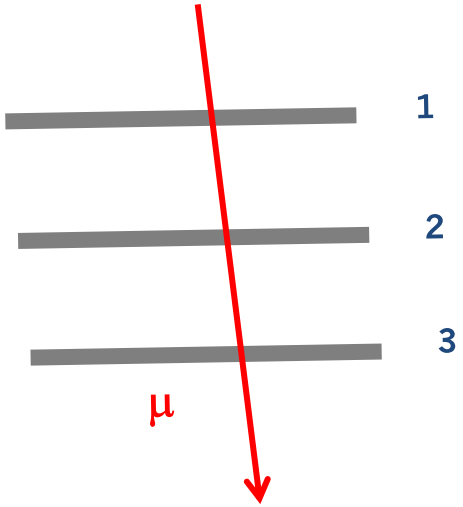
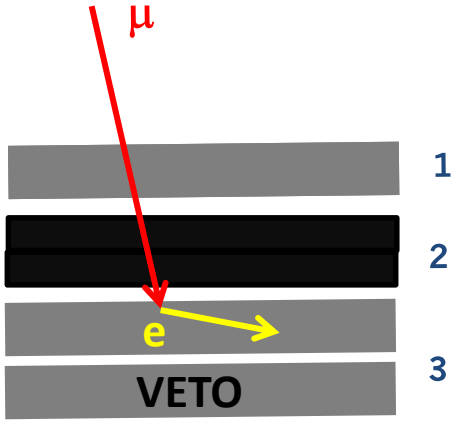


4. Absorption von Myonen in Blei



Langzeitmessungen

1. Geschwindigkeit der Myonen



2. Lebensdauer des Myons