

Myonen und Zeitdilatation

Lukas Pörtner

Universität Bielefeld, Fakultät für Physik, Proseminar SS 2013

Übersicht

- Was sind Myonen?
- Entstehung
- Problem
- Relativitätstheorie
- Längenkontraktion
- Zeitdilatation
- Konsequenzen für das Myon
- Detektierung
- Nutzung
- Fazit
- Quellen

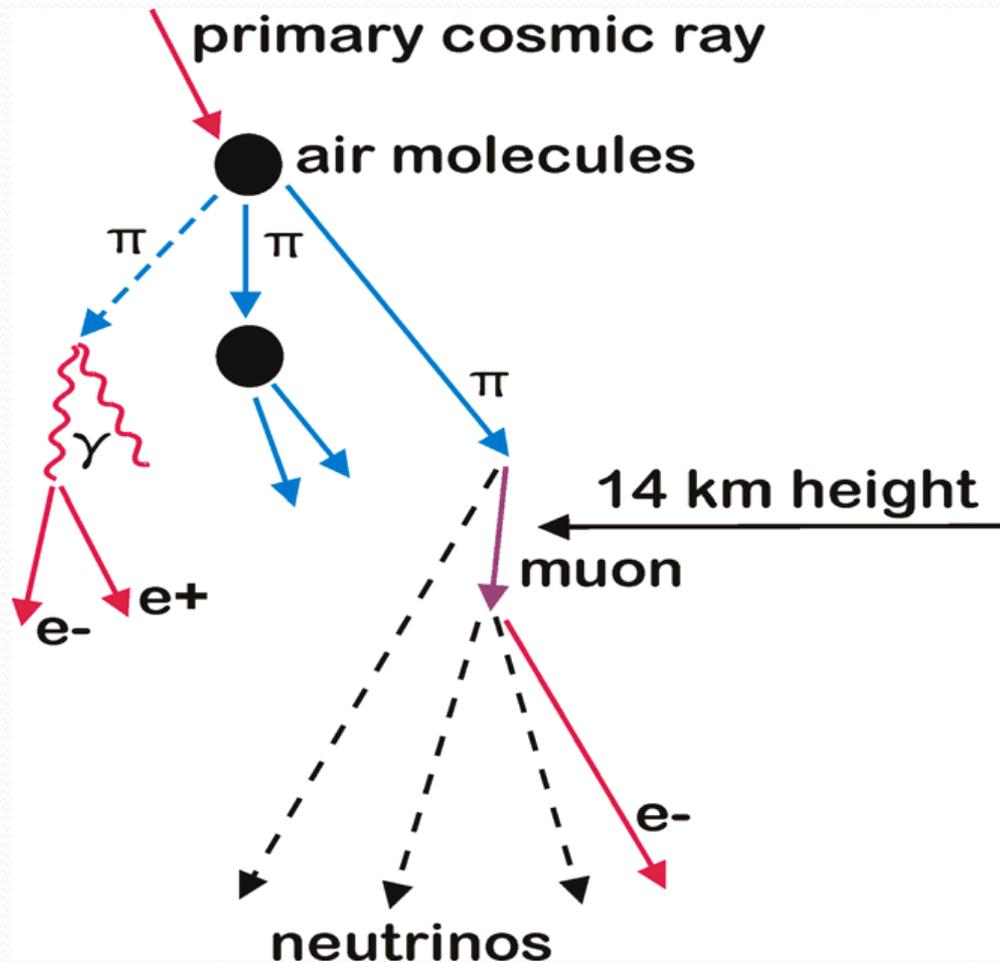
Was sind Myonen?

- 1936 von Carl D. Anderson und Seth Neddermeyer bei Untersuchung kosmischer Strahlung entdeckt
- Elementarteilchen, Fermionen (Spin 1/2)
- Ladung: $-1e$
- Masse: $105,6 \text{ MeV}/c^2$ ($200 \cdot$ Elektronenmasse)
- Geschwindigkeit: ca. $0,998c$
- Mittlere Lebensdauer: $2,2 \cdot 10^{-6} \text{ s} = 2\mu\text{s}$
- Zerfallen in je ein Elektron, Neutrino und Antineutrino
- Antiteilchen: Antimyon (pos. geladen)

Entstehung

- Sekundären kosmischen Strahlung
- Entstehen in 10-15km Höhe
- Kosmische Strahlung trifft auf Atmosphäre
- Pionen und Kaonen entstehen
- Zerfallen durch schwache Wechselwirkung in Myonen und Myonneutrinos

Entstehung

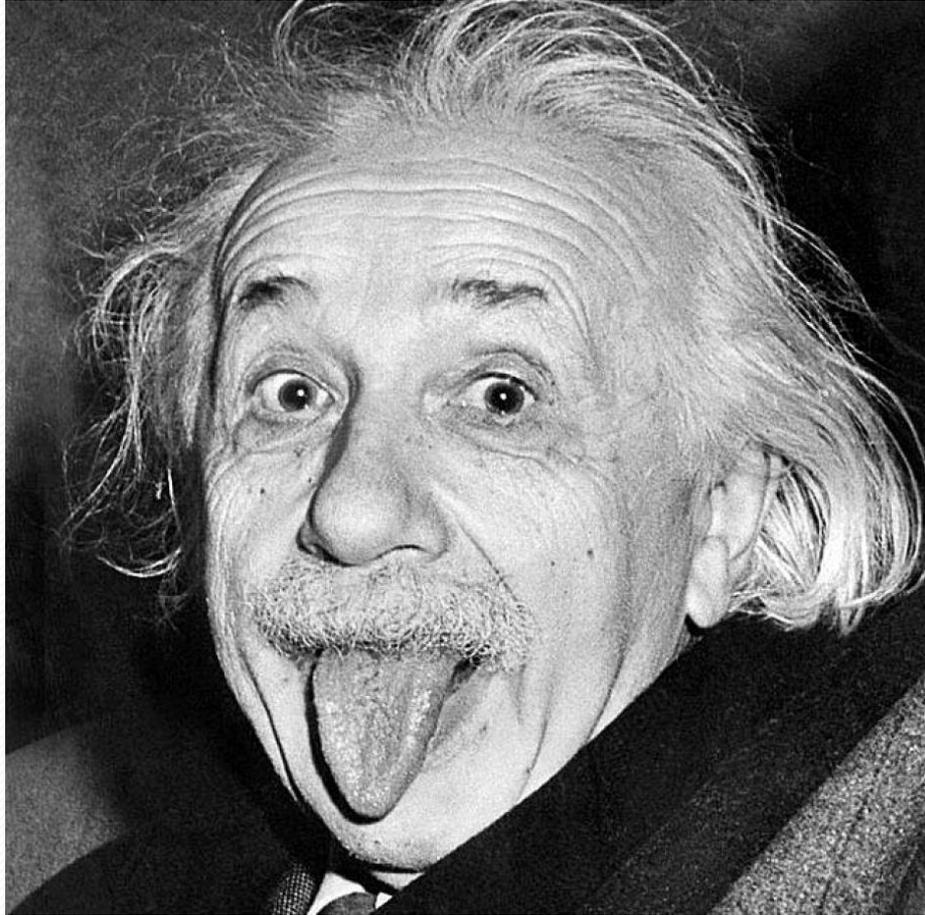


Problem

- Klassisch: Zerfallen nach Strecke von

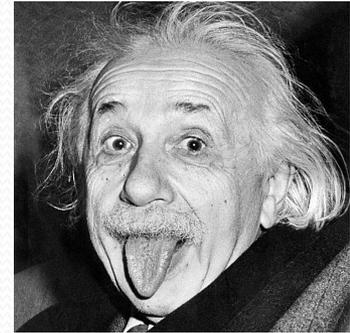
$$s = v \cdot t = 0,998c \cdot 2\mu\text{s} \approx 600\text{m}$$

- Wieso kann man sie trotzdem auf der Erdoberfläche messen?



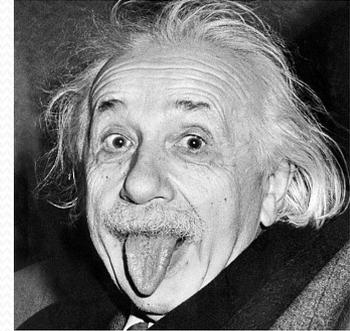
Albert Einstein (1879- 1955)

Relativitätstheorie



- Einsteins Postulate (1905):
 - Naturgesetze müssen in allen gleichförmig zueinander bewegten Bezugssystemen gleich sein
 - Lichtgeschwindigkeit ist in allen Bezugssystemen gleich
- Sind nur vereinbar mit Lorenztransformation (nicht mit Galilei), da Zeit mit transformiert wird

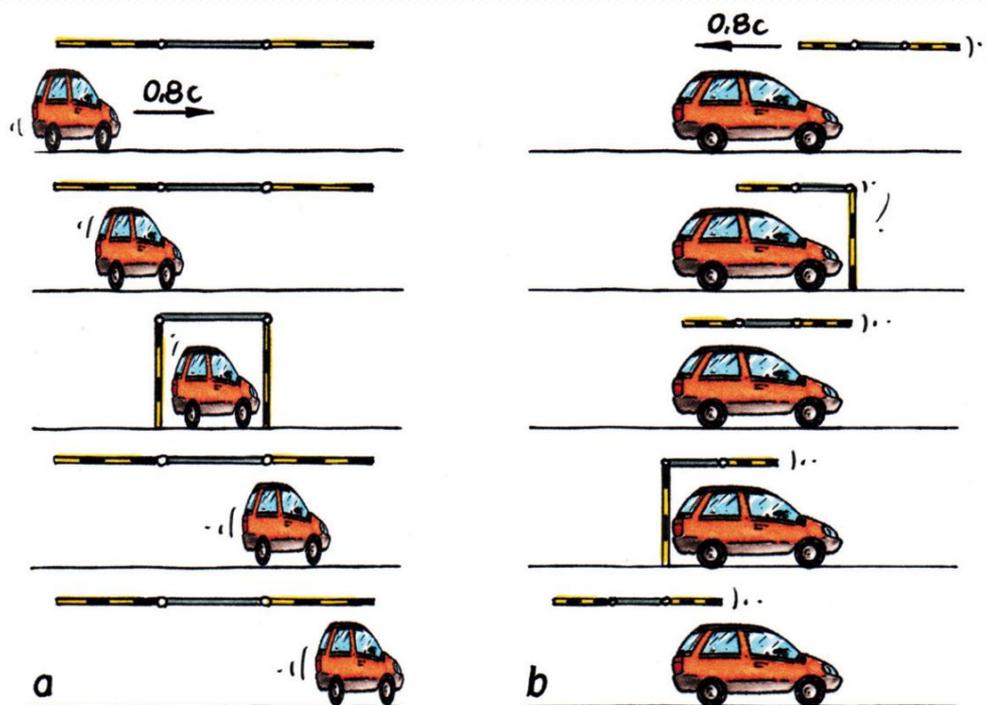
Relativitätstheorie



- Konsequenzen:
 - Längenkontraktion
 - $L' = 1/\gamma L$
 - Zeitdilatation
 - $\Delta t' = 1/\gamma \Delta t$
 - Keine absolute Gleichzeitigkeit
 - Was in einem System gleichzeitig geschieht kann in einem anderen System zu verschiedenen Zeiten geschehen
 - Längenkontraktion, Zeitdilatation und Verlust der absoluten Gleichzeitigkeit erscheinen, vom jeweils anderen System aus, genauso

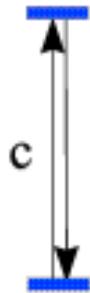
Längenkontraktion

- Eine in einem System gemessene Länge L erscheint in einem relativ zu ihm bewegten System zur dort gleichen Zeit gemessen um den Faktor $1/\gamma$ verkürzt

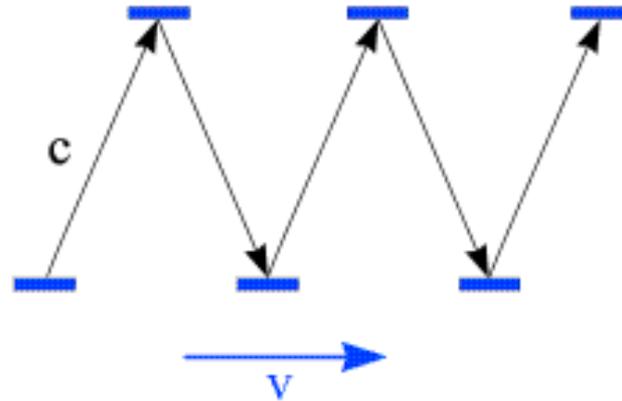


Zeitdilatation

- Die Zeit in gleichförmig gegeneinander bewegten Bezugssystemen vergeht unterschiedlich schnell



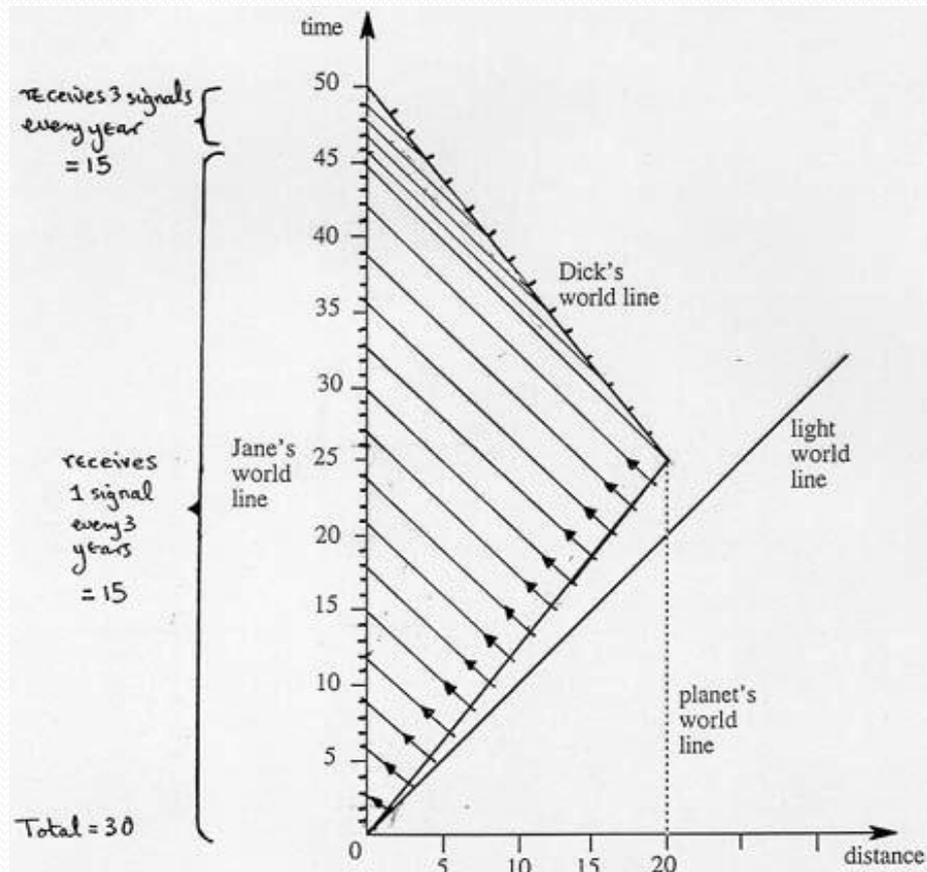
Ruhende Lichtuhr



Bewegte Lichtuhr

Zeitdilatation

- Zwillingsparadoxon



Konsequenzen für das Myon

- Myon zerfällt in unserem System erst nach

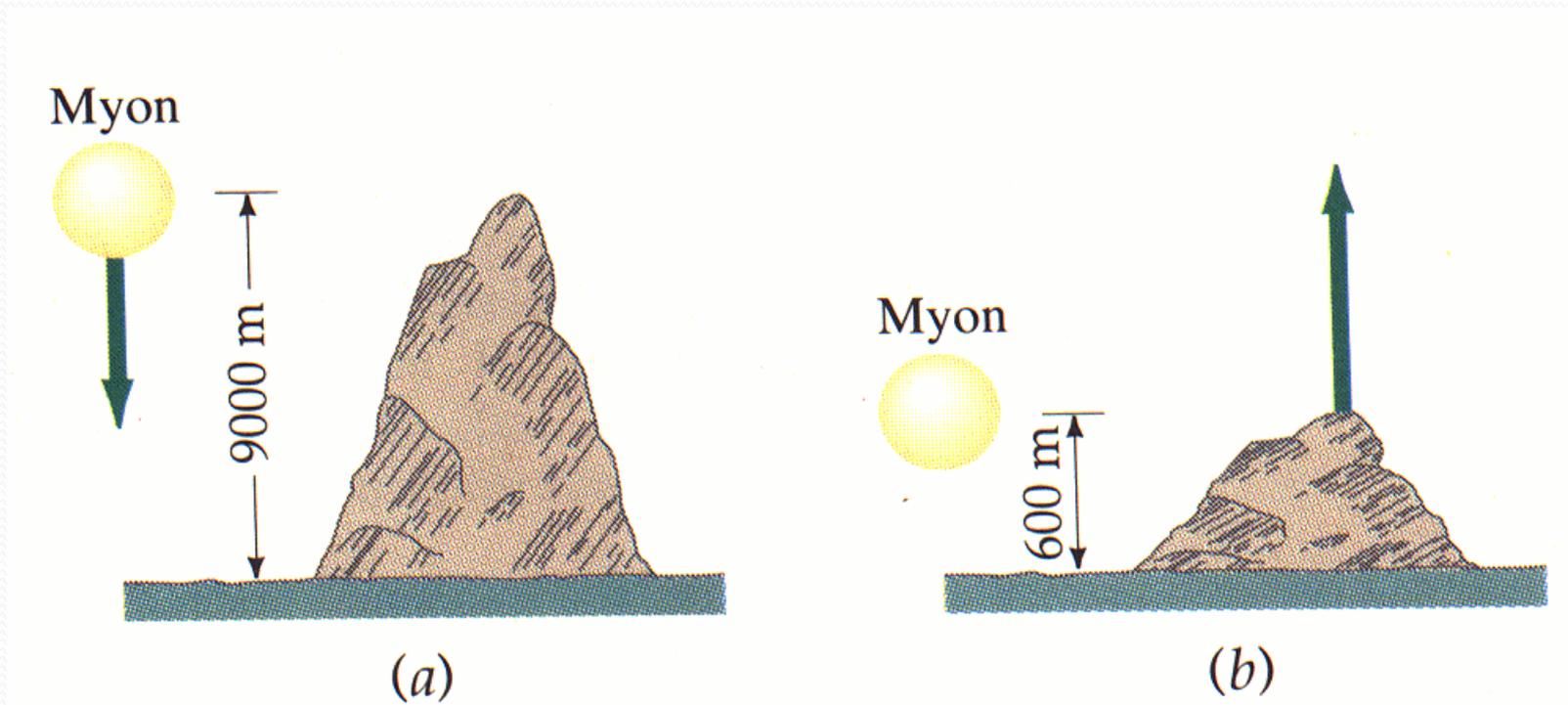
$$2\mu\text{s}\cdot\gamma=30\mu\text{s}$$

- Legt in unserem System Strecke s zurück

$$s=0,998c\cdot30\mu\text{s}\approx 9\text{km}$$

- Erreicht die Erdoberfläche

Konsequenzen für das Myon

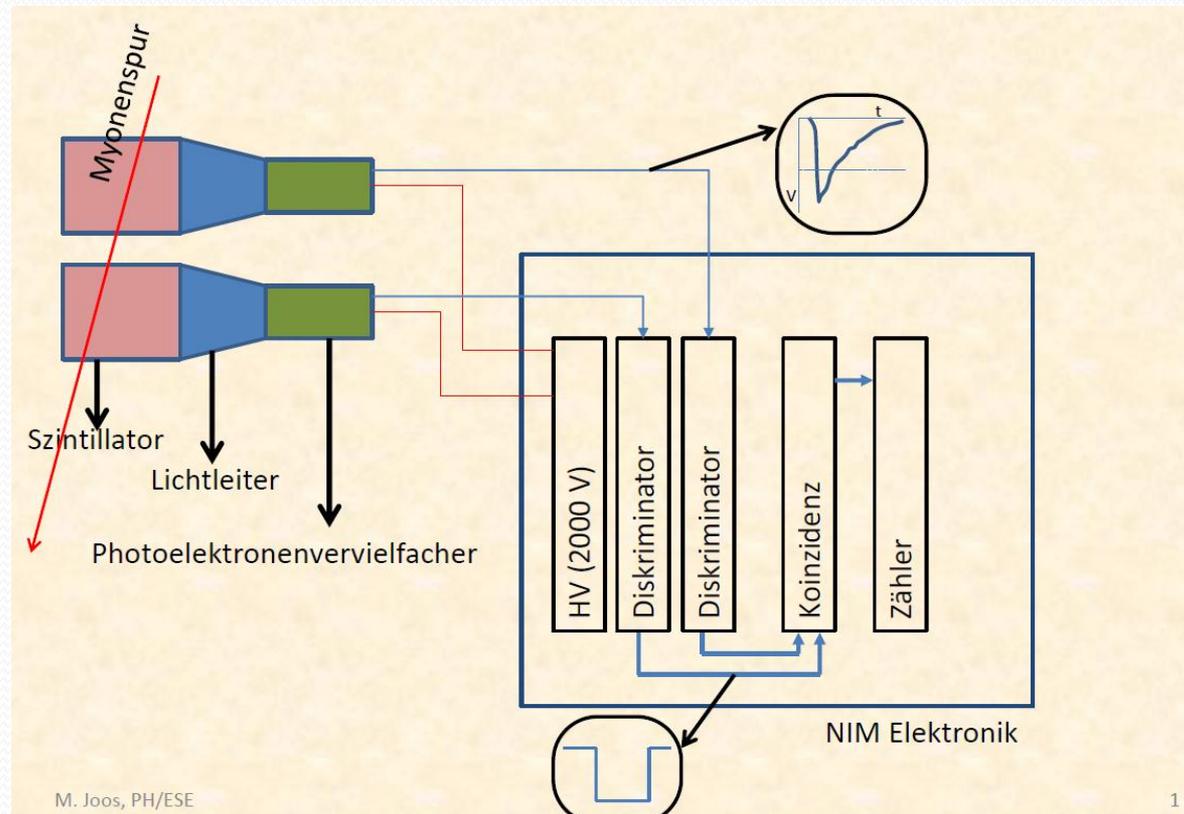


Erdsystem

Myonsystem

Detektierung

- Einfacher Myonendetektor

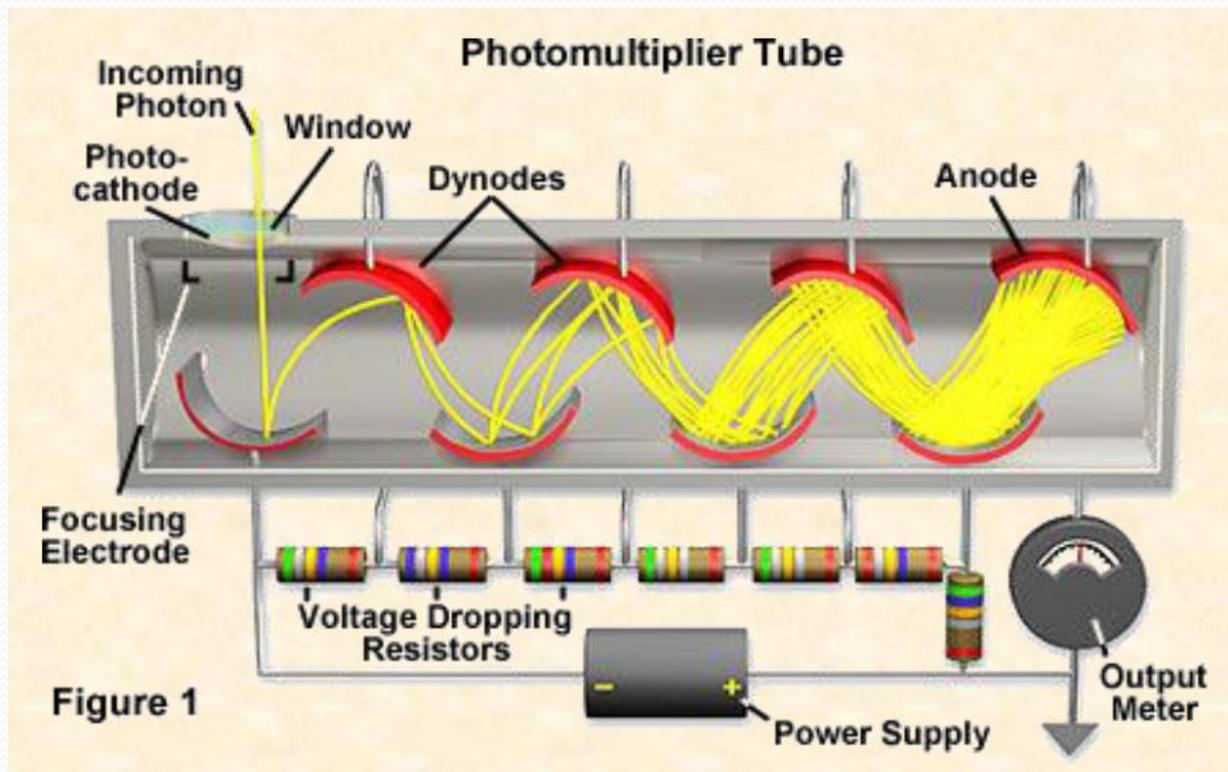


Detektierung

- Einfallendes Myon regt Atome im Szintillator an
- Atome emittieren bei Abregung ein Photon
- Lichtblitz wird vom Photomultiplier in Spannungsimpuls übersetzt

Detektierung

- Photomultiplier



Detektierung

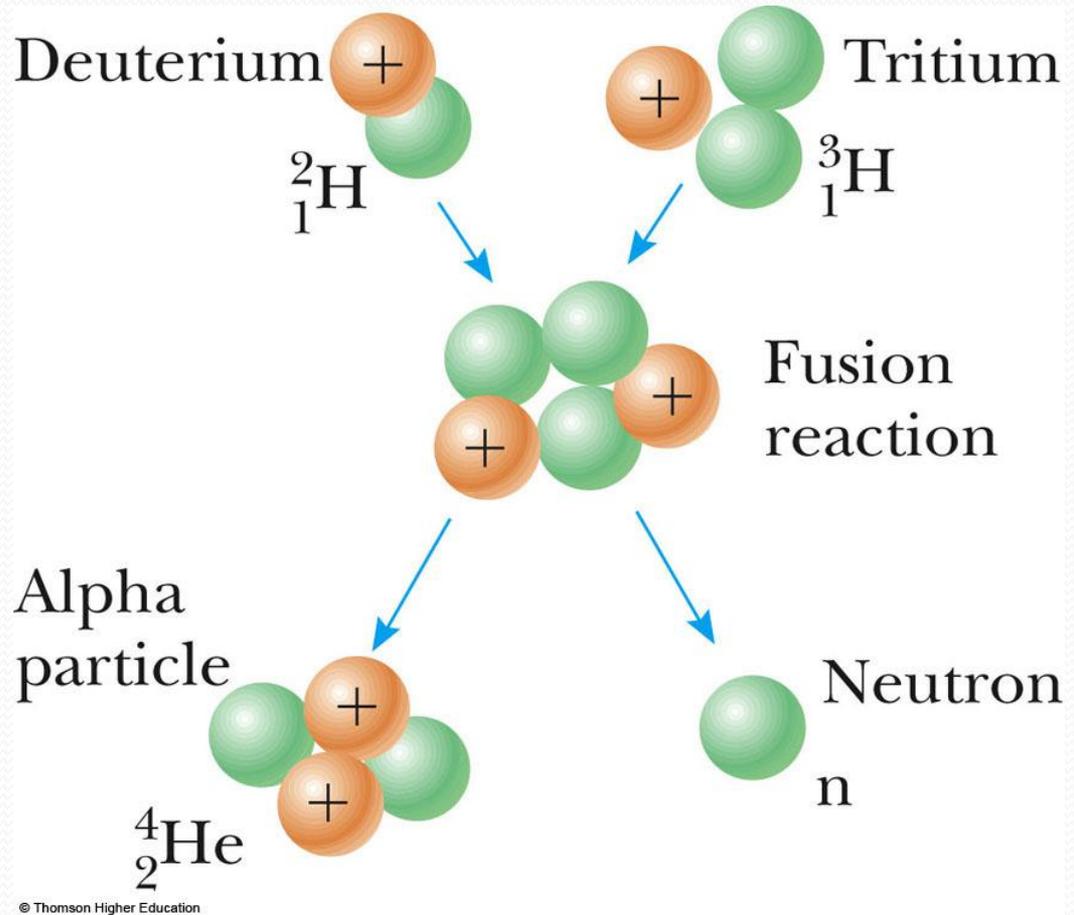
- Bestimmung der Lebensdauer
 - Myon zerfällt in Elektron, Neutrino und Antineutrino
 - Elektron regt wieder Atome an
 - Lichtblitz wird in Spannungsimpuls übersetzt

Nutzung

- Myonen-katalysierte Fusion/Kalte Fusion
- Durchleuchten großer Objekte
 - z.B. Vulkan-Tomographie (Iwodake-Vulkan)

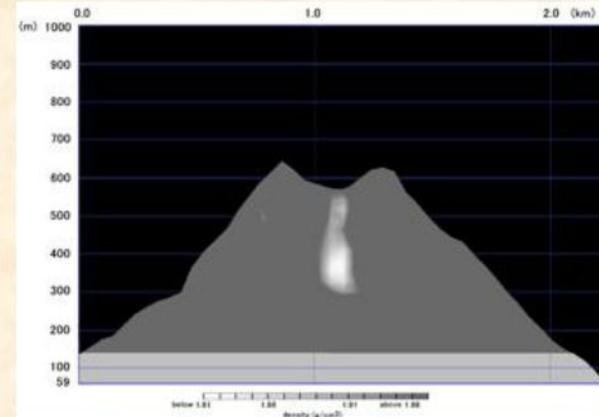
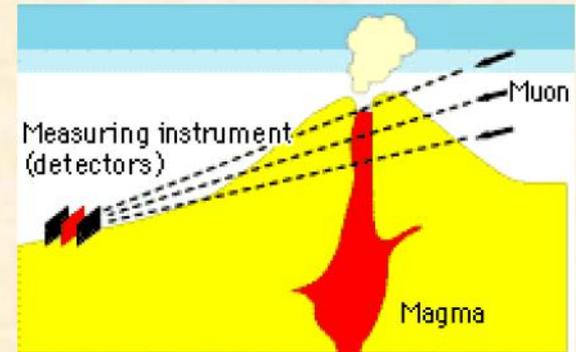
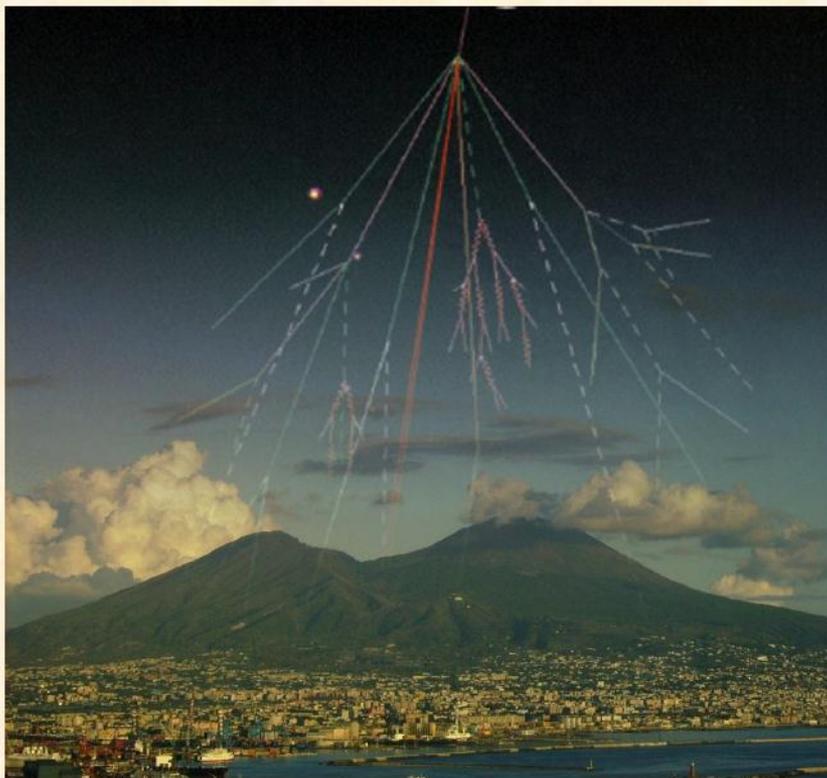
Nutzung

- Kalte Fusion



Nutzung

- Vulkan-Tomographie



Fazit

- Myonen sind relativistische, einfach positiv geladene Elementarteilchen
- Entstehen in der Atmosphäre
- Zerfallen klassisch nach wenigen Metern
- Lebensdauer durch Zeitdilatation „verlängert“
- Können dadurch auf der Erde detektiert werden
- Nutzen zur Dichtebestimmung von großen Objekten oder Kalter Fusion

Quellen

- <http://pdglive.lbl.gov/Rsummary.brl?nodein=S004&inscript=Y&sub=Yr&return=S003,S004,S035>
- <http://www.physik.uni-bielefeld.de/~yorks/pro13/v8.pdf>
- <http://homepage.univie.ac.at/franz.embacher/SRT/Lichtuhr1.gif>
- http://web.physik.rwth-aachen.de/~hebbeker/web-hu-lectures/hu-lectures/www-eep.physik.hu-berlin.de/_hebbeker/lectures/tipl349.gif
- <http://goodcleannovels.com/Novels/ColdFusion/FusionReaction.jpg>
- <http://www.oebv.at/sixcms/media.php/229/41-24.jpg>
- <https://de.wikipedia.org/wiki/Myon>
- <http://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=68&sessionId=0&resId=1&materialId=slides&confId=161525>



Vielen Dank für die
Aufmerksamkeit!