

# Myonen

Jeremy Kainzbauer, Patrick Knüppel, Yannick Suter

## Das Projekt

Wir befassten uns in der Projektwoche mit der Messung von Myonenstrahlung. Dazu wurde ein von Simon Schläpfer für seine Maturaarbeit gebautes Myonenteleskop verwendet. Mit diesem Gerät wurde bereits in zwei vergangenen Lagern Versuche durchgeführt und Verbesserungen vorgenommen.

Die Messung der Höhenabhängigkeit des Myonenflusses und die Veränderung im Tagesverlauf bildeten den Schwerpunkt unserer Arbeit.

## Was sind Myonen?

Myonen sind Elementarteilchen, die in ungefähr 10 km Höhe durch Wechselwirkungen kosmischer Strahlung mit Atomkernen der Erdatmosphäre entstehen. Sie sind einer der Hauptbestandteile der sekundären kosmischen Strahlung. Myonen sind wie Elektronen negativ geladen, besitzen aber eine grössere Masse.

Myonen sind instabil und haben eine sehr kurze Lebensdauer, sodass sie die Erdoberfläche nur durch die relativistische Zeitdilatation erreichen. Ohne die Zeitdilatation würden die Myonen bereits nach ungefähr 600 m zerfallen und wären an der Erdoberfläche nicht nachweisbar. Die Häufigkeit der Myonen sollte theoretisch exponentiell mit der Höhe über Meer gemäss dem Zerfallsgesetz zunehmen.

Die Myonenhäufigkeit wird als Myonenfluss angegeben. Diese Grösse beschreibt, wie viele Myonen pro Zeitintervall, Fläche und Raumwinkel auftreten.

## Das Myonenteleskop

Das Myonenteleskop besteht im Wesentlichen aus zwei übereinander angeordneten Szintillator-Paddles mit Photomultipliern und der Elektronik zum Zählen der Myonen.

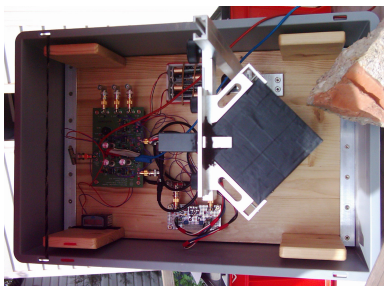


Abb. 1: Das verwendete Myonenteleskop

Trifft ein Myon auf ein Paddle, wird dies vom Photomultiplier registriert. Nur wenn gleichzeitig im darunterliegenden Paddle ein Myon detektiert wird, wird das Ereignis gezählt. Durch Variation des Plattenabstandes kann eine Winkelauflösung erzielt werden. Da wir für unsere Versuche nicht auf eine hohe Winkelauflösung angewiesen waren, stellten wir den Plattenabstand so ein, dass die Myonen in einem Winkel von bis zu 30° Abweichung von der Senkrechten nachweisbar waren.

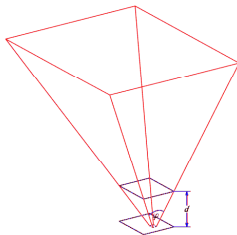


Abb. 2: Beobachtbarer Winkelbereich des Myonenteleskops bei gegebenem Plattenabstand.

## Messungen

### Höhenabhängigkeit des Myonenflusses

Da die Myonen eine sehr kurze Lebensdauer aufweisen, ist eine Zunahme des Myonenflusses mit zunehmender Höhe zu erwarten. Für diesen Versuch wurden an drei verschiedenen Standorten zwischen 440 m und

3300 m.ü.M. Messungen durchgeführt. Während des Lagers wurde in der Nähe von Bivio (1900 m.ü.M.) und auf dem Corvatsch (3300 m.ü.M.) gemessen, nach der Projektwoche in Jona (440 m.ü.M.).



Abb. 3: Höhenabhängigkeit des Myonenflusses. Rot: Messungen im Lager 2009; Blau: Messungen im Lager 2005.

Die Abbildung 3 zeigt die diesjährigen Messungen im Vergleich zu den Versuchen im Lager 2005. Die Darstellung zeigt den Logarithmus des Myonenflusses abhängig von der Höhe des Messstandortes. In dieser Darstellung sollte die erwartete exponentielle Abhängigkeit als Gerade dargestellt werden. In der Tat folgen die Messwerte von 2005 recht gut einem linearen Verlauf, und die zwei Messpunkte von 2009 passen zu einer Geraden mit derselben Steigung. Die vertikale Verschiebung der beiden Geraden könnte durch die Alterung von Bauteilen oder leicht veränderte Teleskopeinstellungen entstanden sein.

Wie erwartet nimmt also der Myonenfluss exponentiell mit der Höhe zu. Während in Bivio 20 Myonen pro Minute nachgewiesen werden konnten, waren es auf dem Corvatsch 31 Myonen pro Minute. Die Messung auf 440 m.ü.M. war leider unbrauchbar, da durch den Transport die Einstellung des Teleskops verändert wurde.

### Myonenfluss im Tagesverlauf

Während des Aufenthalts auf dem Corvatsch bot sich die Gelegenheit, den Myonenfluss über einen ganzen Tagesverlauf zu messen. Es konnten klare Unterschiede zwischen Tag und Nacht festgestellt werden. Der Unterschied zwischen dem Tageshöchstwert und dem Minimum in der Nacht ist mit 11 Myonen pro Minute deutlich grösser als der Messfehler. Während der Tageshöchstwert 38 Myonen pro Minute betrug, wurde das Minimum in der Nacht mit 27 Myonen pro Minute erreicht. Die Gründe dieser Beobachtung sind noch nicht klar und sind Gegenstand weiterer Untersuchungen.

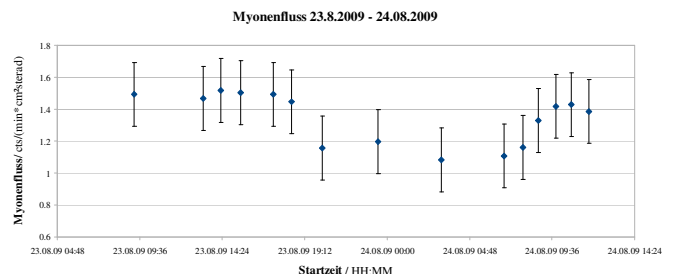


Abb. 4: Myonenfluss im Tagesverlauf auf 3300 m.ü.M.

## Fazit und Ausblick

Gegenüber den Versuchen in den vergangenen Lagern konnte die Genauigkeit der Daten durch eine längere Messdauer deutlich verbessert werden. Dank dem von Christian Bircher vorgenommenen Umbau für den Netzbetrieb ist nun die Verlässlichkeit der Zählraten höher und die Messungen deutlich angenehmer, da die Referenzspannung nicht dauernd überwacht werden muss.

Es wäre interessant, die Veränderung der Myonenzählrate im Tagesverlauf genauer zu untersuchen und durch längere Messzeiten zu präzisieren. Bei den Versuchen zur Höhenabhängigkeit hat sich gezeigt, dass weitere Einstellungen des Teleskops wie der Gain der einzelnen Paddles aufgenommen werden müssten, um reproduzierbare Ergebnisse zu erhalten.