

**Zeitschrift:** Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft  
**Herausgeber:** Schweizerische Astronomische Gesellschaft  
**Band:** 72 (2014)  
**Heft:** 382

**Artikel:** Myonen in einer selbst gebauten Diffusionsnebelkammer : kosmische Strahlung sichtbar machen  
**Autor:** Bormuth, Yannick  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-897422>

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 26.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Myonen in einer selbst gebauten Diffusionsnebelkammer

# Kosmische Strahlung sichtbar machen

■ Von Yannick Bormuth

*Der Mensch ist ständig von natürlicher Teilchenstrahlung umgeben. Die terrestrische Komponente davon kommt von radioaktiven Nukliden im Boden der Erde, zum Beispiel Uran und Thorium. Der Rest stammt von Quellen ausserhalb der Erde, was wir als Höhenstrahlung oder kosmische Strahlung bezeichnen. Im Rahmen meiner Maturitätsarbeit an der Kantonsschule Zürcher Unterland, Bülach, gelang es mir mit einem einfachen Teilchendetektor kosmische Strahlung für das Auge sichtbar zu machen.*



Abbildung 1: Selbst gebaute Nebelkammer zum Nachweis von Teilchenstrahlung.

Die kosmische Strahlung besteht hauptsächlich aus Protonen, daneben aus Elektronen und vollständig ionisierten Atomkernen. Diese Teilchen stammen aus verschiedensten Quellen des Weltalls.

Entdeckt wurde sie 1912 vom österreichischen Physiker VICTOR HESS (Nobelpreis 1936). Seine Messungen bei Ballonflügen bis in fünf Ki-

lometer Höhe zeigten, dass die Intensität ionisierender Strahlung mit der Höhe zunimmt. Hess schloss daraus, dass die Strahlung aus dem Universum stammen muss. Die genaue Herkunft der kosmischen Strahlung ist aber schwierig zu bestimmen, da die geladenen Teilchen auf ihrem Weg durch das Weltall immer wieder durch Magnetfelder abge-

lenkt werden und so jegliche Richtungsinformation verlieren. Anhand der Energie der kosmischen Teilchen kann aber die Art des wahrscheinlichsten Ursprungsortes bestimmt werden. Die Sonne, die nächstgelegene Quelle kosmischer Strahlung, sendet Teilchen im niederen Energiebereich von  $10^8$  bis  $10^9$  eV (Elektronenvolt) aus. Teilchen mit höheren Energien entstehen oder werden beschleunigt in Schockfronten von Supernovae-Explosionen oder kosmischen Jets von Schwarzen Löchern. Ab Höchstenergien von über  $10^{19}$  eV wird eine Herkunft ausserhalb der Milchstrasse vermutet. Zum Vergleich: Der LHC (Large Hadron Collider) am CERN, der weltgrösste Teilchenbeschleuniger, beschleunigt Protonen «nur» auf ungefähr  $10^{13}$  eV!

Kosmische Teilchen, welche von der Erdatmosphäre noch unbeeinflusst sind, bezeichnet man als primäre kosmische Strahlung. Sobald sie auf die Atmosphäre treffen, reagieren sie früher oder später mit Molekülen in der Luft. Solche Wechselwirkungen in ca. 15 bis 20 km Höhe stehen am Anfang vielfältiger Kaskaden. Dabei entstehen regelmässige Schauer aus neuen, sogenannten sekundären Teilchen. Diese zerfallen ihrerseits oder erreichen zum Teil die Erdoberfläche, wo sie nachgewiesen werden können (eine übersichtliche grafische Darstellung dazu befindet sich zum Beispiel hier: [http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische\\_teilchen/grundlagen/einfuehrung/](http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen/grundlagen/einfuehrung/); aufgerufen am 31. März 2014). Zu den beobachtbaren Teilchen gehört insbesondere das Myon ( $\mu$ ). Es ist ein Elementarteilchen, welches mit dem Elektron verwandt ist und wie dieses eine einfache negative Ladung trägt. Seine Masse ist jedoch rund 200-mal grösser. Das Myon hat eine sehr kurze Zerfallszeit von nur etwas mehr als einer Mikrosekunde. Da es in rund 15 km Höhe entsteht, sollte es eigentlich den Erdboden gar nicht erreichen, sondern schon während des Wegs durch die tiefere Atmosphäre zerfallen. Trotzdem werden Myonen am Boden beobachtet. Dies lässt sich nur mithilfe der Speziellen Relativitätstheorie von ALBERT EINSTEIN erklären. Die Myonen bewegen sich nämlich annähernd mit Lichtgeschwindigkeit, was ihren Zerfall aus Sicht des Beobachters stark verlangsamt.

# Teilchenphysik

1936 wurde das Myon von CARL ANDERSON und SETH NEDDERMEYER das erste Mal beobachtet, und zwar in einer sogenannten Diffusionsnebelkammer, einem Detektor zum Nachweis von geladenen Teilchen. Bereits 1931 hatte ANDERSON damit das Positron, das Antiteilchen des Elektrons, nachweisen können. Die 1912 von CHARLES WILSON gebaute Nebelkammer (Nobelpreis 1927) war anfangs des 20. Jahrhunderts das bevorzugte Messinstrument zur Untersuchung von Teilchenstrahlung.

## Grundprinzip einer Nebelkammer

Die Nebelkammer stellt einen Teilchendetektor dar, der ionisierende Strahlung wie Alpha- und Beta-Strahlung sowie andere geladene Teilchen wie Protonen oder Myonen, die elektromagnetisch wechselwirken können, nachweisen kann.

Der Detektor basiert auf dem Prinzip, dass Ionen in einem übersättigten Dampf als Kondensationskeime wirken können. In der Nebelkammer wird durch starke Kühlung im unteren Kammerbereich ein übersättigter Luft-Alkohol-Dampf erzeugt. Bei der Durchquerung eines geladenen Teilchens entstehen infolge Stossionisation der Atome zahlreiche Ionen, welche als Kondensationskeime wirken. Die dadurch entstehende Kondensationsspur zeigt direkt die Bahn des Strahlungsteilchens auf. Bei geeigneter Beleuchtung kann diese Spur mit bloßem Auge beobachtet werden.

## Selbstbau einer einfachen Diffusionsnebelkammer

Auch ich griff für meine Maturitätsarbeit auf dieses Prinzip eines einfachen Teilchendetektors zurück: Ausgehend von einfachen Bastelanleitungen entwickelte ich durch kontinuierliche Verbesserung eine eigene, optisch ansprechende Version der Nebelkammer, welche trotz einfacherem Betrieb sehr gute Beobachtungen von Teilchenspuren ermöglicht.

Die Beobachtungskammer besteht aus einer Box aus Plexiglas (Bild 1). An deren Decke befindet sich eine Aufhängevorrichtung für einen Filz als Alkoholreservoir. Die Plexiglas-haube steht – luftdicht verschlossen – auf einer Kupferplatte, welche auch als dunklen Hintergrund bei

BILD: YANNICK BÖRMUTH



Abbildung 2: Typische Spur eines Alpha-Teilchens (links im Bild). Da Alpha-Teilchen um ein Vielfaches schwerer sind als Beta-Teilchen oder Myonen, erzeugen sie eine viel dickere Spur.

der Beobachtung fungiert. Für den Betrieb meiner Nebelkammer kühle ich die Kupferplatte von unten mit Trockeneis (festes CO<sub>2</sub>, erhältlich beispielsweise bei der Firma Pan-Gas in Zürich-Altstetten). Der Alkohol verdunstet mit der Zeit und verteilt sich in der Kammer. Im unteren, kalten Bereich kühlt der Dampf selbst ab und bildet ca. 2-3 cm über Boden eine dichte Nebelschicht. Beleuchte ich diese sensitive Zone mit starken LEDs, kann ich die Kondensationsspuren der geladenen Teilchen sichtbar machen.

Durch diese Visualisierung kann man verschiedene Teilchen aus verschiedenen Strahlungsarten ganz einfach von Auge beobachten. Nebst den oben erwähnten Myonen konnte ich auch Alpha-Teilchen

(Helium-4-Kerne) und Elektronen anhand ihrer charakteristischen Spur identifizieren. Die vielfältigen Nebelspuren hielt ich zudem auf Fotos fest (vergleiche Bilder 2 bis 4).

## Messung des Myonenflusses

Schliesslich überprüfte ich meine Diffusionsnebelkammer in einem Experiment: Ich bestimmte dafür den Fluss von Myonen. Ich untersuchte, wie viele Myonen pro Minute meine Nebelkammer durchquerten. Ich zählte die entsprechenden Spuren während festgelegter Zeitintervalle von Auge: Das Resultat von ungefähr  $46 \pm 7$  (stat.) Teilchen pro Minute liegt bei der Grösse meiner Nebelkammer innerhalb des

BILD: YANNICK BÖRMUTH



Abbildung 3: Spur eines Beta-Teilchens (Elektron), hervorgehoben durch die elliptische Markierung.

# Teilchenphysik

Fehlerbereichs des laut Literatur zu erwarteten Wertes von ca. 40 Teilchen pro Minute.

Dass ich den Fluss von Myonen als Komponente der kosmischen Strahlung an meinem Wohnort quantitativ nachweisen konnte, bestätigte mir eine korrekte Funktionsweise meiner Apparatur.

In meiner Maturitätsarbeit ist es mir also gelungen, mit geringem finanziellem Aufwand (ca. 200 CHF) eine funktionierende Diffusionsnebelkammer zu bauen. Dieser einfache Teilchendetektor macht geladene Teilchen aus unserer Umwelt – insbesondere auch Komponenten der kosmischen Strahlung – sichtbar und ist daher bestens als Demonstrationsobjekt geeignet.

Betreut wurde ich bei meiner Maturitätsarbeit von CARMELO MARCHICA, meinem Physiklehrer.

## ■ Yannick Bormuth

Geissewinkel 7  
CH-8197 Rafz  
y.bormuth@gmx.ch

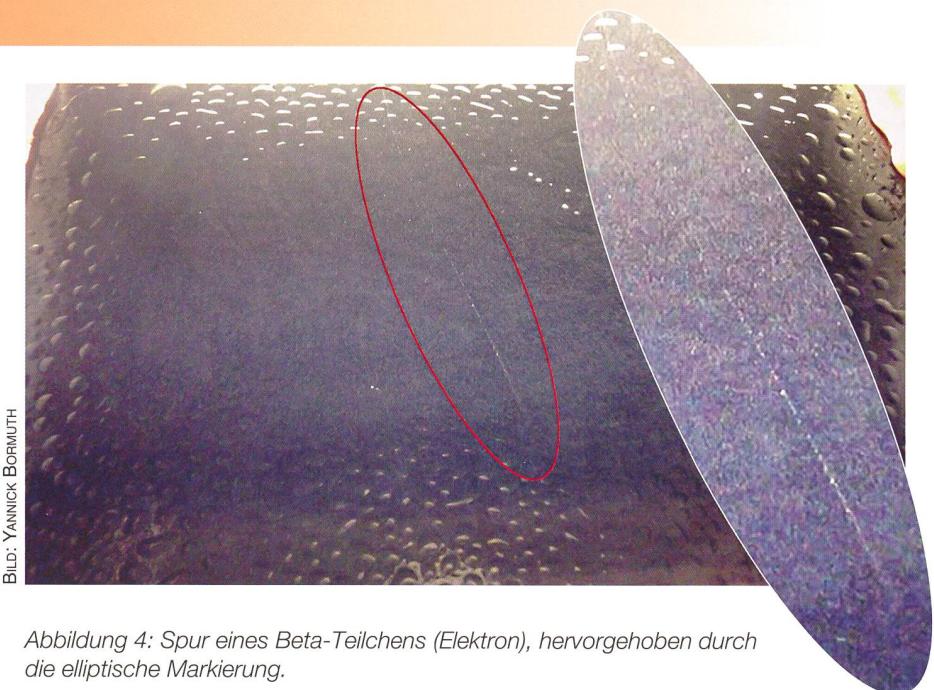


Abbildung 4: Spur eines Beta-Teilchens (Elektron), hervorgehoben durch die elliptische Markierung.

## Quellen

- CERN Teacher's Web (2004), Cloud Chamber Workshop – Eine Anleitung zum Selbstbau einer Diffusionsnebelkammer
- GRUPEN C. (2000), Astroteilchenphysik, Friedr. Vieweg & Sohn Verlag



Der große Onlineshop für Astronomie, Fotografie und Naturbeobachtung

mit über 4000 Angeboten!



[www.teleskop-express.de](http://www.teleskop-express.de)

Teleskop-Service – Kompetenz & TOP Preise

### Von Teleskop-Service: Die Photoline APO Serie



#### PHOTOLINE EDs

Preiswerte Refraktoren mit besserer Farbkorrektur und hervorragender Ausleuchtung

80mm f/7: 411,76 €  
102mm f/7: 618,48 €  
110mm f/7: 825,21 €  
80mm f/6: 839,50 €  
102mm f/7: 1.172,27 €  
115mm f/7: 1.258,82 €  
130mm f/7: 1.805,88 €



#### PHOTOLINE APOS

Farbreine Triplet-Objektive voll justierbar, top Qualität sehr gute Mechanik beste Ausleuchtung

80mm f/6: 839,50 €  
102mm f/7: 1.172,27 €  
115mm f/7: 1.258,82 €  
130mm f/7: 1.805,88 €



#### PHOTOLINE Korrekturen:

3" Vollformat Flattener für Ausleuchtung ca. 60mm 209,24 €  
(125,21 € i.V. mit Photoline Teleskop)

0,75x Reducer und Korrektor von Riccardi mit 42mm Ausleuchtung für die Triplet Apos 504,20,- €

0,8x Reducer und Korrektor für die EDs 121,85,- €

Jetzt auch bei uns:  
Teleskope von Meade!



z.B. Advanced Coma Free OTA

Hochkorrigiertes System für visuelle Beobachtung und Astrofotografie. Gerade außerhalb der optischen Achse ist die Abbildungsleistung deutlich besser als bei herkömmlichen SC-Systemen. Incl. UHTC Vergütung und Hauptspiegel-Fixierung.  
8" f/10: 1.428,- €  
10" f/10: 2.066,- €  
12" f/10: 3.411,- €  
14" f/10: 5.336,- €  
16" f/10: 9.832,- € (Tubusfarbe weiß)

Allen gemeinsam: 3" Crayford Auszug mit Gewindeanschluss für mehr Stabilität und bessere Ausleuchtung – hervorragende Eignung für Astrofotografie – ein geschlossenes Konzept – keine Adapterprobleme, keine falschen Korrekturen – perfekte Sterne ... garantiert.

Hinweis: Alle Preise in dieser Anzeige sind Netto-Export Preise ohne MwSt!

### Exklusiv von Teleskop-Service:



UNC / ONTC Newton Teleskope mit Carbontubus, nach Ihren Wünschen maßgefertigt!

- 6" - 16" Öffnung, f/4 bis f/6
- Hauptspiegel von GS oder Orion UK
- Okularauszüge: Baader Steeltrack, Moonlite, Feathertouch...
- Größe des Fangspiegels nach Ihrem Wunsch

Verfügbare Grundmodelle:

UNC 2008 (8" f/4):	839,- €	ONTC 809 (8" f/4,5):	1.807,- €
UNC 20010 (8" f/5):	797,- €	ONTC 8010 (8" f/5):	1.328,- €
UNC 25410 (10" f/4):	1.089,- €	ONTC 1012 (10" f/4,8):	2.235,- €
UNC 25412 (10" f/5):	1.007,- €	ONTC 1016 (10" f/6,4):	2.100,- €
UNC 30512 (12" f/4):	1.412,- €	ONTC 1212 (12" f/4):	2.893,- €
UNC 30515 (12" f/5):	1.336,- €	ONTC 1215 (12" f/5):	2.843,- €
UNC 4018 (16" f/4,5):	2.311,- €	ONTC 1416 (14" f/4,6):	3.612,- €

- Alle ONTC Modelle:
  - 1/8 Lambda p/v wave
  - Strehlwert besser als 0,96
  - Reflektivität 97% (HILUX Beschichtung)
  - Spiegelträger SUPRAX von Schott mit geringem Ausdehnungswert