

Myonen in einer selbst gebauten Diffusionsnebelkammer : kosmische Strahlung sichtbar machen

Autor(en): **Bormuth, Yannick**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen
Gesellschaft**

Band (Jahr): **72 (2014)**

Heft 382

PDF erstellt am: **24.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-897422>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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.

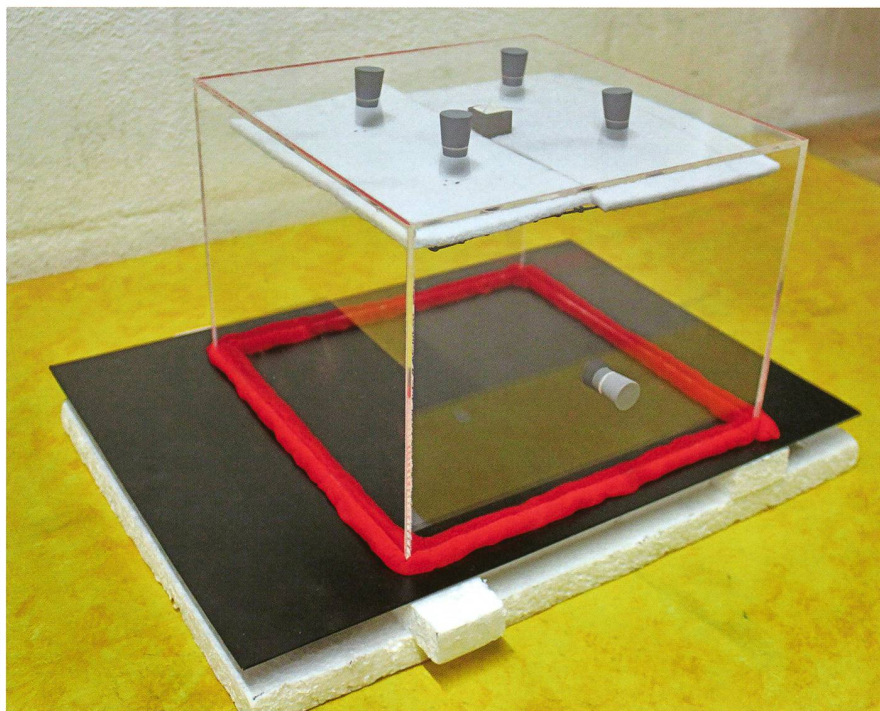


BILD: YANNICK BORMUTH

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 regelrechte 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/; aufgerufen am 31. März 2014). Zu den beobachtbaren Teilchen gehört insbesondere das Myon (μ). Es ist ein Elementarteilchen, welches mit dem Elektron verwandt ist und wie dieses eine einfach 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.

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 blossen 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 einfachem 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 Plexiglashaube steht – luftdicht verschlossen – auf einer Kupferplatte, welche auch als dunklen Hintergrund bei



BILD: YANNICK BORMUTH

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 kühlte ich die Kupferplatte von unten mit Trockeneis (festes CO_2 , 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 verschiedensten 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 durchqueren. Ich zählte die entsprechenden Spuren während festgelegter Zeitintervalle von Auge: Das Resultat von ungefähr 46 ± 7 (stat.) Teilchen pro Minute liegt bei der Grösse meiner Nebelkammer innerhalb des



BILD: YANNICK BORMUTH

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

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

BILD: YANNICK BORMUTH



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



www.teleskop-express.de

Teleskop-Service – Kompetenz & TOP Preise

Der große Onlineshop für **Astronomie, Fotografie und Naturbeobachtung**

mit über **4000 Angeboten!**

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 €



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 Korrektoren:

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,- €

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

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

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)

Exklusiv von Teleskop-Service:



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

- 6" - 16" Öffnung, f/4 bis f/6
- Hauptspiegel von GSO 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,- €

- Fokusslage über OAZ nach Ihrem Wunsch
- mit vielen Reducern / Korrektoren kombinierbar (z.B. ASA)
- Verschiedene HS-Zellen und FS-Spinnen lieferbar
- ... ab 629,- € (6" Modell)

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

Telefon: +49 (0)89-1892870 • Fax: +49 (0)89-18928710 • info@teleskop-service.de

Teleskop-Service, Keferloher Marktstr. 19C, D-85640 Putzbrunn/Solalinden