



BAU EINER NEBELKAMMER

HINWEISE FÜR LEHRKRÄFTE

Kurzbeschreibung

Eine Nebelkammer ist ein einfacher Detektor, mit dem sich Spuren von hindurchfliegenden Teilchen sichtbar machen lassen. Es gibt viele Möglichkeiten, eine Nebelkammer zu bauen. Die hier beschriebene Variante kann mit leicht zugänglichen Materialien selbst hergestellt werden. Aufgrund des einfachen Aufbaus eignet sich das Experiment gut für die Durchführung in Kleingruppen.

Einordnung im Unterricht

Das Experiment passt zu einer Unterrichtssequenz über Astroteilchen- oder Teilchenphysik, ebenso wie zu den Themen Kernphysik oder Radioaktivität. Es bietet sich eine Überleitung zur historischen Entwicklung der Teilchen- und Astroteilchenphysik oder zu weiteren experimentellen Methoden an.

Mögliche Lernziele

Die Jugendlichen...

- ▶ wenden eine Methode zum Nachweis von Teilchen an.
- ▶ identifizieren und beschreiben unterschiedliche Teilchenspuren.
- ▶ erklären, wie Teilchenspuren in der Nebelkammer entstehen.
- ▶ erfahren, was kosmische Teilchen sind.

Zeitbedarf

- ▶ Aufbau: 5–30 Minuten (je nach Vorbereitung)
- ▶ Kühlung der Nebelkammer: 5–10 Minuten
- ▶ Beobachtung: Erste Spuren sind schon nach wenigen Minuten zu sehen. Für Beobachtungsaufträge (s. Seite 2) sollten zwischen 5 und 20 Minuten eingeplant werden. Die Funktionsdauer der Nebelkammer hängt von mehreren Faktoren ab, z.B. von der verwendeten Menge an Trockeneis und der Dicke des Filzes.

Materialien

- ▶ **Kunststoff- oder Glasbox:** Die Wände müssen durchsichtig sein. Ideal ist eine Seitenlänge von 10–30 cm und eine Höhe von 10–15 cm. Der Rand der Öffnung darf keine Vorsprünge aufweisen. Kleine Aquarien oder Terrarien sind gut geeignet, aber auch aus einem durchsichtigen Plastikbecher lässt sich eine Nebelkammer improvisieren.
- ▶ **Metallplatte:** Diese sollte etwas größer als die Öffnung der Plastikbox sein. Ihre Oberfläche sollte mattschwarz sein; ideal eignet sich eine eloxierte Platte. Steht keine schwarze Platte zur Verfügung, kann die Oberfläche mit mattschwarzem Isolierband oder mit Stoff bedeckt werden.
- ▶ **Styroporkiste:** Diese sollte groß genug sein, um die Metallplatte hineinzulegen. Eine Höhe von 5 cm ist ausreichend. Gut eignet sich auch eine Holzkiste, die mit einer Schicht Styropor ausgekleidet wird.
- ▶ **Filz:** Dieser sollte nicht zu dünn sein (3–5 mm) und auf die Größe der Bodenfläche der durchsichtigen Box zugeschnitten werden.
- ▶ **6–8 Magnete:** Um den Filz am Boden der Box zu befestigen, eignen sich kleine Neodym-Magnete. Klebstoffe oder -streifen sind nicht geeignet, da sie üblicherweise alkohollöslich sind.
- ▶ **Trockeneis:** Um den Boden einer Styroporkiste von 20x15 cm² Grundfläche zu bedecken, sind etwa 500 g Trockeneis nötig. Damit kann die Nebelkammer mindestens eine halbe Stunde betrieben werden (s. Seite 3).
- ▶ **Reiner Alkohol (100% Isopropanol)**
- ▶ **Knetmasse**
- ▶ **Schutzhandschuhe, Schutzbrille**
- ▶ **Taschenlampe**



BAU EINER NEBELKAMMER

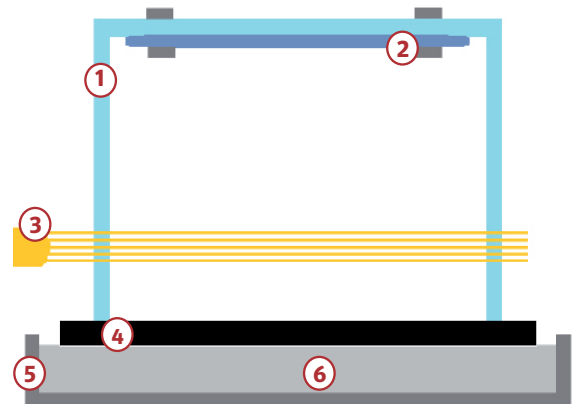
TEILCHENSPIUREN SICHTBAR MACHEN

Aus dem Weltall treffen ständig kosmische Teilchen auf die Erde. Obwohl jeden Tag unzählige Teilchen durch uns hindurch fliegen, können wir sie nicht spüren oder sehen. Eine Nebelkammer macht die kosmischen Teilchen sichtbar.

MATERIALLISTE UND BAUPLAN

- ① Durchsichtige Kunststoff- oder Glasbox
- ② Filz und Magnete zum Befestigen
- ③ Taschenlampe
- ④ Schwarze Metallplatte
- ⑤ Styroporkiste
- ⑥ Trockeneis

Außerdem benötigst du reinen Alkohol (100% Isopropanol), Knetmasse, Schutzhandschuhe und eine Schutzbrille.



© Netzwerk Teilchenwelt

BAUANLEITUNG

1 KAMMER VORBEREITEN

Schneide den Filz so zu, dass er den Boden der durchsichtigen Box bedeckt. Befestige ihn mit Magneten innen an der Oberseite der Box.

2 ALKOHOL EINFÜLLEN UND KAMMER ABDICHTEN



Während des Umgangs mit reinem Alkohol Schutzbrille und Handschuhe tragen. Er reizt Haut und Schleimhäute. NICHT TRINKEN!

Tränke den Filz mit Alkohol (Isopropanol), bis er vollgesogen ist. Wenn du die Box leicht schräg hältst, sammelt sich der überschüssige Alkohol in einer Ecke, und du kannst ihn abtropfen lassen.

Stelle dann die Box mit der Öffnung nach unten auf die Metallplatte und dichte den Spalt von außen mit Knetmasse ab.

3 KAMMER AUF DEM TROCKENEIS PLATZIEREN



Schutzbrille und Handschuhe nicht vergessen! Das Trockeneis hat eine Temperatur von -78°C und kann Kälteverbrennungen verursachen.

Fülle eine Schicht Trockeneis in die Styroporkiste, so dass der Boden bedeckt ist. Setze die Metallplatte mit der durchsichtigen Box auf das Trockeneis. Die Platte sollte überall auf dem Trockeneis aufliegen.

4 5–10 MINUTEN WARTEN

In dieser Zeit sollte der Versuchsaufbau nicht bewegt oder geöffnet werden. So wird verhindert, dass Luft hinein gelangt.

5 SPUREN BEOBACHTEN

Verdunkle den Raum und beleuchte die Box mit der Taschenlampe von der Seite, so dass das untere Drittel nahe der Metallplatte erhellt ist. Wenn du feine Tröpfchen siehst, die in Richtung Boden fallen, ist die Nebelkammer bereit. Nun sollten mehrmals pro Minute feine weiße Spuren im Nebel zu erkennen sein.

PROBLEME?

„Ich sehe keine Spuren!“

► Abwarten. Es dauert 5–10 Minuten, bis die Kammer ausreichend abgekühlt ist.

► Ändere deinen Blickwinkel. Die Spuren sind nicht von jedem Ort aus gleich gut zu sehen.

► Achte darauf, dass der Raum dunkel ist und dass die Lampe hell genug und richtig platziert ist. Die Spuren sind am besten direkt über der Metallplatte zu sehen.

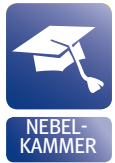
► Überprüfe, ob die ganze Metallplatte direkt auf dem Eis aufliegt. Nur so wird es in der Nebelkammer kalt genug.

► Dichte die Kammer gut ab, so dass weder Luft hineinkommt noch Alkoholdampf entweicht.

► Füge mehr Alkohol hinzu, falls der Alkoholvorrat im Filz nicht ausreichend war. Führe dazu alle Schritte der Bauanleitung noch einmal ab Punkt 2 durch.

„Ich sehe Wolken in der Kammer.“

► Das ist ein Hinweis auf eine undichte Stelle. Dichte die Kammer ab, warte einige Minuten und achte darauf, den Versuchsaufbau nicht zu bewegen.



METHODISCHE ANREGUNGEN

Es sind eine Reihe von Arbeitsaufträgen denkbar:

- ▶ **Spuren beobachten:** Die Jugendlichen können die verschiedenen Arten von Spuren aufzeichnen oder beschreiben.
- ▶ **Spuren zählen:** Die Jugendlichen können die Häufigkeiten verschiedener Spuren vergleichen.
- ▶ **Spuren filmen:** Sie können die Nebelkammer mit den Jugendlichen filmen. Es empfiehlt sich eine Hochgeschwindigkeitskamera, falls vorhanden. Aus dem Videomaterial lassen sich Standbildaufnahmen mit verschiedenen Teilchenspuren gewinnen.
- ▶ **Spuren identifizieren:** Die beobachteten oder gefilmten Spuren können verschiedenen Teilchensorten zugeordnet werden. Dabei können die Infoblätter (S. 4 und 5) helfen.
- ▶ **Spuren erzeugen:** Stellt man ein radioaktives Präparat in die Kammer, sind deutlich mehr Spuren zu erkennen. An der Richtung der Spuren lässt sich unterscheiden, ob sie aus der radioaktiven Quelle kamen oder nicht. Dabei können Alpha- und Betastrahlung unterschieden werden; Photonen (Gamma-Strahlung) hinterlassen keine sichtbaren Spuren in der Nebelkammer. Sie können jedoch Elektronen aus Atomen herauslösen, welche ihrerseits Spuren hinterlassen.
- ▶ **Spuren beeinflussen:** Sie können die Nebelkammer in ein starkes Magnetfeld einbringen (z.B. Helmholtzspulen) und mit den Jugendlichen diskutieren, was geschieht. In der Tat wird die Krümmung der Teilchenspuren kaum zu erkennen sein, da die meisten beobachteten Teilchen viel energiereicher sind als diejenigen in Schulversuchen (Fadenstrahl- oder Braunsche Röhre). Um die Krümmung sichtbar zu machen, müsste ein Magnetfeld mit einer Feldstärke von mehr als einem Tesla angelegt werden.
- ▶ **Recherche:** Bei der Beschäftigung mit der Nebelkammer können sich verschiedene Fragen ergeben, welche die Jugendlichen recherchieren und diskutieren können. Dabei können die unten angegebenen Links als Recherchegrundlage dienen. Die Infoblätter liefern auch einige Antworten.
 - Wer hat die Nebelkammer erfunden und wozu?
 - Wie funktioniert eine Nebelkammer? Welche Arten von Nebelkammern gibt es?
 - Wie entstehen Spuren in der Nebelkammer? Warum sehen die Spuren verschieden aus?
 - Welche Entdeckungen wurden mit der Nebelkammer gemacht?
 - Woher kommen die Teilchen, die wir in der Nebelkammer sehen?
 - Warum können wir Myonen auf der Erdoberfläche beobachten, obwohl ihre Lebensdauer eigentlich zu kurz ist, um sie nach ihrer Entstehung zu erreichen? (Anknüpfung zur Relativitätstheorie)
 - Aus welchen Teilchen besteht die primäre kosmische Strahlung? Woher kommen diese?
 - Wie und von wem wurde die kosmische Strahlung entdeckt?
 - Welche Bedeutung haben kosmische Teilchen für die aktuelle Forschung in der Astroteilchenphysik?



Entstehung der Teilchenspuren in Nebelkammern (englisch):

www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/alpha-particle-tracks (Erklärung)

www.scienceinschool.org/repository/images/issue14cloud6_large.jpg (Comic)

Informationen zu kosmischen Teilchen:

www.nmdb.eu/?q=node/282 (Einführung)

www.weltderphysik.de/gebiet/astro/kosmische-strahlung (Einführungsartikel und Nachrichten)

www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt.html (Lexikon zur Astrophysik)

www.federmann.co.at/vfhess/Kapiteluebersicht.html (Geschichte der Entdeckung der kosmischen Strahlung)

http://physik-begreifen-zeuthen.desy.de/angebote/kosmische_teilchen/index_ger.html (Experimente mit kosmischen Teilchen)

Mehr Links und Literaturtipps finden Sie unter www.teilchenwelt.de/material.



HINTERGRUNDINFORMATIONEN: TEILCHENSPIUREN

Wie funktioniert die Selbstbau-Nebelkammer?

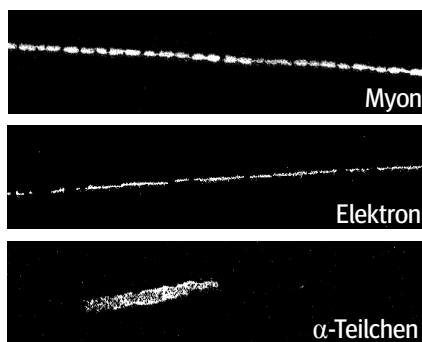
Der im Filz gespeicherte Alkohol verdunstet, bis die Luft im Innern der Kammer mit Alkoholdampf gesättigt ist. Ein Gasvolumen kann bei einer bestimmten Temperatur nur eine begrenzte Menge Flüssigkeit aufnehmen; je höher die Temperatur ist, desto mehr Flüssigkeit kann verdampfen und vom Gas gehalten werden.

Das Trockeneis kühlt den unteren Teil der Kammer stark ab, sodass der Alkoholdampf in diesem Bereich wieder kondensieren müsste. Da jedoch keine Kondensationskeime (z.B. kleine Staubpartikel oder Ionen) vorhanden sind, geht der Alkoholdampf in einen übersättigten Zustand über; das heißt, die Luft enthält mehr Alkoholdampf, als für diese Temperatur normal ist. Fliegt nun ein elektrisch geladenes Teilchen durch die übersättigte Schicht, erzeugt es zahlreiche Ionen entlang der Flugbahn. An diesen Ionen kann der Alkoholdampf kondensieren, so dass sichtbare Spuren aus Alkoholtröpfchen entstehen.

Welche Teilchen kann man in der Nebelkammer beobachten?

Die meisten beobachteten Teilchen sind **Myonen, Elektronen und ihre** jeweiligen **Antiteilchen**, die entstehen, wenn **kosmische Teilchen** auf die Erdatmosphäre treffen. Man sieht auch **Alpha- und Betateilchen** (also Heliumkerne und Elektronen bzw. Positronen), die von **radioaktiven Bestandteilen der Luft** in der Kammer ausgesandt wird.

Die Herkunft und Art der Teilchen ist nicht immer eindeutig festzustellen.



► **Einzelne gerade Spuren** stammen von **schnellen Teilchen** mit hoher Bewegungsenergie. Sie ionisieren die Alkoholmoleküle, ohne dabei gestreut zu werden.

- **Dünne Spuren** deuten auf energiereiche **Myonen, Elektronen** oder ihre jeweiligen Antiteilchen hin.
- **Dicke Spuren** deuten auf ein **massereicherer Teilchen** hin, das mehr Ionen in seiner Umgebung erzeugt. In der Nähe der Erdoberfläche handelt es sich in den meisten Fällen um ein **α-Teilchen** (Heliumkern).



► **Gekrümmte Spuren** entstehen, wenn vergleichsweise langsame Teilchen an Atomkernen gestreut werden. Je langsamer das Teilchen ist, desto stärker ist die Spur gekrümmt.

- Es kann sich um **Elektronen** aus einem radioaktiven Betastrahler handeln.
- **Energereiche Photonen** (z.B. Gamma- oder Röntgenstrahlung) hinterlassen selbst keine Spuren in einer Nebelkammer, jedoch können sie Elektronen mit geringer Energie freisetzen, sogenannte **Photoelektronen**.

© Karlsruher Institut für Technologie (KIT)



► **Deutlich geknickte Spuren** treten auf, wenn ein Myon μ in ein Elektron e^- und zwei Neutrinos zerfällt. Letztere hinterlassen keine Spur in der Nebelkammer, weil sie elektrisch neutral sind und nur schwach mit anderen Teilchen wechselwirken.

Welche Bedeutung hatte die Nebelkammer für die Astroteilchen- und Teilchenphysik?

Die Nebelkammer war der erste Teilchendetektor, mit dem sich Spuren von Elementarteilchen sichtbar machen ließen. Nebelkammern ermöglichten viele Erkenntnisse über Elementarteilchen. Erst in den 50er Jahren wurden Nebelkammern nach und nach durch Blaskammern ersetzt.

Beispiele für wichtige Experimente mit Nebelkammern sind:

- **Untersuchung der Reichweite von Alpha-Strahlung (L. Meitner, 1926)**
- **Entdeckung des Positrons (C. Anderson, 1932)**
- **Nachweis der Paarerzeugung und Paarvernichtung von Elektronen und Positronen (P. Blackett und G. Occhialini, 1933)**
- **Entdeckung des Myons (C. Anderson und S. Neddermeyer, 1937)**