



# SELBSTBAU EINER NEBELKAMMER

## TEILCHENSPUREN SICHTBAR MACHEN

Eine Nebelkammer ist ein einfacher Detektor, in dem hindurchfliegenden Teilchen sichtbare Spuren hinterlassen. Die hier beschriebene Bauart kann mit leicht zugänglichen Materialien selbst hergestellt werden.

**IMPRESSUM** Herausgeber: Michael Kobel, Thomas Trefzger **Autoren:** Manuela Kuhar (verantwortlich), Fabian Kuger **Redaktion:** Martin Hawner, Carolin Schwerdt **Layout und Grafiken:** büro quer, [www.buero-quer.de](http://www.buero-quer.de)  
**Projektleitung:** Michael Kobel (Gesamtprojekt) Netzwerk Teilchenwelt | TU Dresden, Institut für Kern- und Teilchenphysik | [www.teilchenwelt.de](http://www.teilchenwelt.de), [mail@teilchenwelt.de](mailto:mail@teilchenwelt.de) | Thomas Trefzger (Projekt Kontextmaterialien) Julius-Maximilians-Universität Würzburg | Lehrstuhl für Physik und ihre Didaktik **Redaktionsschluss:** November 2012 **Lizenz und Nutzung:** Creative Commons 2.0-by-nc-nd | Vervielfältigung und Weiterverbreitung des Inhalts ist bei Nennung der Quelle für Lehrzwecke ohne Rückfragen gestattet, sofern keine Veränderungen vorgenommen werden. Kommerzielle Nutzung, z.B. zu werblichen Zwecken oder in Lehrbüchern, ist ohne Rücksprache nicht gestattet. Es gilt das Impressum unter [www.teilchenwelt.de/service/impressum](http://www.teilchenwelt.de/service/impressum).

PARTNER



SCHIRMHERRSCHAFT



PROJEKLEITUNG



KONTEXTMATERIALIEN



COSMIC PROJEKT



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



# BAU EINER NEBELKAMMER

## HINWEISE FÜR LEHRKRÄFTE

### INHALT

Didaktische Hinweise und Materialliste	1
Anleitung zum Selbstbau einer Nebelkammer	2
Methodische Anregungen, Ressourcen im Internet	3
Hintergrundinformationen: Funktionsweise der Nebelkammer und Teilchenspuren	4
Hintergrundinformationen: Kosmische Teilchen	5
Informationen über Trockeneis	6

### 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 cm<sup>2</sup> 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

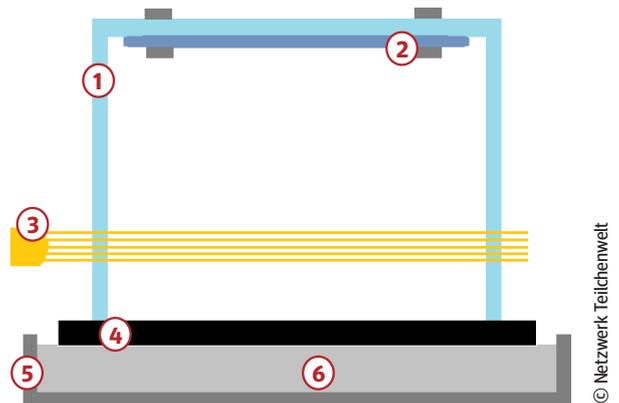
### TEILCHENSPUREN SICHTBAR MACHEN

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  $-78^{\circ}\text{C}$  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 die untere Schicht 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

- ▶ **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 kann das Info-Blatt [Nebelkammer\_Info] 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 Betateilchen 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. Antworten zu einigen der Fragen liefern auch die Info-Blätter [Nebelkammer\_Info].
  - 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?
  - 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?
- ▶ **Relativitätstheorie:** In der Nebelkammer werden hauptsächlich Myonen beobachtet, die entstehen, wenn primäre kosmische Teilchen auf die Erdatmosphäre treffen. Hier besteht ein Anknüpfungspunkt zur speziellen Relativitätstheorie: Myonen zerfallen im Mittel nach  $2 \cdot 10^{-6}$  Sekunden und würden die Erdoberfläche nach klassischen Berechnungen nicht erreichen. Die relativistische Längenkontraktion erklärt, warum sie es doch können.



### Entstehung der Teilchenspuren in Nebelkammern (englisch):

[www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/alpha-particle-tracks](http://www.nuffieldfoundation.org/practical-physics/alpha-particle-tracks) (Erklärung)  
[www.scienceinschool.org/repository/images/issue14cloud6\\_large.jpg](http://www.scienceinschool.org/repository/images/issue14cloud6_large.jpg) (Comic)

### Informationen zu kosmischen Teilchen:

[www.nmdb.eu/?q=node/282](http://www.nmdb.eu/?q=node/282) (Einführung)  
[www.weltderphysik.de/gebiet/astro/kosmische-strahlung](http://www.weltderphysik.de/gebiet/astro/kosmische-strahlung) (Einführungsartikel und Nachrichten)  
[www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt.html](http://www.wissenschaft-online.de/astrowissen/lexdt.html) (Lexikon zur Astrophysik)  
[www.federmann.co.at/vfhess/Kapiteluebersicht.html](http://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](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](http://www.teilchenwelt.de/material).

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN: TEILCHENSPUREN

### Wie funktioniert die Selbstbau-Nebelkammer?

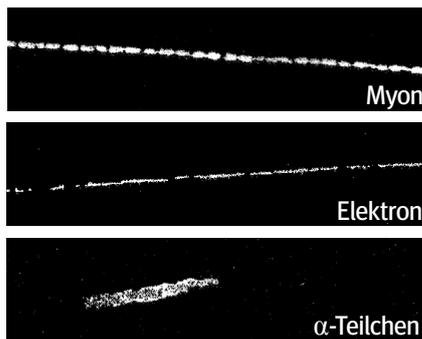
Der im Filz gespeicherte Alkohol verdunstet, bis die Luft im Innern der Kammer mit Alkoholdampf gesättigt ist. Ein Gasvolumen kann bei einer bestimmten Temperatur nur eine begrenzte Menge Flüssigkeit aufnehmen; je höher die Temperatur ist, desto mehr Flüssigkeit kann verdampfen und vom Gas gehalten werden.

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 Betaeteilchen** (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  **$\alpha$ -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**.



- ▶ **Deutlich geknickte Spuren** treten auf, wenn ein Myon  $\mu$  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)**

## HINTERGRUNDINFORMATIONEN: KOSMISCHE TEILCHEN

### Was sind kosmische Teilchen?

Kosmische Teilchen stammen von Sternen, Galaxien und anderen Quellen im Weltall. Beispielsweise strömen Protonen, Heliumkerne und Elektronen durch das Universum, sowie Neutrinos und Photonen. Diese Teilchen bezeichnet man auch als kosmische Strahlung.<sup>1</sup> Ihre Energie reicht von etwa  $10^9$  Elektronenvolt (eV) bis hin zu etwa  $10^{20}$  eV. Zum Vergleich:  $10^{20}$  eV entspricht der Energie eines mit 90 km/h fliegenden Tennisballs! Der derzeit weltgrößte Teilchenbeschleuniger, der LHC am CERN, beschleunigt Protonen nur auf eine zehnmillionenfach niedrigere Energie (maximal  $10^{13}$  eV).

Die kosmischen Teilchen außerhalb der Erdatmosphäre nennt man „primäre kosmische Teilchen“. Wenn sie auf die Erdatmosphäre treffen, wechselwirken sie früher oder später mit den Luftmolekülen, je nach Energie und Art des Teilchens. Dabei wird eine Vielzahl neuer Teilchen erzeugt, sogenannte sekundäre Teilchen. Auf der Erde kann man diese nachweisen und ihre Eigenschaften untersuchen. Am häufigsten beobachtet man Myonen und Elektronen.

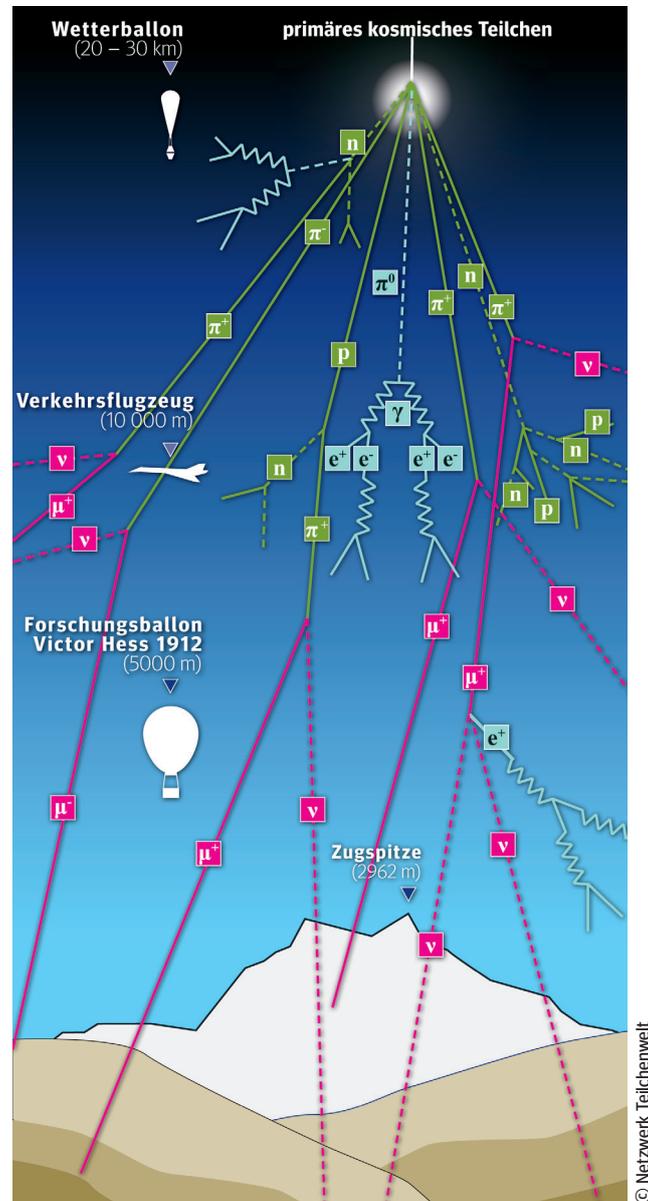
Weiterhin erreichen Photonen und Neutrinos aus dem Weltall die Erde. Diese tragen keine elektrische Ladung und hinterlassen somit in Nebelkammern keine Spuren; jedoch können sie mit anderen Detektoren nachgewiesen werden. Ihre Eigenschaften verraten Forschern viel über die Struktur des Universums.

### Wo entstehen kosmische Teilchen?

Da elektrisch geladene kosmische Teilchen durch galaktische und intergalaktische Magnetfelder abgelenkt werden, können Wissenschaftler bei der Messung auf der Erde nicht mehr auf ihren genauen Ursprungsort schließen. Anhand der Energie, die ein Teilchen der primären kosmischen Strahlung besitzt, können Astroteilchenphysiker aber bestimmen, von welcher Art der wahrscheinlichste Ursprungsort ist.

Die Sonne ist die uns am nächsten gelegene Quelle kosmischer Teilchen. Sie sendet insbesondere Teilchen mit vergleichsweise niedriger Energie aus. Pulsare, Doppelsternsysteme und die Druckwellen von Supernovae erzeugen und beschleunigen kosmische Teilchen innerhalb der Milchstraße auf höhere Energien.

Sehr hochenergetische Teilchen stammen wahrscheinlich von Quellen außerhalb der Milchstraße.



► Abb.1: Ein kosmisches Teilchen trifft auf die Erdatmosphäre und erzeugt einen Schauer aus neuen Teilchen.

#### Symbole:

- |               |     |             |   |          |     |
|---------------|-----|-------------|---|----------|-----|
| n: Neutron    | --- | p: Proton   | — | pi: Pion | --- |
| gamma: Photon | ~   | e: Elektron | — |          |     |
| nu: Neutrino  | --- | mu: Myon    | — |          |     |

### Welche Bedeutung haben kosmische Teilchen für die Astroteilchen- und Teilchenphysik?

Bis in die 1950er Jahre wurden unter den Sekundärteilchen der kosmischen Strahlung viele bis dahin unbekannte Teilchen entdeckt, beispielsweise Myonen und Positronen sowie eine Vielzahl von Hadronen (aus Quarks bestehende Teilchen). Auch heute ist die kosmische Strahlung ein sehr aktives Forschungsgebiet. Noch ist nicht geklärt, woher energiereiche Teilchen wirklich stammen und welche Beschleunigungsmechanismen ihnen die teilweise gewaltig hohen Energie verleihen. Als Quellen kommen beispielsweise aktive galaktische Kerne in Frage – massereiche schwarze Löcher im Zentrum von Galaxien.

<sup>1</sup> Aus historischen Gründen werden manchmal auch nur die elektrisch geladenen Teilchen als kosmische Strahlung bezeichnet.



## INFORMATIONEN ZU TROCKENEIS

### Ist Trockeneis gefährlich?

Trockeneis ist festes Kohlendioxid und als solches kein Gefahrstoff. Trotzdem müssen beim Umgang mit Trockeneis Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, um Verletzungen zu vermeiden:



- ▶ **Schutzhandschuhe und Schutzbrille tragen!** Trockeneis hat eine Temperatur von ca.  $-78^{\circ}\text{C}$ . Hautkontakt führt nach kurzer Zeit zu Kälteverbrennungen.
- ▶ **Niemals in den Mund nehmen oder verschlucken!** Die Ausdehnung von Trockeneis in gasförmiges Kohlendioxid kann im Körper zu tödlichen Verletzungen führen.
- ▶ **Nur bei ausreichender Belüftung verwenden!** Das freiwerdende  $\text{CO}_2$  kann in größeren Mengen zu Sauerstoffmangel führen.
- ▶ **Nicht in fest verschlossenen Behältnissen aufbewahren!** Diese können bersten.

### Woher bekommt man Trockeneis?

Sie können beim Chemischen Institut einer Universität anfragen, ob der Bezug einer kleinen Menge Trockeneis für Lehrzwecke möglich ist. Wenn es in Ihrer Nähe eine Fleischer-Genossenschaft gibt, könnten Sie auch dort fündig werden. Einige Firmen (Linde, Coditec etc.) bieten im Internet den Versand von Trockeneis an.

#### TROCKENEIS BESTELLEN:

[www.coditec.de](http://www.coditec.de)  
[www.linde-gas.de](http://www.linde-gas.de)

### Wie wird Trockeneis geliefert?

Der Versand erfolgt in Isolierboxen aus Styropor. Da Trockeneis bei Temperaturen von über  $-78^{\circ}\text{C}$  sublimiert, verflüchtigt sich ein Teil der bestellten Menge während des Transports. Terminlieferungen können für den Versand vereinbart werden, um die Lagerungszeit und damit den Verlust von Trockeneis möglichst gering zu halten.

### In welcher Form wird Trockeneis geliefert?

Trockeneis gibt es in Form von Nuggets, Pellets, Platten oder Blöcken. Für die Nebelkammer sind Nuggets oder Pellets am besten geeignet.

### Wie lagert man Trockeneis am besten?

Am besten ist eine Styroporbox geeignet, wie sie auch bei der Lieferung von Trockeneis verwendet wird. Sie isoliert gut, ist aber nicht dicht verschlossen. Der Behälter sollte so wenig wie möglich geöffnet werden und darf nicht luftdicht versiegelt werden, da er sonst bersten kann.

Lagerung von Trockeneis in Kühlschränken oder Gefriertruhen hat kaum Einfluss auf die Haltbarkeit, da die notwendigen Temperaturen von handelsüblichen Geräten nicht erreicht werden.

### Wie viel Trockeneis benötige ich für eine Nebelkammer?

Das hängt von der Größe der Styroporbox ab. Um den Boden einer Box mit einer Grundfläche von  $20 \times 15 \text{ cm}^2$  mit Trockeneisnuggets zu bedecken, sind etwa 500 g Trockeneis nötig.

### Wie schnell verflüchtigt sich Trockeneis?

Trockeneis sublimiert rückstandslos vom festen direkt in den gasförmigen Zustand, wobei  $\text{CO}_2$ -Gas entsteht. Die Herstellerangaben zur Sublimationsrate schwanken. Unsere Erfahrungen zeigen, dass 5 kg Trockeneis innerhalb von 24 Stunden etwa ein Drittel seiner Masse verliert, wenn es in einer verschlossenen Styroporbox gelagert wird.

### Warum quietscht das Trockeneis beim Bau der Nebelkammer?

Wenn die Metallplatte auf dem Trockeneis platziert wird, kann ein lautes Geräusch entstehen. Dies geschieht, weil das Trockeneis beim Kontakt mit der wärmeren Metallplatte schlagartig sublimiert; da die Metallplatte Druck auf die Gasbläschen ausübt, platzen diese, was das Geräusch verursacht.