

Schuljahr: 17/18

# Diffusionsnebelkammer

Beschreibung und Erklärung der Funktionsweise  
einer kontinuierlichen Diffusionsnebelkammer  
nach Wilson am Beispiel einer  
Selbstbaunebelkammer

Autor: Matthias Unruh  
Fachlehrer: Herr Faßbender  
Schuljahr: 17/18  
Kurs: PH7



# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Vorwort</b> .....                                  | <b>3</b>  |
| <b>Einleitung</b> .....                               | <b>4</b>  |
| <b>Wie funktioniert eine Nebelkammer?</b> .....       | <b>5</b>  |
| <b>Bestandteile der Selbstbaukammer</b> .....         | <b>6</b>  |
| Kühlung .....   | 6         |
| Heizung/ Isopropanollauf .....                        | 8         |
| Beleuchtung .....                                     | 9         |
| Ionenfang .....                                       | 10        |
| <b>Schluss</b> .....                                  | <b>11</b> |
| Zusammenfassende Beschreibung der Funktionsweise..... | 11        |
| Probleme.....   | 11        |
| <b>Literaturverzeichnis</b> .....                     | <b>12</b> |
| <b>Selbstständigkeitserklärung</b> .....              | <b>13</b> |

## Vorwort

Nach dem Vorschlag des Physiklehrers und einer Recherche über die Diffusionsnebelkammer und den Nachweis ionisierender Hintergrundstrahlung wurde mein Interesse geweckt und Ich entschied mich für dieses Thema. Der schriftlichen Ausarbeitung des Themas liegt der Bau einer kontinuierlichen Diffusionskammer zugrunde, welchen Ich zusammen mit meinem Mitschüler Kai Bünning durchgeführt habe. Finanziert wurde das Bauprojekt durch die Schule, der die Nebelkammer nach Fertigstellung überreicht wird und die Nebelkammer somit als Eigentum der Schule anzusehen ist.

## Einleitung

Eine Nebelkammer ist ein Teilchendetektor mit dem sich ionisierende Strahlung nachweisen lässt und die Bahn mancher Teilchen sichtbar machen lässt. Erfunden wurde die Nebelkammer 1911 von dem schottischen Physiker Charles Thomson Rees Wilson. Wilson wurde für die Entwicklung der Expansionsnebelkammer im Jahr 1927 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet, da die Nebelkammer zu der Zeit eine wichtige Apparatur zur Erforschung von radioaktiver Strahlung war.

Ein anderer Begriff für die Expansionsnebelkammer ist auch einfach eine Nicht-kontinuierliche Nebelkammer. Wie aus dem Namen zu entnehmen, ist diese Art von Nebelkammer nur fähig einen kurzen Moment Spuren zu erzeugen. Expansionskammer wird diese einfache Form der Nebelkammer deshalb genannt, da die Herabkühlung des Volumens in der Kammer durch Expansion erfolgt (d.h. dass das Volumen der Kammer plötzlich vergrößert wird). Das Gegenteil der Expansion ist die Kompression bei der die Temperatur des komprimierten Volumens steigt.

Um Spuren über einen längeren Zeitraum beobachten zu können ist eine kontinuierliche Nebelkammer notwendig (Diffusionskammer). Diese wurde von Alexander Langsdorf im Jahr 1936 erfunden.

In dem folgenden Hauptteil werde Ich die Funktionsweise einer solchen Diffusionskammer beschreiben und erklären. Den Aufbau und die Funktionsweise einer kontinuierlichen Diffusionskammer werde Ich am Beispiel einer selbstgebauten Kammer zeigen.

## Wie funktioniert eine Nebelkammer?

In unserer natürlichen Umgebung sind wir immer einer relativ geringen, jedoch nachweisbaren Hintergrundstrahlung ausgesetzt. Die radioaktive Strahlung ist so energiereich das sie in der Lage ist Elektronen von Atomen lösen.

Die Trennung eines oder mehrerer Elektronen vom Atomkern nennt sich Ionisation, daher auch ionisierende Strahlung. Da den sonst neutralen Atomkernen nun ein oder mehrere Elektronen fehlen sind die Atomkerne positiv geladen.

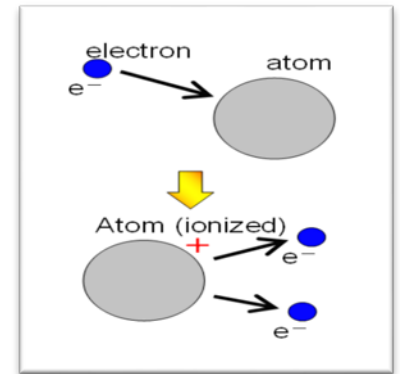


Abb. 1): Ionisation

In der Nebelkammer wird nun Alkohol verdampft. Die Bodenplatte der Kammer wird stark heruntergekühlt, so dass wir direkt über der kalten Platte den Alkoholdampf als übersättigte Nebelschicht sehen.

Die durch Ionisation positiv geladenen Atomkerne dienen in dieser Nebelschicht als Kondensationskerne, da sich die Alkoholmoleküle um den Kern sammeln. Diese Ansammlung von kondensierten Alkoholtröpfchen ist nun sichtbar. Entlang der Bahn der Ionisierenden Strahlung sind nun die kondensierten Alkoholtröpfchen als Kondensstreifen zu erkennen.

Nach diesem Prinzip lässt sich relativ einfach ionisierende Strahlung nachweisen. Um welche Strahlung es sich genau handelt kann man durch die Analyse der entstandenen Kondensstreifen bestimmen.

## Bestandteile der Selbstbaukammer

### Kühlung:

Um den Boden der Kammer herunter zu kühlen haben wir 16 Peltierelemente in der Anordnung 4x4 verwendet. Der Boden der Kammer besteht aus einer schwarz eloxierten Aluplatte mit der Stärke 2mm. Die Platte wird später auf die mit Wärmeleitpaste bestrichene Kaltseite der Peltierelemente fixiert.

Die Peltierelemente werden von 3 Computernetzteilen mit jeweils 12 Volt versorgt. Damit die Peltierelemente nicht durch zu hohen Strom beschädigt werden wurde vor jedes Peltierelement eine Sicherung mit maximal 6 A geschaltet.



**Bild 1): vorne: Zulauf; hinten: Ablauf;**

Die warme Seite der Peltierelemente wurde mithilfe von 2 kleinen Tropfen Hitzeresistentem Kleber auf einer 4mm starken Aluplatte angebracht. Für eine bessere Wärmeableitung wurde auf die Auflagefläche der Peltierelemente zuvor Wärmeleitpaste aufgetragen. Damit die Aluplatte ebenfalls herunter gekühlt wird haben wir in derselben Anordnung wie bei den Peltierelementen auf die andere Seite der Aluplatte 16 Kühlrippen angebracht. Um die Aluplatte herum haben wir einen Behälter aus Plexiglas gebaut welcher mit Silikon abgedichtet wurde und als Wasserkühlung für die wärmeableitende Aluplatte dient. Der Behälter bekam seitlich einen Zulauf und auf der anderen Seite einen Ablauf. Die Kühlung wurde nun in einen Holzrahmen gesetzt welcher dann in das Hauptgestell eingebaut wurde.



**Bild 2): Kühlelement im Gestell**

Die Schläuche für den Zulauf und den Ablauf, sowohl auch die Kabel der Peltierelemente führen durch den Boden in das Innere des Gestells, wo sich die Netzteile und die Pumpen für den Wasserlauf und den Isopropanollauf befinden.

Wie auf **Bild 3** zu sehen führen die Schläuche für den Wasserlauf in einen großen Campingkanister mit einer extra großen Öffnung, durch die die Tauchpumpe eingelassen werden kann. An der Rückwand der Kammer sind die Netzteile mit der Lüftung nach außen angebracht. Ebenso sind die 16 Sicherungen für die Peltierelemente nach außen gerichtet, so dass man sie ohne großen Aufwand wechseln kann. (**Bild 4**)



**Bild 3): Gestell mit Blick in den unteren Bereich**



**Bild 4): Rückseite des Gestells mit Lüftung und Sicherungen**

### Heizung/ Isopropanollauf:

In der Nebelkammer soll eine Temperaturdifferenz von mindestens 55 Grad Celsius vorhanden sein. Die minimale Temperatur der Bodenplatte betrug wider Erwarten nur -8 bis -15 Grad Celsius. Um die nötige Temperaturdifferenz erzeugen zu können muss die Kammer oben nun aufgeheizt werden. Außerdem muss das Isopropanol zum Verdampfen gebracht werden. Isopropanol hat einen Siedepunkt von 82,6 Grad Celsius. Für das Verdampfen des Alkohols und das Aufheizen der Kammer haben wir einen Isopropanollauf aus einem Kabelkanal angefertigt. In die Oberseite des Kabelkanals haben wir 6mm Löcher gebohrt, damit der Alkoholdampf austreten kann. Zum Verdampfen wird der Alkohol mit Hilfe eines Konstantandrahtes gebracht, welcher in



**Bild 5): Isopropanollauf mit Löchern**



**Bild 6): Eingebauter Isopropanollauf**

dem Isopropanollauf liegt und über ein externes Netzgerät angesteuert werden kann. Dabei wird zwischen einer Stromstärke von 1-2 Ampere variiert. (meist ca. 1,3 A)

Die Kammer wurde mit 8 cm starkem Styrodur nach außen hin gedämmt. Um Spuren in der Kammer später besser sehen zu können sollten die Wände auch schwarz sein. Dafür haben wir 3mm starke PVC Platten verwendet. In einer fertigen Seitenwand wurde der Isopropanollauf mit dem Heizdraht nun eingebaut. Nachdem die Seitenwand nun eingebaut wurde und der Isopropanollauf noch an den anderen drei Seiten fixiert wurde, war die Heizung fertig.





**Bild 7): Isopropanolzulauf (gelber Schlauch)**

Das Isopropanol wird mit einer Schlauchpumpe durch einen Kraftstoffschlauch aus dem unteren Teil der Kammer, wo sich der Isopropanolbehälter befindet, nach oben in den Lauf gepumpt. Der Rücklauf erfolgt aufgrund der leichten Schräge des Isopropanollaufes von alleine durch ein senkrecht in den unteren Teil der Kammer verlaufenden Kabelkanal.

### Beleuchtung:

Die gesättigte Nebelschicht und somit der Bereich in dem die Spuren zu sehen werden sein, soll sich knapp über der kalten Aluplatte bilden. Aus dem Grund haben wir uns entschieden die Beleuchtung ebenfalls knapp über der Aluplatte anzubringen. Hierzu haben wir einen wasserdichten LED Streifen verwendet. Der Streifen wurde an allen vier Wänden 3cm über dem Boden angebracht und mit einem Sichtschutzstreifen

versehen damit der Beobachter nicht geblendet wird.

Der Rest des LED Streifens wurde in den unteren Teil der Kammer geführt um diese auszuleuchten. Der LED Streifen hat einen eigenen 230 V Netzstecker.



**Bild 8): Kammer mit fertiger Beleuchtung und Sichtschutzblende**

### Ionenfang:

Um überschüssige Ionen aus dem Kammervolumen zu entfernen wird ein Ionenfang verwendet. Der Ionenfang ist ein elektrisches Feld in der Kammer durch das die Ionen und somit Kondensationskerne aufgesogen werden. Dies ist notwendig um den übersättigten Zustand des Dampfes in der Kammer zu erhalten.



**Bild 9): Ionenfang am Deckel**

Bei unserer Kammer wurde das elektrische Feld mithilfe von zwei Stücken Konstantan Draht, der sich am Glasdeckel der Kammer befindet, erzeugt, indem an die voneinander getrennten Stücke eine Spannung von 2kV angelegt wurde.

Die wichtigsten Bestandteile der Kammer waren nun verbaut und soweit funktionstüchtig. Jedoch konnten wir leider bei Inbetriebnahme der Kammer keine Spuren erkennen.

Die Kammer bedarf deshalb noch einiger Korrekturen und Erweiterungen.

## Schluss

### Zusammenfassende Beschreibung der Funktionsweise

Ionisierende Strahlung ist so energiereich, dass sie in der Lage ist Elektronen beim Auftreffen auf ein Atom abzuspalten.

Die ionisierten Atomkerne sind nun positiv geladen und können mit der Diffusionskammer nachgewiesen werden.

In der Kammer wird Alkohol in dem Isopropanollauf verdampft. Da man am Boden der Kammer eine deutlich niedrigere Temperatur als oben bei der Verdampfung des Alkohols hat, setzt sich der Alkoholdampf nun über der kalten Platte und bildet eine übersättigte Nebelschicht.

Ionisierte Atomkerne in dieser Schicht dienen als Kondensationskerne an denen sich die Alkoholmoleküle sammeln und Tröpfchen bilden, welche nun für den Beobachter sichtbar sind. Diese Kondensationströpfchen bilden sich entlang der Bahn des jeweiligen ionisierenden Teilchens, woraufhin wir eine sichtbaren Kondensationsstreifen erkennen können. Je nach Eigenschaft der Spur lässt sich das ionisierende Teilchen bestimmen.

Kleine dicke Spuren zum Beispiel entstehen meist durch ionisierende Alpha-Teilchen, lange dünne dagegen durch Beta-Teilchen.

Um überschüssige Ionen abzusaugen und die Übersättigung des Nebels zu erhalten, wird ein Ionenfang verwendet. Der Ionenfang ist ein elektrisches Feld und saugt Ionen auf.

### Probleme

Neben kleineren vorhersehbaren Problemen wie das Abdichten des Wasserkreislaufes oder das Befestigen der eloxierten Aluplatte auf den Peltierelementen, ergab sich gegen Ende der Bauphase ein großes Problem das es uns nicht möglich machte rechtzeitig Spuren mit unserer Kammer nachzuweisen.

Die eingebauten Peltierelemente versagten nach einigen Testdurchläufen woraufhin wir neue bestellen mussten, was uns kostbare Zeit gegen Ende der Arbeitsphase kostete.

Mit den neuen Peltierelementen konnten wir jedoch auch nicht die nötigen Temperaturdifferenz in der Kammer erzeugen. Da es nicht mehr möglich war den Boden der Kammer weiter runterzukühlen mussten wir den oberen Teil der Kammer wärmer bekommen. Dafür haben wir einen weiteren Heizdraht in der Kammer gespannt welcher mit einem weiteren Trafo mit 6A betrieben wurde.

Aufgrund des Zeitlimits ist es uns bis jetzt noch nicht gelungen die erwünschten Spuren von radioaktiven Strahlen sichtbar zu machen und ionisierende Strahlung nachzuweisen.

## Literaturverzeichnis

<http://www.rapp-instruments.de/Radioaktivitaet/cloud-chambers/expansion-chambers/wilson.htm>

<https://www.youtube.com/watch?v=N17HHWmlWho>

<https://www.youtube.com/watch?v=eOIZWajLLDU>

<https://www.youtube.com/watch?v=dH1vqvaZjII>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Ionisation> (Abb1)

<http://docplayer.org/40268052-Bau-einer-diffusionsnebelkammer-und-messungen-mit-digitaler-bildauswertung.html>

<http://lp.uni-goettingen.de/get/text/1803>

<https://www.spektrum.de/lexikon/physik/diffusionsnebelkammer/3077>

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiX876LtLXaAhUGECwKHxsxCV8QFghAMAI&url=http%3A%2F%2Fhpfr03.physik.uni-freiburg.de%2Farbeiten%2Fdiplomarbeiten%2Fstoppel.pdf&usg=AOvVaw13X2291Ux1lpfnbQF-UrrY>

## Selbstständigkeitserklärung

### Versicherung der selbständigen Erarbeitung

Ich versichere, dass ich die vorliegende Arbeit einschließlich evtl. beigefügter Zeichnungen, Kartenskizzen, Darstellungen u. ä. m. selbstständig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken entnommen sind, habe ich in jedem Fall unter genauer Angabe der Quelle deutlich als Entlehnung kenntlich gemacht.

\_\_\_\_\_, den \_\_\_\_\_

(Ort)

(Datum)

\_\_\_\_\_

(Unterschrift)