

# Flammetube - in Erinnerung an Victor Obendrauf

Mit Hilfe von vielen Gasflämmchen werden stehende Schallwellen sichtbar gemacht. Die Wellen werden mithilfe eines Lautsprechers über eine Gummimembran auf die Flammetube übertragen.

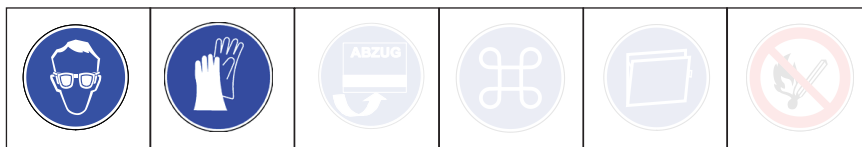
## Hintergrund

Das Flammenrohr oder Flammetube wurde unter Chemikern von Victor Obendrauf (siehe Literaturangabe) populär gemacht. Es ist einer der vielen Versuche im Zusammenspiel von Physik und Chemie.

## Gefahren




## Signalwort: Gefahr



Schutzbrille tragen. Gummimembran vor jeder Durchführung auf Risse kontrollieren. Auf sicheren Stand des Rohres achten. Bei Räumen mit Temperaturmelder darauf achten, dass die Flammetube nicht zu lange in Betrieb ist, da durch die vielen Flammen eine große Wärmeentwicklung stattfindet und ein Alarm ausgelöst werden kann. Erdgas und Propan ist ein extrem entzündliches Gas. Propangas in Druckgasflaschen steht unter Druck und kann bei Erwärmung der Flasche explodieren.

## Chemikalien

Erdgas H220  P210 P377 P381 P403

Propan (alternativ) H220 H280   P210 P377 P381 P403

## Materialien

Kupferrohr, 2,50 m, 5 cm Ø  
 Ständerbohrmaschine mit Metallbohrer, 1,5 mm  
 Metallfeile  
 Nitrilhandschuh als Gummimembran  
 Klebeband  
 Tongenerator  
 Lautsprecher  
 Propangasflasche mit Druckregler  
 Gummistopfen, 5 cm Ø, mit Bohrung für 8 mm Glasrohr  
 8 mm Glasrohr  
 Gasschlauch mit Schlauchschelle

# Flammetube - in Erinnerung an Victor Obendrauf

## Vorbereitende Arbeiten

1. Das Kupferrohr wird mit Bohrungen versehen, die alle in einer Linie mit einem Abstand von 2,5 cm angebracht werden. Der Durchmesser beträgt 1,5 mm. Am Rohrende jeweils einen Abstand von 10 cm ohne Bohrungen frei lassen.
2. Das Rohrende, auf das die Gummimembran angebracht wird, wird mit der Metallfeile von scharfen Kanten befreit.
3. Den Handschuh aufschneiden, Rohrende mit der Gummimembran abdecken und mit Klebeband fixieren. Auf Spannung achten.
4. Gasschlauch vorbereiten, auf das Glasrohr aufstecken und mit einer Schlauchschelle absichern.

## Durchführung

1. Gummimembran auf Risse kontrollieren, bei Rissen muss sie ausgetauscht werden.
2. Das andere Rohrende wird mit dem Gummistopfen, der mit einem Glasrohr versehen ist, verschlossen. Das Glasrohr dient der Zuleitung des Brenngases.
3. Kupferrohr so aufstellen, dass die Bohrungen nach oben weisen, auf sicheren Stand des Rohres achten.
4. Gaszufuhr öffnen, Rohr durchspülen und kurz danach das Gas entzünden. Bei Bedarf die Gaszufuhr regeln (Quetschhahn bei Erdgas oder Druckregler bei Propangas).
5. Lautsprecher direkt vor der Membran plazieren und über einen Tonerzeuger verschiedene Töne abspielen.

## Beobachtung

Je nach Tonfrequenz findet man das Wellenmuster zusammengedrängt oder in die Länge gezogen. Die maximale Höhe der Flammen ist von der Lautstärke abhängig.



## Erklärung

Victor Obendrauf schreibt in seinem Artikel „Pyroschrift und Sprudelsäulen“ (siehe Literaturangabe):

*Normale Schallwellen stellen periodische Folgen von Druckänderungen dar. Es handelt sich also um Verdichtungen und Verdünnungen der Luft. Die einzelnen Moleküle des Mediums bewegen sich dabei parallel zur Ausbreitungsrichtung der Wellen (longitudinale Wellen). Jedes Molekül gibt beim Stoß etwas Energie an das Nachbarmolekül weiter. Die Moleküle verändern dabei ihren Ort durch den Einfluss der Schallquelle letztlich nicht. Unabhängig davon folgen die Teilchen natürlich sämtlichen Freiheitsgraden der thermischen Bewegung. ...*

*Die Frequenz einer Schallwelle gibt an, wie oft pro Sekunde ein Wellenberg (Ort der maximalen Luft-Verdichtung) einen gegebenen Punkt passiert. Den Abstand zwischen zwei aufeinanderfolgenden Wellenbergen bezeichnet man als Wellenlänge.*

# Flammetube - in Erinnerung an Victor Obendrauf

---

Das Produkt aus Wellenlänge ( $\lambda$ ) und Frequenz ( $f$ ) einer Welle ist stets gleich der Ausbreitungsgeschwindigkeit  $v$ :

$$v = f \times \lambda$$

Diese Schallgeschwindigkeit ist für alle Frequenzen gleich groß, solange sich der Schall im gleichen Medium mit derselben Dichte ausbreitet. Die Wellenlänge des Kammertones  $a_1$  (mit  $f = 440$  Hertz) beträgt rund 0,76 m, der um eine Oktave höhere Ton  $a_2$  hat eine Wellenlänge von etwa 0,38 Meter. ...

Die Flame-Tube wird in physikalischen Praktika nun häufig dazu verwendet, um die gut sichtbaren Wellenlängen bei vorgegebener Sinus-Frequenz abzumessen und daraus die Schallgeschwindigkeit (in Propangas) mit obiger Gleichung zu ermitteln. Die periodischen Verdichtungen des Propangases in der Flame-Tube sind deshalb gut erkennbar, weil die Gasflämmchen an den in einer Reihe gebohrten Gasaustrittsöffnungen durch den unterschiedlichen Gasdruck unterschiedlich groß ausfallen. ...

Wenn keine quantitativen Betrachtungen angestellt werden und (fast) nur der Effekt zählt, hat sich ein Synthesizer-Keyboard als Schallquelle bewährt. Ausgehend von einem zur FlameTube-Länge passenden Grundton können mit Hilfe der zugehörigen Oktaven nach oben und nach unten recht gut die Halbierung bzw. Verdoppelung der Wellenlänge gezeigt werden.

## Eigene Bauerfahrung

Die Flammetube wurde von den Schülern Jonas Pfannes, Leonhard Pirkl und Philipp Staudt, Teilnehmer des Kurses Biologisch-Chemisches Praktikum am Armin-Knab-Gymnasium, Kitzingen, nachgebaut.

Dabei hat sich das handelsübliche Kupferrohr mit einem relativ geringen Durchmesser von 5,00 cm bewährt. Obendrauf gibt Durchmesser von 10,00 cm an, z.B. Ofenrohre. Durch den kleineren Durchmesser findet man noch Stopfen, mit denen man die Öffnung verschließen und die Gaszufuhr anbringen kann. Dadurch spart man sich die Lötarbeiten, die sonst vorgeschlagen werden (Anbringen der Gaszufuhr in der Mitte des Rohres).

Auf die Schönheit der Flammenwellen hat der kleinere Rohrdurchmesser keinen Einfluss. Wie im Bild zu erkennen gibt es auch keine Größenunterschiede in den Maxima, wenn man das linke und das rechte Ende vergleicht.

Der Durchmesser der Bohrungen wird in der Literatur mit maximal 1,00 mm angegeben, in der beschriebenen Ausführung liegt er aber bei 1,5 mm. Bohrungen mit diesem Durchmesser sind leichter in das Kupferrohr anzubringen als die mit kleinerem Durchmesser, der Bohrer bricht viel seltener ab. Das Anbringen der etwa 100 Bohrungen hat etwa 30 Minuten Zeit benötigt.

Der als Membran aufgeschnittene Nitrilhandschuh ist viel strapazierfähiger als z.B. Latex-Handschuhe oder Luftballons.

Die Länge von 2,50 m ist grenzwertig, was den Transport in einem PKW betrifft.

Was die Gruppe auf jedenfall bestätigen kann, der Versuch ist unter dem Titel *Chemie und Edutainment* gut aufgehoben. Der Experimentator, der diesen Versuch durchführt, ist sich der Bewunderung des Publikums sicher. Ein wunderschönes, fächerübergreifendes *Edutainment*.

## Entsorgung

Es fällt kein Abfall an.

## Literatur

Victor Obendrauf: Chemie und Edutainment III „Pyroschrift und Sprudelsäulen“. Chem. Sch. (Salzbg.) 17 (2002), Nr. 3. Abrufbar unter: <http://schulen.eduhi.at/chemie/pdf/edu3.pdf>