

# Vorlage für Beiträge zum Praxishandbuch "Lust auf MINT"

## 1. Experiment-Titel: Kelvingenerator

### 2. Einleitung:

Ein Kelvingenerator erzeugt Hochspannung – lediglich durch herabfallende Wassertropfen. Die Tropfen fallen durch eine Anordnung von Ringen und Dosen. Eine äußere Spannungsquelle wird nicht benötigt. Mit dem Kelvingenerator lassen sich Funkenübersprünge und kleine Lichteffekte in Energiesparlampen erzeugen.

### Bauanleitung:

Die Bauanleitung für den Kelvingenerator besteht aus folgenden Teilen:

1. Die Bauanleitung mit beiliegenden Bauplänen.
2. Die zu der Bauanleitung gehörenden Bilder.

### Versuche:

1. Stelle sicher, dass das Wasser möglichst mittig durch die Ringe läuft und sich die Tropfen irgendwo im Bereich des Ringes aus dem Wasserstrahl abschnüren. Beobachte die unterhalb des Ringes herabfallenden Wassertropfen. Was kannst du nach einer Weile sehen?
2. Anfangs hörst du die einzelnen Tropfen in die Dose fallen. Nach einer Weile ändert sich das Geräusch. Was hörst du? An was könnte das liegen?
3. Klemme zwei dünne Aluminiumstreifen mit einer Büroklammer an einen der Ringe. Die Streifen sollen herabhängen aber nichts anderes als den Ring berühren. Was beobachtest du, nachdem der Generator eine Weile gelaufen ist?
4. Stecke zwei Nadeln schräg in das Styropor, sodass sich ihre Köpfe in einem Abstand von ungefähr 2 mm voneinander befinden. Verbinde jede Nadel mit jeweils einem Kabel, das zu den Aluminiumfolienplatten, auf denen die Dosen stehen, führt. Was passiert, nachdem der Kelvingenerator eine Zeit lang gelaufen ist?
5. Benutze wieder die beiden Kabel, die mit den beiden Dosen verbunden sind. Lege eine Energiesparlampe auf die Styroporplatte und führe die Klemmen der beiden Kabel in einem Abstand zueinander an das Glas der Lampe. Was kannst du beobachten?
6. Miss mit einer Stoppuhr, wie lange der Generator für das Aufladen braucht. Dies geht am Besten, indem du den Generator zunächst einmal aufladen lässt. Dann, wenn der Generator das erste Mal aufgeladen ist, entlade ihn durch gleichzeitiges Berühren des linken und des rechten Ringes. Miss von jetzt ab die Zeit bis das Tröpfelgeräusch immer leiser geworden ist und sich nicht mehr verändert. Notiere dir dann die Zeiten für mehrere solcher Zyklen. Gebe anschließend einige Esslöffel Salz in das Experimentierwasser und führe denselben Versuch nochmals durch. Verändern sich die Zeiten? Warum?

## 3. Anleitung: Kelvingenerator

### Materialliste:

#### Aus dem Baumarkt

- 1 Styroporplatte 1m x 0,5 m, 6 cm Dicke (1,60 €)
- 2 HT-Abwasserrohre aus Kunststoff (PP) DN40x1,8 mit 40 mm Durchmesser und ca. 20 cm Länge (jeweils 0,75 €)

- 2 HT-Muffenstopfen passend für das DN40x1,8 Rohr (je 0,40 €)
- 1 HT-Abwasserrohr DN75x1,9 mit 75 mm Durchmesser und ca. 50 cm Länge (1,30 €)
- 2 Rohrnippel 5/4-Zoll (ca. 42 mm Durchmesser) mit 60 mm Länge (je 2,30 €)
- 2 Rohrschellen für 5/4-Zoll Rohre mit seitlicher M8-Schrauben-Aufnahme (je 0,90 €)
- 2 M8x20 –Schrauben (0,40 €)
- 4 M8 Muttern (0,60 €)
- 0,3 m Messingrohr mit 4 mm Außendurchmesser (meist aber nur in der Länge 1 m erhältlich)  
(2,10 €)
- 1 Dichtring 3/8 Zoll Hahnscheibe (meist als Sortiment) (1,89 €)
- Etwas Kraftkleber

#### **Aus der Zoohandlung**

- 0,5 m Aquaristikschauch mit 5-6 mm Außendurchmesser (passend zum Absperrhahn und zum Messingrohr)(0,50 €)
- 2 Wege Absperrhahn 4/6mm von Dohse-Aquaristik (Art.-Nr.:63340 ) oder von europet bernina (Art.-Nr.:224-103371) (2,00 - 6,00 €)

#### **Aus dem Elektrohandel (z.B. Conrad, Voelkner)**

- 1 Set Krokodilklemmen (ca. 3,00 €)
- Bestell-Nr. Conrad: 108489-62  
Bestell-Nr. Voelkner: Q76160

#### **Aus dem Supermarkt**

- 1 1l Mehrwegkunststoffflasche
- 2 unbeschichtete Dosen (z.B. Ananas-Dosen)
- Etwas Aluminiumfolie
- Etwas Paketklebeband

#### **Werkzeugliste:**

- 1 Bohrmaschine
- 1 4 mm-Bohrer (egal ob Holz- oder Metallbohrer)
- 1 8 mm-Bohrer (egal ob Holz- oder Metallbohrer)
- 1 Lochschneider mit 40 mm Durchmesser
- 1 Metallsäge
- 1 Cuttermesser
- 1 Schere

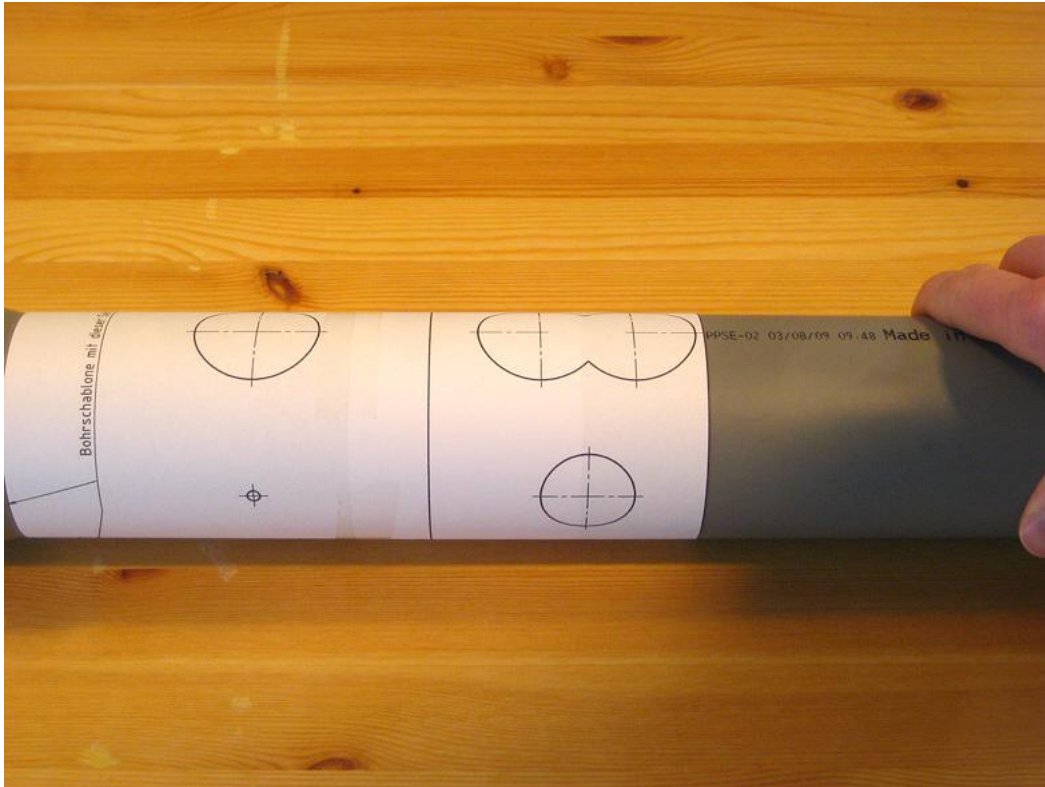
#### **Aufbauanleitung:**

Beim Aufbauen dieses Versuches arbeitet man mit einem Lochschneider, Cuttermesser und einer Säge. Die Durchführung des Aufbaus geschieht auf eigene Gefahr. Falls du unsicher bist, ob du den Aufbau selbst ausführen kannst, dann hole dir Hilfe von jemandem, der dazu in der Lage ist. Der Autor haftet nicht für eventuelle Schäden und Verletzungen.

### **1. Vorbereitung**

1.1. Füge die beiden Teile der Bohrschablone zusammen und schneide sie an der schwarzen Linie aus.

1.2. Befestige wie im Bild 1 die Bohrschablone mit etwas Klebeband am Hals des 75mm-Rohrs.



## 2. Standrohr

**Achtung:** Das Bohren mit dem 40mm-Lochschneider ist nicht ganz ungefährlich. Achte darauf, dass der Schneider fest im Bohrfutter sitzt. Es ist wichtig, dass das Rohr, in das du hineinbohrst, immer fixiert liegt und sich nicht frei bewegen kann. Am Besten geht es, wenn du auf dem Boden kniest und das Rohr zwischen deinen Beinen fixiert liegt. Das Loch, das du bohren willst, sollte sich vor deinen Knien befinden. Halte beim Bohren die Bohrmaschine mit beiden Händen fest.

2.1. Lege das Rohr zwischen deine Beine und bohre mit dem 4 mm-Bohrer in die Zentren aller angezeichneten Löcher (Bild 2).



2.2. Wechsle auf den Lochschneider. Halte das Rohr wieder mit deinen Beinen fest und bohre die großen Löcher. Lass den Bohrer ein wenig anlaufen bevor du ihn langsam und vorsichtig auf das Rohr aufsetzt (Bild 3).



2.3. Mit dem Cuttermesser kannst du vorsichtig die Kunststoffreste abnehmen und auf diese Weise die Kanten entgraten (Bild 4).



### 3. Zulaufsystem

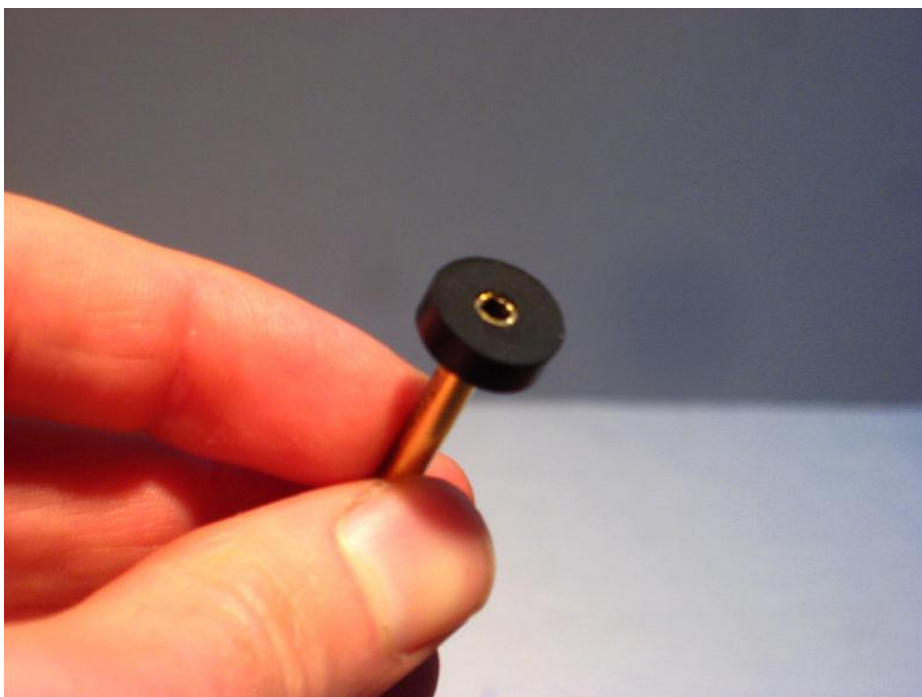
3.1. Schneide vom Kunststoffschlauch die auf dem Bauplan gezeigten Stücke ab. Säge ebenso die entsprechenden Stücke vom Messingrohr ab.

3.2. Nimm den 4mm-Bohrer und bohre ein Loch mittig in den Deckel der Flasche (Bild 5).





3.3. Schiebe das Messingrohrstück so durch den Deckel, dass 25 mm des Röhrchens unterhalb des Deckels heraussehen. Dann setze von der anderen Seite das Dichtungsstück dagegen. Das Röhrchen und das Dichtungsstück sollen bündig miteinander abschließen wie im Bauplan gezeigt (Bild 6).

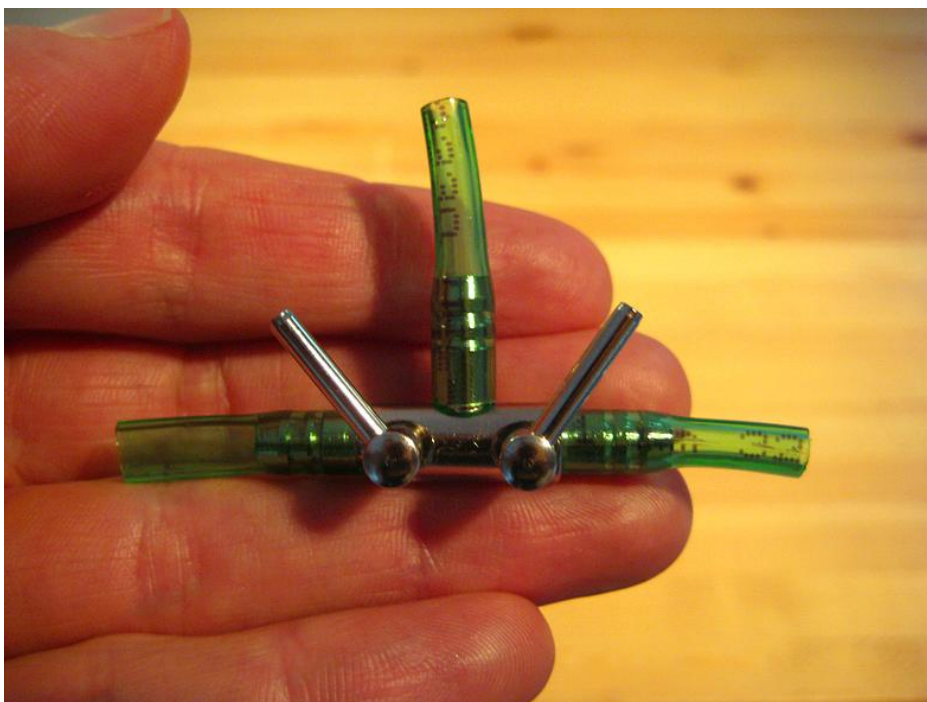


3.4. Fülle anschließend den Deckel soweit mit Klebstoff auf, dass das Dichtungsstück von allen Seiten mit Klebstoff umgeben ist (Bild 7). Lasse den Klebstoff trocknen.



3.5. Säge das untere Ende der Flasche ab.

3.6. Verbinde das Verteilerstück mit den im Bauplan gezeigten Kunststoffschläuchen (Bild 8).



3.7. Verbinde das Messingrohr, das aus dem Deckel ragt, mit dem Kunststoffschlauch des Verteilers (Bild 9).



3.8. Stecke die beiden langen Messingröhrchen durch die kleinen Löcher in der Standröhre.

3.9. Stecke die Flasche mit dem Verschluss nach unten in die Standröhre und verbinde die beiden Kunststoffschläuche mit den Messingröhrchen. Dies ist ein wenig knifflig und dauert seine Zeit (Bild 10).





#### 4. Ringhalterungen

4.1. Säge die beiden 40mm-Röhren nach 15 Zentimetern von der Seite mit dem aufgedickten Ende ausgehend ab (Bild 11). Siehe dazu auch den Bauplan.



4.2. Stecke die beiden 40mm-Röhren durch die beiden seitlichen Löcher in das Standrohr, dass sie sich genau in der Mitte treffen.

4.3. Nimm einen Streifen Klebeband von ungefähr 15 cm Länge und verbinde die beiden Röhren miteinander. Am einfachsten geht es, wenn man das Klebeband ansetzt und dann die beiden Röhren nach hinten dreht (Bild 12/13).



4.4. Bohre wie im Bauplan gezeigt mit dem 8mm-Bohrer jeweils ein Loch in die Mitte der beiden Stopfen (Bild 14).



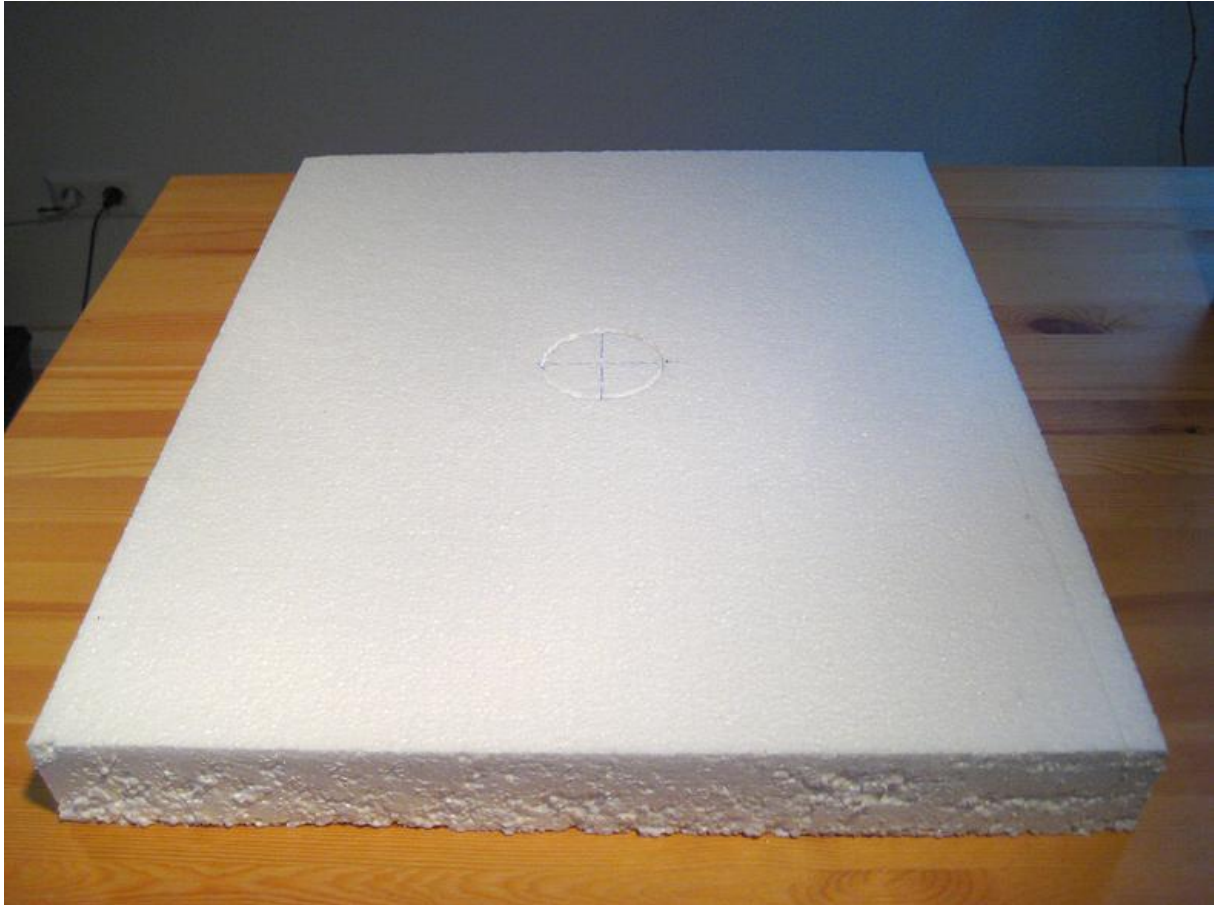
4.5. Setze nun die Rohrschelle mit dem Rohr und die Schraube mit den beiden Muttern wie im Bauplan gezeigt zusammen (Bild 15).





## 5. Styroporplatte

5.1. Setze das Standrohr mit der dickeren Seite nach oben auf die Mitte der Styroporplatte. Nimm einen Stift und zeichne den Rand des Rohres nach (Bild 16).

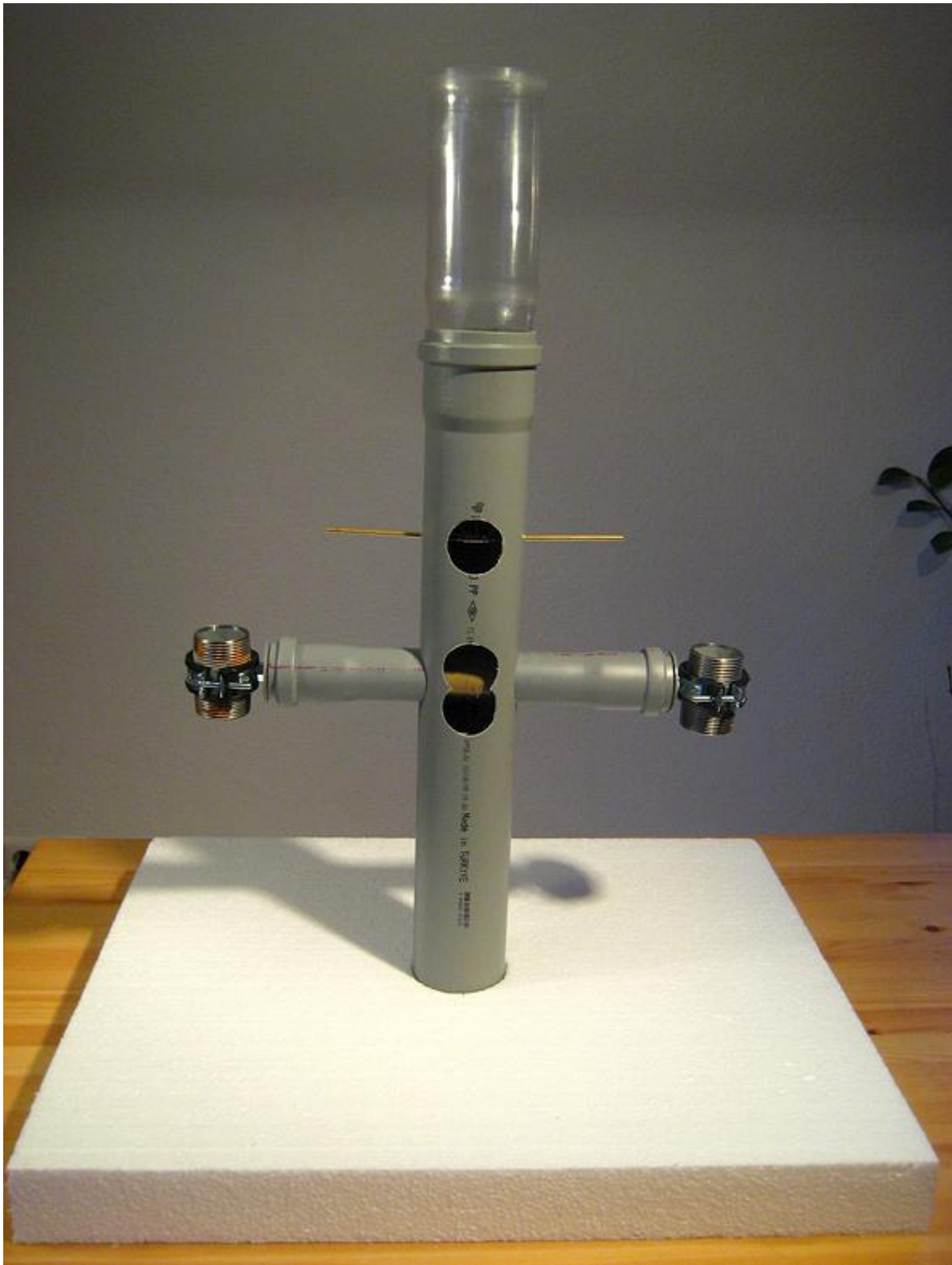


5.2. Schneide mit dem Cuttermesser den gezeichneten Kreis aus und setze das Rohr hinein.

#### **6. Der restliche Zusammenbau**

6.1. Stelle den Aufbau an einen Ort, wo herumspritzendes Wasser keine Probleme bereitet.

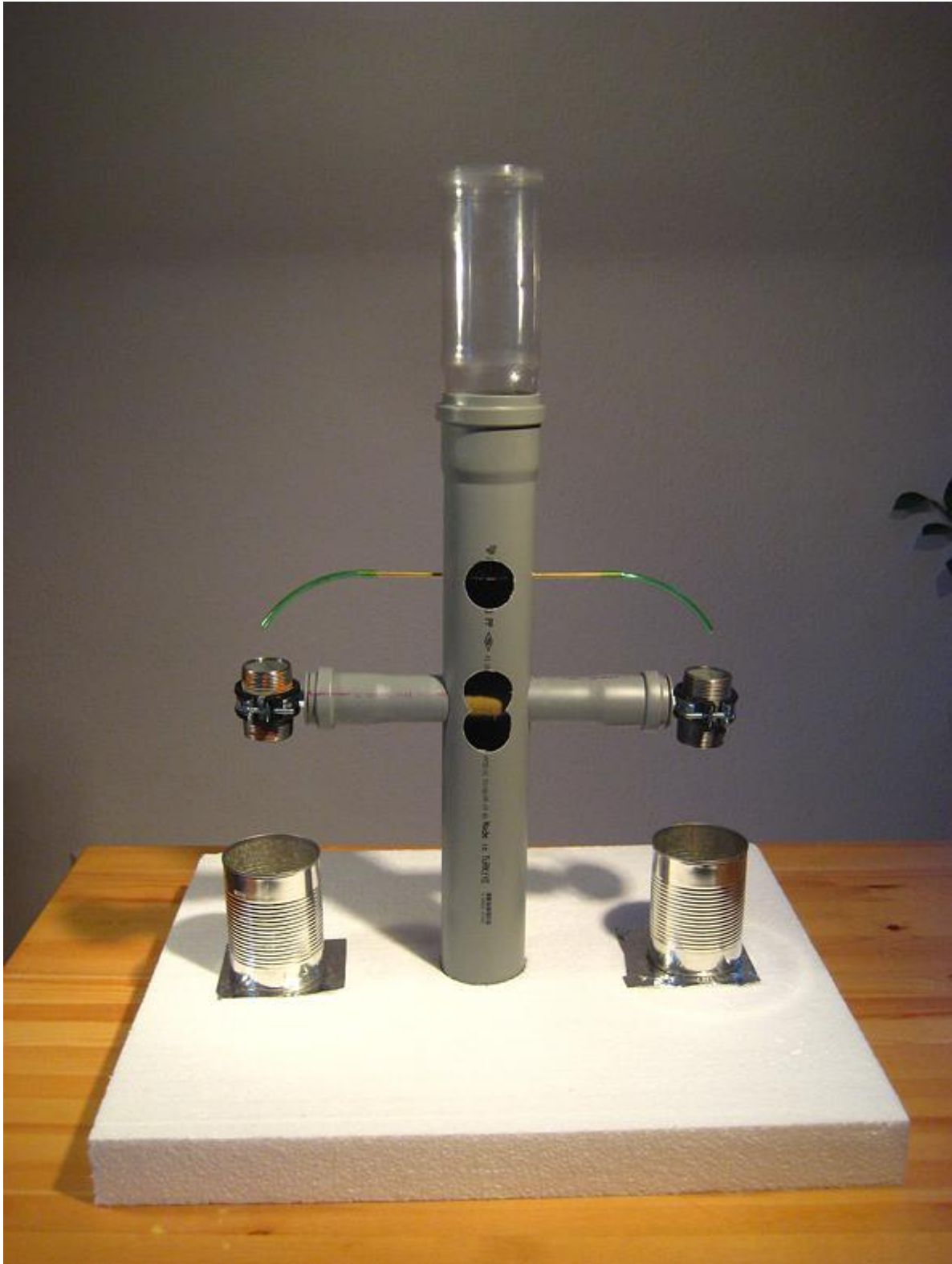
6.2. Setze die beiden Stopfen mit den Ringen in die 40mm-Rohre ein (Bild 17).



6.3. Schneide aus der Aluminiumfolie zwei Stücke von jeweils ungefähr 10x10 cm und stelle die Dosen darauf.

6.4. Richte die Dosen so aus, dass sie sich direkt unter den Ringen befinden.

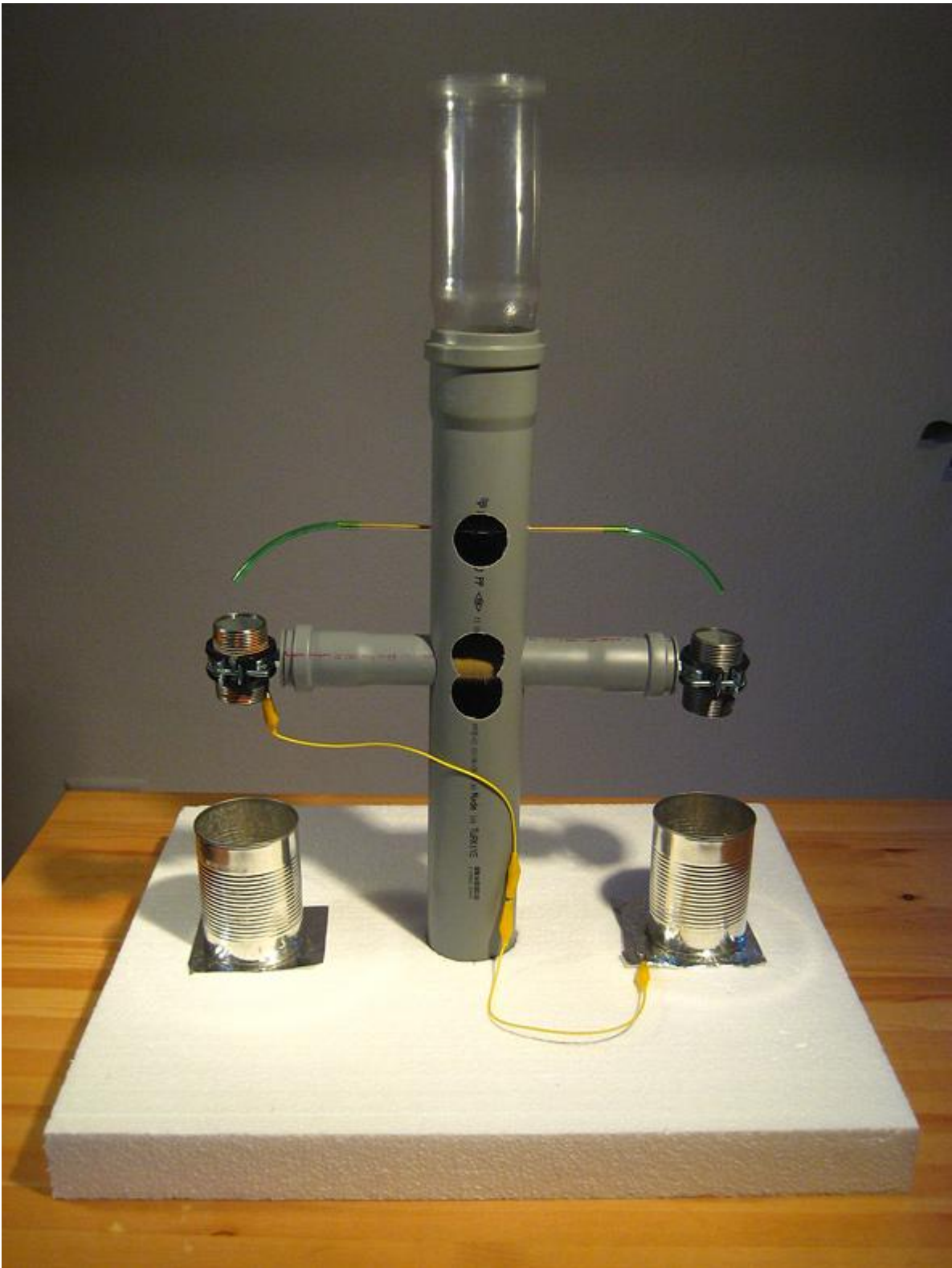
6.5. Dann positioniere die beiden gekrümmten Schläuche so, dass sie sich ebenfalls mittig über den Ringen befinden (Bild 18).

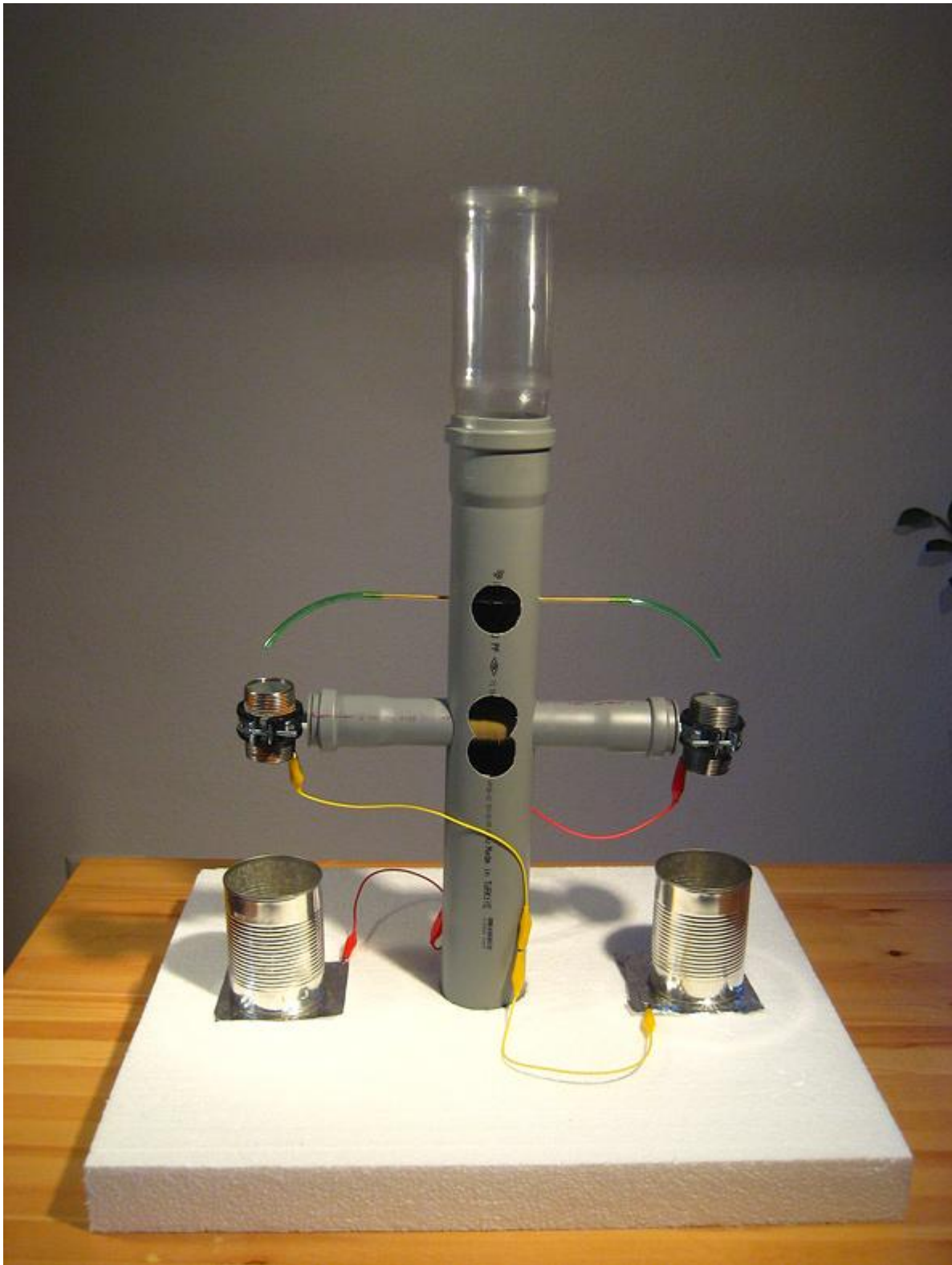


6.6. Verbinde nun die linke Alufolie mit dem rechten Ring und die rechte Alufolie mit dem linken Ring. Achte darauf, dass sich die Kabel nicht berühren. Führe am Besten das eine vor



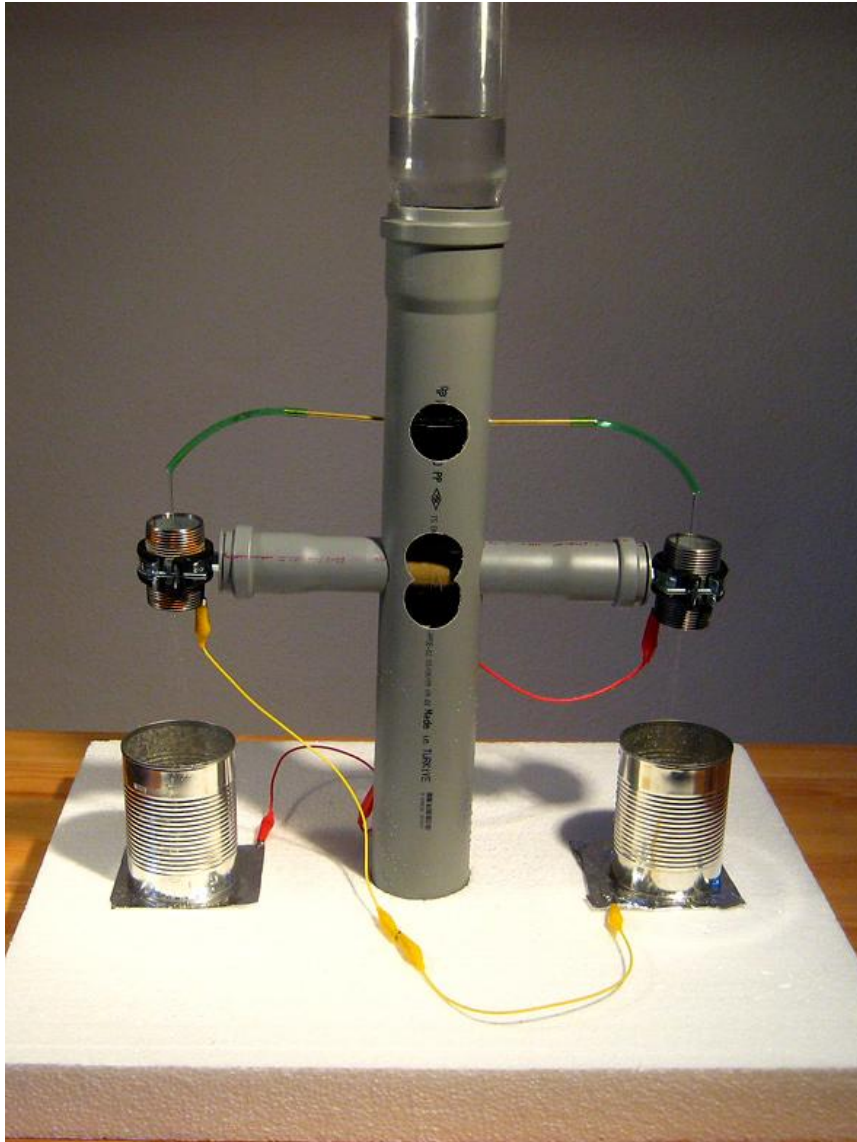
und das andere hinter der Standröhre um den Generator. Möglicherweise sind die Kabel ein wenig zu kurz, in diesem Fall verbinde einfach zwei kurze Kabel zu einem langen (Bilder 19/20).





6.7. Fülle nun Wasser in die Flasche und stelle die beiden Stellhebel des Verteilers so ein, dass das Wasser einerseits aus den Schläuchen fließt, sich andererseits aber Tropfen im Bereich des Ringes bilden. Nach etwas Herumprobieren wirst du die richtige Einstellung finden.

6.8. Wenn alles richtig isoliert ist, sollte sich nach 10 bis 20 Sekunden das Tropfgeräusch verändern. Wenn du nun einen der Ringe mit deinem Finger berührst solltest du einen kleinen Blitz sehen und ein Knacken hören. Der Kelvingenerator lädt sich auf (Bilder 21/22/23).









#### 4. Ergebnisdokumentation und Erklärung:

Erklärung:

Es gibt positive und negative Ladungen, wobei sich positive und negative Ladungen gegenseitig anziehen, gleiche Ladungen hingegen abstoßen. Im Wasser sind solche Ladungen vorhanden.

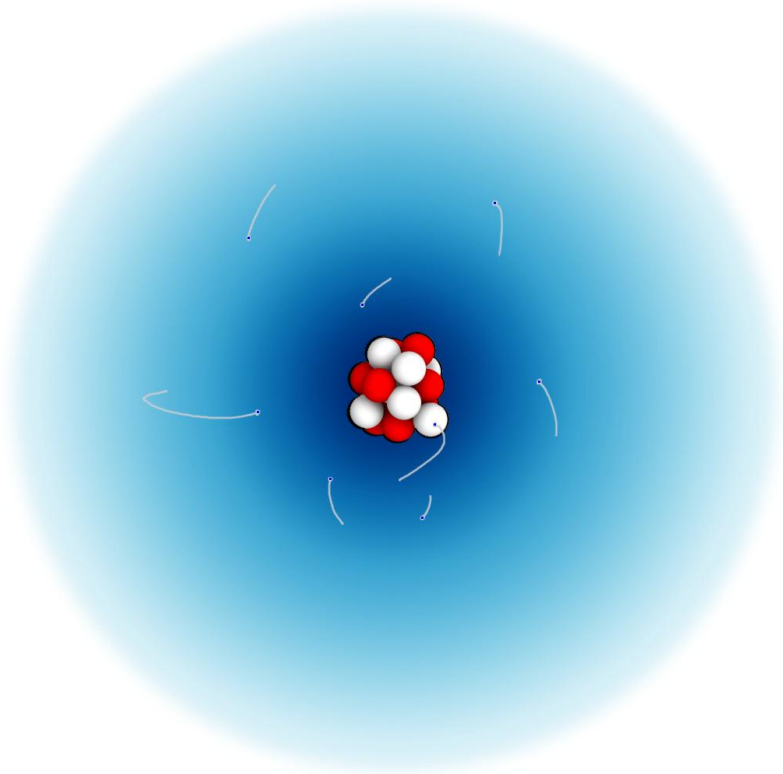
Der linke Ring und die rechte Dose des Generators sind miteinander leitend verbunden, ebenso der rechte Ring und die linke Dose. Tropft nun das Wasser in die Dosen, entsteht durch Zufall ein Ladungsungleichgewicht zwischen den beiden Dosen.

Ist die linke Dose ein wenig negativ aufgeladen, dann ist der rechte Ring ebenso geladen. Die positiven Ladungen im Wasserstrahl werden in Richtung des Bereichs der Tropfenbildung gezogen.

Die negativen Ladungen werden den Strahl hinauf zurückgestoßen. In der Folge fallen positiv geladene Tropfen in den rechten Becher, dieser lädt den linken Ring auf, und der Spannungsunterschied beginnt sich schnell aufzuschaukeln. Spannungen von einigen Tausend Volt entstehen.

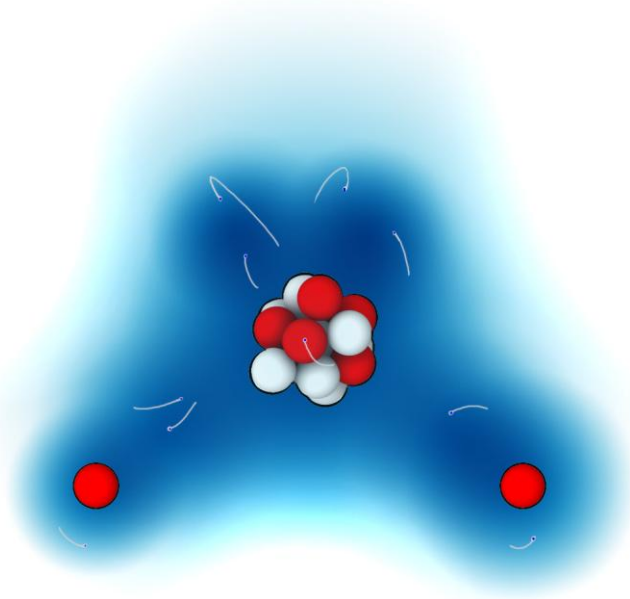
Materie besteht aus Atomen. Diese Atome bestehen wiederum aus einem positiv geladenen Atomkern und den negativ geladenen Elektronen, die sich rasend schnell um den Kern herumbewegen. Der Atomkern besteht aus den positiv geladenen Protonen und den Neutronen, die keine Ladung aufweisen.

Von außen betrachtet ist ein Atom elektrisch neutral, da sich die positiven Ladungen des Kerns und die negativen Ladungen der Elektronen gerade ausgleichen. Entfernt man ein Elektron oder fügt man eines hinzu, ist das Atom nicht mehr neutral, sondern positiv oder negativ geladen. Man spricht dann von einem Ion.

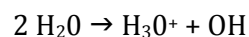


In dem Bild ist ein Sauerstoffatom abgebildet. Es besitzt 8 Protonen im Atomkern, die hier rot eingezeichnet sind. Die 8 Neutronen sind weiß markiert. Um den Kern bewegen sich 8 Elektronen, die als kleine blaue Punkte dargestellt sind.

Ein Molekül wiederum besteht aus mehreren Atomen. Die Elektronen der einzelnen Atome bewegen sich nun um alle Atomkerne des gesamten Moleküls. Durch diese Bewegung der Elektronen um die Kerne wird das Molekül zusammengehalten. So auch beim Wassermolekül H<sub>2</sub>O, das aus zwei Wasserstoff- und einem Sauerstoffatom besteht. Insgesamt besitzt es 10 negativ geladene Elektronen und in den drei Kernen 10 positiv geladene Protonen.



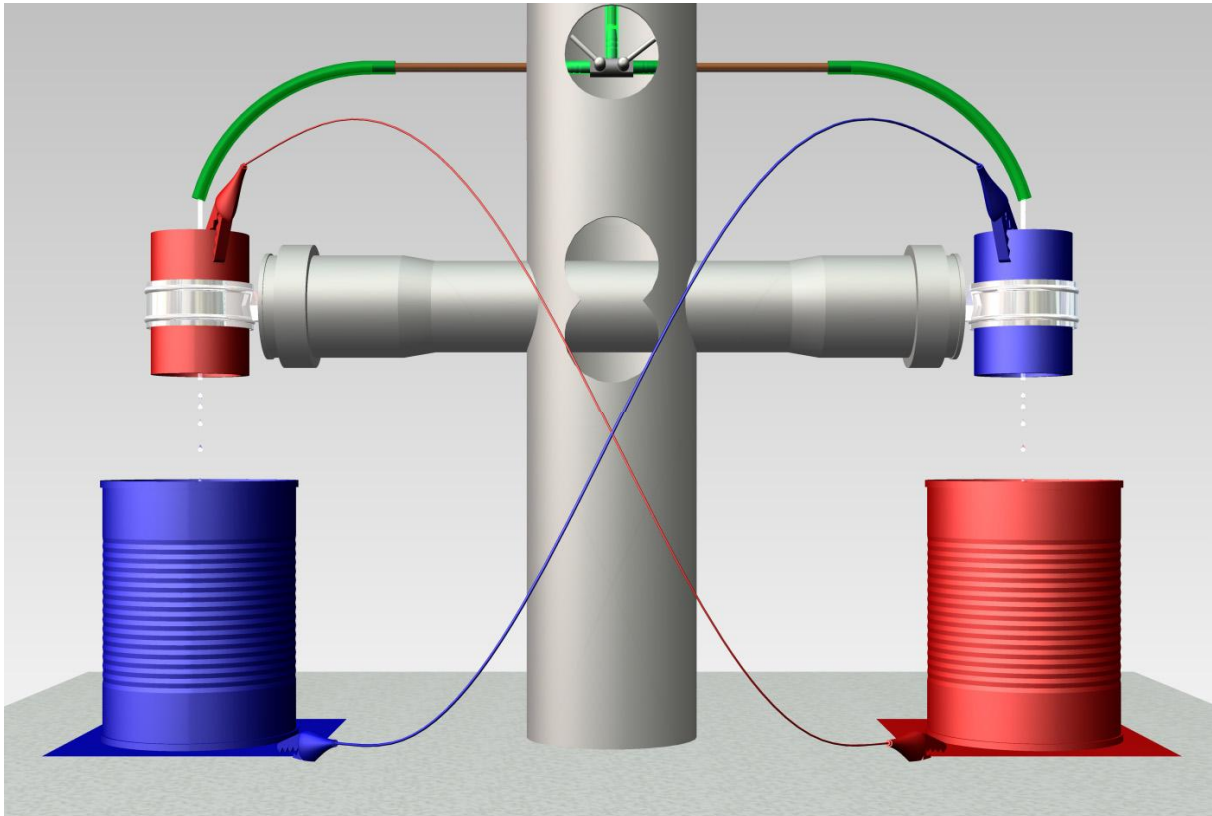
Gelegentlich kann es vorkommen, dass ein solches Molekül trotz seiner stabilen Bindung zerbricht. Ein Wassermolekül zerfällt dabei in zwei Ionen. Ein Ion besteht aus dem Sauerstoff und einem Wasserstoffatom und ist negativ geladen. Das andere Wasserstoffatom ist positiv geladen und geht eine Bindung mit einem zweiten Wassermolekül ein. Die vollständige Reaktion lautet dann:



Im Wasser zerfallen ständig einzelne Moleküle in elektrisch geladene Ionen. Aus diesen Ionen entstehen aber nach und nach wieder neue Wassermoleküle, sodass die Anzahl an Ionen im Wasser konstant bleibt. So kommt auf ungefähr 300 Millionen Wassermoleküle ein Ion. Da ein Ion elektrische Ladung trägt, reagiert es auch auf elektrische Felder. Ist eine Platte mit Elektronen aufgeladen, ihre Ladung also negativ, werden negativ geladene Teilchen schon von weitem abgestoßen und positiv geladene Teilchen angezogen. Das ist, als versuche man zwei Magnete zunächst mit denselben Polen und dann mit verschiedenen Polen aufeinander zu bewegen.

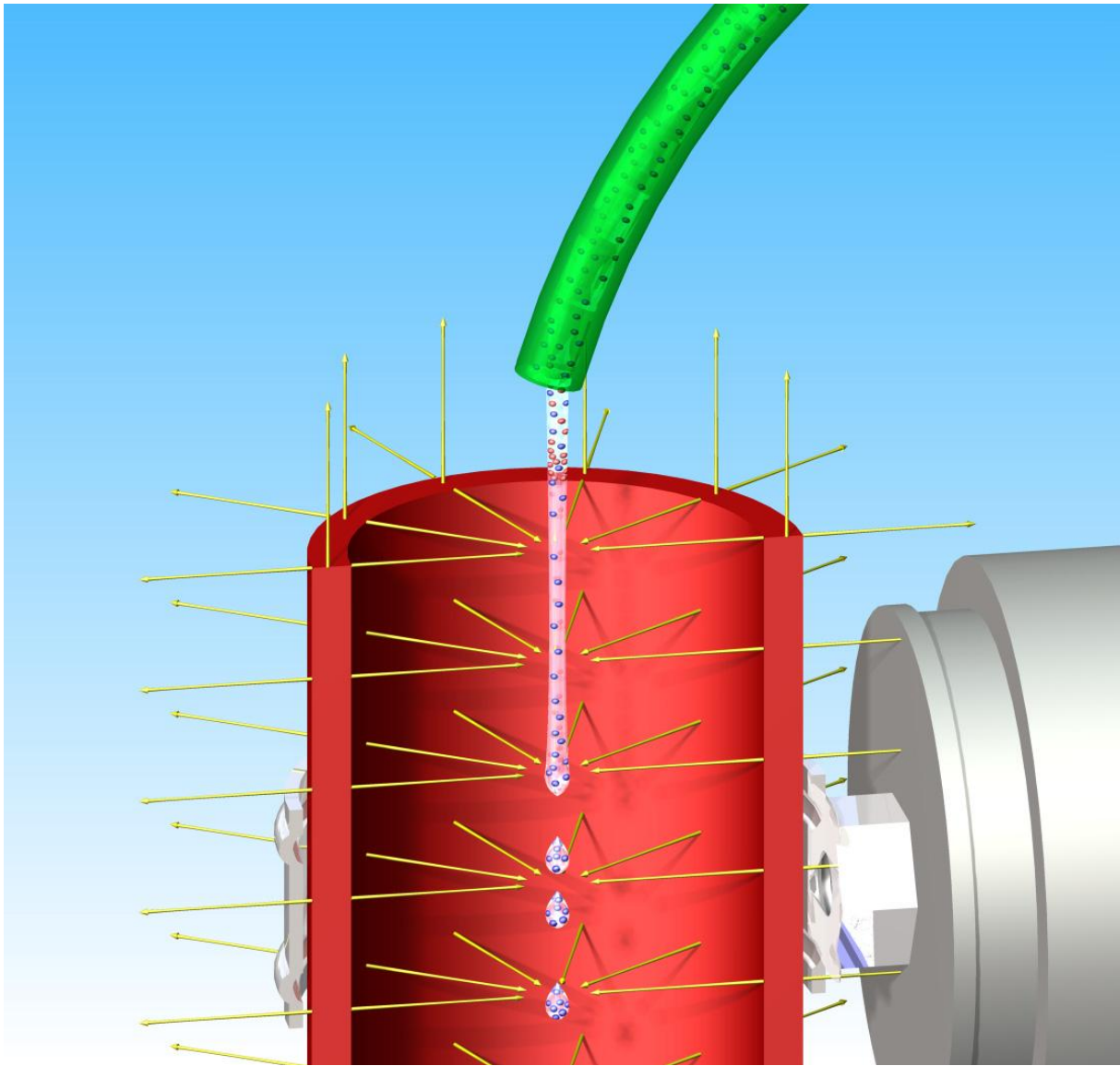
Wenn elektrisch geladene Teilchen auf ein äußeres elektrisches Feld reagieren und dabei an einen anderen Ort wandern, spricht man von Influenz. Durch Influenz lassen sich Ladungen mit einer geschickten Anordnung voneinander trennen und Hochspannung erzeugen.

Der Kelvingenerator macht sich die Influenz zu Nutze, dabei arbeitet er nach dem folgenden Prinzip: Die Tropfen fallen aus den Schläuchen durch die Ringe in die Behälter aus leitendem Material. Der linke Ring und der rechte Becher sind miteinander leitend verbunden, ebenso der linke Ring und der rechte Becher. Im Bild sind die jeweils verbundenen Teile in blau und rot gezeigt.



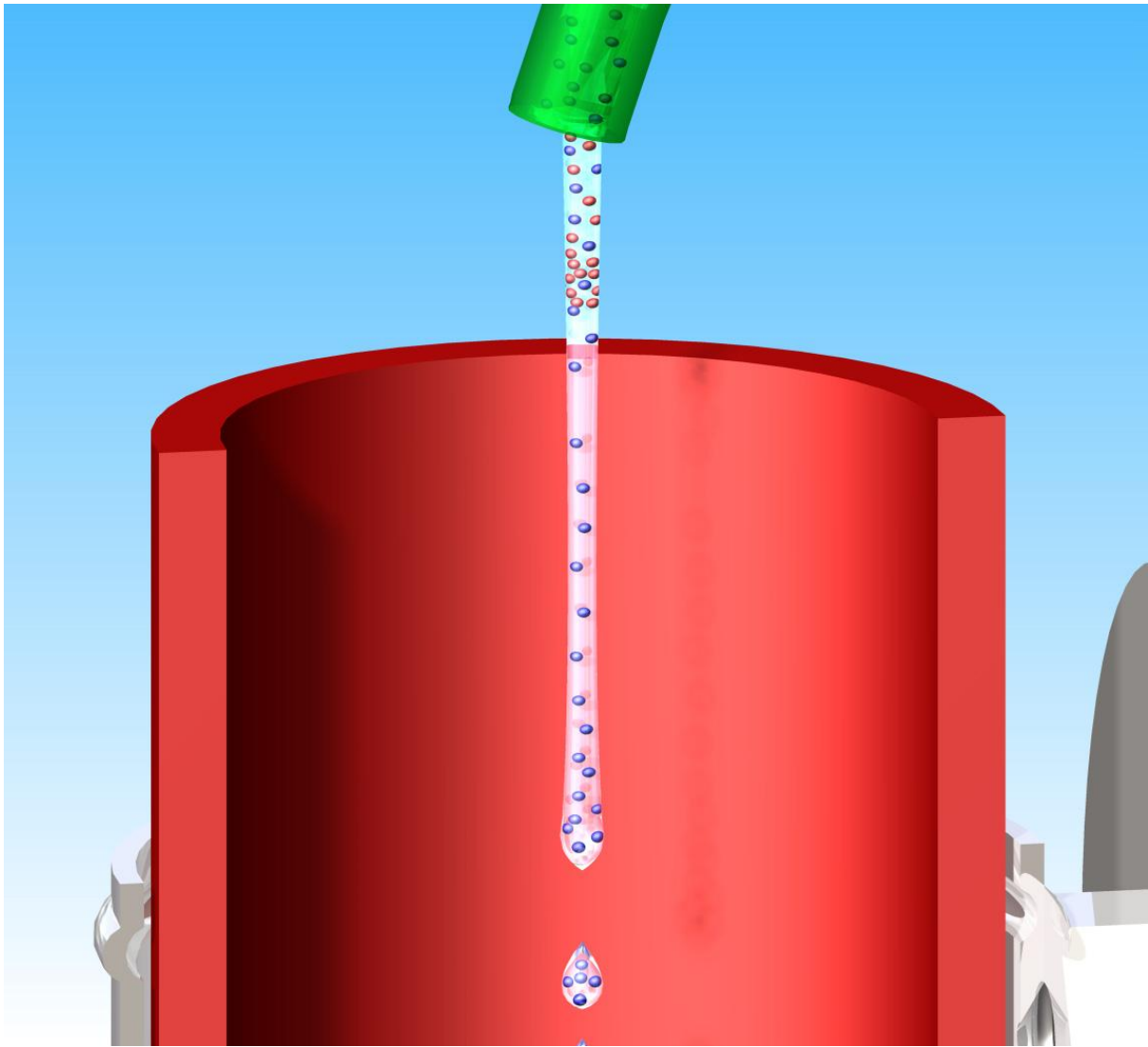
Am Anfang besitzen beide Becher und Ringe schon einige Ladungen, die aber nicht völlig gleich verteilt sind. So trägt zum Beispiel der rechte Becher etwas mehr positive Ladungen als der linke. Dadurch, dass dieser Becher ein wenig positiver geladen ist, trägt der mit ihm verbundene Ring ebenfalls eine geringe positive Ladung.





Durch die positive Ladung entsteht ein elektrisches Feld um den Ring. Die Ionen im Wasserstrahl „spüren“ das elektrische Feld und reagieren darauf. Die negativ geladenen Ionen werden angezogen, die positiv geladenen weggedrückt. Da sich aber gerade auf Höhe des Rings die Tropfen aus dem Wasserstrahl lösen, entstehen Tropfen, die mehr negativ geladene Teilchen in sich tragen. Der ganze Tropfen wird dadurch negativ geladen.

Um den Vorgang sichtbar zu machen, ist im Bild oben der Ring aufgeschnitten. Die gelben Pfeile stehen für das vereinfachte elektrische Feld. Die blauen beziehungsweise roten Kugeln im Wasserstrahl symbolisieren die Ladungsträger. Entsprechend werden die roten Kugeln vom Ring mit derselben Ladung abgestoßen, während die blauen angezogen und durchgelassen werden. In der unteren Abbildung ist derselbe Vorgang nochmals gezeigt. Das elektrische Feld ist diesmal nicht eingezeichnet.



Fällt nun ein solch negativ geladener Tropfen in den darunterliegenden Becher, lädt er diesen negativ auf. Die negative Ladung wird auf den gegenüberliegenden Ring übertragen, wodurch dessen elektrisches Feld stärker wird. Dieses zieht jetzt wiederum vermehrt positive Ionen an. Auf diese Weise schaukelt sich die Spannung immer weiter auf, und nach einigen Sekunden haben sich so viele Ladungen angesammelt, dass sich eine Spannung von ca. 4000 Volt aufgebaut hat. Sichtbar ist der Ladungsaufbau an den unterhalb der Ringe herabfallenden Wassertropfen. Aufgrund der gegensätzlichen Ladung zwischen Tropfen und Ring werden diese beim Verlassen des Ringes seitlich abgelenkt.

Hinzu kommt, dass die Tropfen und der darunterliegende Becher dieselbe Ladung besitzen. Dadurch werden die Tropfen vom Becher abgestoßen, sodass sie in alle Richtungen wegspritzen und den Becher kaum noch erreichen. Dies ist auch der Grund dafür, dass das Tropfgeräusch immer leiser und höher wird.

Werden zwei durch einen schmalen Spalt voneinander getrennte Nadelspitzen mit den Dosen verbunden, springt ein Funke über. Das aus einer Spitze kommende elektrische Feld besitzt besonders große Feldstärken, so dass beim Erreichen einer bestimmten Grenzspannung die Luft schlagartig leitend wird und der Blitz überschlägt. Danach sind die

Ladungen zunächst ausgeglichen und es dauert eine gewisse Zeit, bis sich wieder eine so große Ladungsdifferenz aufgebaut hat, dass ein neuer Blitz überschlagen kann. Im Inneren einer Energiesparlampe befindet sich ein Gas, das auf eine angelegte Spannung mit Leuchten reagiert. Die dazu nötige Spannung muss mehrere Tausend Volt betragen. Da der Kelvingenerator diese Spannung kurzzeitig liefern kann, ist das Aufflackern der Lampe sichtbar. Der Effekt der Ladungstrennung durch Influenz bei Wassertropfen ist auch in der Natur beobachtbar. Die in Wasserfällen entstehenden feinen Sprühnebeltröpfchen tragen ebenfalls Ladungen. Zum Teil steigen die geladenen Tröpfchen in Schwaden wieder nach oben. Im einfallenden Sonnenlicht ist dieser Effekt schön zu beobachten. In der Fachsprache wird er als Balloelektrizität bezeichnet.

---

### **Steckbrief:**

Zeitaufwand: Bauzeit 2 Stunden

Schwierigkeitsgrad (1-5): 5

Materialaufwand/-kosten: ca. 25 Euro

Vorkenntnisse: Erfahrungen im Umgang mit Bohrmaschine und Cutter

Gefahrenquellen: durch Einsatz von Cutter und Bohrmaschine besteht Verletzungsgefahr bei unsachgemäßer Handhabung, deshalb u. U. Hilfe von im Werkzeuggebrauch Erfahrenen erforderlich.

Stichworte: Hohe Spannung / Hochspannung

Links: Gibt man auf Youtube „Kelvingenerator“ oder „Kelvin water dropper“ als Suchbegriff ein, kann man sich viele unterschiedliche Versionen dieses Generators anschauen:  
<http://www.youtube.com/watch?v=biWUP1uQHeo>

### **Bezug zur MINT-Arbeitswelt:**

---

### **Kurzporträt Ihrer Einrichtung:**

exploratorium kindermuseum stuttgart und region e.v. ist mobiles Museum mit interaktiven Ausstellungen für Kinder und Jugendliche zu Themen aus Wissenschaft, Kultur und Kunst. Ein Schwerpunkt liegt im Bereich Naturwissenschaft und Technik. Die Ausstellungen werden temporär an unterschiedlichen Orten präsentiert und durch Stiftungen, Spenden, Sponsoren und projektbezogenen Fördergeldern finanziert.

Ausstellungen im Bereich Naturwissenschaft und Technik:

Experimenta- Physik für die Sinne

Vom Farbmischer zum begehbaren Kaleidoskop, vom Harmonographen zur Wirbelpauke, 40 Experimentierstationen zu grundlegenden Phänomenen der Physik.

MitMachMaschinenBau

Ein Kooperationsprojekt mit dem AKKI e.V Düsseldorf. Im Zentrum stand der Bau einer großen, begehbaren Spiel-, Kunst- und Technikmaschine. Das Besondere: Jedes Kind baute an der Maschine mit, erweiterte sie und hinterließ ein für die folgenden Besucher sichtbares Konstruktionselement.

In Planung: Chemie für die Sinne

Von der Küchenchemie über das Duftlabor in die Geheimagentenwerkstatt. Experimentierstationen zu grundlegenden Fragen der Chemie.

**Kontaktdaten:**

Name: exploratorium kindermuseum stuttgart und region e.v.

Anschrift: Rosenbergstr. 50, 70176 Stuttgart

Web: [www.kindermuseum-stuttgart.de](http://www.kindermuseum-stuttgart.de) Email: [info@kindermuseum-stuttgart.de](mailto:info@kindermuseum-stuttgart.de)

Bitte schicken Sie uns auch Ihr Logo zu und wenn Sie möchten ein Foto „beim Einsatz“.

**Autor/in des Beitrags:** Daniel Kunert