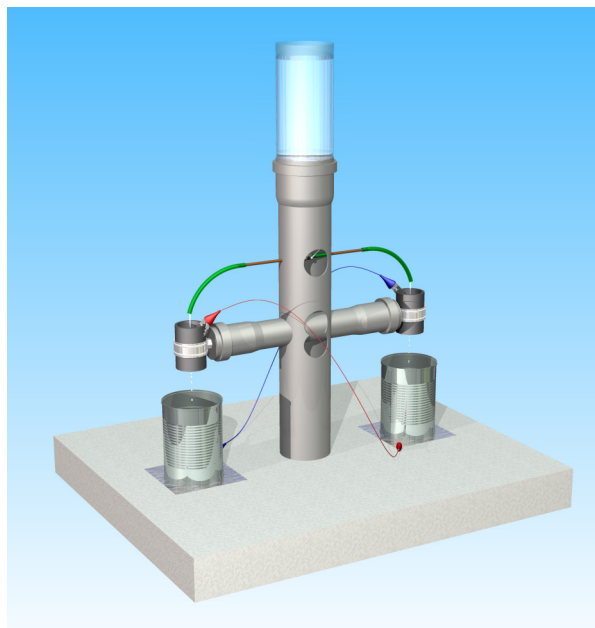


# Kelvingenerator



Schwierigkeitsgrad: \*\*\*

Thema: Elektrodynamik

Kosten: ca. 25 €

Bauzeit: ca. 2 Stunden

# Kelvingenerator

Ein Kelvingenerator erzeugt Hochspannung – lediglich durch herabfallende Wassertröpfchen. 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 einigem 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?

**Erklärung:**

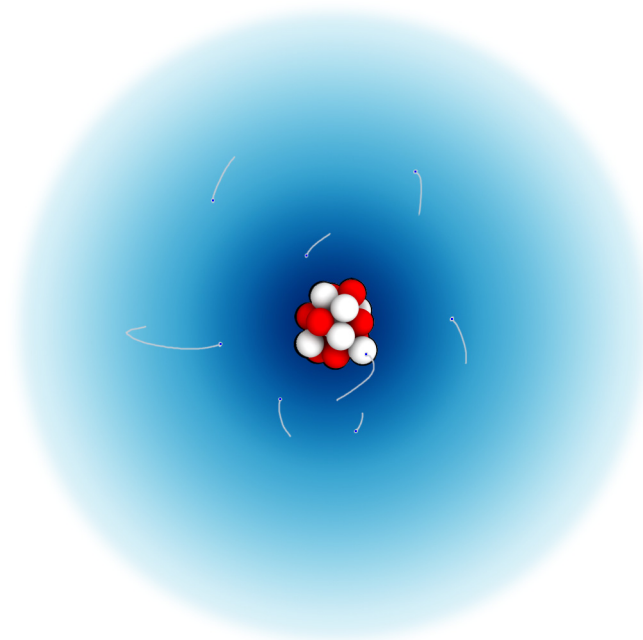
*Es gibt positive und negative Ladungen, wobei sich positive und negative Ladungen gegenseitig anziehen, gleiche Ladungen hingegen abstoßen. Im Wasser sind solche Ladungen vorhanden.*

*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.*

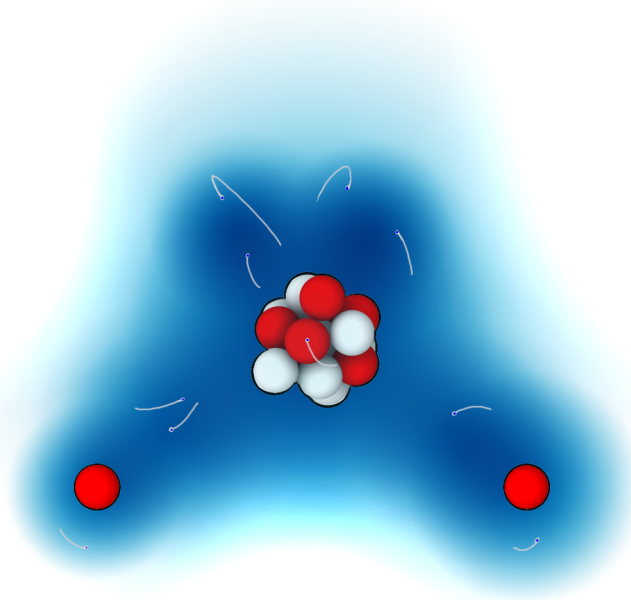
Materie besteht aus Atomen. Diese Atome bestehen wiederum aus einem positiv geladenen Atomkern und den negativ geladenen Elektronen, die sich rasend schnell um den Kern herumbewegen. Der Atomkern besteht aus den positiv geladenen Protonen und den Neutronen, die keine Ladung aufweisen.

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.

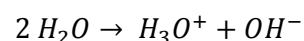


In dem Bild ist ein Sauerstoffatom abgebildet. Es besitzt 8 Protonen im Atomkern, die hier rot eingezeichnet sind. Die 8 Neutronen sind weiß markiert. Um den Kern bewegen sich 8 Elektronen, die als kleine blaue Punkte dargestellt sind.

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  $H_2O$ , 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:

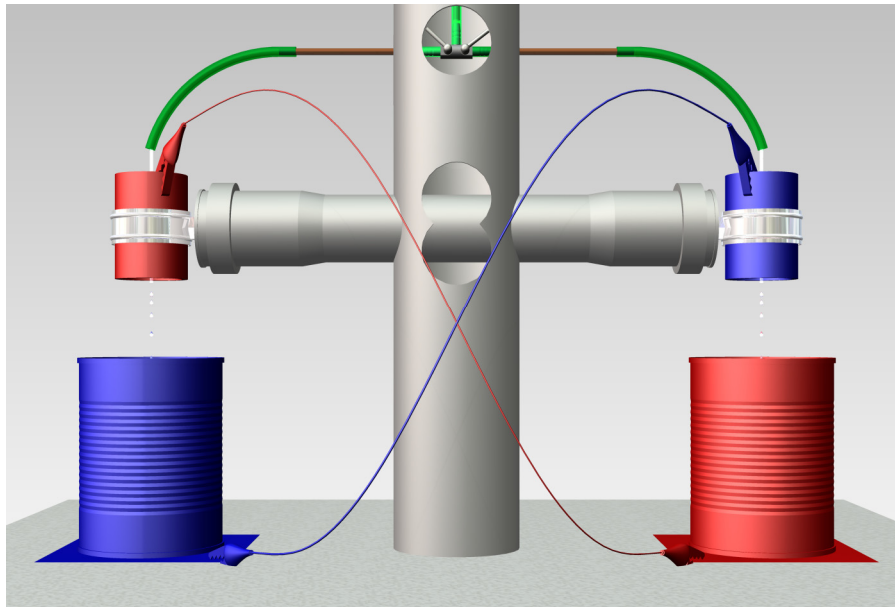


Im Wasser zerfallen ständig einzelne Moleküle in elektrisch geladene Ionen. Aus diesen Ionen entstehen aber nach und nach wieder neue Wassermoleküle, sodass die Anzahl an Ionen im Wasser konstant bleibt. So kommt auf ungefähr 300 Millionen Wassermoleküle ein Ion.

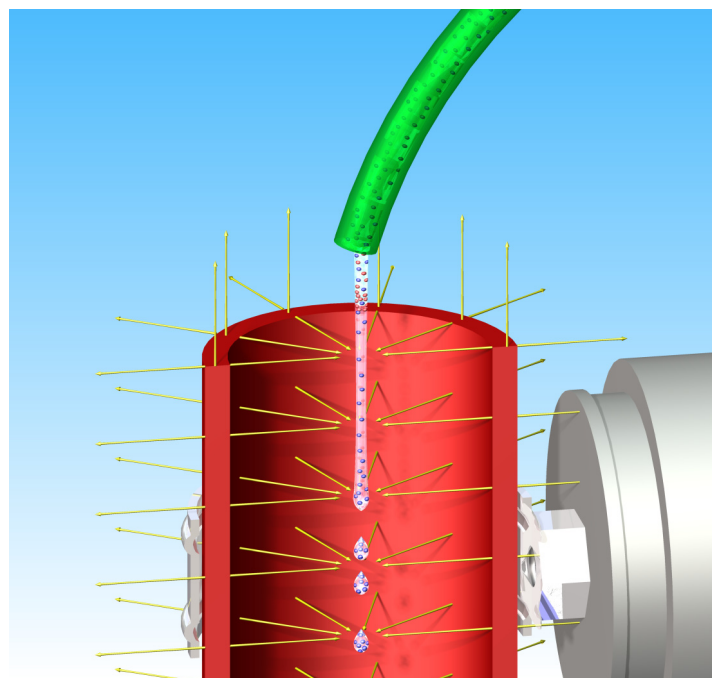
Da ein Ion elektrische Ladung trägt, reagiert es auch auf elektrische Felder. Ist eine Platte mit Elektronen aufgeladen, ihre Ladung also negativ, werden negativ geladene Teilchen schon von weitem abgestoßen und positiv geladene Teilchen angezogen. Das ist, als versuche man zwei Magnete zunächst mit denselben Polen und dann mit verschiedenen Polen aufeinander zu 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.

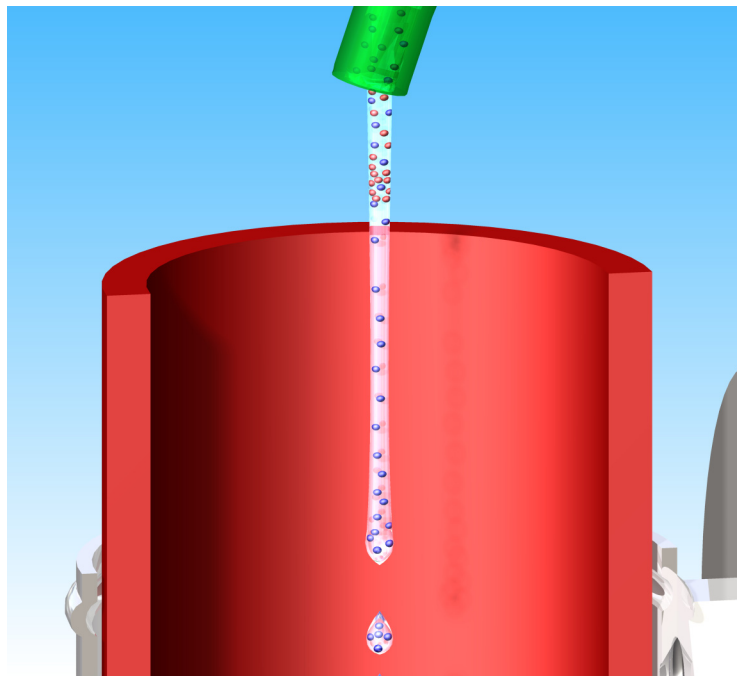


Am Anfang besitzen beide Becher und Ringe schon einige Ladungen, die aber nicht völlig gleich verteilt sind. So trägt zum Beispiel der rechte Becher etwas mehr positive Ladungen als der linke. Dadurch, dass dieser Becher ein wenig positiver geladen ist, trägt der mit ihm verbundene Ring ebenfalls eine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

**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>