

# Wimshurst Maschine

## Influenzmaschine



## Aufbau

In den frühen 1880er Jahren entwickelte James Wimshurst einen elektrostatischen Generator, der hohe Spannungen mit geringem Strom erzeugen konnte. Sein Gerät, das heute als Wimshurst-Maschine bekannt ist, wandelt mechanische Energie mithilfe eines Flaschenzugsystems und rotierender Parallelplattenkondensatoren in elektrostatische potentielle Energie um.

Die Maschine verfügt über ein Flaschenzugsystem, das von einer Handkurbel angetrieben wird und mit zwei großen Kunststoffrädern verbunden ist. Jedes Kunststoffrad hat viele gleichmäßig verteilte kleine Metallplatten in der Nähe der Außenkante. Eine doppelseitige Metallbürste berührt jedes Rad

an zwei Stellen. Die vordere und hintere Bürste sind in einem Winkel von 90 Grad zueinander angeordnet (sie bilden eine „X“-Form). Die Sammelkämme berühren jedes Rad, um freie Ladungen in die Leidener Flaschen oder zu zwei Elektroden an der Vorderseite der Maschine zu transportieren. Die Leidener Flaschen können durch Bewegen der inneren Sicherheitsschalter von den Elektroden getrennt werden. Die beiden 4-mm-Buchsen auf der Basisplatte können verwendet werden, um die äußeren Folien der Leidener Flaschen mit der Erde zu verbinden (falls erforderlich). Die äußeren verstellbaren Hebel steuern die Elektrodenpositionen.

## Funktion

Der Influenzapparat von Wimshurst nutzt sowohl die Leitung als auch die Induktion, um Ladung in den Leidener Flaschen zu sammeln. Bei der Aufladung durch Konduktion (Aufladung durch Berührung) nimmt ein Objekt die gleiche Ladung wie ein geladenes Objekt an, indem es das geladene Objekt berührt. Dies geschieht, wenn die Bürsten die bereits geladene Metallplatte berühren. Dies geschieht auch, wenn die Metallkämme die Metallplatten berühren und dann die Ladung bis in die Leidener Flaschen übertragen. Bei der Aufladung durch Induktion wird ein geladenes Objekt in die Nähe eines anderen Objekts gebracht, ohne es zu berühren. Das zweite Objekt nimmt die entgegengesetzte Ladung des geladenen Objekts an. Dies geschieht bei den beiden rotierenden Scheiben. Sie berühren sich nicht. Wenn sich jedoch eine negativ geladene Platte neben einer neutral geladenen Platte auf der anderen Scheibe befindet und die neutrale Platte mit den Bürsten verbunden ist, drückt die negativ geladene Platte die negativen Ladungen in der neutralen Platte von der neutralen Platte weg und durch die Bürste, sodass die neutrale Platte nun positiv geladen ist.

Durch die Verwendung der angebrachten Handkurbel wird dem System mechanische Energie hinzugefügt, wodurch sich die beiden großen Kunststoffräder in entgegengesetzte Richtungen drehen. Wenn die Räder anfangs elektrisch neutral sind, drehen sie sich einfach und keine der Energieströme wird in elektrische Energie umgewandelt. Allerdings sind die Räder fast immer in geringem Maße durch die Interaktion mit der Umgebung aufgeladen, insbesondere an einem trockenen Tag. Die Wimshurst-Maschine ist so konzipiert, dass sie diese Ladung nutzt, um einen Prozess der Umwandlung der mechanischen Energie in elektrische potentielle Energie zu starten.

Zur Klarstellung: Wir gehen davon aus, dass das Hinterrad anfangs eine gewisse positive Ladung aufweist und sich gegen den Uhrzeigersinn dreht (siehe Tafel 1, Abbildung unten). Die Ladung dreht sich mit dem Rad, wenn sie die Position des oberen Endes der doppelseitigen Bürste am Vorderrad erreicht, und zieht negative Ladungen an der Bürste an. Daher weist das gegenüberliegende Ende der Bürste eine positive Nettoladung auf, wodurch durch Leitung eine positive Nettoladung entsteht (Tafel 2). Diese Ladungen werden auf die kleinen Metallplatten übertragen, wenn diese vorbeilaufen. Wenn die Metallplatten, die diese Ladungen auf dem Vorderrad tragen, mit der Metallwelle auf dem Hinterrad ausgerichtet sind, induzieren sie eine Polarisierung auf der hinteren Metallwelle (Feld 3). Wenn die ursprüngliche positive Ladung den Sammelkamm erreicht, wird sie auf die Leidener Flasche übertragen. Die Bürsten auf der Hinterradachse übertragen die Ladung auf die kleinen Metallplatten, wenn sie sich vorbeidrehen. Wenn diese Ladungen die Stelle der Achse auf dem Vorderrad erreichen, induzieren sie eine Nettopolarisation auf dieser (Feld 4). Wenn die freien Ladungen einen Sammelkamm erreichen, werden sie wieder eingefangen und in den angeschlossenen Leidener Flaschen gespeichert.

Die Leidener Flaschen sind mit den beweglichen Elektroden verbunden. Wenn die Leidener Flaschen vollständig aufgeladen sind, entladen sie sich über die Elektroden. Wenn die Spannungsdifferenz zwischen den Elektroden hoch genug ist, wird ein Oberflächenmaximum erreicht und wir beobachten einen Funken, wenn die Elektroden die Luft ionisieren und die Ladung zwischen ihnen springt. Jedes Mal, wenn dies geschieht, wiederholt sich der oben beschriebene Vorgang.

## Bedienung

Für den erfolgreichen Betrieb der Maschine muss eine Nettoladung auf einem oder beiden Kunststoffrädern vorhanden sein. Diese Ladung wird fast immer aus der Umgebung bezogen, aber das Gerät kann Probleme haben, die erforderliche Spannung zu erzeugen, wenn die Umgebungsluft sehr feucht ist.

Die angebrachten Sammelkamm- und Bürstendrähte können sich gelegentlich verschieben und nicht mehr mit den Kunststoffrädern in Kontakt sein. Wenn dies der Fall ist, biegen Sie die Drähte einfach so, dass sie wieder mit den Rädern in Kontakt sind.

1. Schrauben Sie die angebrachte Handkurbel in das Schraubenloch auf der Rückseite der Maschine.
2. Drehen Sie die inneren Sicherheitsschalter an ihren Isoliergriffen, sodass die Leidener Flaschen mit der Maschine verbunden sind.
3. Die Leydener Flaschen können leicht aus der Ausrichtung gebracht werden und funktionieren dann nicht mehr so gut. Es ist wichtig, dass die Bürsten in einem Winkel von 90 Grad zueinanderstehen und dass jedes Ende der Bürste auf beiden Seiten gleichzeitig die Metallplatten berührt. Andernfalls kann die Ladung nicht durch Leitung übertragen werden und das Experiment baut nicht genügend Ladung auf.
4. Halten Sie die beweglichen Elektroden an ihren Gummigriffen und bewegen Sie sie, bis sie sich nur noch wenige Zentimeter voneinander entfernt befinden.
5. Drehen Sie die Handkurbel langsam und gleichmäßig, bis sich genügend Spannung aufgebaut hat und die Elektroden sich entladen, wodurch die Luft ionisiert und ein Funke erzeugt wird.
6. Drehen Sie das Rad weiter und bewegen Sie die Elektroden näher zusammen oder weiter auseinander, um die Länge des erzeugten Funkens zu verändern.
7. Wenn Sie mit dem Experiment fertig sind, hören Sie auf, die Handkurbel zu drehen.
8. Entladen Sie das Gerät, indem Sie die Elektroden an ihren Gummigriffen halten und bewegen, bis sie sich berühren und entladen.
9. Bevor Sie die Wimshurst-Maschine weglegen, bewegen Sie die Sicherheitsgriffe nach oben, sodass sie keinen vollständigen Pfad von den Bürsten zu den Leidener Flaschen mehr bilden.

## Problemebehebung

Stellen Sie sicher, dass die Metall-Sicherheitsschalter ganz unten sind, sodass ein vollständiger Pfad zwischen den Verbindungsbürsten und den Leidener Flaschen besteht.

Stellen Sie sicher, dass alle vier Bürsten gleichzeitig die Metallplatten berühren. Sie können die Position der Bürsten durch Drehen des Bürstenendes anpassen.

Stellen Sie sicher, dass die Sammelbürsten die Metallplatten berühren. Wenn nicht, biegen Sie die Metallbürsten, bis sie die Platten berühren.

Versuchen Sie, die Luft um den Wimhurst mit einem Haartrockner zu trocknen. Achten Sie darauf, dass die Kunststoffscheiben durch die Hitze nicht verbogen oder verzerrt werden.

## Sicherheit

- **Lassen Sie die Maschine niemals von Personen mit Herzschrittmachern oder in deren Nähe bedienen.**
- **Betreiben Sie die Maschine nicht in der Nähe betriebsbereiter elektronischer Geräte.**

Die Wimhurst-Maschine erzeugt hohe Spannungen bei niedrigem Strom. Sie ist relativ sicher in der Anwendung, aber es sollten einige Sicherheitsmaßnahmen getroffen werden, um unangenehme, aber ungefährliche Stromschläge zu vermeiden. Bewegen Sie die Elektroden immer an den angebrachten Gummigriffen. Leidener Flaschen sind so konzipiert, dass sie Ladung speichern. Wenn sie nicht nach jedem Experiment entladen werden, kann es zu einem überraschenden Stromschlag kommen, wenn man sie berührt. Um dies zu vermeiden, entladen Sie das Gerät nach jedem Experiment, indem Sie die Elektroden so bewegen, dass sie sich berühren.