

## Tesla-Apparat

### Anwendung

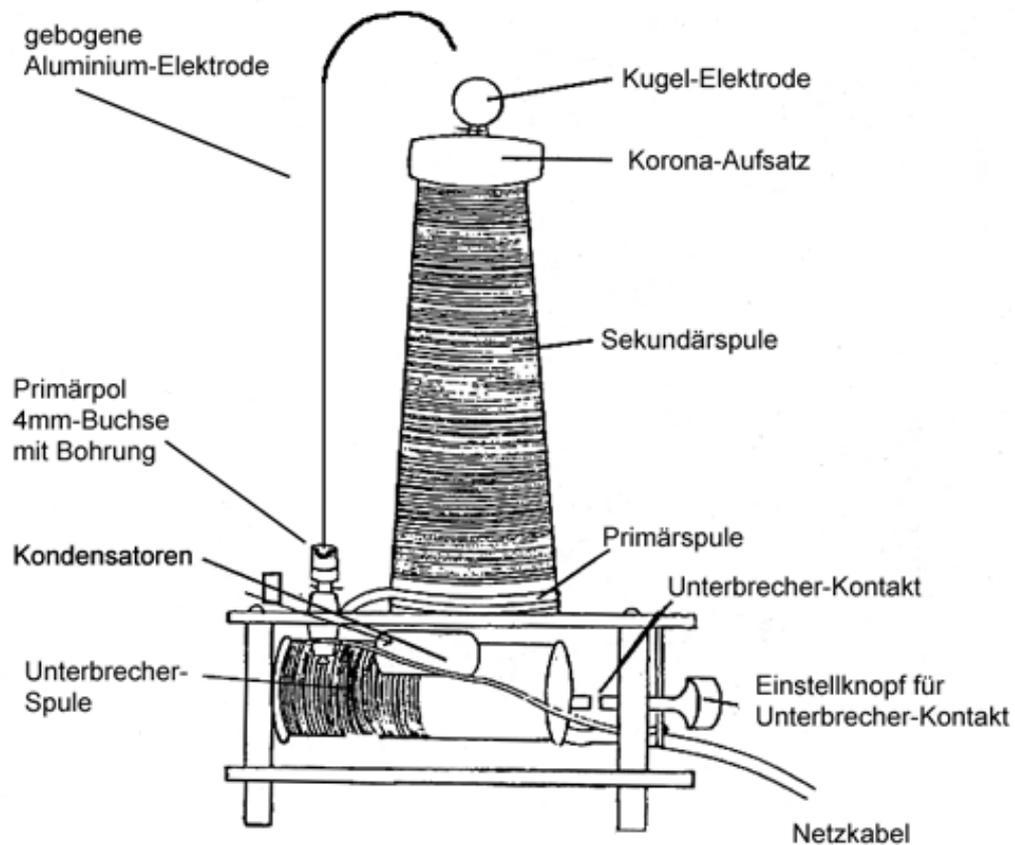
Der Tesla-Apparat erzeugt hochgespannte, hochfrequente Ströme, so genannte Tesla-Ströme, die durch lebhaftes Funkenbildung angezeigt werden. Das hochfrequente elektrische Feld und seine Wirkung können u.a. mit Neonröhren und auch mit der Geißlerschen Röhre nachgewiesen werden. Der Apparat wird an 230 V Wechselspannung betrieben.

### Sicherheitstipps und -hinweise

Wenn er sachgemäß verwendet wird, ist dieser Tesla-Apparat sicher. Wie bei allen elektrischen Geräten beachten Sie bitte folgende Sicherheitshinweise:

1. Schließen Sie das Gerät nur an 230 V 50 Hz (Haushaltsstrom) an.
2. Verwenden Sie es weder in feuchten Räumen, noch im Freien.
3. Überprüfen Sie es nach losen oder geknickten Drähten. Ersetzen Sie defekte Teile.
4. Obwohl hochfrequente Hochspannungen keinen Stromschlag hervorrufen, können sie Verbrennungen verursachen, wenn sie an einer kleinen Kontaktstelle in Ihren Körper eindringen. Nähern Sie sich nicht allzu sehr den Entladungen; Sie könnten sich verbrennen. Nehmen Sie ein Stück Metall, um die Entladungen "zu entfernen", damit keine allzu große Hitze entsteht.
5. Öffnen Sie nicht das Gerät. Dadurch können Sie nicht in Kontakt mit dem Unterbrecher und anderen netzspannungsführenden Teilen kommen.
6. Benutzen Sie das Gerät auf einem ebenen Tisch mit nicht-metallischer Oberfläche.



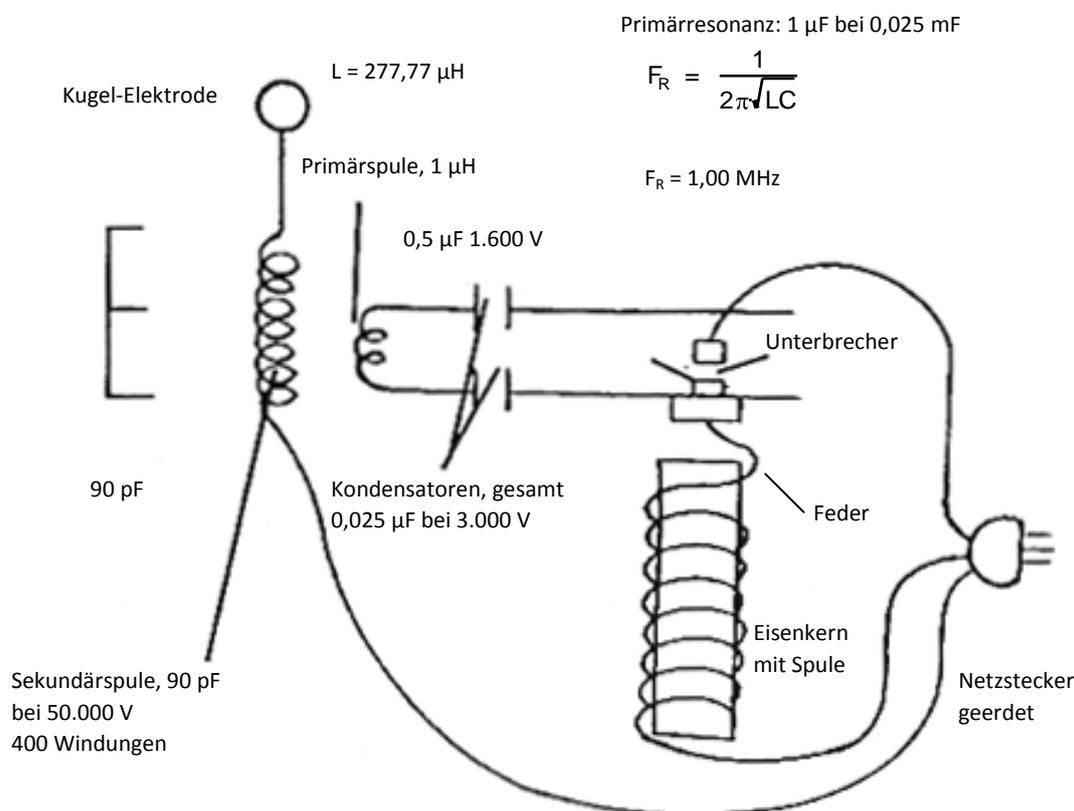


## Lieferumfang

- Tesla-Apparat
- Lampenfassung E 27
- Aluminiumplatte 150 mm Ø
- Aluminiumplatte 126 mm Ø
- Neonröhre (NE2, weniger als 1 W)
- Aluminiumelektrode, gebogen 250 mm
- Kupferlitze
- Kupferdraht, lochisoliert, ca. 1 mm Ø

## Beschreibung

Das Schaltbild zeigt die elektrische Schaltung des Apparates.



Der eigentliche Tesla-Transformator besteht aus der Primärspule, der Sekundärspule und Kondensatoren.

Diese Kondensatoren bilden zusammen mit der Primärspule einen hochfrequenten Schwingungskreis, der durch den Unterbrecherfunken angeregt wird. Von der Primärspule, die aus wenigen Windungen besteht, wird die Resonanzspannung induktiv auf die mit  $400$  Windungen versehene Sekundärspule übertragen. Die Kondensatoren sind gleichzeitig Funkenlöschkondensatoren für den Unterbrecherfunken. Die Unterbrecher-spule und die Unterbrecherkontakte bilden den Unterbrecherstromkreis, der am Wechselstromnetz angeschlossen ist. Der Unterbrecher arbeitet nach dem bekannten Prinzip des Wagner'schen Hammers.

## Inbetriebnahme und Bedienung

Der Tesla-Apparat wird an die Netzspannung  $220 - 230 \text{ V}$  angeschlossen.

Mit dem Einstellknopf wird der Abstand der Kontakte des Unterbrecherkontaktes so eingestellt, dass eine optimale Funkenstrecke entsteht.

Die Unterbrecherkontakte sind eingestellt und sollen normalerweise auch nach längerer Zeit nicht nachgestellt werden. Beim Verstellen ist darauf zu achten, dass die Kontakte nicht zu eng gestellt werden, da sonst eine schädliche Überhitzung eintreten kann.

**Hinweise für Versuche:**

Nach Erläuterung von Schaltung und Wirkungsweise wird der Apparat in Betrieb gesetzt. Aus der lebhaften Funkenbildung und der Länge des Funkens kann auf die Höhe der Spannung zwischen den Elektroden geschlossen werden – d.h. pro cm Funkenstrecke etwa 20.000 V. Die Berührung der hochgespannten Elektrode ist trotzdem ungefährlich, da es sich um eine hochfrequente Spannung handelt.

Der elektrische Funken verwandelt Sauerstoff ( $O_2$ ) in Ozon ( $O_3$ ), was nach kurzer Betriebszeit durch den eigenartigen Geruch des Ozons festgestellt wird.

Berührt man die obere Elektrode mit einer Neonröhre, einer Geißlerröhre oder mit einer Glimmlampe, die man in der Hand hält, oder bringt man diese nur in die Nähe, so leuchten beide je nach Abstand mehr oder weniger hell auf (Nachweis des elektrischen Feldes, Übergang eines hochfrequenten Stromes nach Erde). Dabei vergrößert man die Funkenstrecke so, dass keine Funkenbildung stattfindet.

Bei dieser Einstellung der Funkenstrecke kann man im verdunkelten Raum die "Spitzenbildung", die durch elektrische Felder hoher Feldstärken entsteht, beobachten (s. auch Blitzableiter). Verkleinert man den Abstand der Elektroden, so geht diese Erscheinung in die "Büschel-Entladung" und später in eine Funkenbildung über.

Sämtliche äußeren Teile und blanken Stellen können während des Betriebes berührt werden. Hierbei spielt das interessante Phänomen, das in der Physik unter der Bezeichnung "Skin-Effekt" bekannt ist, eine Rolle: nämlich der Umstand, dass elektrische Spannungen sich bei hohen Frequenzen nur auf der Körperoberfläche bewegen und nicht mehr in das Innere des Körpers eindringen. Sie verhalten sich praktisch bei hohen Frequenzen wie statische Elektrizität, was sich mit Hilfe der Maxwell'schen Gleichungen auch mathematisch berechnen lässt. Das führt zu dem merkwürdigen Effekt, dass man, ohne dabei Schaden zu nehmen, Spannungen von mehreren hunderttausend Volt über den menschlichen Körper ableiten kann, bei Stromstärken, die das zehnfache der sonst tödlichen Dosis betragen.

**Justieren mit Hilfe der gebogenen Elektrode**

Stecken Sie das gerade Ende der gebogenen Elektrode in die 4 mm-Buchse auf der Grundplatte – den Primärpol. Schalten Sie das Gerät ein. Die Entladungen werden zwischen der Kugel und der Spitze der Elektrode erfolgen. Lange intensive Entladungen bedeuten eine optimale Einstellung. Diese Entladungen können aus größerer Entfernung beobachtet werden.

**Benötigtes Zubehör:**

Einige Versuche erfordern ein oder mehrere Zubehörteile:

- eine Glühlampe 100 - 200 W
- Leuchtstoffröhre (jede Größe; empfohlen: 40 W, nicht im Lieferumfang)
- eine kleine, 2-3 V Taschenlampen-Glühbirne mit Gewinde und Fassung
- Alufolie (nicht im Lieferumfang)

- einen ca. 120-130 cm langen isolierten Draht (liegt bei; schneiden Sie ihn in zwei Teile; eines ca. 30 cm, das andere ca. 90 cm)
- nicht isolierter Kupferdraht (liegt bei; schneiden Sie ihn in Stücke wie bei den folgenden Versuchen angeführt)

### **Justieren des Gerätes für eine optimale Entladung an der Kugelelektrode**

1. Bringen Sie bei ausgeschaltetem Gerät ein Stück Draht am Aufsatz (am unteren Ende) der Kugel an. Befestigen Sie dieses unter der Kugel, indem Sie es um das Gewinde, an dem die Kugel aufgeschraubt ist, winden. Biegen Sie das freie Ende nach oben.
2. Schließen Sie das Gerät an 220-230 V an. Leichte Entladungen gehen von der Drahtspitze aus, nicht von der Kugelelektrode.
3. Drehen Sie den Einstellknopf des Unterbrechers soweit, dass möglichst nur Entladungen vom Drahtende ausgehen. Lange Entladungen zeigen, dass Primär- und Sekundärspule in Resonanz sind. In diesem Fall arbeitet der Tesla-Apparat optimal.

## **I. Versuche**

### **Versuch 1: Entladung**

- Sie benötigen ein Stück Metall (Münze, Schlüssel, ein Stück nicht isolierten Drahtes).
- Starten Sie das Gerät und nähern Sie der Kugel ein Stück Metall. Die Hochfrequenz-Hochspannungsentladung bildet einen Bogen zwischen Kugel und Metallgegenstand. Bis zu welcher Länge kann der Bogen gebracht werden?

### **Versuch 2: Wie beeinflusst ein Leiter den Fluss von hochfrequenten Hochspannungen?**

- Sie benötigen ein kurzes Stück Draht.
- Starten Sie das Gerät. Überprüfen Sie, ob Anzeichen von elektrischer Ladung vorhanden sind. Die Kugel, da sie aus Metall besteht, ist ein Leiter. Normalerweise gibt es keine Entladungen, da die runde, glatte Oberfläche der Kugel die Luft gleichmäßig beansprucht.
- Benutzen Sie das Gerät in einem verdunkelten Raum. Überprüfen Sie die Kugel. (Wenn das Gerät richtig eingestellt ist, können Entladungen trotz der runden glatten Oberfläche stattfinden. Diese Art von Entladung sieht man häufig nur im Dunkeln.)
- Schalten Sie das Gerät ab; schrauben Sie die Kugel heraus. Nehmen Sie kurzen, dünnen - vorzugsweise spitzen - Draht. Drehen Sie diesen um das Gewinde, so dass das freie spitze Ende nach oben schaut. Schalten Sie das Gerät an und beobachten Sie die starke Entladung, die vom spitzen Drahtende ausgeht. Diese Art von Entladung heißt "Korona-Entladung".

### **Versuch 3: Das Verhalten von Isolatoren bei hohen Frequenzen**

- Sie benötigen: eine 100-200 W Glühlampe; eine Lampenfassung E27 (liegt bei); ein Stück Metall; einen Isolator (Holz, Kunststoff usw.)
- Entfernen Sie die Kugelelektrode bei abgeschaltetem Gerät. Schrauben Sie die Lampenfassung an ihre Stelle.
- Schalten Sie das Gerät ein. Fahren Sie mit der Fingerspitze schnell über die Glühlampe.

- Beobachten Sie die Entladungen, die in der Glühlampe stattfinden, sowie die blitzartigen Entladungen, die von der Wendel der Glühlampe ausgehen und sich auf einen Punkt zu bewegen, der sich dicht neben Ihrer Fingerspitze befindet.
- Nehmen Sie ein Metallstück und berühren Sie die Glühlampe damit. Beobachten Sie die Unterschiede bei den Entladungen.
- Obwohl die Hochfrequenz-Ströme des Tesla-Apparates durch das Glas der Leuchtöhre in Ihre Fingerspitze fließen, haben Sie dabei keine physische Empfindung. Die Gründe sind: 1. Hochfrequenz-Ströme fließen über die Hautoberfläche und 2. der gesamte Strom wird über Ihre Fingerspitze verteilt, die sich in direktem Kontakt zur Glühlampe befindet.

**Beachten Sie:** bewegen Sie Ihren Finger schnell. Andernfalls, wenn Sie ihn an derselben Stelle lassen, können Sie eine leichte Verbrennung erleiden.

Dieser Versuch zeigt, dass Glas als sehr guter Isolator für Mittel- und Niederfrequenz-Ströme diese Eigenschaft bei hochfrequenten Hochspannungen verliert.

- Ersetzen Sie Glühlampe und Lampenfassung durch die Kugelelektrode. Nehmen Sie ein Stück Holz, Plastik oder Papier in die eine Hand und nähern Sie diese der Kugel, wobei Sie mit einem Metallstück in der anderen Hand versuchen, eine Entladung durch das Isoliermaterial zu erzielen.

#### Versuch 4: Ionisierende Gase unter elektrischer Spannung

- Sie benötigen eine Leuchtstofföhre (40 W), eine Neonöhre (liegt bei), sowie ein kurzes Stück Draht.
- Befestigen Sie bei abgeschaltetem Gerät die kleine Neonöhre am Gewinde des Kugel-Pols. Die Neonöhre ist eine kleine Röhre (NE2), aus der zwei dünne Kupferdrähte herausragen. Befestigen Sie einen dieser beiden Drähte an der Kugelelektrode. Winden Sie den Draht um das Gewinde, an dem normalerweise die Kugel festgeschraubt ist.
- Schalten Sie das Gerät ein und beobachten Sie, wie hell die kleine Neonöhre zu leuchten beginnt, obwohl sie nur durch einen Draht mit dem Gerät verbunden ist. Berühren Sie mit dem kurzen Draht (nicht mit der Hand!) das Glas der Neonöhre und beobachten Sie, wie die orangeroten Entladungen heller und intensiver werden. Nicht nur die Elektroden der Neonöhre glimmen - die gesamte Röhre erstrahlt in dem orangeroten Glimmen.
- Schalten Sie das Gerät ab. Entfernen Sie die Neonöhre. Schalten Sie das Gerät ein und nähern Sie die Leuchtstofföhre, die Sie in einer Hand halten, der Kugelelektrode. Beobachten Sie den Farbunterschied zwischen Leuchtstofföhre und Neonöhre. Das Leuchten in beiden Röhren wird durch die Ionisierung verursacht. Man spricht dann von Ionisierung, wenn zwei Atome kollidieren, wobei sich ein oder mehrere Elektronen lösen und Energie in Form von Licht abgeben. Jedes Gas hat bei seiner Ionisierung eine andere, spezifische Farbe. In der Neonöhre ist es das Neongas, in der Leuchtstofföhre Quecksilberdampf und Argon.

#### Versuch 5: Wie Druck die Ionisierung von Gasen beeinflusst

- Sie benötigen eine 100-200 W Glühlampe.
- Schalten Sie den Tesla-Apparat bei aufgesetzter Kugel ein. Fassen Sie die Glühlampe am Glas- und nicht am Metallteil an! Nähern Sie das Metallende der Glühlampe langsam der Kugel. Halten Sie ein, wenn das Gas zu ionisieren beginnt.

- Beobachten Sie die Entfernung zwischen der Kugelelektrode und dem Punkt, bei dem die Glühlampe zu glimmen beginnt. Das Gas aus der Glühlampe ionisiert bei derselben Entfernung zum Tesla-Gerät, obwohl die elektrische Spannung an diesem Punkt kleiner ist, als die von der Oberfläche der Kugel.
- Beobachten Sie desgleichen, dass - obwohl das Gas innerhalb der Glühlampe ionisiert, die Gase aus der Luft um den Kugelpol davon nicht betroffen sind. Die Gase aus der Luft ionisieren nicht, selbst wenn sie in Kontakt mit dem Kugelpol kommen, hier wo die elektrostatische Spannung am höchsten ist.

Das gewöhnlich bei Glühlampen ab 100-200 W verwendete Gas ist Stickstoff. Eine geringe Menge davon wird in das Vakuum normaler Glühlampen eingelassen. Der Stickstoff bewahrt die Glühwendel davor, brüchig zu werden. Stickstoff steht in der Glühlampe unter sehr geringem Druck.

Dieser Versuch zeigt, dass ein Gas, welches sich unter niedrigem Druck befindet, wie z.B. der Stickstoff in der Glühlampe, weitaus leichter ionisiert als dasselbe Gas, wenn es unter normalem Luftdruck steht.

### Versuch 6: Wodurch sich der Beginn der Ionisation bei Gasen unterscheiden

- Sie benötigen eine Leuchtstofflampe, eine 100-200 W Glühlampe, eine Neonröhre (ist enthalten). Manche Edelgase wie Neon, Argon, Xenon, Krypton und Helium ionisieren dank ihrer Atomstruktur viel leichter als andere. Dies kann mit Hilfe einer Standard-Leuchtröhre (diese enthalten eine Mischung aus Quecksilberdampf und Argon), einer 100-200 W Glühlampe (Stickstoff) sowie einer Neonröhre (liegt bei) bewiesen werden.
- Fassen Sie jede der Röhren immer am Glas an! Berühren Sie nicht den Metallteil! Nähern Sie bei eingeschaltetem Gerät nacheinander jede einzelne Röhre dem Kugelpol. Halten Sie ein, wenn das Gas zu ionisieren beginnt.
- Vergleichen Sie die jeweiligen Abstände miteinander, bei denen die Gase jeweils ionisieren. Die Glühlampe muss näher zum Kugelpol gebracht werden, als die anderen beiden, bevor das Gas zu ionisieren beginnt. Folglich muss Stickstoff, bevor er ionisiert, einer größeren elektrischen Spannung ausgesetzt werden als Neon, oder die Kombination von Argon mit Quecksilberdämpfen.

### Versuch 7: Nachweis des Funkenpotentials

- Sie benötigen ca. 18 cm blanken Draht (ist mitgeliefert; schneiden Sie auf die entsprechende Länge).
- Schließen Sie bei abgeschaltetem Gerät das eine Ende des unisolierten Kupferdrahtes an den Primärpol (in die Bohrung an der 4 mm-Buchse auf der Grundplatte einführen und festschrauben). Biegen Sie den Draht so, dass er am oberen Ende eine "U"-Form hat.
- Schalten Sie das Gerät ein; nähern Sie das freie Drahtende mit der Hand dem Kugelpol. Halten Sie ein, wenn ein Funke zwischen dem freien Drahtende und dem Kugelpol überspringt.
- Die Entfernung zwischen dem freien Drahtende und dem Kugelpol stellt die Entfernung dar, bei der die vom Gerät erzeugte Ladung zusammenbricht (die Luft ionisiert). Die Menge von elektrischer Ladung, die benötigt wird, um einen Funken zu erzeugen, heißt FUNKENPOTENTIAL. Für trockene Luft unter normalen Bedingungen beträgt das Funkenpotential 30.000 V pro Zentimeter. Indem Sie die Entfernung zwischen dem freien Drahtende und der Oberfläche des

Kugel-Pols messen und davon ausgehend, dass das Funkenpotential zwischen beiden 30.000 V / cm beträgt, können Sie das Funkenpotential bestimmen, welches zwischen Draht und Pol herrscht.

### Versuch 8: Wie Hochspannungsenergie geleitet wird

- Sie benötigen zwei Stück Kupferdraht von ca. 18 und 30 cm Länge (liegt bei; schneiden Sie ihn auf die entsprechenden Längen).
- Befestigen Sie den 30 cm langen Kupferdraht am Kugel-Pol, indem Sie ihn um das Gewinde des Bolzens drehen, an dem die Kugel befestigt ist. Befestigen Sie - wie vorher beschrieben - den 12 cm langen Kupferdraht am Primär-Pol. Positionieren Sie beide Drähte nach oben, parallel zueinander, so dass sie ungefähr 3,7 cm voneinander entfernt sind. Dies symbolisiert eine Hochspannungs-Leitung, bei der zwei Leitungen voneinander entfernt - jedoch parallel zueinander - sind.
- Starten Sie das Gerät und verfolgen Sie die Ionisierung. (Am besten führen Sie den Versuch in einem verdunkelten Raum durch.)  
Beobachten Sie die Ionisierung, die in der Umgebung und entlang der beiden Drähte stattfindet, und wie diese Ionisierung die Form einer sichtbaren Korona-Entladung annimmt.
- Verringern Sie schrittweise die Entfernung zwischen den beiden Drähten, bis zu dem Punkt, wo die Ladung zusammenbricht oder Funken entstehen.  
Beobachten Sie den Effekt, welchen das Verringern des Abstandes zwischen den beiden Drähten auf die Entladung an der Korona hat.

Hochspannungsleitungen funktionieren auf ähnliche Art und Weise. Zwei Leitungen in einem gewissen Abstand voneinander, verlaufen zueinander parallel. Wenn die Luft um die Hochspannungsleitungen ionisiert, so wird die Ionisierung unmittelbar um die beiden Leitungen sichtbar (die Korona-Entladung). Die Entfernung zwischen den beiden Drähten ist ausschlaggebend: sie muss weit genug sein, so dass kein Funkenüberschlag zwischen den beiden erfolgt.

### Versuch 9: Hochfrequenz-Hochspannungs-Elektrizität

- Sie benötigen eine 100-200 W Glühlampe, eine ca. 30 cm lange Kupferlitze (liegt bei), sowie die Lampenfassung E27 (liegt bei).
- Ersetzen Sie den Kugelpol durch die Lampenfassung. Schrauben Sie die 100-200 W Glühlampe ein.
- Schalten Sie das Gerät ein und justieren Sie es für eine maximale Entladung wie folgt: Drehen Sie den Einstellknopf des Unterbrechers so lange im Gegenuhrzeiger-sinn, bis er zu arbeiten aufhört. Danach drehen Sie den Einstellknopf langsam wieder im Uhrzeigersinn; beobachten Sie die Änderungen in der Glühlampe.  
Die Entladungen, die innerhalb der Glühlampe stattfinden, sind unterschiedlich. Bei einer Einstellung sehen sie langsam emporsteigenden Entladungen, Rauchschwaden ähnlich. Bei einer anderen nehmen sie die Form von kleinen bläulich gefärbten Stäben an.  
Bei einer dritten bemerken Sie schnelle, senkrecht nach oben steigende kleine, flammenähnliche bläuliche Punkte, die sich innerhalb der Röhre nach oben und nach unten bewegen.  
Diese bei hochfrequenten Hochspannungen erzeugten Entladungen sind stärker in einem Gas, das sich unter niedrigem Druck befindet, als in der Luft.

- Schrauben Sie die Fassung E 27 vom oberen Pol des Gerätes ab. Entfernen Sie an beiden Enden des 30 cm langen Drahtes jeweils ca. 2,5 cm der Isolierung. Winden Sie dann das eine Ende um den Bolzen des Kugel-Pols; das andere Ende muss senkrecht nach oben ragen. Breiten Sie die einzelnen Drähte der Litze so aus, dass sie die Form eines Kammes haben.
- Starten Sie das Gerät und benutzen Sie verschiedene Einstellungen - wie eben beschrieben. Beobachten Sie die verschiedenen Entladungen.

### **Versuch 10: Die Übertragung von Hochfrequenz-Elektrizität über einen einzigen Leiter**

- Sie benötigen die Lampenfassung E 27 (liegt bei), eine 100-200 W Glühlampe, eine ca. 1 m lange isolierte Kupferlitze, einen Glas- oder Plastikbehälter.
- Schneiden Sie vom ca. 1.30 m langen Draht ca. 1 m ab. Entfernen Sie an beiden Enden jeweils 1,25 cm der Isolierung. Befestigen Sie das Ende des Drahtes am Bolzen des Gewindes des Kugelaufsatzes; die Kugel bleibt dabei an der Oberplatte befestigt. Schließen Sie das andere Drahtende an die Lampenfassung an; drehen Sie die Schraube zu, damit der Draht fest sitzt.
- Ziehen Sie den Draht der Länge nach zwischen Glühlampe und Spule, so dass er nicht in Berührung mit einem anderen Gegenstand gelangt.
- Schrauben Sie die Glühlampe in die Lampenfassung. Geben Sie die Glühlampe in den Glasbehälter. Der Grund dafür ist, dass die Glühlampe gegen den Tisch, auf dem der Tesla-Apparat steht, isoliert sein muss.
- Schalten Sie das Gerät ein. Beobachten Sie, wie die hochfrequente Hochspannung von einem einzigen Leiter zur Glühlampe befördert wird (es gibt keinen zweiten Leiter, der als Rückweg dienen könnte). Sobald sie die Glühlampe erreicht hat, entweicht die Hochfrequenz-Spannung den Glühwendeln, um das Gas in der Glühlampe zu ionisieren. Von hier aus entweichen sie in die die Glühlampe umgebende Luft und fließen eventuell wieder in den Tesla-Apparat zurück.  
Dieser Versuch zeigt, dass die Luft als Rückweg zwischen Glühlampe und dem Gerät verwendet wird, wobei es keinen zweiten Draht gibt, der als Rückweg für die Spannung verwendet werden könnte.

### **Versuch 11: Nachweis der beiden Komponenten von elektrischen Hochfrequenz-Feldern**

- Sie benötigen eine ca. 30 cm lange isolierte Kupferlitze (liegt bei), eine einschraubbare kleine 2-3 V Taschenlampen-Glühbirne mit Gewinde, eine Leuchtstoffröhre (jede Größe), sowie eine reflektierende Aluminium-Scheibe (liegt bei).
- Entfernen Sie die Kugel bei abgeschaltetem Gerät. Befestigen Sie die Aluminium-Scheibe am Gewindebolzen. Die Scheibe ist nach oben gerichtet. Sichern Sie die Scheibe, indem Sie die Kugelelektrode zurück auf den Gewindebolzen schrauben.
- Starten Sie das Gerät. Nähern Sie die Leuchtstoffröhre der reflektierenden Aluminium-Scheibe. Sobald Sie den Punkt erreichen, wo das Gas zu ionisieren beginnt, entfernen Sie langsam die Röhre. Beobachten Sie, wie Gas, einmal ionisiert, weiterhin ionisiert bleibt, auch wenn die fluoreszierende Röhre der Stelle genähert wird, wo die elektrostatische Spannung weitaus geringer ist als der Wert, der benötigt wurde, um an erster Stelle die Ionisierung zu erzeugen.
- Die beiden Komponenten von elektrischen Hochfrequenz-Strömen sind: ein elektrostatisches Strahlungsfeld und ein elektromagnetisches Induktionsfeld. Dieser Versuch zeigt die Wirkung des elektrostatischen Strahlungsfeldes. Sein

elektrostatischer Widerstand reicht nicht aus, um die Ionisation in Gang zu bringen (die Leuchtstoffröhre wird ganz dicht zum Gerät gebracht, damit sie glimmt), jedoch ist sie ausreichend, um die Ionisation in einem Gas, das sich unter niedrigem Druck befindet, zu erhalten (die Röhre wird vom Gerät entfernt). Das Strahlungsfeld kann ein Gas ionisieren, jedoch nicht die Wendel aus einer Glühbirne zum Glimmen bringen.

- Entfernen Sie die Aluminiumscheibe. Nehmen Sie die 30 cm lange Kupferlitze, entfernen Sie von beiden Enden jeweils 1,25 cm der Isolierung und bilden Sie eine Schleife mit einem Durchmesser von ca. 6,5 bis 7,5 cm. Legen Sie bei abgeschaltetem Gerät diese Schleife über die Kugel auf den Koronaaufsatz.
- Befestigen Sie die 2-3 V Taschenlampen-Glühbirne mit Gewinde, die ihrerseits an der Oberplatte des Gerätes befestigt ist. Schalten Sie das Gerät ein.
- Die Taschenlampen-Glühbirne wird durch diese Drahtschleife kurzgeschlossen. Vom elektrostatischen Strahlungsfeld kann keine elektrische Energie ausgehen. Das Feld an und für sich ist schwach; es kann den Ionisierungsprozess beibehalten, jedoch nicht in Gang bringen. Die Glimmlampe glüht hell; die Energie dafür muss vom elektromagnetischen Induktionsfeld herrühren, welches vom Tesla-Apparat erzeugt wird.

### **Versuch 12: Wie ein Faraday-Käfig die elektrostatische Strahlung beeinflusst**

- Sie benötigen eine ca. 30 cm<sup>2</sup> große Aluminiumfolie und eine Neonröhre (liegt bei). Basteln Sie einen einfachen Faraday-Käfig, indem Sie Streifen in eine Aluminiumfolie schneiden, so dass das Ganze einem Kamm ähnelt.
- Ein Faraday-Käfig ist ein Netzwerk von parallelen Drähten oder Leitern, die alle an einem gemeinsamen Leiter befestigt sind; er sieht aus wie ein Kamm. Der gemeinsame Leiter ist üblicherweise geerdet. Faraday-Käfige werden dort verwendet, wo eine elektrostatische Abschirmung für eine elektromagnetische Komponente notwendig ist - für den Fall, dass das elektrische Feld unbeeinflusst bleiben muss.
- Starten Sie das Gerät mit aufgesetzter Kugel. Nähern Sie die Neonröhre (am Glas anfassen!) der Kugel, bis das Gas ionisiert. Nehmen Sie den Faraday-Käfig in die andere Hand und halten Sie ihn zwischen Kugel und Neonröhre (senken Sie ihn langsam von oben nach unten!). Der Faraday-Käfig dient hier als Erdung für die hochfrequente Hochspannung. Beobachten Sie, wie die Neonröhre entionisiert wird oder zu glimmen aufhört, wenn sich der Faraday-Käfig zwischen Röhre und Kugel befindet.
- Bringen Sie die Neonröhre noch näher zum Kugel-Pol. Wiederholen Sie den Vorgang. Dieser Versuch zeigt, wie ein einfacher Faraday-Käfig das elektrostatische Strahlungsfeld vom Tesla-Apparat abschirmen kann.

### **Versuch 13: Wie ein isolierter Leiter ein elektrostatisches Feld beeinflusst**

- Sie benötigen eine Neonröhre, sowie eine kleine Aluminiumscheibe, die an einem Bindfaden oder Gummi hängt. Fädeln Sie den Bindfaden durch die Bohrung in der Aluminiumscheibe und binden Sie diesen fest. (Sinn und Zweck ist es, den direkten Kontakt zwischen der Scheibe und Ihrer Hand zu vermeiden).
- Starten Sie das Gerät bei aufgesetzter Kugel. Halten Sie die Neonröhre am Glas und nähern Sie diese der Kugel. Halten Sie ein, wenn das Gas ionisiert. Ziehen Sie die Röhre zurück bis zu der Position, an der das Gas zu deionisieren beginnt, oder zu glühen aufhört.

- Indem Sie diese Position beibehalten, nehmen Sie die Scheibe in die andere Hand (fassen Sie diese am Bindfaden!) und nähern Sie diese der Neonröhre so weit, bis sie einen der Drähte der Röhre berührt (einen der beiden Drähte, die aus der Neonröhre herausragen).  
Beobachten Sie, wie die Neonlampe ionisiert, wenn ein isolierter Leiter - die Aluminiumscheibe - einen Draht berührt.
- Unterbrechen Sie den Kontakt mit dem isolierten Leiter, indem Sie die Scheibe weg von Röhre und Kugel bringen. Die Röhre hört auf zu glimmen.  
Dieser Versuch zeigt die Wirkung eines isolierten Leiters auf ein elektrostatisches Feld. Wird ein isolierter Leiter verwendet, so verändert sich die elektrostatische Spannungsverteilung, indem die Spannung um den Leiter konzentriert wird. Der Leiter wird die Röhre dann ionisieren, wenn sich diese in einer größeren Entfernung vom Kugel-Pol befindet, als die Entfernung, die nötig ist, um die Röhre - wie im ersten Fall - zu ionisieren.

#### **Versuch 14: Spannungsverteilung in isolierten Leitern in einem elektrostatischen Feld**

- Sie benötigen eine Neonröhre (liegt bei), eine kleine Aluminiumscheibe und einen Bindfaden. Hängen Sie die Scheibenantenne wie im vorher beschriebenen Versuch auf.
- Nehmen Sie die Neonröhre (fassen Sie diese am Glas!), und nähern Sie diese der Kugel; halten Sie ein, wenn das Gas zu ionisieren beginnt; ziehen Sie die Lampe zurück bis zu der Position, an welcher das Gas zu glimmen aufhört.
- Nehmen Sie die Platte in die andere Hand (fassen Sie diese am Faden!). Nähern Sie diese der Röhre von der anderen Seite, so dass sich die Röhre zwischen Platte und Kugel befindet. Berühren Sie mit der Aluminiumscheibe einen der beiden Röhrenpole. Beobachten Sie, dass die Röhre zu glimmen anfängt, wenn ein isolierter Leiter (die Scheibe) einen Pol der Röhre berührt - trotz der Tatsache, dass die Röhre viel zu weit entfernt vom Kugel-Pol ist, als dass sie von selbst ionisieren würde.  
Radio- und TV-Antennen auf Hausdächern funktionieren nach demselben Prinzip. Sie dienen als isolierte Leiter, die Hochfrequenz-Übermittlungen von Radio- und TV-Sendern empfangen.

#### **Versuch 15: Übermitteln von elektrischer Energie durch den Raum ohne Drähte**

- Sie benötigen eine 2-3 V Taschenlampen-Glühbirne mit Gewinde, eine passende Lampenfassung, einen Bindfaden, eine kleine und eine große Aluminiumscheibe, sowie zwei Stück ca. 45 cm lange isolierte Drähte (liegen bei).
- Schneiden Sie - wie bei Versuch 10 beschrieben - den 90 cm langen Draht in zwei Teile, so dass Sie zwei gleiche Teile von jeweils 45 cm erhalten. Entfernen Sie an beiden Drähten an jedem Ende ca. 1,25 cm der Plastikisolation.
- Entfernen Sie die Kugel. Montieren Sie eine kleine oder eine große Aluminiumscheibe senkrecht an den Gewindebolzen. Befestigen Sie diese, indem Sie den Pol am Bolzen festschrauben.
- Schließen Sie das eine Ende eines Drahtes am Primärpol auf der Grundplatte an, indem Sie das Drahtende durch das kleine Loch zwischen den beiden Plastikteilen des Primärpols fügen. Befestigen Sie das andere Drahtende an einer Seite der kleinen Lampenfassung. Drehen Sie die Schraubenmutter von einem Ende des Sockels ab, winden Sie das andere Drahtende um den Gewindebolzen, drehen Sie die Mutter zurück.

- Befestigen Sie den zweiten Draht zwischen dem verbleibenden Pol der Lampenfassung und der zweiten Aluminiumscheibe. (Schließen Sie die Aluminiumscheibe an, indem Sie das eine Drahtende durch die Bohrung der Scheibe fügen.) Drehen Sie die Glimmlampe in die Fassung. Fügen Sie den Bindfaden durch die Bohrung der zweiten Antennenscheibe (das eine Drahtende geht hier bereits hindurch), um diese in senkrechte Position zu bringen. Diese Scheibe ist am Sockel angeschlossen.
- Starten Sie das Gerät. Nehmen Sie die Aluminiumscheibe (am Bindfaden anfassen!) in die Hand und nähern Sie diese langsam der anderen Aluminiumscheibe, die sich auf der Oberplatte des Gerätes befindet.
- Beobachten Sie, dass an einem gewissen Punkt die Glühbirne zu leuchten beginnt - trotz der Tatsache, dass nur ein Draht an das Gerät angeschlossen ist.  
Dieser Versuch bewahrheitet den eigentlichen Traum von Nikola Tesla: Elektrizität durch die Luft ohne Hilfe von Drähten an Häuser und Fabriken zu senden. Tesla gelang es, aus einer Entfernung von über 20 Meilen eine Bank, in der es 200 Lampen gab, mit Strom zu versorgen mit Hilfe seines Apparates, indem er einen Draht in den Boden steckte und den anderen an eine empfangende Antenne anschloss.  
Die Metallverbindung zwischen der aufgehängten empfangenden Antenne und dem Tesla-Apparat kommt in dem Fall, elektrische Energie ohne Draht zu übermitteln, der Tatsache gleich, dass die genannte Verbindung aus diesem Versuch bei Tesla durch den Stromrückfluss durch die Erde ersetzt wurde.

#### **Versuch 16: Wie eine konzentrierte Entladung hohe Temperaturen verursacht**

- Sie benötigen ein Stück Metall (Münze, Schlüssel) und einen Bogen Papier.  
**ACHTUNG: Führen Sie den Versuch nur in einer Umgebung durch, wo Feuer schnell gelöscht werden kann!!**
- Starten Sie das Gerät mit montierter Kugel. Nähern Sie ein Stück Metall so lange der Kugel, bis eine Entladung erfolgt. Diese Entladung hat die Form eines dünnen blauen Funkens.
- Bringen Sie das Metallstück noch näher zur Kugel. Beobachten Sie, dass die Entladungen zu einem Bogen aus gelben Flammen werden, insofern sich die Entfernung zwischen Metall und Kugel verringert. Halten Sie den Bogen Papier nahe zur Kugel, ohne diese jedoch zu berühren. Halten Sie mit der anderen Hand das Stück Metall hinter den Papierbogen. Die Entladung erfolgt durch das Papier.  
Wenn Sie das Metallstück der Kugel noch weiter nähern, wird die Entladung zu einem Bogen. Beobachten Sie, wie schnell das Papier verkohlt.  
Dieser Versuch zeigt, wie eine hohe Temperatur entsteht, wenn der gesamte Energieausstoß des Gerätes in einer bogenförmigen Entladung erfolgt.

#### **Versuch 17: Wie sich Luft und Metall als Leiter von hochfrequenten Hochspannungen verhalten**

- Sie benötigen ein Stück Metall und ein ca. 18 cm langes Stück Kupferdraht.
- Starten Sie das Gerät mit montierter Kugel. Versuchen Sie - mit einem Metallstück - eine so lang wie nur mögliche Entladung zu erzielen. Dies ist die maximal mögliche Trennung, über die eine Entladung erzielt werden kann.
- Schalten Sie das Gerät ab. Befestigen Sie den Draht in der Bohrung am Primärpol auf der Grundplatte. Biegen Sie das freie Ende senkrecht nach oben, so dass es ungefähr 2,5 cm von der Kugel entfernt ist. Dies ist die Entladungselektrode.

- Starten Sie das Gerät. Bewegen Sie nun die Entladungselektrode weg von der Kugel, um eine so lang wie nur mögliche Entladung zu erhalten. Bewegen Sie den Draht so weit nach unten, dass er nahe zum anderen Drahtende ist (der Stelle, wo er am Primärpol befestigt ist).
- Beobachten Sie die Länge dieser zweiten Entladung. Vergleichen Sie die maximalen Längen der Entladungen, die bei diesen beiden Vorgehen stattgefunden haben. Beobachten Sie, dass die Länge der Entladung größer ist, wenn eine Entladungselektrode statt eines Metallstückes verwendet wird. Diese Entladungselektrode stellt einen metallischen Rückweg für den Strom dar, bei Verwendung des Metallstückes müsste der Strom im Luftraum zwischen Ihrem Körper und dem Tesla-Apparat abfließen.  
In diesem Versuch ist es unmöglich, eine maximale Entladung zu erhalten, wegen des hohen Widerstandes, der von Ihrem Körper ausgeht und der Luft, gegenüber dem Fluss von hochfrequenten Hochspannungen.

### **Versuch 18: Nachweis der Modulation-Grundlagen**

- Sie benötigen ein Stück Metall. Dieser Versuch veranschaulicht die Grundprinzipien der Modulation, dass eine höhere Frequenz einer niedrigeren überlagert ist. Die Frequenz im MHz-Bereich, die vom Tesla-Apparat erzeugt wird, wird der 50 Hz Frequenz überlagert.
- Starten Sie das Gerät. Nehmen Sie ein Stück Metall in die Hand.
- Bewegen Sie das Metallstück mit schnellen bogenförmigen Bewegungen entlang der Kugel. Beobachten Sie, dass die Entladungen nicht gleichzeitig stattfinden, sondern in Form von einzelnen Funken. Die einzelnen Funken erfolgen mit einer Geschwindigkeit von 100 Stück pro Sekunde - eine Entladung pro Spitze jeder 50 Hz Frequenz. Der Tesla-Apparat gibt ein paar Millionen Zyklen pro Sekunde ab. Aus diesem Grund wird die hohe Frequenz, die vom Gerät ausgeht, auf die 50 Hz Frequenz aufmoduliert.
- Machen Sie verschiedene Versuche bei verschiedenen Geschwindigkeiten der Auf- und Abwärtsbewegungen mit dem Metallstück. Fügen Sie Ihren Beobachtungen auch die Dimension Zeit hinzu, denn in jedem Augenblick befindet sich das Metallstück - in Bezug auf den Kugelpol - an einer anderen Stelle. Sie können auch einzelne Funken "zum Stillstand bringen", ein Vorgang, der Synchronisation genannt wird. Wenn die Geschwindigkeit Ihrer Bewegung im Einklang mit der 50 Hz Frequenz liegt, so scheint jede Entladung an derselben Stelle stattzufinden – und zwar im "Raum" zwischen der Kugel und dem sich bewegenden Metallstück.

### **Versuch 19: Übertragung von Energie mit Hilfe reflektierender Antennenscheiben**

- Sie benötigen eine 100-200 W Glühlampe, eine breite reflektierende Aluminiumscheibe, eine kleine Aluminiumscheibe (liegt bei), eine Lampenfassung E 27 und ein kurzes Stück Draht.
- Montieren Sie eine reflektierende Aluminiumscheibe senkrecht auf dem Gerät, indem Sie die Kugel entfernen; befestigen Sie die Scheibe am Gewindebolzen. Dies ist die Sendeantenne.
- Bringen Sie die Lampenfassung an der zweiten Aluminiumscheibe (Empfängerantenne) an, indem Sie den kurzen Draht in die Bohrung der Antenne schieben; das andere Drahtende wird am Sockel der Fassung befestigt.
- Schrauben Sie die Glühlampe in die Lampenfassung. Schalten Sie das Gerät ein.
- Richten Sie beide Antennenscheiben so aus, dass sie parallel zueinander stehen.

Tesla-Apparat - Best.- Nr. 1008108

- Fassen Sie die Empfängerantenne am Glas, nähern Sie ihr die Sendeantenne - jedoch so, dass beide ständig parallel zueinander sind. Beachten Sie den Punkt, wo die Luft aus der Röhre ionisiert. Sie müssen die Sendeantenne der Empfänger-antenne ganz nahe bringen - immer parallel zueinander.
- Drehen Sie die Empfängerantenne im rechten Winkel zur Sendeantenne und wiederholen Sie den Vorgang. Vergleichen Sie die Entfernungen, bei denen die Ionisierung erfolgt.