



DEUTSCHE  
GESELLSCHAFT FÜR  
ZERSTÖRUNGSFREIE  
PRÜFUNG E.V.

---

ZfP-Sonderpreis der DGZfP beim Landeswettbewerb Jugend forscht

**BREMEN**

---



**Ein neuartiger  
Luftfahrtantrieb**

Philipp Petscherkin

**Schule:**

Kippenberg-Gymnasium  
Bremen

Jugend forscht 2018

---

---

# Ein neuartiger Luftfahrtantrieb

## 1. Kurzfassung

Ziel meines Projektes ist es, einen neuartigen Luftfahrtantrieb zu schaffen. Dafür möchte ich zwei bereits vorhandene, viel benutzte Antriebe kombinieren: Den Ionen- und den Propellerantrieb.

Ein Ionenantrieb basiert darauf, dass sehr wenig Treibstoff mittels eines elektrischen Feldes auf sehr hohe Geschwindigkeiten gebracht wird und ist ideal als Sattelitenantrieb. Der Propellerantrieb beschleunigt vergleichsweise viel Luft auf vergleichsweise niedrige Geschwindigkeiten und ist ein populärer, einfacher Luftfahrtantrieb. Die Idee ist es, einen Luftfahrtantrieb zu schaffen, der viel Luft (Propeller) auf hohe Geschwindigkeiten (Ionenantrieb) beschleunigt und so möglicherweise die Effizienz, Leistung und/oder das Gewicht im Vergleich zu heutigen Luftfahrtantrieben zu verbessern.

Zu diesem Zweck habe ich eine Hochspannungsquelle und einen Mini-„Ionenantrieb“ (mit Luft) gebaut und dies mit einem Propeller kombiniert, welcher als Anode dient. Dann habe ich Verbrauch und Leistung gemessen, wobei sich ergeben hat, dass der Antrieb ineffizient ist.

## 2. Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassung .....	1
----------------------	---

2. Inhaltsverzeichnis .....	2
3. Einleitung .....	3
4. Vorgehensweise, Materialien und Methode .....	4
5. Ergebnisse/Diskussion .....	10
7. Quellen .....	11

### 3. Einleitung

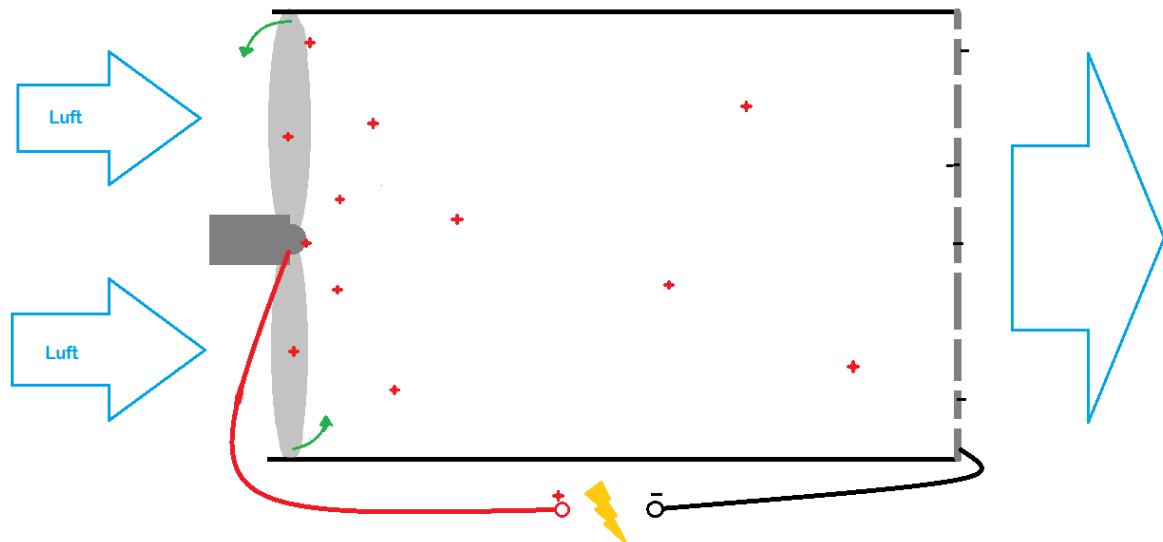
Die Luftfahrt macht etwa 2,2 % der vom Menschen gemachten Emissionen auf und trägt so zum Klimawandel bei<sup>1</sup>. Dies klingt zwar erst nach wenig, doch wenn man berücksichtigt, dass Passagiermaschinen hauptsächlich in der Troposphäre fliegen und die in Turbinen produzierten Abgase diese Atmosphärenschicht schädigen und beispielsweise schädliche Aerosole wie etwa Rußpartikel freisetzen, was zum Treibhauseffekt beiträgt. Dabei fliegen so gut wie alle heutigen Flugzeuge mit Kerosin, einem fossilen Brennstoff. Obwohl die Bundesregierung und andere Staaten die E-Mobilität für Autos fördert, geschieht bei Flugzeugen kaum etwas, unter anderem, da Flugzeuge vom Kyoto-Protokoll ausgeschlossen wurden und heutige elektrische Luftfahrtantriebe zu kostspielig sind. Dabei sind elektrische Luftfahrtantriebe bisher praktisch die einzige Möglichkeit, Flugzeuge emissionslos fliegen zu lassen.

Die bisher meistgenutzten Luftfahrtantriebe sind Turbinen, Propeller und Turboprop, eine Kombination aus Turbine und Propeller. All diese Antriebe werden allerdings fast ausschließlich mit fossilen Treibstoffen (Kerosin) betrieben. Dabei werden in der kommerziellen Luftfahrt fast nur Turbine und, auf Kurzstrecken, Turboprop, eingesetzt, da Propeller einfach zu langsam sind. Turbinen sind etwa bei Geschwindigkeiten über 800 mph am effizientesten, Turboprops bei etwa 400 mph. Beide Antriebe verbrauchen zum Fliegen allerdings Treibstoff. Der entscheidende Vorteil eines Propellers ist, dass er selbst keinen Treibstoff benötigt, sondern mit der Umgebungsluft auskommt. Heutige Propellerflugzeuge benutzen allerdings meist Verbrennungsmotoren, welche wiederum Treibstoff benötigen und somit auch umweltschädigend sind.

Mein Ziel war es nun, eine Alternative zu schaffen. Bisherige elektrische Propeller verbrauchen zu viel Strom, um mit der heutigen Akkutechnologie kostengünstig auszukommen. Daher war meine Idee, den Propellerantrieb mit einem Ionenantrieb zu kombinieren. Diese werden bisher in Satelliten eingesetzt, da sie sehr wenig Treibstoff effizient in (vergleichsweise zu chemischen Antrieben) großen Schub umwandeln. Propeller hingegen geben viel „Treibstoff“ (in meinem Fall Luft) vergleichsweise wenig Schub. Meine Idee war es nun, mithilfe einer Kombination *viel*/Luft (Propeller) *stark* (Ionenantrieb) zu beschleunigen. Ich habe gehofft, damit möglicherweise einen effizienten, leistungsfähigen und/oder gewichtsarmen Antrieb zu entwickeln, der keinen chemischen Treibstoff verbraucht und somit auch noch umweltfreundlich ist.

## 4. Vorgehensweise, Materialien und Methode

Um mein Projekt zu realisieren, musste ich einen Mini- „Ionenantrieb“ (der Luft beschleunigt) bauen und ihn mit einem Propeller ausstatten. Dafür benötigte ich eine Hochspannungsquelle und einen ganz besonderen Propeller. Hier eine Skizze des Versuchsaufbaus:



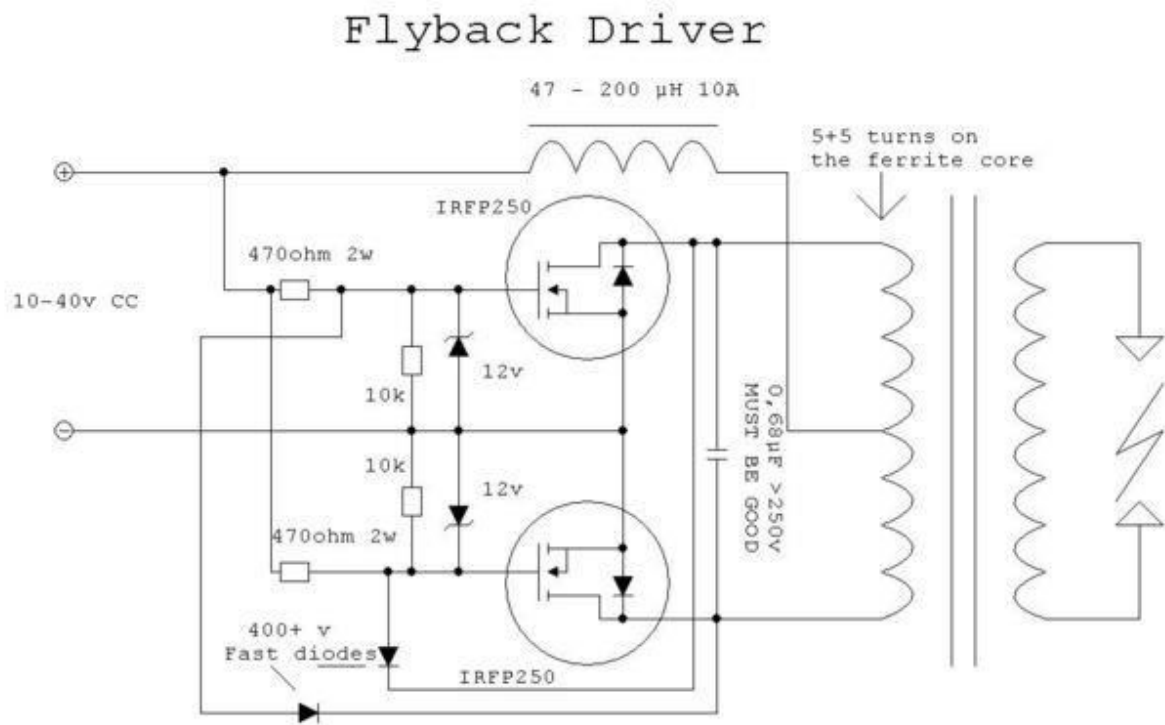
### Hochspannungsquelle

Der schwierigste Teil war es, eine Hochspannungsquelle zu bauen. Um gut zu funktionieren, benötigt der Luft-Ionenantrieb eine Spannung von einigen 10kV. Nach einiger Recherche im Internet fand ich das Forum „Mosfetkiller“, wo sich Leute mit Hochspannung beschäftigen. Als bester Weg, eine Hochspannungsquelle zu bauen, erschien mir ein Zeilentrafo. Dies ist ein Trafo, welcher in Röhrenfernsehern verwendet wird, um den Elektronenstrahl zu beschleunigen und abzulenken. Er hat auf der einen Seite wenige Primärwindungen und auf der anderen Seite sehr viele (mehrere Tausend) Sekundärwindungen. Leider ist es kaum möglich, die exakte Zahl zu kennen, da der Trafo vergossen ist und sich keine Datenblätter mehr auffinden lassen. Für meinen Trafo nahm ich einen alten Röhrenfernseher und baute den Zeilentrafo aus. Jetzt musste ich ihn nur noch ansteuern. Dafür habe ich zuerst eine sog. Zerhackerschaltung ausprobiert und, als diese nicht zufriedenstellend funktionierte, eine sog. ZVS-Schaltung gebaut.<sup>2</sup>

Die Zerhackerschaltung beruht darauf, dass ein Schwingkreis zwischen Primärspule und Feedbackspule erzeugt wird. Dieser schwingt mit der Eigenfrequenz des Trafos (ca. 25-30kHz) und betreibt damit einen Transistor, der den Trafo mit Strom versorgt. Sie ist einfach zu bauen, daher habe ich sie als erstes genommen. Sie erforderte allerdings eine Stromstärke von mindestens etwa 10A, um überhaupt anzuspringen, was selbst die starken Schultrafos auslastete. Nachdem mir zwölf Transistoren durchgebrannt sind,

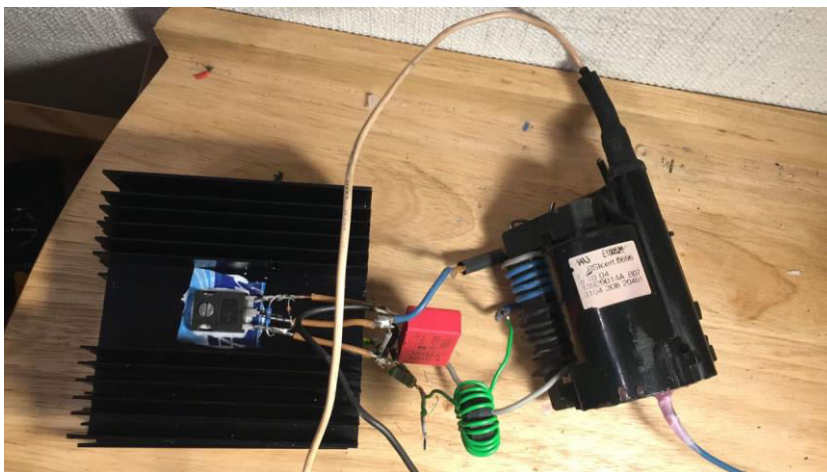
habe ich mich aber für die komplexere, dafür aber effizientere ZVS-Schaltung entschieden.

Diese Schaltung erzeugt eine hochfrequente Wechselfspannung, indem sie zwischen den beiden Primärwindungen (und den angeschlossenen Mosfets) hin- und herschwingt. Der folgende Schaltplan ist sehr beliebt unter Bastlern, daher habe ich ihn nachgebaut.<sup>3</sup>

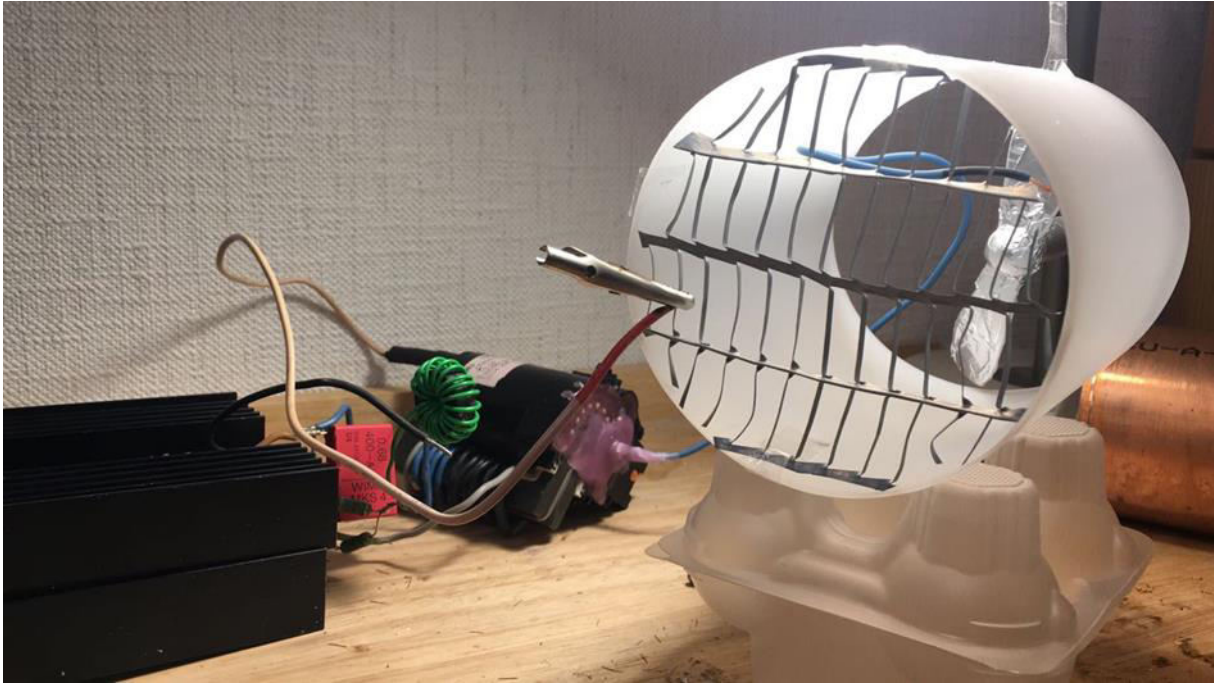


If you don't have the irfp250's you can use a couple of semiconductors that have a VDS almost 4 times the power supply and R(ds)ON <150mOhm. power supply must be able to supply several amps (more than 10)  
Circuit ideated by Vladimiro Mazzilli

Diese Schaltung liefert bei 12v Eingangsspannung mit einer maximalen Blitzlänge von ca. 7cm etwa 70kV (Daumenregel: 1mm = ca. 1kV).

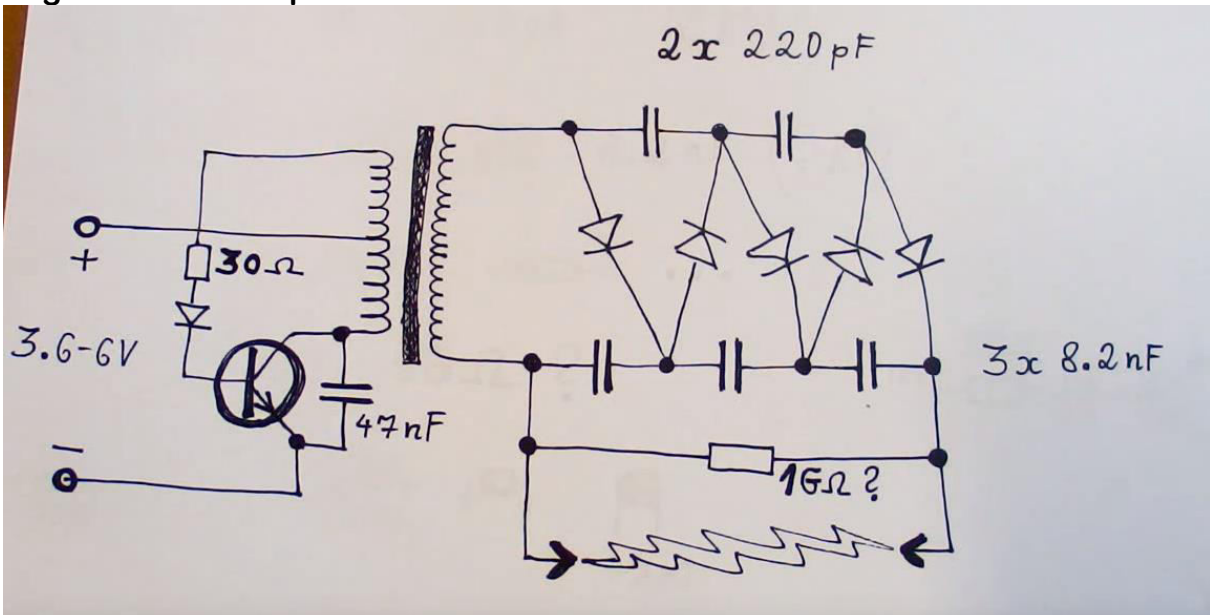


Alles zusammengebaut sah meine erste Version folgendermaßen aus:



Links der Treiber, rechts Ionenantrieb + Propeller

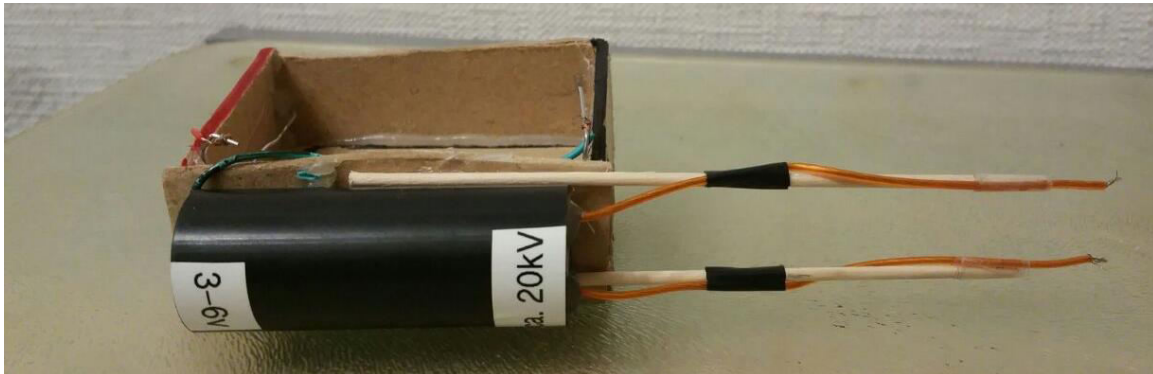
Nachdem ich feststellte, dass die ZVS-Schaltung für meine Zwecke höchst ineffizient ist, habe ich mir aus China eine kleine Hochspannungskaskade bestellt. Diese wandelt 3-6 Volt in knapp 20 kV und ist in Harz vergossen, sodass ich nicht exakt weiß, wie ihr Innenleben aussieht, doch habe ich ein Video gefunden, wo jemand ein ähnliches Modul auseinanderbaut und einen ungefähren Schaltplan erstellt:



Quelle: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_Zs8nox4QoA](https://www.youtube.com/watch?v=_Zs8nox4QoA)

Dies ist im Grunde genommen ein Zerhacker wie der, welchen ich als erstes gebaut habe (links) in Kombination mit einer Hochspannungskaskade (rechts), welche die hochfrequente Wechselspannung aus dem Zerhacker multipliziert. In meinem Modul scheint am Ende der Schaltung noch ein Gleichrichter zu sein, da mein Modul Gleichspannung liefert. Ich habe mein

**Modul mit einem 3,7V Li-Ion-Akku betrieben. Das Modul selbst sieht mit Batteriebox folgendermaßen aus:**

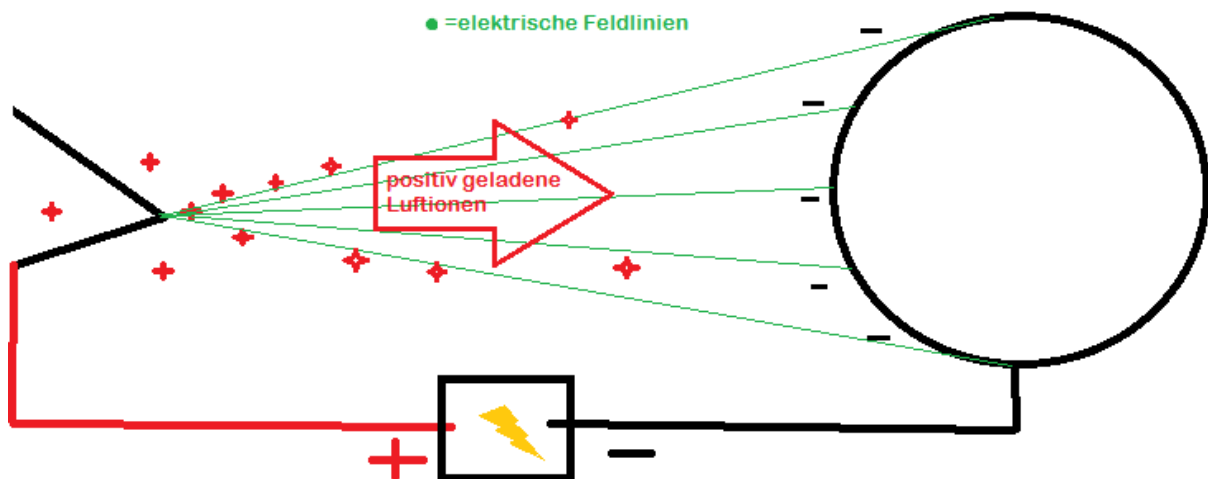


**Ich habe übrigens auch versucht, den Antrieb mit einem Van-Der-Graaff-Generator zu betreiben, dies hat aber nicht einmal ansatzweise funktioniert.**

### Propeller

**Das Prinzip beruht darauf, dass der Propeller bei jeder Umdrehung die Luft, welche er beschleunigt, auch ionisiert. Somit soll möglichst viel Luft ionisiert werden, die dann weiter beschleunigt werden kann. Die beschleunigten Ionen treffen auf weitere Moleküle der Luft, an welche ein Impuls übertragen wird und welche somit auch beschleunigt werden. Dies habe ich erst mit Alufolie probiert (siehe Bild), was allerdings nicht funktioniert. Daher habe ich mein Experiment im Dunkeln betrachtet. Bei völliger Dunkelheit kann man erkennen, an welchen Stellen die Luft ionisiert wird, dort leuchtet sie blauviolett (aufgrund der Spektrallinien von Stickstoff und Sauerstoff). In der Dunkelheit lässt sich erkennen, dass die Luft nur an den Spitzen der Alufolie am Rand des Propellers ionisiert wird. Das kommt daher, dass mein Funktionsprinzip auf Koronaentladung beruht: Legt man eine Hochspannung zwischen einer leitenden Spitze und einer leitenden flachen Fläche an, so ist das elektrische Feld an der Seite der Spitze fokussiert. Infolgedessen wirkt auf die dort ionisierte Luft die elektrische Kraft stärker als an der flachen Fläche, daher strömt sie zur Fläche, ein Ionenwind, auch Korona genannt, entsteht. Hier eine Skizze:**





Um möglichst viel Ionisation zu erhalten, habe ich als nächstes probiert, statt der Alufolie dünnen Kupferdraht zu verwenden, da so das elektrische Feld auch fokussiert werden sollte. Allerdings hat auch das kaum etwas gebracht. An der Spitze des Kabels der Hochspannungsquelle habe ich festgestellt, dass dort sehr viel Ionisation passiert, wenn man sie in die Nähe des Gitters bringt. Daher habe ich als nächstes versucht, viele kleine Spitzen am Propeller zu befestigen.

Mein erster Versuch war etwas Stahlwolle, was zwar besser funktionierte als der Draht, doch immer noch keinen wirklichen Ionenwind produzierte, wenn man es an die Hochspannung anschloss. Ich habe es auch mit teilweise zerschnittener Entlötlitze versucht, was ebenfalls keinen Erfolg brachte. Bei der Arbeit fiel mein Blick auf auch eine Säge, die auf meinem Tisch lag. Ein Sägeblatt wäre ideal, da es viele kleine Spitzen besitzt und sich festkleben lässt. Doch der Versuch, mein Sägeblatt längs aufzusägen, scheiterte auch, warum ist wohl selbsterklärend :)

Im Baumarkt fand ich daraufhin dünne Sägeblätter für sog. „Laubsägen“. Eines mit vielen, kurzen Spitzen funktionierte kaum, doch eines mit wenigen, längeren Spitzen ionisierte die Luft sehr gut. Nach dem Festkleben am Propeller hatte ich endlich eine fertige, funktionierende Version des Antriebes gebaut.

### Bestimmung von Verbrauch und Leistung

In einem klassischen Ionenantrieb herrscht zwischen dem Propeller und Gitter ein elektrisches Feld, welches die Ionen beschleunigt. Die Geschwindigkeit der Ionen lässt sich dabei berechnen, indem man die elektrische Energie mit der kinetischen Energie gleichsetzt, wobei die Formel  $v = \sqrt{\frac{2Ue}{m(e)}}$  herauskommt. Dies gilt für Vakuum, allerdings berücksichtigt dies nicht die Beschleunigung durch den Propeller und die Abbremsung in der Luft

bei meinem Antrieb. Da ich die genauen Werte des Propellers nicht kenne und mit einfachen Methoden nicht messen kann (Z.B. RPM), lässt sich der exakte Wert auch kaum berechnen. Die Effizienz des Antriebes lässt sich aber durchaus berechnen, zumindest im Vergleich zur Effizienz des Propellers alleine, und zwar indem ich den Verbrauch und die Leistung des Propellers erst einzeln und dann mit dem kombinierten Antrieb vergleiche.

Die Messung des Verbrauchs bestand darin, zwei Multimeter an die Hochspannungsquelle anzuschließen, eines Parallel (Spannung) und eines in Reihe (Strom). Da ich den Propeller per USB-Kabel versorgte, konnte ich dort ein kleines USB-Multimeter verwenden, welches beides gleichzeitig macht.

Nachdem ich merkte, dass die Messung der Leistung anhand der Auslenkung eines frei schwingenden Blattes viel zu ungenau war, stellte ich meinen Antrieb auf eine Waage. Professionell im Modellflugbau wird die Leistung eines Antriebs mithilfe eines speziellen Aufbaus ermittelt: Der Antrieb wird an einer angewinkelten Platte befestigt, welche auf der anderen Seite auf einer Waage liegt. Die Mitte der Platte ist befestigt. Je stärker der Antrieb nun bläst, umso höheres Gewicht liegt auf der Waage. Hier ein Bild<sup>4</sup>:



Es gibt auch noch andere Aufbauten, beispielsweise mit Federwaagen und horizontaler Anordnung, doch das Prinzip ist immer ähnlich: Je stärker der Antrieb bläst, umso stärker drückt er gegen die Waage. Bei meinem Aufbau stellte ich den Antrieb horizontal mit Abstandshaltern (als Luftpfeife) auf eine Waage:



## 5. Ergebnisse/Diskussion

Folgendes sind die Messergebnisse des Versuches mit der Waage:

	Verbrauch (W)	„Leistung“/Gewicht (g)
Propeller einzeln	1,25 W	5g
Kombination: Propeller + ZVS-Schaltung	85 W	6g
Kombination: Propeller + Kaskade	6,4 W	6g

Wie man klar erkennen kann, verbraucht der Hochspannungsgenerator deutlich mehr als der Propeller alleine, wobei die erzielte Leistung im Vergleich zu Propeller gering ausfällt. Somit kann man sagen, dass der Antrieb ineffizienter ist als ein klassischer Propellerantrieb und daher keine praktische Anwendung finden wird. Auch habe ich die Vermutung, dass der Antrieb in großen Höhen nicht viel besser funktionieren wird: Wenn ein Flugzeug schnell fliegt, so würde der sich zu der Luftgeschwindigkeit relativ langsam drehende Propeller einen Luftwiderstand darstellen. Dadurch geht ein Teil des Impulses am Propeller verloren. Der Ionenteil dahinter würde der

Luft wieder Impuls hinzufügen, doch wäre so der Propeller überfällig. Da der Ionenwind aber sehr schwach und der Treiber dafür ineffizient im Vergleich zum Propeller ist, wäre dieser Antrieb für schnell und hochfliegende Flugzeuge ungeeignet.

## 6. Quellen

1:

[http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Auswirkungen\\_des\\_Luftverkehrs](http://wiki.bildungserver.de/klimawandel/index.php/Auswirkungen_des_Luftverkehrs)

2: <http://mosfetkiller.de/?s=zeilentrafosc>

3: <http://www.instructables.com/id/The-ZVS-driver/>

4: <https://www.xxl-modellbau.de/Motorpruefstand-fuer-Standschubmessung-im-Modellbau-Standschub-Schub-Messung#&gid=1&pid=2>

Alle Teile habe ich selbst gekauft/ausgebaut und selbst zusammengebaut.