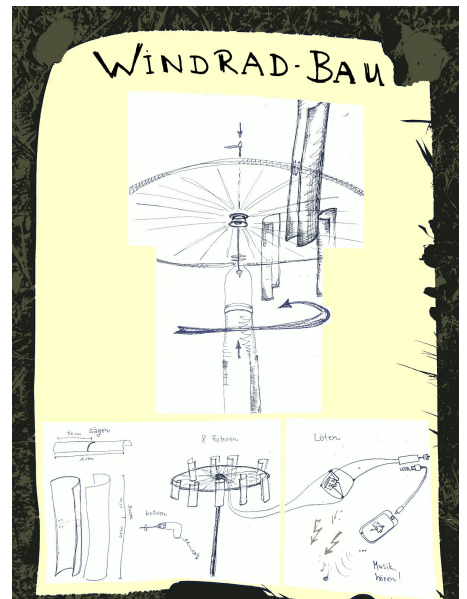
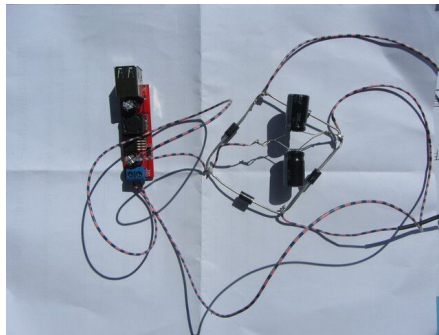


# Windrad-Handyladestation für das Nachhaltigkeitsprojekt bei Linie 94

-- von Marla und Thomas von der Linie 94, gebaut am 30. April 2019 --  
-- das gesamte Dokument, einschließlich aller Abbildungen, ist als gemeinfrei lizenziert --

## Allgemeines

### Kurzbeschreibung



Windrad-Handyladestation, gemeinsam gebaut von 22 Schüler/innen der Waldstadtschule im Rahmen des Nachhaltigkeitsprojekt.

Während ein Teil der Klasse einem alten Fahrrad-Rad und ausgedienten Teppichrohren neues Leben einhauchen, lötet der andere Teil einen eigenen Schaltkreis zusammen, der den Dynamo-Strom in Handy-lade-tauglich umwandelt (auf dem Foto in der Plastik-Box versteckt).

Als nach fünf Stunden Gemeinschaftsarbeit die Kinder ihre Handys mit selbst erzeugtem aufladen ("woah, das lädt ja"), ist hoffentlich nicht nur das Interesse an erneuerbarer Energie geweckt, sondern konnten sie auch einen lebendigen Einblick in eine Selbsthilfwerkstatt erhalten.

## Motivation

- William Kamkwamba: How I harnessed the wind  
[https://www.ted.com/talks/william\\_kamkwamba\\_how\\_i\\_harnessed\\_the\\_wind](https://www.ted.com/talks/william_kamkwamba_how_i_harnessed_the_wind)  
<https://www.youtube.com/watch?v=crjU5hu2fag&t=1m12s>
- Futurzwei: Wie wollen wir gelebt haben -- Geschichten des Gelingens  
<https://futzrwei.org/article/repair-cafe>  
<https://futzrwei.org/article/performance-electrics>
- Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 1 - 10 der Berliner und Brandenburger Schulen  
<https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/unterricht/rahmenlehrplaene/implementierung-des-neuen-rahmenlehrplans-fuer-die-jahrgangsstufen-1-10/amtliche-fassung/>

# Inhaltsverzeichnis

1. Allgemeines
2. Mechanik
  - a. Stationäres Fahrrad
  - b. Windrad Vorüberlegungen
  - c. Windrad Umsetzung
3. Physikalische Grundlagen
4. Wie mache ich ...
  - a. Anleitung zum Löten
  - b. Anleitung zum Einkaufen von Elektrobauteilen
5. Einfache Stromkreise
  - a. Dynamo + Glühbirne
  - b. Akku + Leuchtdiode + Vorwiderstand
6. USB-Ladestation
  - a. Benötigte Komponenten
  - b. Dynamo
  - c. Gleichrichter
  - d. Trafo
  - e. Überspannungsschutz
  - f. USB-Spezifikation
  - g. Auswahl einiger Schaltkreise
7. Upcycling
  - a. Allgemeines
  - b. Dynamo/Generator
  - c. Trafo
8. Ablaufplan für ein Schulprojekt / Arbeitsteilung

# Mechanik

## Stationäres Fahrrad

Baupläne für eine Fahrradhalterung:

- <http://tidybrowwnren.blogspot.com/2011/06/how-to-make-your-own-exercise-bike-for.html>
- <http://tidybrowwnren.blogspot.com/2013/01/plans-for-diy-exercise-bike-stand.html>
- <https://satelliteintheshed.wordpress.com/2013/03/05/exercise-bike/>
- <https://www.instructables.com/id/Stationary-Bike-Stand-for-Kids/>
- <https://www.instructables.com/id/Indoor-Bike-Trainer/>
- <https://www.instructables.com/id/DIY-Bicycle-Pegs/>

## Windrad Vorüberlegungen

Es gibt viele verschiedene Bauformen für Windräder:

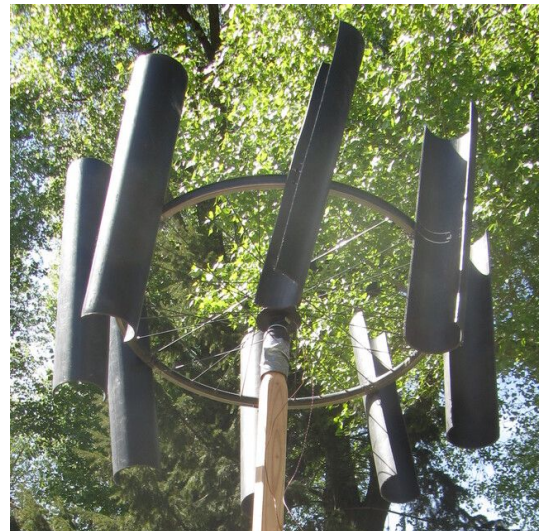
- Horizontale Achse (wie bei Windmühlen und Windkraftwerken): Können effizienter gebaut werden als solche mit vertikaler Achse, dafür richtet sich der Kopf der Windrichtung aus (oder muss ausgerichtet werden), was die Konstruktion erschwert.
- Vertikale Achse (wie bei uns): Der Kopf bleibt unabhängig von der Windrichtung fest, was die Konstruktion erleichtert (insbesondere die Stromübertragung), weshalb wir uns für diese Bauweise entschieden haben.

Weitere Beispiele für Vertikalachsen-Windräder sind: Savonius-Rotor und Schalenrotor (beide Strömungswiderstand-nutzend), sowie Klappflügelrotor und Darrieus-Rotor (beide Auftrieb-nutzend).

- Auftrieb-nutzende Rotorblätter (wie bei Windmühlen und Windkraftwerken): Durch Anströmwinkel und/oder Flügelform wird durch Impulserhaltung und Druckunterschiede ein Auftrieb an den Rotorblättern erzeugt, der das Rad drehen lässt. (Windmühlen haben keine optimierte Flügelform und nutzen nur den Anströmwinkel.)
- Strömungswiderstand-nutzende Rotorblätter (wie bei uns): Die Flügel haben vorne einen geringeren Strömungswiderstand als hinten (siehe Bild).

Wir haben uns für ein Vertikalachsen-Windrad mit Schalenrotor entschieden und uns am Titelbild von

<https://www.heise.de/select/make/2018/7/1542020849604790> orientiert.

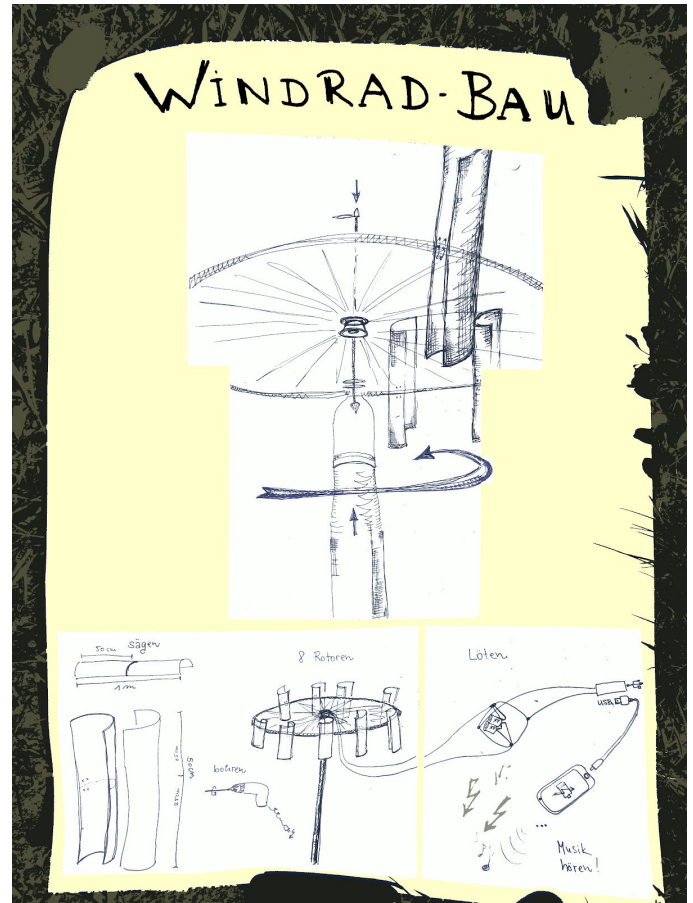


Ein paar Links:

- Auftrieb-nutzende Rotorblätter:  
[https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Dynamischer\\_Auftrieb&oldid=187444132](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Dynamischer_Auftrieb&oldid=187444132)
- Auftrieb-nutzende Rotorblätter:  
[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lift\\_\(force\)&oldid=892936232](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Lift_(force)&oldid=892936232)
- Windrad + Wasserpumpe:  
<https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Windpumpe&oldid=182508406#Technik>

# Windrad Umsetzung

Konstruktionsplan:



Zutaten:

## Material:

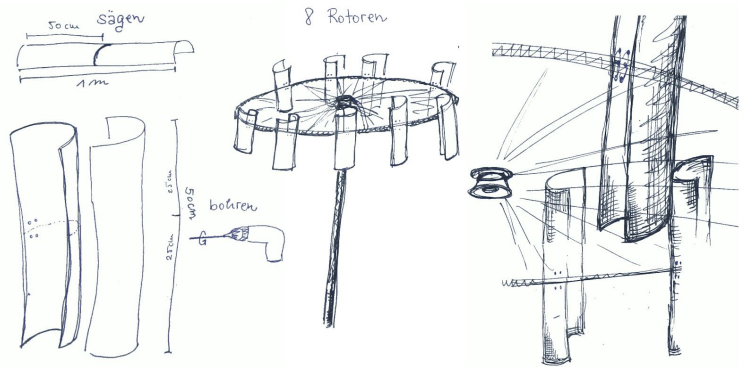
- 1x Laufrad mit Nabendynamo
- Dynamo-Kontakte und langes Kabel (mind. 2x 1m)
- 1x BMX peg (Fußstütze)
- Unterlegscheiben (um das Peg aufs Rad zu schrauben)
- 4m aufgeschnittenes Kunststoffrohr (Teppichrohr, Regenrinne, etc)
- 2m Holzmast (etwas größer als das BMX peg)
- 4x Nagel oder Metallstift
- Behälter für Elektronik (z.B. alte Plastikdose)
- Rödeldraht
- Kabelbinder/Seil/ähnliches (um Behälter an Mast zu befestigen)
- Klebeband (um die Stifte/Nägel am Peg festzukleben)

## Werkzeug:

- Holzbohrer, in zum Stift passender Größe
- Metallbohrer, in zum Stift passender Größe
- Kunststoffbohrer (für Kunststoffrohr)
- Säge (für Kunststoffrohr)
- lange Flachzange (um das Peg aufs Rad zu schrauben)
- grobe Feile
- Flachzange
- Seitenschneider
- Schaufel (zum Loch graben)

Zubereitung:

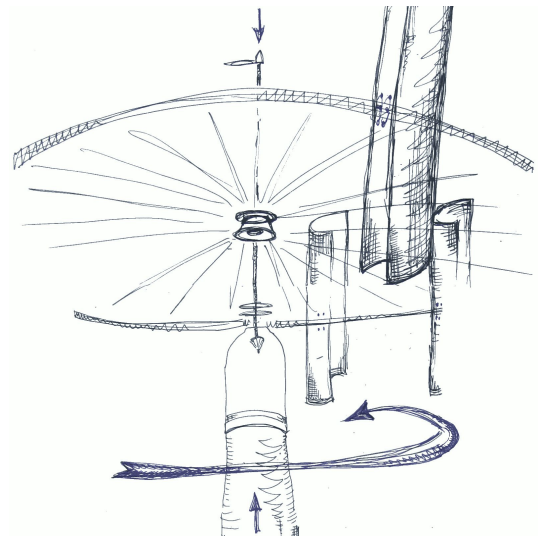
1. Rotorblätter zurechtschneiden, durchbohren, und mit Rödeldraht am Laufrad befestigen. Das Laufrad muss dazu nicht bearbeitet/beschädigt werden.



2. Mast an der Spitze abfeilen bis das Peg darauf passt. Das Peg kann mit Stiften am Mast fixiert werden, dazu passende Löcher in Peg und Mast bohren.



3. Peg an die Laufradachse schrauben: Achse, Unterlegscheiben, Peg, Mutter aufeinander stecken, mit einer langen Flachzange etwas zuschrauben, und anschließend mit dem Schnellspanner festziehen. Das Peg und die Laufradschraube müssen fest verbunden sein und dürfen sich nicht gegeneinander verdrehen lassen.



4. Behälter für Elektronik bearbeiten (Löcher für Kabel ausschneiden) und am Mast befestigen.



5. Peg (mit Laufrad) auf den Mast setzen, Stifte in die Löcher einführen und ggf. mit Klebeband abkleben. Loch buddeln und Mast aufstellen.

Damit fehlt nur noch die Schaltung. Um diese wird es im Rest des Dokuments gehen.

IN Fahrraddynamo                      OUT USB-Dose  
 C1-2 Elko 2200µF 16V                  D1-4 Schottkydiode SB 5A 60V  
 IC Modul mit Abwärtswandler LM2696 und USB-Ausgang

## Physikalische Grundlagen

Einige Webseiten zum Einarbeiten ins Thema Elektrizität:

- <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre> (haben wir im Physik-Unterricht genutzt)
- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/electric/watcir.html> (Elektrizität-Wasser-Analogie)
- <http://www.brucewilles.de/grundlagen.html> (Elektrizität-Wasser-Analogie)
- <http://lushprojects.com/circuitjs/circuitjs.html> (Online-Simulator)
- <http://www.falstad.com/circuit/circuitjs.html> (Online-Simulator)

Physikalische Größen in der Elektrizität-Wasser-Analogie im Überblick:

Bedeutung	Elektrizität		Wasser	
	Größe	Einheit	Größe	Einheit
	Ladung	Coulomb	Volumen	Meter <sup>3</sup>
Ladung/Wasser pro Zeit	Strom	Coulomb/sec = Ampere	Fluss	Meter <sup>3</sup> /sec
Fähigkeit, Ladung/Wasser zu bewegen	Spannung	Volt	Druck	Pascal
Arbeit = Ladung/Wasser entlang Spannung/Druck bewegen	Arbeit	Volt * Coulomb = Joule	Arbeit	Pascal * Meter <sup>3</sup> = Joule
Leistung = Arbeit pro Zeit	Leistung	Volt * Ampere = Watt	Leistung	Pascal * Meter <sup>3</sup> / sec = Watt
Energie = Fähigkeit, Arbeit zu verrichten	Energie	Joule	Energie	Joule

# Wie mache ich ...

## Anleitung zum Löten

### Lötanleitungen

Ein paar Lötanleitungen:

- [http://mightyohm.com/files/soldercomic/translations/DE\\_SolderComic.pdf](http://mightyohm.com/files/soldercomic/translations/DE_SolderComic.pdf)
- <http://www.strippenstrolch.de/1-1-1-das-loeten.html>

Verschiedene Möglichkeiten zu Löten:

- Frei löten: das haben wir gemacht (siehe Bild).
- Reißnagel-Löten: <http://www.quietscheradio.de/unser-ukw-radio-2.pdf>
- Geätzte Platine: <https://www.instructables.com/id/PCB-ETCHING-TONER-TRANSFER-METHOD-1/>
- Lochrasterplatinen: gibt es mit Punktraster oder Streifenraster.



### Umgang mit der Lötspitze

Eine Lötspitze nutzt sich mit der Zeit ab, nur eine sorgsame Behandlung garantiert eine lange Lebensdauer.

- Lötspitze vor und nach dem Einsatz, sowie nach jedem feuchten Abwischen, mit einer dünnen Zinnschicht überziehen (verzinnen) um Oxidation zu verhindern.
- Die Lötspitze sollte dabei das Zinn relativ einfach annehmen – perlt das Zinn ab, so ist die Lötspitze wahrscheinlich schon abgenutzt.
- Ebenso wie Oxidation sind auch Verunreinigungen zu vermeiden, da diese schnell an der Lötspitze anbrennen.
- Auf die Lötspitze darf kein großer Druck ausgeübt werden, da sie sich sonst verbiegt.
- Klebt an der Lötspitze ein Zinntropfen, so kann dieser durch trockenes abwischen (z.B. an Papier oder Unterlage) entfernt werden.

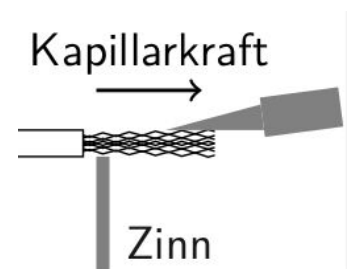
Sollte die Lötspitze abgenutzt sein, so lässt sich diese austauschen. Unsere Weller LTS Lötspitze hat sechs Euro gekostet.

### Litzenenden verzinnen

Es empfiehlt sich Litzenenden zu verzinnen, denn wird später so ein verzinnertes Ende verlötet, so schmilzt das darin enthaltene Zinn wieder, verteilt sich, und verhindert "kalte Lötstellen".

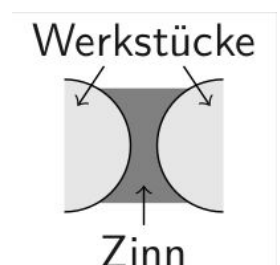
Zum Verzinnen empfiehlt sich folgendes Vorgehen:

1. Litzenende abisolieren.
2. Lötzinn und LötKolben kurz ans Litzenende halten, so dass an diesem auch ein klein wenig Zinn ist (zur besseren Wärmeübertragung).
3. Lötzinn ans hintere Ende des abisolierten Bereichs schieben, während die Lötspitze weiterhin am vorderen Ende bleibt (siehe Bild).
4. Warten bis sich die Litze soweit erwärmt hat, dass das Zinn hinten schmilzt und durch die Kapillarkräfte nach vorne gezogen wird.
5. Sobald das Lötzinn vorne angekommen ist (das durchziehen geht sehr schnell), den LötKolben entfernen. Fertig!



### Zwei Werkstücke zusammenlöten

Verlötet man zwei Werkstücke, so soll das Lötzinn eine große Kontaktfläche ermöglichen (siehe Bild). Damit das Zinn in die ganzen Zwischenräume fließen kann, enthält es ein Flussmittel.



- Wird das Lötzinn durch längeren Kontakt mit den LötKolben geschmolzen, so verbrennt das Flussmittel und das Zinn kann sich nicht so gut verteilen.
- Wird das Lötzinn durch Kontakt mit dem erwärmten Werkstück geschmolzen, so verteilt es sich dank des Flussmittels optimal in alle Zwischenräume.

Daher sollte der LötKolben hauptsächlich eingesetzt werden um das Werkstück zu erwärmen, während der direkte Kontakt mit dem Lötzinn minimal gehalten werden sollte.

### Kalte Lötstellen

Verlötet man zwei Werkstücke und schmilzt das Lötzinn nur an einigen Stellen, während es an anderen kalt bleibt, so leitet die Lötstelle später nicht. Daher ist beim Verlöten darauf zu achten, dass das Zinn gleichzeitig schmilzt und abkühlt. Falls dies nicht der Fall ist: noch mal mit dem LötKolben ran und neu machen.

## Anleitung zum Einkaufen von Elektrobauteilen

Fragt man in einem Elektrogeschäft nach "Gleichrichter-Dioden, Kondensatoren, und einem 5V-Spannungsregler um eine Dynamo-USB-Ladestation zu bauen", so kehrt man mit leeren Händen zurück (hab' ich schon ausprobiert). Man muss schon genau wissen was man will – entweder die Typbezeichnung oder die physikalischen Parameter des Bauteils. Damit ergibt sich jedoch das Problem, dass das Elektrogeschäft vielleicht nicht alle Teile hat, die die Anleitung aus dem Internet will. Die folgende Auflistung soll daher helfen zu verstehen, welche Kenngrößen ein Bauteil ausmachen und worauf es ankommt.

So wussten wir zum Beispiel, dass wir ohne Beeinträchtigung des Schaltkreises einen Elko 2200µF 12V durch einen Elko 2200µF 16V ersetzen können, und dass statt einer SB5100-Diode sicherlich auch eine SR560 genügt.

Bauteil	Parameter
Widerstand	<p>Widerstände hemmen den Stromfluss durch den Draht. Diese Eigenschaft wird durch den Widerstand (mit Einheit Ohm) ausgedrückt.</p> <p>Häufig angegebene Parameter sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Widerstand (Ohm)</li> <li>• Technologie (Metallfilm = MF) oder Anwendungszweck (z.B. Hochlast)</li> </ul> <p>Tipp: Schaltet man Widerstände in Reihe, so addieren sich ihre Widerstände.</p>
Kondensator	<p>Kondensatoren können Energie aufnehmen, speichern, und wieder abgeben. Diese Eigenschaft wird durch die Kapazität (mit Einheit Farad) ausgedrückt.</p> <p>Häufig angegebene Parameter sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Technologie (Elektrolyt, Keramik)</li> <li>• Bauform (radial, axial)</li> <li>• Kapazität (Farad)</li> <li>• Spannung, die das Teil aushalten soll (Volt)</li> <li>• weitere besondere Eigenschaften (z.B. lowESR, welches für in Reihe geschaltete Kondensatoren empfehlenswert ist)</li> </ul> <p>Tipp: Schaltet man Kondensatoren parallel, so addieren sich ihre Kapazitäten. Hinweis: Elko = Elektrolytkondensator, Kerko = Keramikkondensator.</p>
Schottkydiode	<p>Schottkydioden leiten Strom nur in eine Richtung, sperren in die andere Richtung, und eignen sich daher z.B. für Gleichrichter.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typ/Hersteller (SB/SR)</li> <li>• Bauform (z.B. DO-201)</li> <li>• Stromstärke und Spannung die das Teil aushalten soll (Ampere bzw. Volt)</li> </ul>



Zenerdiode	Zenerdioden leiten bis zu einer Durchbruchspannung nur in eine Richtung und danach in beide Richtungen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchbruchspannung (Volt)</li> <li>• Verlustleistung im durchbrochenen Zustand (Watt)</li> <li>• Bauform (z.B. DO-201)</li> </ul>
Leuchtdiode	Leuchtdioden sind nicht so einfach zu verwenden wie Glühbirnen, sondern sind auf eine bestimmte Durchfluss-Spannung/Stromstärke ausgelegt. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Durchfluss-Spannung (Volt)</li> <li>• Durchfluss-Stromstärke (Ampere)</li> <li>• Bauform (Durchmesser, bedrahtet / unbedrahtet, ...)</li> <li>• Farbe und Helligkeit (für uns eher nicht so wichtig)</li> </ul> Tipp: Immer mit Vorwiderstand betreiben (siehe unten).
Glühbirne	Glühbirnen sind sehr einfach zu betreiben: sie verhalten sich wie ein ohmscher Widerstand, akzeptieren Wechselstrom wie Gleichstrom, und leuchten bei zu geringer Spannung einfach etwas dunkler.
Akku	Tipp: Schaltet man Akkus in Reihe, so addieren sich ihre Spannungen.

## Einfache Stromkreise

### Dynamo + Glühbirne

Fahrrad-Glühbirne oder andere 6V-Glühbirne nehmen, an Kabel löten, Kabel in Dynamo-Kontakt klemmen, fertig.

### Akku + Leuchtdiode + Vorwiderstand

Akkus sind handlich und Leuchtdioden billig, und so als schöne Lötübung geeignet.

Leuchtdioden wollen von einer bestimmten Stromstärke durchflossen werden, aus der sich dann der Spannungsabfall an der Diode ergibt. Diese Stromstärke lässt sich mit einem Vorwiderstand einstellen, die Formel hierfür lautet:

$$\text{Widerstand} = (\text{Spannung Quelle} - \text{Durchflussspannung LED}) / (\text{Durchflusstrom LED})$$

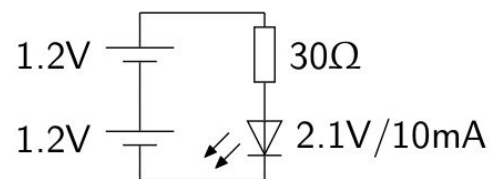
Der Durchflusstrom bezieht sich dabei auf die von der LED gewünschte Stromstärke und die Durchflussspannung auf den resultierenden Spannungsabfall. Beide Parameter sind normalerweise bei der LED angegeben, wir haben gelbe LEDs mit 2.1V / 10mA, und daher Vorwiderstände mit:

$$30\Omega = (2.4V - 2.1V) / (0.01A)$$

Genau genommen haben wir Widerstände im Bereich 15Ω bis 45Ω genutzt (weil aus Elektroschrott ausgebaut), aber das hat auch funktioniert.

Mehr Informationen finden sich unter:

- <http://www.led-treiber.de/html/led-kennlinien.html>
- <http://www.led-treiber.de/html/vorwiderstand.html>
- <https://www.elektronik-kompodium.de/sites/bau/0201111.htm>



# Stromkreis Dynamo → USB

## Benötigte Komponenten

Dynamo	Variable Wechselstromquelle: Spannung, Strom, Leistung hängen von Drehgeschwindigkeit und Last ab. <ul style="list-style-type: none"> <li>- schnelle Drehung =&gt; Spannung, Strom, Leistung ↑</li> <li>- höhere Last =&gt; Spannung ↓</li> </ul>
Gleichrichter	Wandelt Gleichstrom in Wechselstrom um.
Trafo	Sorgt dafür, dass das Handy exakt 5V bekommt. <ul style="list-style-type: none"> <li>- arbeitet nicht 100% effizient, also auch Teil der "Last"</li> </ul>
USB-Dose/Handy	Benötigt exakt 5V Spannung und mind. 0.1A (besser 0.5A) Strom. <ul style="list-style-type: none"> <li>- höhere Stromstärke =&gt; lädt schneller</li> </ul>
Überspannungs-Schutz	Schützt Trafo und Handy vor Überspannung.

## Dynamo

→ Erzeugt den Strom. Man kann entweder einen alten Elektromotor als Generator verwenden (damit kenne ich mich nicht so gut aus), oder einen Dynamo:

	Flexibilität	Leichtläufigkeit	Wirkungsgrad
Nabendynamo	nur Vorderrad	gut	gut
Speichendynamo	abmontierbar	gut	schlecht
Nebendynamo	abmontierbar	schlecht	?
Kleiner Elektromotor (siehe Upcycling)	abmontierbar	gut	?


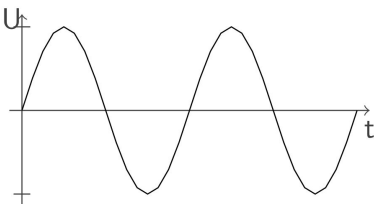
Laut Beschriftung liefert ein Dynamo 6V / 3W, aber in der Realität ist dies nicht der Fall. Informationen zum Realverhalten finden sich unter:

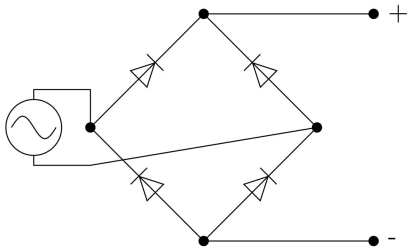
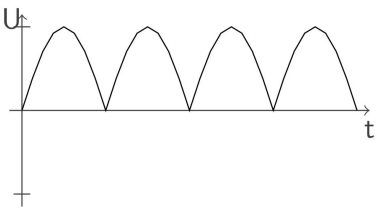
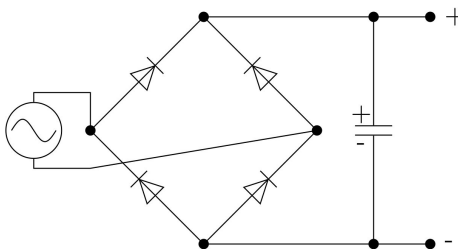
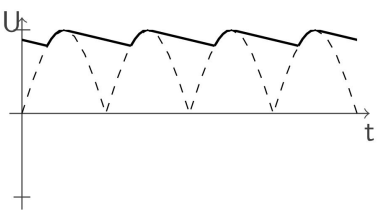
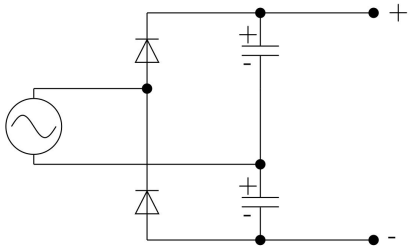
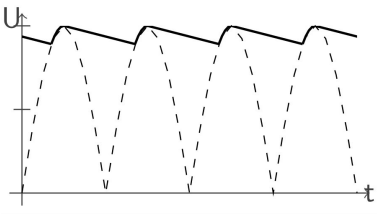
<https://www.mikrocontroller.net/attachment/14850/BikeLight.pdf>

Wir haben ein Vorderrad mit Nabendynamo genutzt.

## Gleichrichter

→ Wandelt Wechselstrom in Gleichstrom um. Hierfür gibt es mehrere Möglichkeiten:

Name	Spannung ...	Schaltplan	Ergebnis
nur Dynamo	Wechselspannung		

Diodenbrücke	gleichrichten		
Diodenbrücke + Kondensator	gleichrichten + glätten		
Delon-Schaltung (Anm: geht mit pol. oder unpol. Kondensatoren)	gleichrichten + glätten + verdoppeln		
<p>Tipps ...</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ... für Diodenbrücke mit Kondensator: Schaltet man die Kondensatoren parallel, so addieren sich die Kapazitäten. Beispielsweise verhalten sich zwei parallel geschaltete 2.2mF Kondensatoren wie ein 4.4mF Kondensator.</li> <li>• ... für die Delon-Schaltung: Da hier Kondensatoren in Reihe geschaltet werden, empfiehlt es sich solche in der lowESR-Variante zu verwenden.</li> </ul> <p>Wir haben "Diodenbrücke + Kondensator" mit zwei 2.2mF Kondensatoren genutzt.</p>			

## Trafo

→ Wandelt Gleichstrom >5V in 5V-Gleichstrom um. Hierfür gibt es mehrere Möglichkeiten:

<p>Linear regulator, standard</p> <p>(deutsch: normaler Linearregler)</p>	<p>Ein Linearregler verringert die Spannung indem er überschüssige Leistung als Wärme abgibt, und ist damit vor allem bei hohen Spannungen ineffizient.</p> <p>Wichtige Parameter sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Output voltage: Sollte 5V sein.</li> <li>• Input voltage: Bis zu welcher maximalen Eingangsspannung das Teil funktioniert.</li> <li>• Dropout voltage: Ein Linearregler springt nicht sofort bei 5V an, sondern erst bei einer höheren Spannung. Die Differenz "Ausgangsspannung ↔ minimale Eingangsspannung" wird als dropout voltage bezeichnet.</li> </ul> <p>Beispiele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• LM7805: wandelt 7-35V in 5V um</li> <li>• LM317: benötigt weitere Teile um als 5V-Wandler zu funktionieren</li> </ul>
<p>Linear regulator, low-dropout</p> <p>(deutsch:</p>	<p>Ein low-dropout regulator ist ein Linearregler mit einer besonders geringer dropout voltage. Dafür ist die maximale Eingangsspannung oft geringer, weshalb der Überspannungsschutz aggressiver ausfallen muss.</p>

low-dropout Linearregler)	Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> <li>• LM2940 V5: wandelt 5.5-26V in 5V um</li> <li>• L4940 V5: wandelt 5.5-17V in 5V um</li> </ul>
Switching regulator, step-down  (deutsch: Abwärtswandler)	Ein Schaltregler arbeitet dank cleverer Elektronik bei allen Spannungen effizient (80-90%), so dass mehr Leistung zum Laden des Handys übrig bleibt. Auch er hat ebenfalls eine Maximalspannung, und fängt erst ab einer bestimmten Spannung an zu schalten (analog zur dropout voltage). Schaltwandler werden in mehreren Varianten vertrieben: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nur der Chip selbst (schwarze Box mit Beinchen), der noch weitere Bauteile benötigt um als Spannungswandler zu funktionieren (Kondensatoren, Spulen, etc).</li> <li>• Fertiges Schaltwandler-Modul (kleine Platine), die zum "anschießen und loslegen" gedacht ist und den Chip als Herzstück beinhaltet.</li> </ul> Daneben wird noch unterschieden: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Schaltwandler mit fester Ausgangsspannung (z.B. 5V).</li> <li>• Schaltwandler mit einstellbarer Ausgangsspannung. Bei Chips erfolgt die Einstellung durch einen geeigneten Widerstand, bei Modulen durch eine mit Schraubendreher einstellbare Stellschraube.</li> </ul> Beispiele: <ul style="list-style-type: none"> <li>• LM2576: die 5V-Variante wandelt 7-40V in 5V um.</li> <li>• LM2596: ...</li> <li>• LM2696: die 5V-Variante wandelt 6-35V in 5V um.</li> <li>• MP1584: die 5V-Variante wandelt 8-28V in 5V um.</li> </ul>
Informationen zu Vor- und Nachteilen von Linearreglern bzw. Abwärtswandlern speziell für die Nutzung mit Dynamos finden sich unter: <a href="https://www.ktverkko.fi/~msmakela/electronics/dynamo5v/index.en.html">https://www.ktverkko.fi/~msmakela/electronics/dynamo5v/index.en.html</a> Wir haben einen Schaltwandler genutzt, genauer ein fertiges LM2696-Modul mit voreingestellter 5V-Ausgangsspannung.	

Datenblätter einiger Schaltregler (die unter anderem Beispielschaltungen enthalten um aus einem Chip eine vollwertige Schaltung zu machen):

- <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2576.pdf>
- <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm2596.pdf>
- <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/LM2576-D.PDF>
- <https://www.onsemi.com/pub/Collateral/LM2596-D.PDF>

## Überspannungsschutz

→ Schützt Trafo und Handy vor Überspannung. Hierfür gibt es mehrere Möglichkeiten:

Suppressordiode	Sperrt im Normalbetrieb den Strom in beide Richtungen. Erst ab einer bestimmten Durchbruchspannung lässt sie den Strom durch. Eignet sich vor allem zum Schutz vor Spannungsimpulsen.
Zenerdiode	Lässt im Normalbetrieb Strom nur in einer Richtung durch (wie eine normale Diode). Ab einer bestimmten Durchbruchspannung leitet sie in beide Richtungen, ohne dabei kaputt zu gehen.

Achtung: Mangels verfügbarer Suppressordiode haben wir eine Zenerdiode verwendet, was jedoch nicht funktioniert hat. Wir vermuten, dass sie bereits uns schon zu Beginn (oder beim Testen) bei der ersten

Spannungsspitze durchbricht, und sich danach nicht wieder schnell genug schließt. Eine Suppressordiode wäre wahrscheinlich besser geeignet. Der Einfachheit halber haben wir am Ende unser Windrad ohne Überspannungsschutz gebaut.

## USB-Spezifikation

Wie bereits oben geschrieben sollte an der USB-Dose 5V Gleichstrom anliegen. Genauer schreibt die USB-Spezifikation 5.00 +0.25 -0.60 Volt für USB 2.0 bzw 5.00 +0.25 -0.55 Volt für USB 3.0 vor, mit:

USB spec	Strom	Spannung	Leistung
Low-power	100 mA	5 V	0.50 W
Low-power SuperSpeed	150 mA	5 V	0.75 W
High-power	500 mA	5 V	2.50 W
High-power SuperSpeed	900 mA	5 V	4.50 W
Battery Charging 1.2	1500 mA	5 V	7.50 W

## Auswahl einiger Schaltkreise

Übersicht:

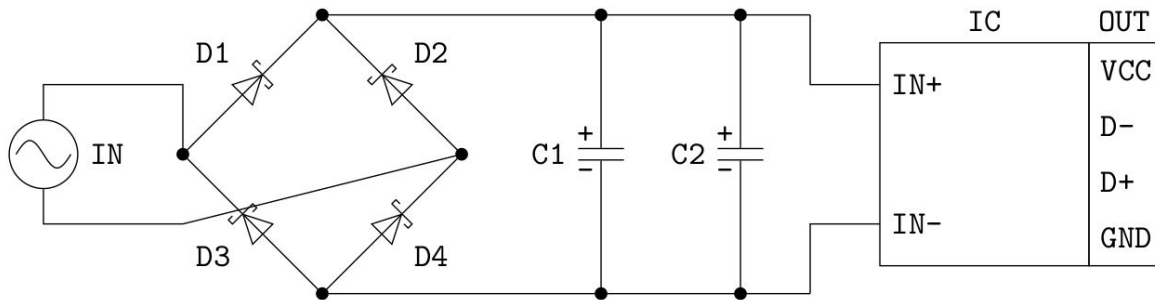
Anleitung	Quelle	Gleichrichter	Trafo	Verbraucher
wir	Dynamo	Diodenbrücke + Kondensator	stepdown converter LM2696	USB/Handy
<a href="#">[MAKE]</a>	Dynamo	Diodenbrücke + Kondensator	buck/boost converter	unspezifiziert
<a href="#">[DL]</a>	Dynamo	Diodenbrücke + Kondensator	stepdown converter LM2596	USB/Handy
<a href="#">[INS1]</a>	Dynamo	Diodenbrücke + Kondensatoren + Verdopplung	stepdown converter MP1584	USB/Handy
<a href="#">[INS2]</a>	DC-Motor	einzelne Diode	stepdown converter LM2576/LM2596 (mit "typical application" Schaltung aus dem Datenblatt)	USB/Handy
<a href="#">[INS3]</a>	AC-Motor	Diodenbrücke + Kondensatoren	linear regulator LM7805	USB/Handy
<a href="#">[PTT]</a>	Dynamo	Diodenbrücke + Kondensator	low dropout regulator LM2940	USB/Handy

Linkliste:

- MAKE: <https://www.heise.de/select/make/2018/7/1542020849604790>
- DL: <http://digitalab.org/2017/05/bicycle-usb-charger/>
- INS1: <https://www.instructables.com/id/10-BICYCLE-USB-CHARGER/>
- INS2: <https://www.instructables.com/id/Charging-USB-devices-using-your-muscle-power-Charg/>

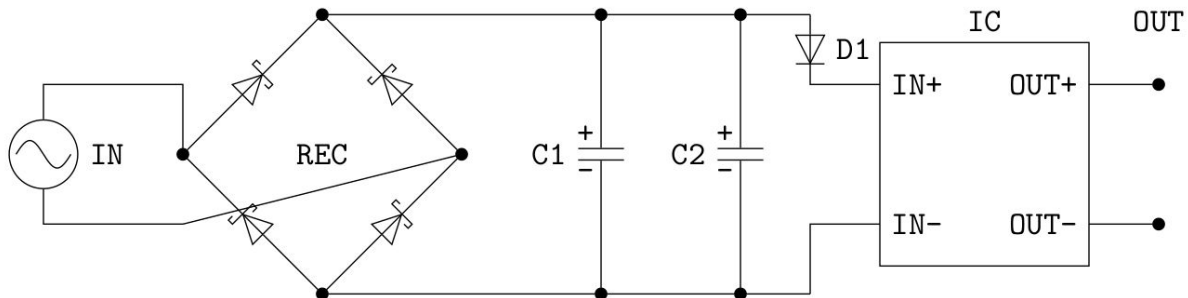
- INS3: <https://www.instructables.com/id/How-to-make-Bicycle-mobile-phone-charger/>
- PTT: <https://parttimetinkerer.wordpress.com/2011/11/12/charging-usb-devices-from-a-hub-dynamo/>

Unser Schaltplan:



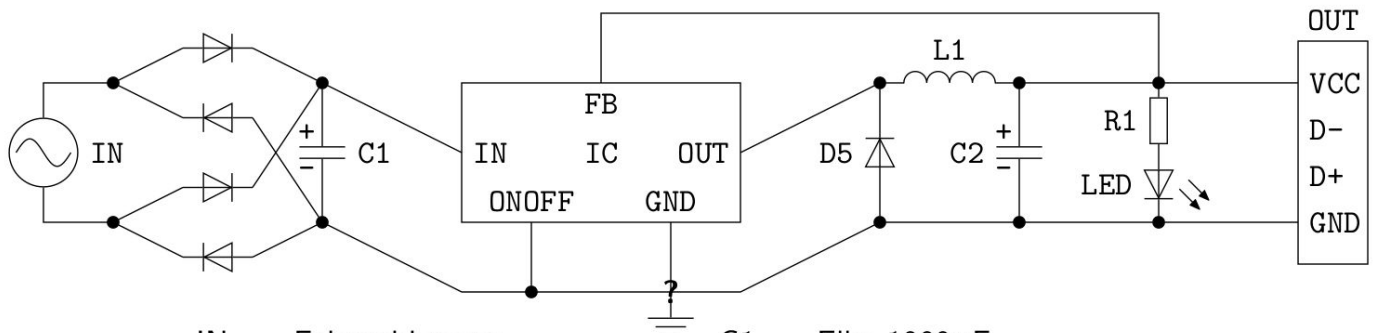
IN	Fahrraddynamo	OUT	USB-Dose
C1-2	Elko 2200 $\mu$ F 16V	D1-4	Schottkydiode SB 5A 60V
IC	Modul mit Abwärtswandler LM2696 und USB-Ausgang		

Schaltplan aus [MAKE]:



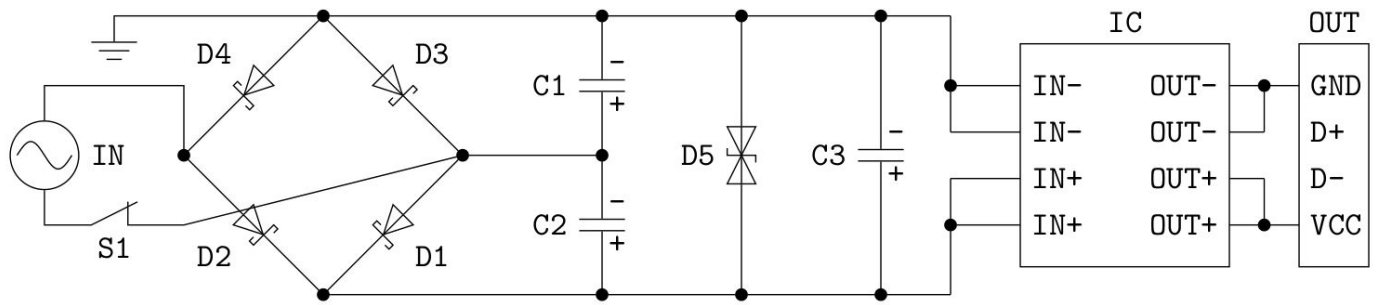
IN	Fahrraddynamo	OUT	Verbraucher
IC	Ab/Aufwärtswandler	REC	Brückengleichrichter 0.5A
C1-2	Elko 2200 $\mu$ F 12V	D1	Diode 1N4007 (1000V 1A)

Schaltplan aus [DL]:



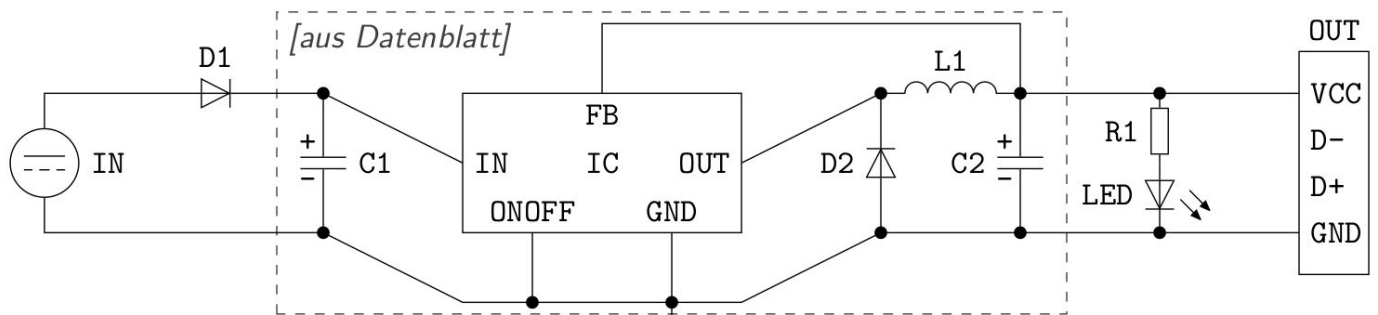
IN	Fahrraddynamo	C1	Elko 1000 $\mu$ F
OUT	USB-Dose	C2	Elko 470 $\mu$ F
IC	Stepdown LM2596 5V	D1-4	Diode 1N5818
LED	LED 5mm	D5	Diode 1N5818
L1	Spule 33 $\mu$ H 1A	R1	Widerstand 1000 $\Omega$

Schaltplan aus [INS1]:



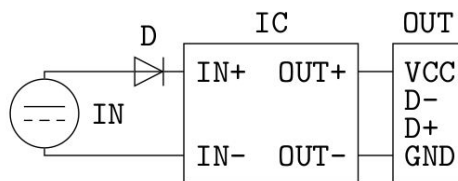
IN	Fahrraddynamo	C1-2	Elko 220 $\mu$ F 50V lowESR
OUT	USB-Dose	C3	Elko 680 $\mu$ F 25V
IC	Stepdown MP1584	D1-4	Schottkydiode SR 5A 100V
S1	Bimetallschalter 50°C aus	D5	Suppressordiode 22V 6.5W

Schaltplan aus [INS2], mit Schaltregler-Chip:



IN	DC-Motor	C1	Elko 680 $\mu$ F 25V	oder	IN	DC-Motor	C1	Elko 100 $\mu$ F 25V
OUT	USB-Dose	C2	Elko 220 $\mu$ F 25V		OUT	USB-Dose	C2	Elko 1000 $\mu$ F 25V
IC	LM2596 5V	D1	Diode 1N4007	IC	LM2576 5V	D1	Diode 1N4007	
LED	LED	D2	Diode 1N5824	LED	LED	D2	Diode 1N5822	
L1	Spule 33 $\mu$ H	R1	Widerstand 330 $\Omega$	L1	Spule 100 $\mu$ H	R1	Widerstand 330 $\Omega$	

Schaltplan aus [INS2], mit Schaltregler-Modul:



IN	DC-Motor
OUT	USB-Dose
IC	Modul mit LM2596 oder LM2576
D	Diode 1N4007

Schaltplan aus [INS3]:

ToDo

Schaltplan aus [PTT]:

ToDo

# Upcycling

## Allgemeines

- Die Holz-, Metall- und Kunststoff-Teile des Windrads lassen sich gut durch Upcycling gewinnen, zumindest einfacher als die Elektronik.
- Gebrauchte Fahrrad-Komponenten (Rad, Dynamo, BMX peg) bekommt man in Fahrrad-Selbsthilfe-Werkstätten.
- Das Laufrad und der Dynamo werden nicht bearbeitet und können – falls das Windrad nur zu Lehrzwecken gebaut wird und nachher wieder demontiert wird – ausgeliehen und zurückgegeben werden.
- Dynamo/Generator: siehe unten.
- Trafo: siehe unten.
- Widerstände: haben wir aus Elektroschrott heraus gelötet, zumindest in kleiner Anzahl.
- USB-Dose: haben wir nicht geschafft aus unserem Elektroschrott herauszulöten, zu fest verbaut.

## Dynamo/Generator

Jeder Elektromotor ist auch ein Generator, daher lässt sich anstelle eines Fahrraddynamos auch ein kleiner Elektromotor, beispielsweise aus einem Computer-Lüfter oder einem CD-Laufwerk, verwenden.

Es gibt allerdings verschiedene Motorarten, und einige Motoren bestehen nicht nur aus dem klassischen Stator/Rotor-Aufbau den man vielleicht noch aus dem Physik-Unterricht kennt, sondern enthalten noch zusätzliche Schaltungen, und diese Schaltungen kann unter Umständen eine 1:1-Umkehrung der Motor-Generator-Funktion beeinträchtigen. Wir haben uns in dieses Thema nicht eingearbeitet und können keine Empfehlungen abgeben. *Here to be dragons.*

## Trafo/Spannungswandler

Jedes Elektronik-Produkt, vom Radio bis zum Desktop-Computer, enthält einen Trafo/Spannungswandler/etc.

Ich habe daher die Elektroschrott-Kiste meines Arbeitgebers durchwühlt: Computer, Laptops, Videoprojektoren, Flachbildschirme, usw. Alle diese Produkte verwenden jedoch komplizierte "Switching Mode Power Supplies" (SMPS), deren Elemente sich nicht einfach ausbauen und weiterverwenden lassen, sondern in bestimmte Schaltkreise eingebunden sein müssen. Beispielsweise enthielt mein Computer-Netzteil einen TL431, der sich zwar als Spannungsregler einsetzen lässt, dazu aber weitere Komponenten benötigt (siehe <https://www.mikrocontroller.net/topic/412582#4799130> ).

Ich habe auch versucht mich in SMPS einzuarbeiten, habe es aber letztendlich aufgegeben.

- <https://en.wikipedia.org/wiki/ATX>
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Switched-mode\\_power\\_supply#Theory\\_of\\_operation](https://en.wikipedia.org/wiki/Switched-mode_power_supply#Theory_of_operation)
- <https://www.tomshardware.com/reviews/power-supplies-101,4193.html>
- <https://www.teamwavelength.com/power-supply-basics/>
- [https://www.ijareeie.com/upload/2015/july/66\\_Easy.pdf](https://www.ijareeie.com/upload/2015/july/66_Easy.pdf)
- <https://www.hardwaresecrets.com/anatomy-of-switching-power-supplies/>
- <https://www.hardwaresecrets.com/everything-you-need-to-know-about-the-motherboard-voltage-regulator-circuit/>



- <https://hackaday.com/2016/10/28/not-quite-101-uses-for-an-atx-power-supply/>

Die wahrscheinlich einfachste Möglichkeit Elektronik durch Upcycling zu gewinnen, ist einen alten USB-Adapter für die Bordspannungs-Steckdose eines Autos ("Zigarettenanzünder auf USB") zu verwenden. Dies ist unter anderem auf <https://www.instructables.com/id/Bicycle-Dynamo-USB-Charger> beschrieben.

## Ablaufplan für ein Schulprojekt / Arbeitsaufteilung

Plan für 4 aktive Betreuer/innen und 16-24 Kinder in 4er- bis 6er-Gruppen.

<b>Lötstationen vor der Pause</b>	
<b>Station 1 mit Gruppe 1</b>	<b>Station 2 mit Gruppe 2</b>
Ziel: Gleichrichter löten.	Ziel: Dynamo testen.
Material: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x LötKolben + Zinn + Draht</li> <li>• 3x LED + 3x Widerstand</li> <li>• 2x Akku</li> <li>• 4x Diode</li> <li>• Frequenzgenerator</li> <li>• Multimeter oder Oszilloskop</li> </ul>	Material: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x LötKolben + Zinn + Draht</li> <li>• 3x LED + 3x Widerstand</li> <li>• 2x Akku</li> <li>• 1x Laufrad (geteilt mit Gruppe 3)</li> <li>• 2x Kontakt</li> <li>• 2x Glühbirne</li> </ul>
Löt-Theorie (Sicherheit, Anleitung, wofür/warum). Testschaltungen löten, in drei 2er-Teams.	Löt-Theorie (Sicherheit, Anleitung, wofür/warum). Testschaltungen löten, in drei 2er-Teams.
Gleichrichterfunktion erklären 4 Dioden zu Gleichrichter löten (4 Lötunkte). Ggf. Schaltung mit Frequenzgenerator und Multimeter testen (ohne Last -geht das?-).	Drahtenden verzinnen (2x verzinnt, 2x unverzinnt). Glühbirne an Draht löten (2 Lötunkte). Draht in Adapter für Dynamo klemmen. Laufrad drehen, gucken ob Glühbirne leuchtet. → Dynamo funktioniert einwandfrei
<b>Lötstationen nach Pause</b>	
<b>Station 1 mit Gruppe 3</b>	<b>Station 2 mit Gruppe 4</b>
Ziel: Schaltung fertig löten.	Ziel: Glätter löten und Halterung bauen.
Material: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x LötKolben + Zinn + Draht</li> <li>• 3x LED + 3x Widerstand</li> <li>• 2x Akku</li> <li>• Abwärtswandler-USB-Modul</li> <li>• Dynamo-Adapter</li> </ul>	Material: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x LötKolben + Zinn + Draht</li> <li>• 3x LED + 3x Widerstand</li> <li>• 2x Akku</li> <li>• 2x Kondensator</li> <li>• Plastikeimer/Holz Brett o.ä.</li> <li>• Kabelbinder o.ä.</li> <li>• Bohrmaschine für dünnen Kunststoff/Holz</li> </ul>
Löt-Theorie (Sicherheit, Anleitung, wofür/warum). Testschaltungen löten, in drei 2er-Teams.	Löt-Theorie (Sicherheit, Anleitung, wofür/warum). Testschaltungen löten, in drei 2er-Teams.
Drahtenden verzinnen (4-6x verzinnt, 2-4x unverzinnt).	Die zwei Kondensatoren parallel zusammenlöten, ggf. Verlängerungsdraht dranolten und verzinnen.
Gruppe 4 übergibt Kondensatoren an Gruppe 3.	
Kondensatoren und verzinnte Drähte an Schaltung löten. Drähte in Abwärtswandler-USB-Modul schrauben. → Schaltung mit Wobbelgenerator und Multimeter testen (mit Last).	Halterung für "Elektronik ↔ Mast" und "Elektronik ↔ Fahrrad" bauen (eine Halterung, an beides montierbar). <i>Anmerkung: diesen Arbeitsschritt haben wir spontan einer anderen Gruppe zugewiesen (siehe unten).</i>

<b>Werkstationen vor Pause</b>	
<b>Station 3 mit Gruppe 3</b>	<b>Station 4 mit Gruppe 4</b>
Ziel: Mast ↔ Rad Verbindung (Vorarbeiten).	Ziel: Rad ↔ Rotorblätter Verbindung.
Material: <ul style="list-style-type: none"> <li>● bicycle peg</li> <li>● Laufrad (geteilt mit Gruppe 4)</li> <li>● Holzmast</li> <li>● Nägel / Metallstifte</li> <li>● Unterlegscheiben</li> <li>● Feile oder Messer zur Holzbearbeitung</li> <li>● Metallbohrer</li> <li>● lange Zange, ggf. Wasserwaage</li> </ul>	Material: <ul style="list-style-type: none"> <li>● 4x Kunststoffrohre (für 8 Blätter)</li> <li>● Laufrad (nur Anschauung, geteilt mit Gruppe 2)</li> <li>● Säge für dicken Kunststoff</li> <li>● Zollstock</li> <li>● Bohrmaschine für dicken Kunststoff</li> <li>● Rödeldraht</li> <li>● Zangen, Seitenschneider</li> </ul>
Theorie Dynamo (mit aufgeschraubtem E-Motor/Generator)	
Pegs durchbohren (so dass Nagel/Metallstift durchpasst). Mast oben rund feilen. "Laufrad mit Schrauben & Unterlegscheiben an Peg befestigen"- Konstruktion testen. Achtung: Achse/Peg muss gerade sein.	Rohre zu Rotorblättern zurechtschneiden (halbieren auf 50 cm). Löcher in Rotorblätter bohren (mittig, vier, dicht). Rotorblätter mit Rödeldraht an Rad befestigen. Achtung: In Laufrichtung!
Gruppe 3 gibt Rad mit Peg an Gruppe 4 (die dann erst die Rotorblätter anbringt)	
<b>Werkstationen nach Pause</b>	
<b>Station 3 mit Gruppe 1</b>	<b>Station 4 mit Gruppe 2</b>
Ziel: Mast aufstellen und mit Seilen sichern.	Ziel: Mast ↔ Rad Verbindung (Fixierung) und Mast mit Seilen sichern.
Material: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Schaufel</li> <li>● Seile</li> <li>● Heringe</li> </ul>	Material: <ul style="list-style-type: none"> <li>● Vorarbeiten an Mast + Montage des Laufrad-Rotoren-Peg-Konstrukts</li> <li>● Nägel / Metallstifte</li> <li>● Hammer</li> </ul>
Theorie Dynamo	
Geeignete Stelle für Windrad suchen. Loch buddeln ca. 1/2 bis 1 m tief.	Laufrad-Rotoren-Peg-Konstruktion an Mast befestigen, mittels Nagel/ Metallstift. Anmerkung: falls Peg durchbohren nicht klappt, mit Nagel & Hammer am Mast fixieren. Anmerkung: da die Gruppe unterbeschäftigt war, hat sie zusätzlich bekommen: Halterung für "Elektronik ↔ Mast" und "Elektronik ↔ Fahrrad" bauen (eine Halterung, an beides montierbar).

Gruppe 1+2 gemeinsam: Mast (mit Rad) aufstellen und mit Seilen und Heringen abspannen.

Gruppe 1+2 gemeinsam: Erstes Windrad-Konstrukt mit Glühbirne testen.

*Anmerkung: dieser Arbeitsschritt ist bei uns entfallen, Seile waren nicht nötig.*

### **Großes Finale**

Alle zusammen (wenn Gruppe 4 die Elektronik fertiggestellt hat):

- USB-Schaltung an Windrad testen.
- USB-Schaltung an Fahrrad testen.
- Akku laden, Musik hören, und Fest feiern!