

# PROJEKT WINDRAD BAUEN

## Abschlussbericht

Vom 17.März bis zum 7.Juli.2020



Abb.0: Windrad und fulminanter Igel (16)

Kepler-Gymnasium Tübingen Klasse 10  
Alexandra Usherov, Lisa Kaupp, Pauline Winter, Jannik Linnenbürger

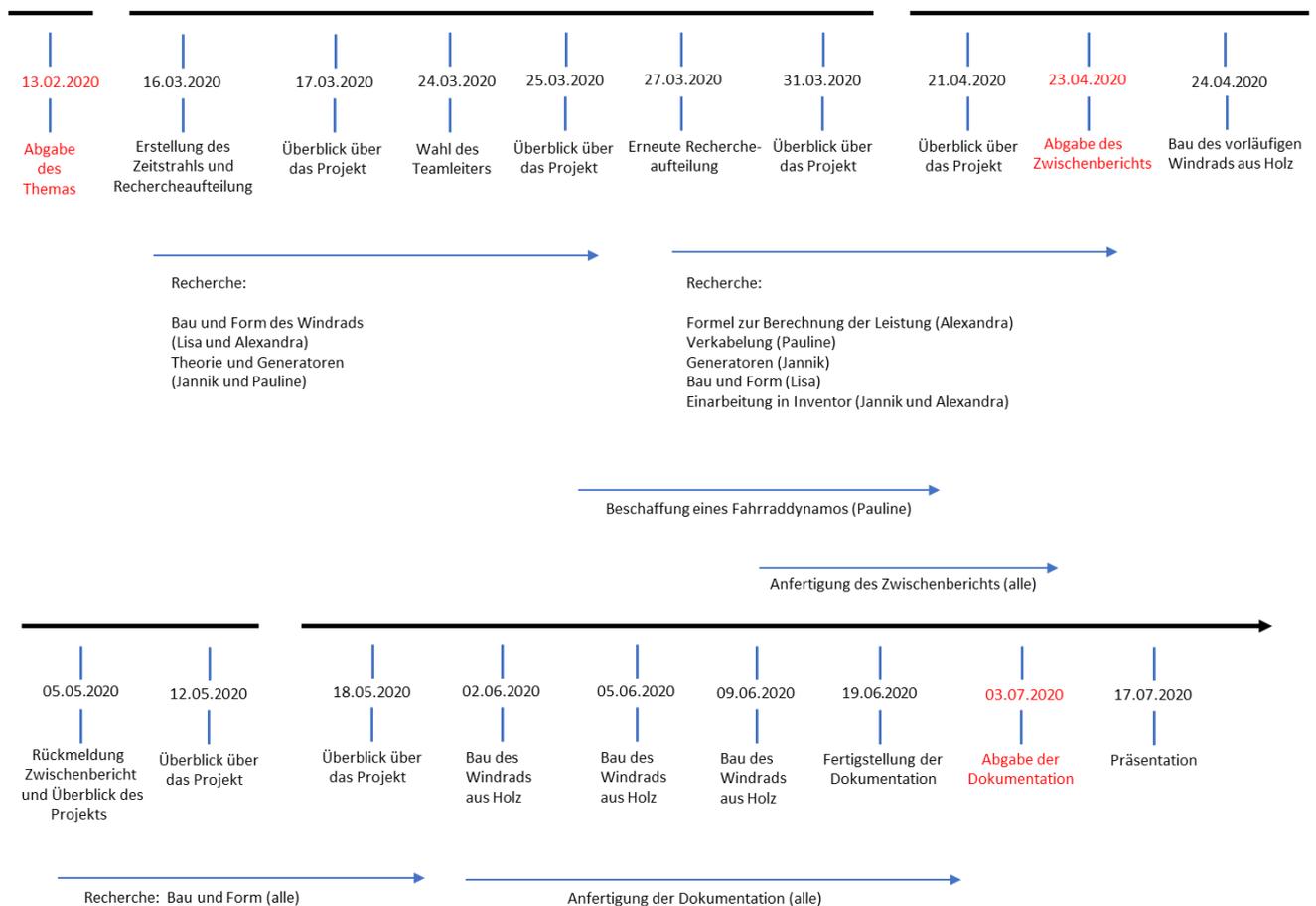
## Inhaltsverzeichnis

<b>I. Vorbereitungsphase</b>	Seite 2
1. Einleitung	Seite 2
2. Projektzeitplan	Seite 2
3. SMART-Regel	Seite 2
4. Unsere Ziele	Seite 2
<b>II. Unterschiedliche Konstruktionsmöglichkeiten</b>	Seite 3
1. Horizontale Rotorachse	Seite 3
2. Dreiblattrotor	Seite 3
3. Westernmill	Seite 3
4. Vertikale Drehachse	Seite 3
a. Darius-Rotor	Seite 3
b. H-Rotor	Seite 3
c. Savonius-Rotor	Seite 3
5. Vor- und Nachteile	Seite 4
<b>III. Arten von Windkraftanlagen</b>	Seite 4
<b>IV. Funktionsweise einer Windkraftanlage</b>	Seite 5
<b>V. Schnelllaufzahl</b>	Seite 5
<b>VI. Rotoreigenschaften</b>	Seite 5
1. Blattanzahl	Seite 5
2. Flügelmaterial	Seite 5
3. Flügelprofil	Seite 5
4. Anstellwinkel	Seite 5
<b>VII. Wie funktioniert ein Generator?</b>	Seite 6
1. Außenpolgenerator	Seite 6
2. Innenpolgenerator	Seite 6
3. Nabendynamo	Seite 6
<b>VIII. Ausblick</b>	Seite 7
<b>IX. Glossar</b>	Seite 7
1. Langsamläufer	Seite 7
2. Schnellläufer	Seite 7
3. Dreiblattrotor	Seite 7
4. H-Rotor	Seite 7
5. Darrieus-Rotor	Seite 7
6. Savonius-Rotor	Seite 7
7. Schnelllaufzahl	Seite 7
8. Kleinwindanlagen	Seite 7
9. Mikrowindanlagen	Seite 7
10. Mittelwindanlagen	Seite 7
11. Miniwindanlagen	Seite 7
12. Windgeschwindigkeit	Seite 7
13. Luvläufer	Seite 7
14. Leeläufer	Seite 7
15. Generator	Seite 7
16. Außenpolgenerator	Seite 7
17. Innenpolgenerator	Seite 8
<b>X. Quellen</b>	Seite 8
	Seite 9

## Einleitung:

In der heutigen Zeit wird es immer wichtiger, dass wir auf regenerative Energiequellen zurückgreifen. Eine davon ist die Herstellung von Strom mithilfe der Windkraft. Dafür werden große Windkraftanlagen, aber auch kleine Windräder für jedermann gebaut. Es gibt unzählige Arten und Formen für den Bau eines Windrads und schon im alten Babylon 1750 v.CH. verwendete man Miniwindräder, um ein Musikinstrument zu betreiben. (KRIENER,M.,12018,16). Nun wollen wir zwar kein Musikinstrument betreiben, aber dennoch wollen wir uns mit dem Bau einer funktionierenden Windkraftanlage beschäftigen.

## Projektzeitplan:



Angaben coronabedingt abgeändert

## Unsere Ziele:

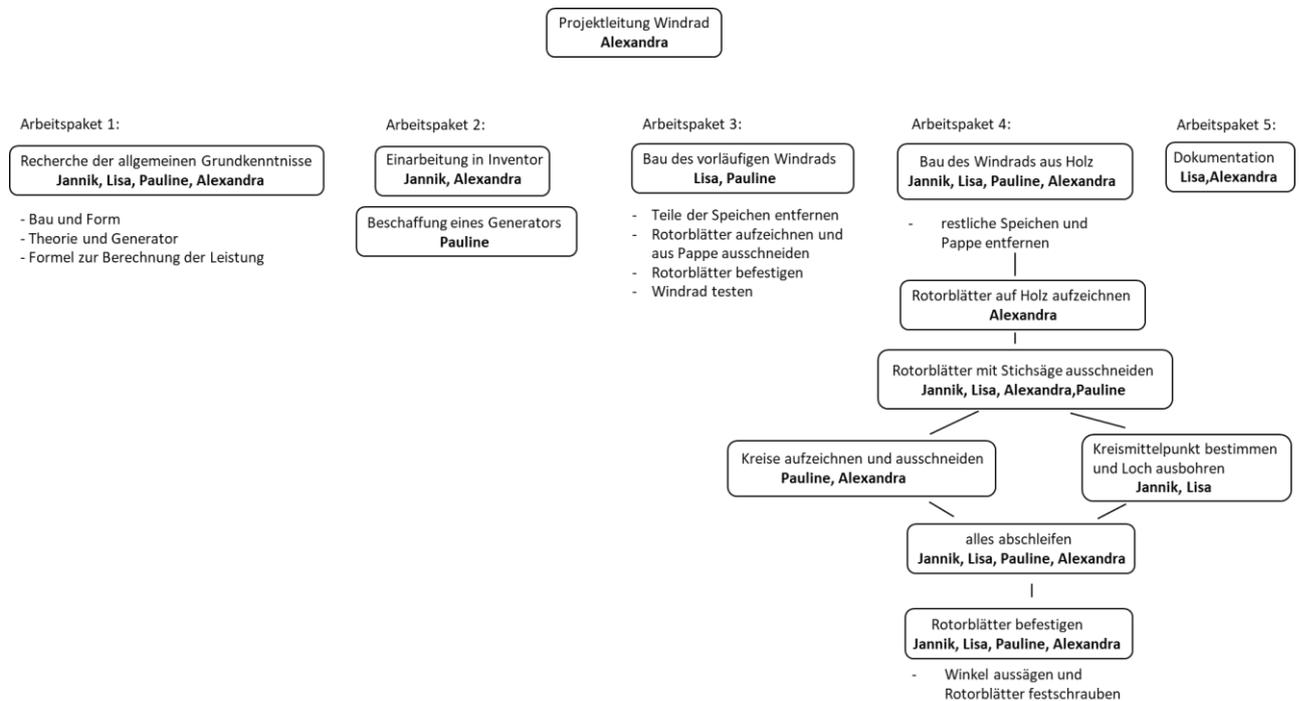
- Das Windrad soll sich drehen
- Das Windrad soll wind- und wasserfest sein
- Wind in Energie umwandeln
- Das Windrad soll energieeffizient sein
- Das Projekt soll kostengünstig sein und nicht mehr als 40€ kosten
- Das Projekt soll machbar sein
- Das Windrad soll irgendwo montiert werden

## SMART-Regel:

Bis zum 28.Mai wollen wir ein Windrad bauen, das Strom generiert. Die Kosten sollen nicht größer als 10€ pro Mitglied sein

Mit diesem Ziel sind alle Mitglieder einverstanden.

## Projektstrukturplan:



## Vorgaben:

### Was gibt es für unterschiedliche Konstruktionsmöglichkeiten für Windräder?

#### Horizontale Rotorachse:

Das ist die gängigste Variante ein Windrad zu bauen. Dabei liegt die Rotorachse horizontal und der Rotor kann eine unterschiedliche Anzahl an Rotorblättern aufweisen.<sup>[4]</sup>

- Dreiblattrotor



Abb.1: kleiner Dreiblattrotor mit vertikaler Rotorachse (4)

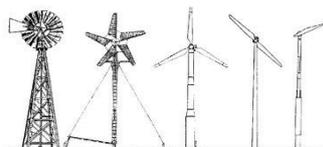


Abb.2: verschiedene Windradarten mit horizontaler Rotorachse (15)



Abb. 3 : Ellenberg, ein großes Dreiblattrotorwindrad in Ellenberg (KNAUS,H.15)

- Westernmill



Abb. 4: Westernmill (KRIENER, M.,5)

Vertikale Drehachse:

- Darrieus-Rotor

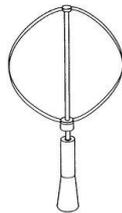


Abb.5: Darrieusrotor (9)

- H-Rotor



Abb.6: H-Rotor (9)

- Savonius-Rotor

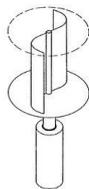


Abb.7: Savonius-Rotor (9)

Was sind die Vor- und Nachteile?

Horizontale Rotorachse:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• hohen Wirkungsgrad</li> <li>• sehr effizient</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• können nur aus einer Richtung Wind aufnehmen</li> </ul>

[4]

Vertikale Drehachse:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kann Wind aus allen Richtungen aufnehmen</li> <li>• besser für Städte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• niedriger Wirkungsgrad</li> <li>• hohes Gewicht</li> <li>• geringe Stromerträge</li> </ul>

[5]

Deswegen ist die Horizontale Rotorachse für uns die ideale Bauform

### Arten von Windkraftanlagen

Mikrowindanlagen: 0-5 kW

Miniwindanlage: 5-30 kW

Mittelwindanlagen: 30-100 kW

Kleinwindanlagen haben einen Rotordurchmesser bis zu 16m (200m<sup>2</sup> Windangriffsfläche). Sind aber selten höher als 30 m und haben selten eine höhere Leistung als 30 kW<sup>[6]</sup>

### Luv- und Leeläufer:

Sind zusätzliche Unterteilungen bei Horizontalläufern. Bei Luvläufer befinden sich die Rotorblätter in Windrichtung vor dem Mast. Im Gegensatz dazu befinden sich bei Leeläufern die Rotorblätter in Windrichtung hinter dem Mast

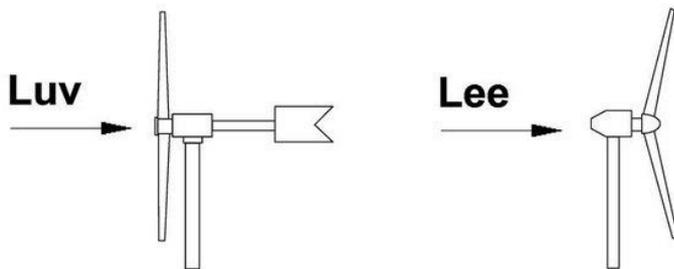


Abb.8: H-Rotor (4)

### Funktionsweise einer Windkraftanlage:

Kinetische Energie (Bewegungsenergie des Windes) wird in die mechanische Energie (Drehmoment des Rotors) umgewandelt. Man kann das mit dem "fangen des Windes mithilfe der Rotorblätter" vergleichen. Ein Generator wandelt dann die mechanische Energie in elektrische Energie mithilfe des Induktionsprinzips um und diese kann weitergeleitet werden, um z.B. ein Lämpchen zu betreiben.<sup>[19]</sup>

Die Rotorblätter müssen schräg zum Wind ausgerichtet sein. Der Wind versetzt die Blätter in Bewegung. Die Dreh-Energie der Rotoren wird mit Hilfe eines Generators in Energie umgewandelt.<sup>[7]</sup>

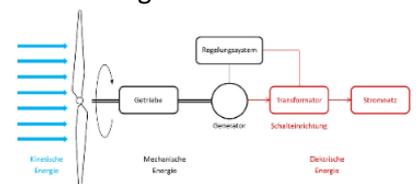


Abb.9: Vereinfachtes Schema der Wirkungskette einer Windkraftanlage (19)

### Höhe der Windkraftanlage:

Von der Höhe der Windkraftanlage hängt der Stromertrag ab, denn pro Höhenmeter steigt der Stromertrag um 1%. Oben ist der Wind konstant und gleichmäßig. Im Gegensatz ist unten der Wind turbulent und hat Hindernisse, wie zum Beispiel Häuser oder Wälder.<sup>[7]</sup>

### Rotorblattlänge/ Flügellänge:

Bei doppelter Länge erhält man das 4-fache an Stromertrag.<sup>[7]</sup>

### Windgeschwindigkeit:

Bei doppelter Windgeschwindigkeit erhält man das 8-fache an Ertrag und Strom.<sup>[7]</sup>

### Schnellaufzahl:

Nimmt man an, dass auf einen Rotor eines Windrades Wind mit einer konstanten Geschwindigkeit  $v$  frontal auftrifft, dann drehen sich die Spitzen der Rotorblätter mit einer Umlaufgeschwindigkeit  $u$

$$\text{Schnellaufzahl: } \chi = \frac{u}{v} = \frac{\omega_r \cdot r}{v}$$

### Rotoreigenschaften:

Blattanzahl: Die typische Windenergieanlagen sind sogenannte Dreiblattrotoren. Zweiblatt- und Einblattrotoren konnten sich aufgrund von Rotorleistung und statischen Überlegungen nicht durchsetzen. Ebenso rechtfertigt bei Schnellläufern der geringe Zuwachs des Wirkungsgrades gegenüber deutlich höheren Fertigungskosten eine größere Anzahl an Rotorblättern nicht

Flügelmaterial: Die Flügel von historischen Windmühlen wurden in der Regel aus Holz bzw. wie die Persische Windmühle auch aus mit matten oder zweigen bespannten Holzgerüsten gefertigt. Für Western Mills sind Stahl-, Aluminium- oder Blehschaufeln charakteristisch. Je größer später die Radien der Rotorblätter wurden, umso mehr kamen leichtere und zugfestere Materialeien zum Einsatz, typisch sind spezielle Glasfaser- Verbandsstoffe

Flügelprofil: Das Profil eines Rotorblattes spielt eine große Rolle bei der Auftriebsentstehung. Stark gewölbte Profile entwickeln bei geringeren Umlaufgeschwindigkeiten einen größeren Auftrieb. Bei höheren Umlaufgeschwindigkeiten steigt deren Luftwiderstand aber stark an, so dass dann weniger stark gewölbte Profile von Vorteil sind. Da bei großen Rotordurchmessern die Durchbiegung bei hohen Windgeschwindigkeiten sehr groß sein kann, werden die Flügel bei großen Anlagen zusätzlich vorgebogen gefertigt, damit trotzdem ein ausreichender Abstand zum Turm gewährleistet ist

Anstellwinkel: Für jede Windgeschwindigkeit gibt es einen optimalen Anstellwinkel. Da sich die Windgeschwindigkeit laufend ändert, haben moderne Anlagen eine Blattverstellung, die den Anstellwinkel automatisch anpasst

### Wie funktioniert ein Generator?

Generatoren wandeln Mechanische Energie mit dem Induktionsgesetz in elektrische Energie um. Die meisten benutzen dabei das Rotationsprinzip. Dabei wird durch ein rotierendes Magnetfeld Spannung in festen Induktionsspulen induziert (Innenpolgenerator). Dies funktioniert auch, wenn das Magnetfeld stillsteht und die Induktionsspulen rotieren (Außenpolgenerator)<sup>[3]</sup>.

#### Innenpolgenerator:

Mindestens ein Elektro- oder Dauermagnet (Rotor) rotiert in einem Hohlzylinder, in welchem sich außen feststehende Induktionsspulen (Stator) befinden. Wie in der Abbildung gezeigt sind die vier Magnete im Rotor so angeordnet, dass sich Nord- und Südpol bei Drehung gegenüber dem Stator abwechseln. Dadurch ergibt sich eine periodische Änderung des magnetischen Flusses in die Spulen des Stators. Auf Grund des Induktionsgesetzes wird dann durch die Änderung des magnetischen Flusses Spannung in den Spulen erzeugt.<sup>[3]</sup>

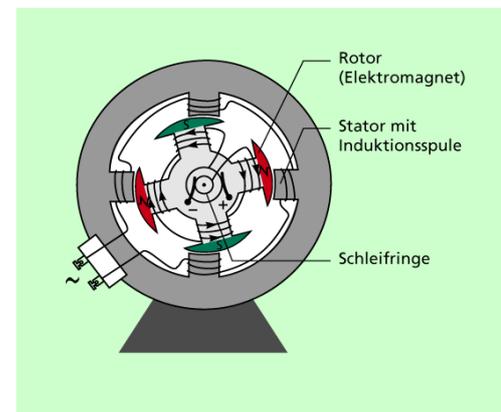


Abb.10: Innenpolgenerator (3)

## Außenpolgenerator

Dieser Generatortyp funktioniert genau umgekehrt. Die Induktionsspulen rotieren innen und außen bleibt das Magnetfeld unverändert stehen. Dabei kann man jedoch nicht so einfach die Spannung abgreifen, man muss das über Schleifkontakte bewerkstelligen.<sup>[3]</sup>

## Nabendynamo

Der Nabendynamo ist ein kleiner Generator, der in der Mitte des Fahrradreifens befestigt ist. Normalerweise erzeugt er beim Fahren elektrische Energie für das Scheinwerferlicht und das Rücklicht des Fahrrads. Übliche sind Dynamos mit 6 Volt Nennspannung und 3 Watt Nennleistung. Die Höhe der Spannung ist von der Drehzahl des Generators abhängig, d.h. je schneller man fährt, desto höher ist die induzierte Leistung. So liefert der Dynamo bei einer Fahrgeschwindigkeit  $v = 5$  km/h mindestens 3 V, bei 15 km/h mindestens 5,7 V, für Geschwindigkeiten bis 30 km/h maximal 7,5 V.

In dem Nabendynamo ist, wie bei vielen Seitendynamos, ein Klauenpolgenerator eingebaut. "Permanentmagnete schneiden mit ihren Magnetfeldern bei der Drehung des Rades die Windungen der feststehenden Statorspule, so wird Wechselspannung induziert."<sup>[17]</sup> Um die Spule ist ein Blechkäfig mit Klauen aus Metall, welche als Nord- und Südpol den Magnetpolen des Rotors gegenüberstehen. Sie "leiten das Magnetfeld durch die Spule."<sup>[17]</sup>



**Nabendynamo mit Einzelteilen**

Abb.11: Der Nabendynamo zerlegt in seine Einzelteile(2009,17)



Abb.12: Der Nabendynamo am Rad (2009,17)

## Bau des Windrads:

### Materialliste:

- Nabendynamo (Shimano DH 3D37-NT)
- Holzplatte (1,20m x 2m x 0,003m)
- Stichsäge
- 4 Vorlagen der Rotorblätter
- Schleifgerät
- Lochbohrer (Durchmesser 35 mm und Durchmesser 22 mm)
- Geodreieck
- Zirkel
- Schraubzwingen
- Akkuschauber (Aufsatz: 1,2mm; 4,7mm; 5,9mm)
- Gewindeschrauben (M3x30mm)
- Gewindestange (M5)

- LötKolben
- LötZinn
- Gewindeschneider (M3, M5 und M9)
- Handsäge
- Holzkleber (wasserfest)
- 80 Schrauben (3x20mm)
- Schlossschrauben (6x50 mm)
- Bleistift
- Heißklebepistole
- 9 Unterlegscheiben
- 8 Muttern (M3)
- 2x 1m lange Metallstangen (rund)
- 2 Kabel
- Lampe (8V)
- 13cm x 4cm Holzstück
- 28cm x 6cm; 2x 7cm x 9cm; 49cm x 8cm Holz
- Hutmutter (M9 Feingewinde)
- wasserabweisender Lack (rot, blau, gelb, grün (125ml) und schwarz (375ml))
- Flügelschraube (M3)

### Anleitung:

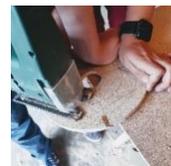
#### Schritt 1:

- alle vier Vorlagen auf die dünne **Holzplatte** aufzeichnen
- mit einer **Stichsäge** ausschneiden
- die ausgeschnittenen Rotorblätter ausschneiden und mit einem **Schleifgerät** abschleifen



#### Schritt 2:

- mit einem **Zirkel** einen Kreis (Radius 5cm) aufzeichnen
- die aufgezeichneten Kreise mit einer **Stichsäge** ausschneiden
- mit einem **Lochbohrer** ein Loch um den Mittelpunkt ausbohren



- die ausgesägten Kreise mit einem **Schleifgerät** abschleifen

### Schritt 3:

- auf jeweils 4 Holzscheiben 3 (120°), 4 (90°) und 8 (45°) Linien im gleichen Abstand am Rand für die Rotoren aufzeichnen
- mit einem **Geodreieck** 20° Winkel auf die Außenkante der Kreise aufzeichnen



- die Winkel mit einer **Handsäge** 2cm tief und 0,5 cm breit aussägen



- mit einem **Akkuschrauber (Aufsatz 1,2mm)** Löcher in die Kreise und Flügel vorbohren

### Schritt 4:

- mit einem **Gewindeschneider (Aufsatz M3)** 6 der schon vorhandenen Löcher im Dynamo schneiden



- **Gewindeschrauben (M3)** in die Löcher drehen



- mit einem **Akkuschrauber (Aufsatz 4,9 mm)** 6 Löcher zur Befestigung des Dynamos bohren



### Schritt 5:

- Die Rotorblätter am unteren Ende mit **Holzleim** einschmieren und in den Kreis schieben



- Mit einer **Schraube (3x20mm)** befestigen und trocknen lassen



- Die Schraubenenden zum Schutz mit **Heißkleber** versehen



### Schritt 6:

- Die Rotoraufsätze mit **wasserabweisendem Lack** anstreichen und alles trocknen lassen



### Schritt 7:

- In das **49cm x 8cm große Holz** zwei Löcher im Abstand von 21 cm mit einem Lochbohrer (Durchmesser 22mm) bohren
- Die zwei **7cm x 9cm großen Hölzer** links und rechts an das große Holz dranschrauben
- Das **28cm x 6cm große Holz** an das Ende festschrauben



### Schritt 8:

- Die zwei **Metallstangen** in die zwei Löcher schlagen bis sie gut halten
- Alles mit **Muttern** und **Unterlegscheiben** fixieren



### Schritt 9:

- Den Dynamo mit der Glühlampe verlöten



- In die **Nabenschraube** mit einem **Gewindeschneider(M4)** ein Gewinde schneiden



- Die **Metallstange (1m, rund)** mit einer **Eisensäge** halbieren und mit einem **Bohrer (9mm)** ein Loch zur Befestigung bohren. Danach alles abschleifen



### Schritt 10:

- Die Lampe in die dafür vorgesehene Fassung drehen und die Trägerplatte, um diese nicht zu beschädigen, mit **Heißkleber** auf ein **Holz** kleben.
- Den Dynamo durch das 9mm Loch schieben und mit der **Nabenschraube** befestigen.



- Das Holz mit der Lampe und die **Nabenschraube** mit **Heißkleber** aneinanderkleben
- Das Holz mit einer **Schlossschraube** an der Metallstange befestigen.



Schritt 11:

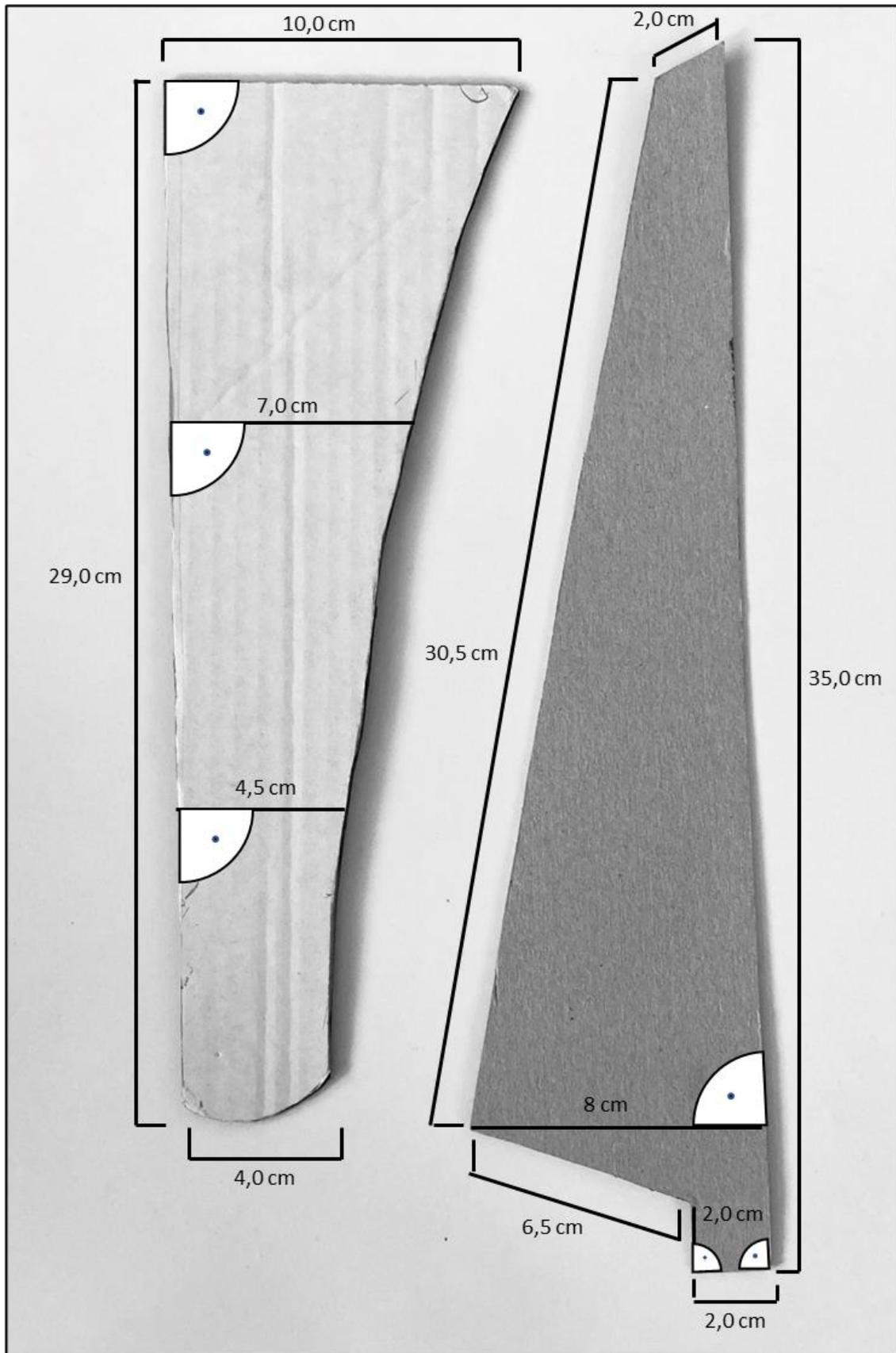
- In die zweite **Metallstangen** mit einem **Metallbohrer (4mm)** zwei Löcher bohren und die **Gewindestange** mit einer **Flügelschraube** und zwei **Kontermuttern** so fixieren, dass die **Gewindestange** in die vorher vorgebohrte **Radmutter**, in der ein Gewinde eingeschnitten wurde, einfach rein und rauszudrehen ist um einen schnellen Wechsel der Windräder zu gewährleisten

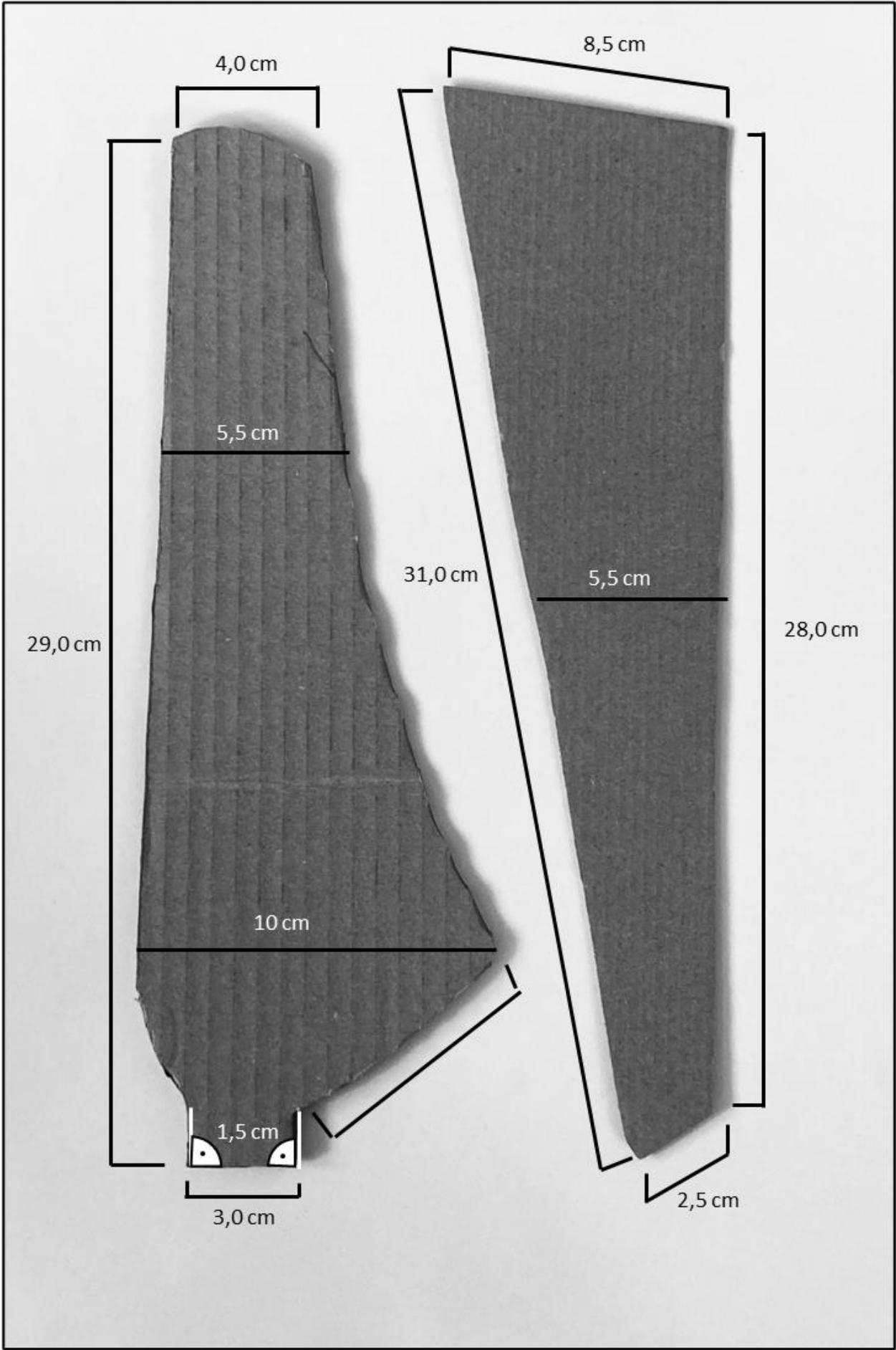


**Test:**

<u>Windradtyp</u>	<u>Rotoraufsatz</u>	<u>Stromstärke I in Ampere</u>	<u>Spannung U in Volt</u>	<u>Windstärke in Meter pro Sekunde</u>	<u>Umdrehung pro Minute</u>
Rot	8-blättrig				
Rot	4-blättrig				
Rot	3-blättrig				
Blau	8-blättrig				
Blau	4-blättrig				
Blau	3-blättrig				
Gelb	8-blättrig				
Gelb	4-blättrig				
Gelb	3-blättrig				
Grün	8-blättrig				
Grün	4-blättrig				
Grün	3-blättrig				

Vorlagen:





## Probleme:

- Die ersten zwölf Kreise, die wir ausgesägt haben, waren zu groß, also mussten wir alle zwölf Kreise kleiner schneiden
- Beim Vorbohren brechen öfters die Aufsätze ab
- Beim Festschrauben der Rotorblätter bricht das Holz aus, also mussten wir mit Holzleim und Schraubzwingen alles fixieren
- Die Winkel, die wir mit der Stichsäge ausgesägt hatten, waren zu steil, also mussten wir alle Winkel mit einer Handsäge neu machen
- Beim Streichen der Rotorblätter bricht ein Flügel ab, also mussten wir einen neuen ausschneiden, abschleifen und anstreichen
- Der Dynamo (Shimano DH3 N80) ist sehr schwergängig so dass der Wind sehr stark sein muss das sich das Windrad dreht
- Als wir in den neuen Dynamo ein Gewinde schneiden wollten, brachen auf beiden Seiten der Gewindeschneider ab, deswegen mussten wir die Stange halbieren und ein Gewinde in eine Schraube bohren.
- Sobald man an den Dynamo anschließt läuft der Dynmao sehr schwer. Deswegen haben wir die Tests vorläufig ohne Lampe durchgeführt

## **Fazit:**

- ✓ **Das Windrad soll sich drehen**
  - bei einer gewissen Windstärke (ca.  $2 \frac{m}{s}$ ) dreht es sich
- ✓ **Das Windrad soll wind- und wasserfest sein**
  - Das Windrad ist mit wasserfestem Lack angestrichen und somit wasserfest
- ✓ **Wind in Energie umwandeln**
- ✓ **Das Windrad soll energieeffizient sein**
- ✓ **Das Projekt soll kostengünstig sein und nicht mehr als 40€ kosten**
  - Insgesamt kostet das Projekt 36,53€
- ✓ **Das Projekt soll machbar sein**
- ✓ **Das Windrad soll irgendwo montiert werden**

## Glossar

Außenpolgenerator: Innen rotieren Induktionsspulen, außen steht das Magnetfeld. Funktionsweise: siehe Generator.<sup>[3]</sup>

Darrieus-Rotor: Windturbine mit vertikaler, senkrechter Drehachse, können Wind aus allen Richtungen aufnehmen, braucht sehr viel Platz, dreht sich ab Windstärke 4 (5,3-7,4 m/s), SCHNELLÄUFER, AUFTRIEBSLÄUFER <sup>[5]</sup>

Dreiblattrotor: Er wird am meisten verwendet, da er am leistungseffizientesten ist. Dreiblattrotoren drehen sich schon ab 4m/s, jedoch erreichen sie ihre volle Leistung bei einer Windgeschwindigkeit von 11m/s. Deswegen haben sie eine hohe Leistung. Er ist ein Auftriebsläufer und ein Schnellläufer.<sup>[4]</sup>

Generator: wandelt nach dem Induktionsgesetz mechanische Energie in elektrische Energie um.<sup>[3]</sup>

H-Rotor: eine Abwandlung des Darrieus-Rotors: Die Tragflächen stehen parallel zur Rotorachse und haben eine größere Windangriffsfläche (und somit theoretisch eine höhere Leistung als der Darrieus – Rotors)<sup>[5]</sup>

Innenpolgenerator: Innen rotieren Magnete, außen stehen die Induktionsspulen. Funktionsweise: siehe Generator.<sup>[3]</sup>

Kleinwindanlagen: haben einen Rotordurchmesser bis zu 16m (200m<sup>2</sup> Windangriffsfläche). Sind aber selten höher als 30 m und haben selten eine höhere Leistung als 30 kW<sup>[6]</sup>

Langsamläufer: Erreichen schon bei geringeren Drehzahlen ihr maximales Drehmoment

Leeläufer: Rotorblätter befinden sich in Windrichtung hinter dem Mast

Luvläufer: Rotorblätter befinden sich in Windrichtung vor dem Mast.

Mikrowindanlagen: werden von Privatanwendern und Einfamilienhäusern genutzt und erbringen eine Leistung zwischen 0 bis 5 kWh.<sup>[18]</sup>

Miniwindanlagen: werden von Gewerbebetrieben und Landwirten genutzt und erbringen eine Leistung zwischen 50 und 30 kWh.<sup>[18]</sup>

Mittelwindanlagen: von Gewerbebetrieben und Landwirten genutzt und erbringen eine Leistung zwischen 30 und 100 kWh.<sup>[18]</sup>

Savonius-Rotor: senkrechte Achse, Windturbine, dreht sich schon ab einer Windgeschwindigkeit von 2m/s, geringen Wirkungsgrad, Leistung (Stromerträge) geringer als Dariusrotor und viel geringer als Dreiblattmotor -> da langsamste Rotorumdrehung, WIDERSTANDSLÄUFER, LANGSAMLÄUFER.<sup>[13]</sup>

Schnelllaufzahl: Kennzahl für Auslegung von Windkraftanlagen

Schnellläufer: Starten mit niedrigeren Drehmomenten und Erreichen ihr Maximum bei deutlich höherer Drehzahl

### **Quellen:**

[1] <https://www.helpster.de> (22.03.2020). LINK, M .: Ein Windrad selber bauen - so geht's. [https://www.helpster.de/ein-windrad-selber-bauen-so-geht-s\\_43423](https://www.helpster.de/ein-windrad-selber-bauen-so-geht-s_43423)

[2] <https://www.bauanleitungen.pro> (20.03.2020).

[3] <https://www.lernhelfer.de> (21.04.2020). Generatoren <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/generatoren#>

[4] <https://www.klein-windkraftanlagen.com> (18.03.2020). :Horizontale Windkraftanlagen <https://www.klein-windkraftanlagen.com/technik/horizontale-windkraftanlagen/>

[5] <https://www.klein-windkraftanlagen.com> (18.03.2020). : Vertikale Windkraftanlagen <https://www.klein-windkraftanlagen.com/technik/vertikale-windkraftanlagen/>

[6] <https://www.klein-windkraftanlagen.com> (18.03.2020).: Basisinfos zu Kleinwindanlagen <https://www.klein-windkraftanlagen.com/basisinfo/>

[7] <https://www.igwindkraft.at> (20.03.2020). : Wie funktioniert ein Windrad  
Meldung von 29.07.2015.  
[https://www.igwindkraft.at/?xmlval\\_ID\\_KEY\[0\]=1258](https://www.igwindkraft.at/?xmlval_ID_KEY[0]=1258)

- [8] <https://www.uni-blog.info> (18.03.2020). : Referat über Windkraftanlagen  
<https://www.uni-blog.info/referat-ueber-windkraftanlagen/>
- [9] <https://elite.tugraz.at> (18.03.2020). JUNGBAUER : 3. Stand der Technik [bei den Windrädern, Anmerkung des Verf.]  
<https://elite.tugraz.at/Jungbauer/3.htm>
- [10] <https://www.supermagnete.de> (22.04.2020). LUC,J. : Windenergie nutzen  
<https://www.supermagnete.de/Magnetanwendungen/Windenergie-nutzen>
- [11] <https://rechneronline.de> (27.03.2020).:Leistung Windrad - Windkraft-Rechner  
<https://rechneronline.de/windkraft/>
- [12] <https://www.e-genius.at> (27.04.2020). :Wie wird die Leistung einer Windkraftanlage berechnet?  
[https://www.e-genius.at/fileadmin/user\\_upload/windkraft/07\\_wie\\_wird\\_die\\_leistung\\_einer\\_windkraftanlage\\_berechnet.html](https://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/windkraft/07_wie_wird_die_leistung_einer_windkraftanlage_berechnet.html)
- [13] <https://physik.cosmos-indirekt.de> (22.04.2020). GASCH,R.et al.: Schnelllaufzahl. Meldung vom 26.06.2009. <https://physik.cosmos-indirekt.de/Physik-Schule/Schnelllaufzahl>
- [14] <https://www.windparkwaldhausen.de> (22.04.2020): KNAUS,H.: Weitere Windparks.
- [15] <https://www.bewusstsein-und-technik.de> (22.04.2020). KRIENER,M.:Die Kraft aus der Luft.  
<https://www.bewusstsein-und-technik.de/2018/03/11/artikel-die-kraft-aus-der-luft-von-manfred-kriener-veroeffentlicht-in-der-zeit/>
- [16]<https://www.schule-und-familie.de> (22.04.2020).:Wie funktionieren Windräder?  
<https://www.schule-und-familie.de/wissen-wusstest-du-dass/professor-stachel-erklaert-kindern-die-welt/wie-funktionieren-windraeder.html>
- [17] Fahrrad: Nabendynamo (18.02.2009)  
<https://www.lehrerfreund.de/technik/1s/fahrraddynamo/3326>
- [18] <https://www.klein-windkraftanlagen.com>.(22.04.2020) Basisinfos zu Kleinwindanlagen  
<https://www.klein-windkraftanlagen.com/basisinfo/>
- [19] <https://www.e-genius.at>(22.004.2020).: Funktionsweise einer Windkraftanlage [https://www.e-genius.at/fileadmin/user\\_upload/windkraft/04\\_funktionsweise\\_einer\\_windkraftanlage.html](https://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/windkraft/04_funktionsweise_einer_windkraftanlage.html)