

Prototyp einer Windkraftanlage

Projekt-Team:

Ramona Ferri und Dave Schmid

Beruf:

Konstrukteur/In

Lehrjahr:

4 (Semester 8)

Name der Schule:

Berufsbildungsschule Winterthur (BBW)

Name der Lehrperson:

Rolf Klessler

Zusammenfassung:

Wir produzieren Strom, indem wir uns die Windkraft zur Hilfe nehmen. Dafür bauen wir eine kleine Windkraftanlage aus einem Windrad und einem Generator.

Wettbewerbs-Kategorie:

Innovationsprojekt

Inhalt

1. Einleitung	3
1.1. Ausgangslage	3
1.2. Motivation.....	3
2. Ideensuche / Projektdefinition	4
2.1. Projektkategorie	4
2.2. Stromerzeugung durch erneuerbare Energien	4
3. Projektdefinition und -Zielsetzung:	5
3.1. Umsetzbarkeit.....	5
4. Projektplanung	6
4.1. Die wichtigsten Meilensteine	6
4.2. Detaillierter Aufgabenplan	6
5. Konkrete Umsetzung	7
5.1. Konstruieren.....	7
5.1.1. Antrieb	7
5.1.2. Generator	8
5.1.3. Lagerung	9
5.2. 3D-Druck und Programm	10
5.3. Testlauf	11
6. Berechnung	12
6.1. Wind.....	12
6.2. Formeln.....	13
7. Auswertung der Projektarbeit	14
7.1. Rückblick.....	14
7.2. Erkenntnisse.....	14
8. Literatur	14

1. Einleitung

1.1. Ausgangslage

Wir sind überzeugt davon, dass in der Schweiz noch viel Potential besteht, um den Energieverbrauch zu optimieren. Dies würde sich auch positiv auf die Umwelt auswirken. Daher haben wir uns entschieden, im Rahmen dieser Klimawerkstatt, uns auf die Stromerzeugung durch erneuerbare Energien zu konzentrieren.

1.2. Motivation

Auf diesen Wettbewerb sind wir durch unseren Berufsschullehrer, Herr Klessler, aufmerksam geworden. Er hat uns vorgeschlagen, dieses Semester das Fach „Berufsübergreifende Projekte in Zeichnungs- und Maschinentechnik“ mit der Klimawerkstatt zu gestalten. Auf diese Weise ist unsere Zweiergruppe entstanden.

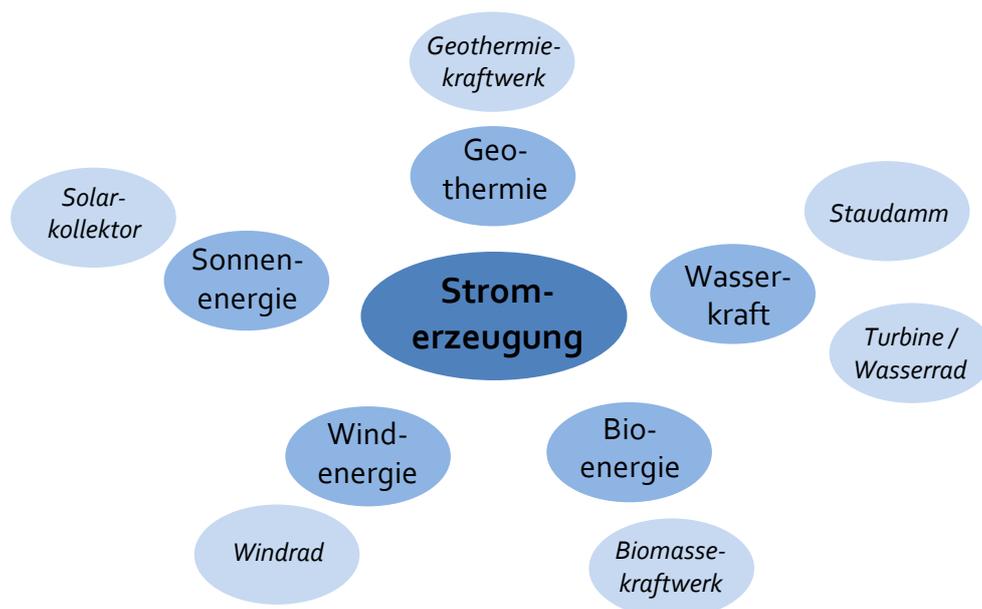
2. Ideensuche / Projektdefinition

2.1. Projektkategorie

Um etwas strukturiert vorzugehen, haben wir uns die Projektkategorien unter die Lupe genommen. Im Gespräch versuchten wir herauszufinden, welche Kategorie uns anspricht und wofür wir uns begeistern konnten. Uns wurde schnell klar, dass uns die Kategorie Sensibilisierung am wenigsten zusagt, da wir beide eher die Tüftler- / Werkleertypen sind. Die Kategorien Energie und Planung schienen uns sehr ähnlich, mit dem Unterschied, dass bei Planung das Projekt noch nicht umgesetzt sein muss. Aber da wir lieber unsere kreativen und erfinderischen Adern fließen lassen wollten, entschieden wir uns auch gegen diese zwei Kategorien und wählten stattdessen die Kategorie Innovation.

2.2. Stromerzeugung durch erneuerbare Energien

Um unserer Kreativität möglichst freien Lauf zu lassen, haben wir die Ideenfindung mit einem Mindmap durchgeführt. Dies schien uns am sinnvollsten.



Nun mussten wir uns festlegen, wofür wir den produzierten Strom einsetzen möchten. Nach einigen Gedankenaustauschen waren wir uns einig, dass dieser für die Stromversorgung eines Handys sein soll. Diese würde aber Strom eher im kleinen Rahmen produzieren, da es portabel sein soll. Also haben wir uns überlegt, welche Art der Stromerzeugung dies verwirklichen könnte. Bioenergie und Geothermie haben wir für uns gestrichen, da uns diese nicht wirklich als geeignet erschienen. Über die Wasserkraft haben wir viel geredet, doch auch diese war schwer realisierbar in unseren Vorstellungen. Bei der Sonnen- wie auch Windenergie konnten wir uns einige Ideen vorstellen, in welche Richtung wir gehen konnten. Diese haben wir dann aufgelistet:

- Tasche / Bag mit Solarkollektoren
- Windrad für unterwegs (z.B. beim Campen)

3. Projektdefinition und -Zielsetzung:

Wie bereits erwähnt, bewegen wir uns in der Kategorie der Innovation. Bei unserem Projekt möchten wir mit Hilfe von erneuerbarer Energie Strom erzeugen.

3.1. Umsetzbarkeit

Unsere Ideen haben wir genauer angeschaut und in Stichworten festgehalten:

Tasche / Bag mit Solarkollektoren

Gedanken: -Panel (ca. 500 x 350mm) mit 20W / 12V ca. 70 CHF
 -Vorhandene Tasche / Bag modifizieren
 -Verkabeln

Mögliche Probleme: -Strom speichern

Fazit: -Zu wenig innovativ (für uns)

Windrad für unterwegs

Gedanken: -An Velo-Dynamo anhängen
 -3D-drucken

Mögliche Probleme: -Zu grosser Widerstand von Dynamo
 -Lagerung

Fazit: -Konstruktiv anspruchsvoller
 -Interessant, Neu für uns

4. Projektplanung

4.1. Die wichtigsten Meilensteine

Was	Termin
Projektidee definitiv	08.11.2016
Projekt ausgearbeitet	17.01.2017
Projektdokumentation fertig	07.03.2017
Abgabe Projekt	26.03.2017

4.2. Detaillierter Aufgabenplan

	Was	Aufwand	Wer	Bis wann
I	Informieren	2 Lektionen	Dave+Ramona	27.09.2016
P	Planen	2 Lektionen	Klasse	04.10.2016
E	Ideen suchen / auswerten	6 Lektionen	Dave+Ramona	08.11.2016
	Idee ausarbeiten	4 Lektionen	Dave+Ramona	22.11.2016
R	Konstruieren	6 Lektionen	Dave+Ramona	13.12.2016
	Drucken	30 Stunden	Dave	10.01.2017
	Montieren/Testen	10 Stunden	Dave	31.01.2017
	Dokumentation	6 Lekt. (+)	Ramona	07.03.2017
K	Kontrolle	2 Lektionen	Dave+Ramona	07.03.2017
-	Pufferzeit	4 Lektionen	Dave+Ramona	21.03.2017
A	Prämierung		Alle	Juni 2017

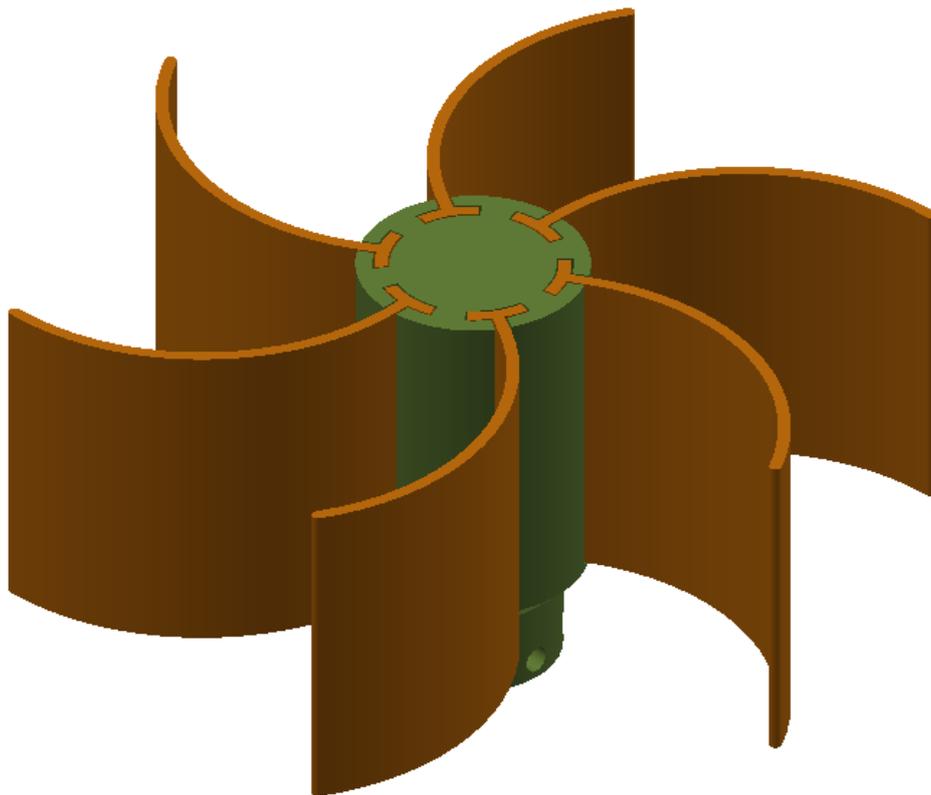
5. Konkrete Umsetzung

5.1. Konstruieren

Da wir von Anfang an wussten, dass wir unser Windrad mit dem 3D-Drucker produzieren werden, haben wir bei der Konstruktion darauf geachtet, dass es für den Druck tauglich ist. Wir haben unsere Windkraftanlage in drei Teilfunktionen unterteilt.

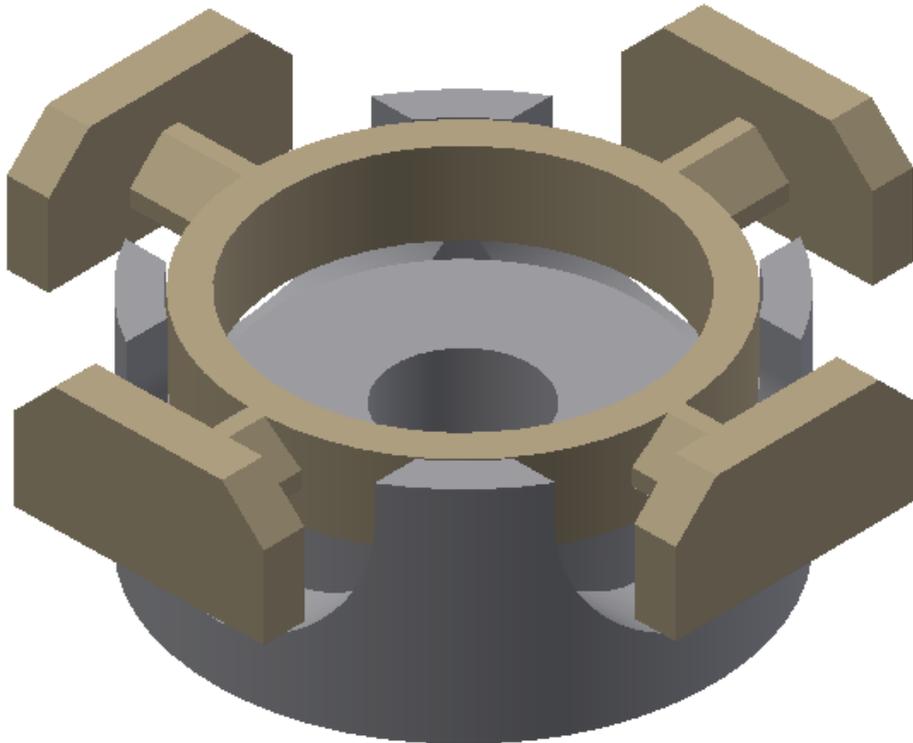
5.1.1. Antrieb

Da wir den Antrieb mit dem 3D-Drucker herstellen möchten, sind wir in der Grösse beschränkt. Beim Windrad gilt: Je grösser der Durchmesser, desto mehr Leistung. Um trotzdem einen möglichst grossen Durchmesser zu erhalten, haben wir den Antrieb aus ineinander steckbare Einzelteilen hergestellt. Die Steckverbindung erfolgt über eine T-Nut.



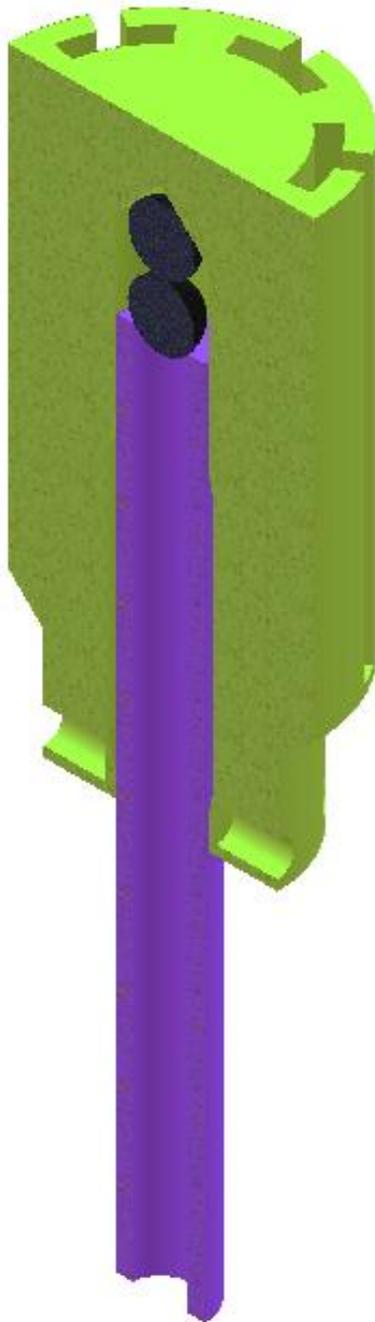
5.1.2. Generator

Für den Generator brauchen wir vier Spulen, die wir selber wickeln müssen. Dafür drucken wir ein Kreuz, in dem gerade alle Spulen vorhanden sind. Um die Induktivität der Spulen zu erhöhen brauchen wir möglichst viele Wicklungen. Wir entschieden uns für 350 Wicklungen pro Spule. Eine zusätzliche Steigerung der Induktivität erfolgt durch einen Eisenkern. Daher haben wir eine Schraube durch den Kern der Spulen geschraubt.



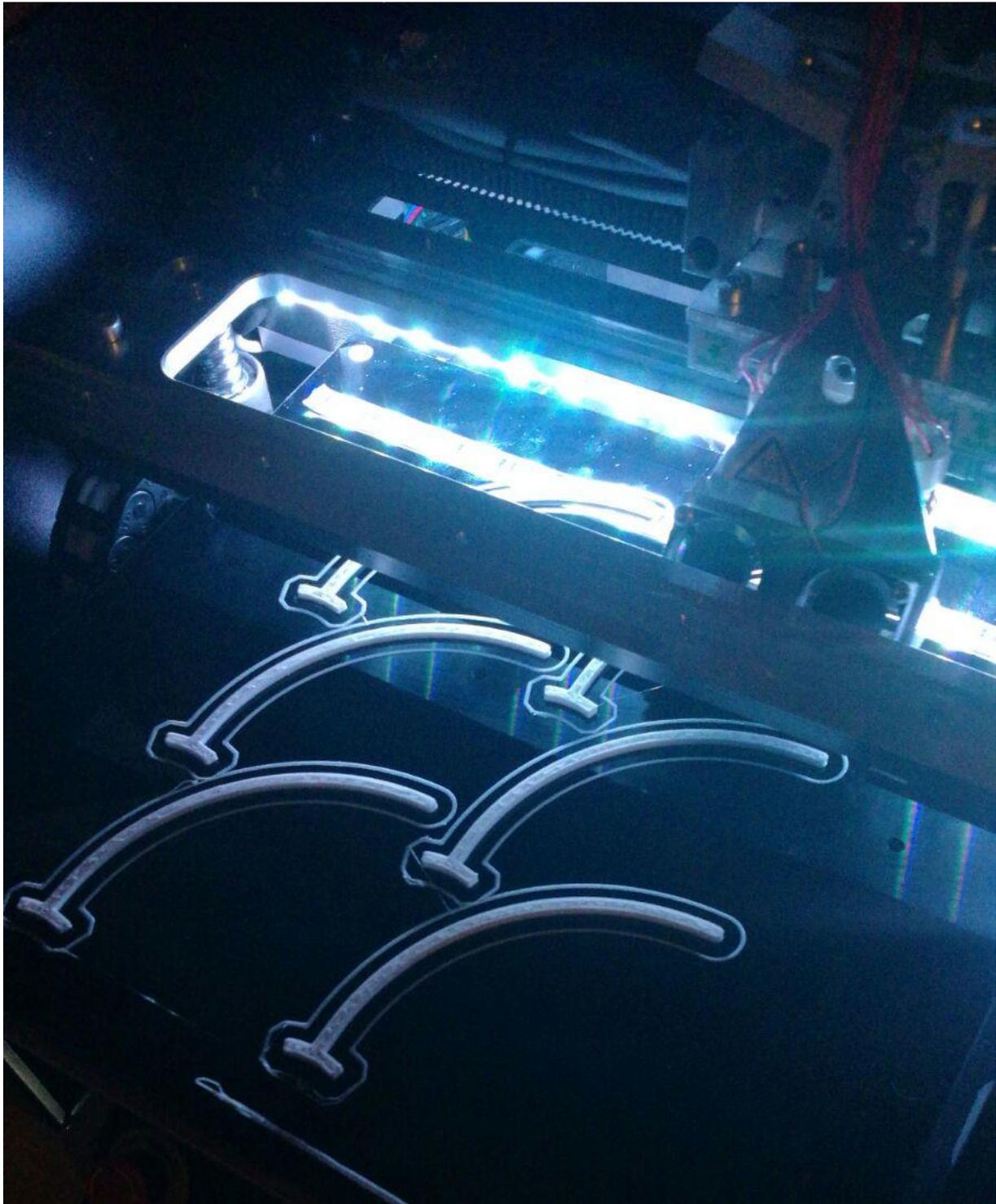
5.1.3. Lagerung

Für einen möglichst guten Wirkungsgrad, darf das Windrad wenig Reibung haben. Daher brauchen wir eine gute Lagerung. Für die Lagerung nutzen wir zwei Kugeln, die nur an einem kleinen Punkt Reibung erzeugen.



5.2. 3D-Druck und Programm

Um die Teile drucken zu können, braucht es ein STL-File. Diese Datei konnten wir aus dem CAD exportieren. Der Drucker benötigt schlussendlich einen G-Code. Dieser wird durch ein weiteres Programm (Simplify3D) anhand des STL-Files generiert. Der Drucker braucht je nach Teil zwischen 1 und 15 Stunden.

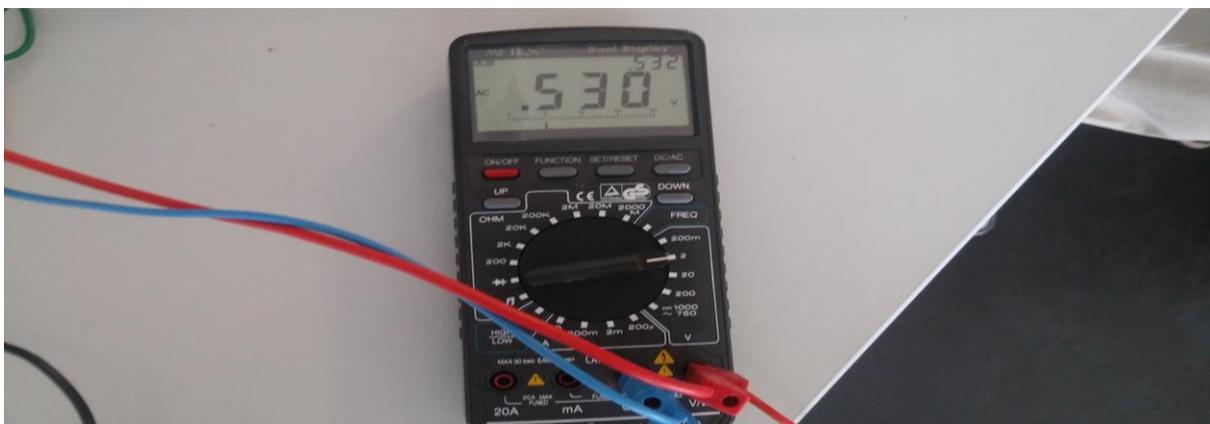


5.3. Testlauf

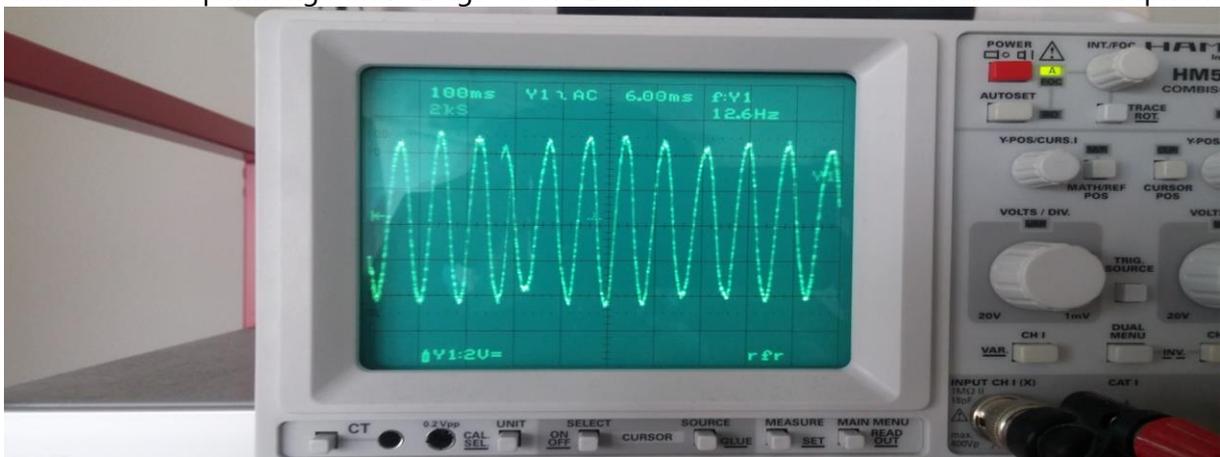
Um zu sehen, ob unsere Windkraftanlage auch wirklich Strom erzeugt, haben wir sie getestet. Dafür haben wir in der Schule unser Lehrer in Elektor- und Steuerungstechnik Herr Meier aufgesucht, da er die geeigneten Geräte zur Messung des Stroms hat. Um eine regelmässige Drehung für die Messung zu erzeugen, haben wir unser Windrad mit Druckluft angetrieben.



Unsere Anlage haben wir zuerst an ein Voltmeter angeschlossen. Dieser zeigte uns, wie viel elektrische Spannung (Volt) herrscht.



Zusätzlich haben wir dann über den Voltmeter noch einen Kathodenstrahlzilloskop (kurz KO) angeschlossen. Dies ist die optische Darstellung der mit dem Voltmeter gemessener elektrischer Spannung und zeigt den zeitlichen Verlauf in Form eines Graphen.



6. Berechnung

6.1. Wind

Um uns dem Windrad etwas zu nähern, haben wir eine Tabelle gesucht, die Informationen über die Windverhältnisse in Bezug auf die erzeugende Leistung gibt.

Nachfolgend haben wir eine Zusammenstellung der für uns interessanten Daten.

Die Beaufortskala, benannt nach Sir Francis Beaufort, beschreibt die Windgeschwindigkeiten auf einer Skala von 0 (Windstille) bis 12 (Orkan). Wir haben uns nur bis 10 Bft herausgeschrieben, da die Leistung ab ca. 7 Bft gleich bleibt und das Einsatzgebiet unseres Windrades sollte sich nicht nach einem Orkan ausrichten.

Bezeichnung	Beaufort (Bft)	Windstärke (m/s)	Leistung (W)
Windstille	0	<0.3	Anlauf bei 2m/s
Leiser Zug	1	0.3-1.5	Anlauf bei 2m/s
Leichter Wind	2	1.6-3.3	4
Schwacher Wind	3	3.4-5.4	30
Mässiger Wind	4	5.5-7.9	50
Frischer Wind	5	8.0-10.7	100
Starker Wind	6	10.8-13.8	200-300
Steifer Wind	7	13.9-17.1	400
Stürmischer Wind	8	17.2-20.7	400
Sturm	9	20.8-24.4	400
Schwerer Sturm	10	24.5-28.4	400

6.2. Formeln

Um die entscheidenden Faktoren einer Windkraftanlage zu erkennen, haben wir die Windkraftanlage physikalisch angeschaut, und die einzelnen Formeln auseinandergenommen und zerstückelt. Angefangen haben wir bei der Grundformel der Kinetischen Energie, bis wir schliesslich bei der Windleistung gelandet sind.

Beschreibung	Formel	Komponenten
Kinetische Energie	$E = \frac{1}{2} * m * v^2$	E = Energie [J] v = Geschwindigkeit [m/s] m = Masse [kg]
Masse des Windes	$m = \rho * V$	m = Masse [kg] ρ = Luftdichte [kg/m ³] V = Volumenstrom [m ³ /s]
Volumenstrom	$V = A * v$	V = Volumenstrom [m ³ /s] v = Windgeschwindigkeit [m/s] A = Fläche [m ²]
Fläche Rotor	$A = \pi * r^2$	A = Fläche [m ²] r = Radius [m]
Wirkungsgrad	$n = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} = \frac{P_{Nutz}}{P_{El.}}$	n = Wirkungsgrad P_{ab} = abgeführte Leistung [W] P_{zu} = zugeführte Leistung [W]
Leistungsbeiwert $n_{max} = 59\%$ (tech.) $n \sim 40\%$ (Praxis)	$\rightarrow cp = 0.59$ $\rightarrow cp \sim 0.4$	cp = Leistungsbeiwert
Windleistung	$P_w = \frac{1}{2} * cp * \rho * \pi * r^2 * v^3$	P_w = Windleistung [W]

Aufgrund der Schlussformel „Windleistung“ haben wir erkannt, dass es zwei entscheidende Faktoren gibt, die die Leistung beeinflussen.

Zum ersten wäre das der Radius r des Rotors. Dieser steht im Quadrat und ist somit einflussreicher. Das heisst, je grösser das Windrad, umso mehr Leistung.

Der noch einflussreichere Faktor ist die Windgeschwindigkeit v . Diese steht in der dritten Potenz. Das heisst, da man den Wind nicht beeinflussen kann, ist die Position der Windkraftanlage sehr entscheidend.

Da wir unser Windrad nicht an einem fixen Ort platzieren, fällt der wichtigste Faktor für uns weg. Zudem möchten wir das Windrad handlich halten, weshalb wir auch in der Grösse eingeschränkt sind. Darum sind wir uns bewusst, dass unser Windrad-Prototyp nur wenig Leistung erzeugen wird.

7. Auswertung der Projektarbeit

7.1. Rückblick

Diese Arbeit hat uns im Grossen und Ganzen gut gefallen. Wir haben viel über Generatoren und Windräder gelernt.

Wir sind etwas enttäuscht, dass wir nur sehr wenig Strom erzeugen konnten. Doch wir sind auch glücklich, dass wir überhaupt Strom erzeugen konnten.

7.2. Erkenntnisse

Wir haben herausgefunden, dass Strom gar nicht mal so leicht erzeugbar ist. Für das nächste Mal werden wir darauf achten, dass wir uns anfangs besser informieren werden.

8. Literatur

Kapitel 6.1

*Kendelbacher, Olga, Kleinboote, ohne Jahrgang,
Geschwindigkeiten, Umrechnungstabelle diverse Masse und (Wind-) Geschwindigkeiten,
<http://www.kleinboote.at/Geschwindigkeiten-Windgeschwindigkeit> [Zugriff: 06.03.17]*

Kapitel 6.2

*Rikowski, Sebastian, Kurztutorial, seit 2010
Leistung einer Windkraftanlage berechnen, Windkraft-Tutorial,
<http://kurztutorial.info/windkraft/wind-leistung/energie.htm> [Zugriff: 06.03.17]*

*Negal Engineering AG, ohne Jahrgang
Windkraftanlage Leistung berechnen, Abstrakt
<http://www.negal.ch/publikationen/63-publikationen/69-windkraftanlage-leistung-berechnen> [Zugriff: 06.03.17]*