

# *Unser Windkraftprojekt*

*Berufskolleg der  
Freien Waldorfschule Haan-Gruiten  
2013/2014*



# Unser Windkraftprojekt



Anlässlich eines Wettbewerbs der Energieagentur NRW „Schulen machen Wind“ haben wir uns seit dem Herbst 2013 innerhalb des großen Themenkomplexes Energie besonders mit Fragen zur Energiegewinnung durch Windkraft beschäftigt. Schnell war uns klar, dass wir uns jedoch nicht mit einem Modell zufriedengeben wollten, sondern wir wollten ein richtiges Windrad bauen, das der Schule später einmal Energie liefern sollte. Das hat leider den Zeitrahmen gesprengt, der eigentlich für das Projekt vorgesehen war, so dass wir nicht mehr regulär an dem Wettbewerb teilnehmen konnten. Aber wir hoffen, dass wir durch unsere Leistung die Juroren noch im Nachhinein überzeugen können!

Wir hatten für das gesamte Projekt zweimal drei Wochen Zeit in unseren sogenannten Physikepochen mit jeweils zwei Stunden am Tag. Darüber hinaus haben wir uns gelegentlich auch außerhalb der Schulzeit getroffen, um diverse Besorgungen zu tätigen und auch Teile des Windrads in der Schmiede unseres Schmiedelehrers anzufertigen. Nach unseren schriftlichen Abschlussprüfungen haben wir das Windrad fertiggestellt und auf dem Dach eines unserer Schulgebäude errichtet.



Zu Beginn dieses Projekts haben wir uns zunächst einen **Überblick** über die verschiedenen Windkraftanlagen verschafft. Grundlegend gibt es zwei unterschiedliche Bauweisen, entweder die horizontale oder die vertikale Achse nutzend. Zudem kann man den Wind mit Hilfe von zwei unterschiedlichen Systemen umsetzen – Schnellläufer und Langsamläufer. Die Methode, die sich in großen Anlagen technisch durchgesetzt hat, ist die der Schnellläufer – mit horizontaler Achse und aus Belastungsgründen meist mit drei Flügeln.

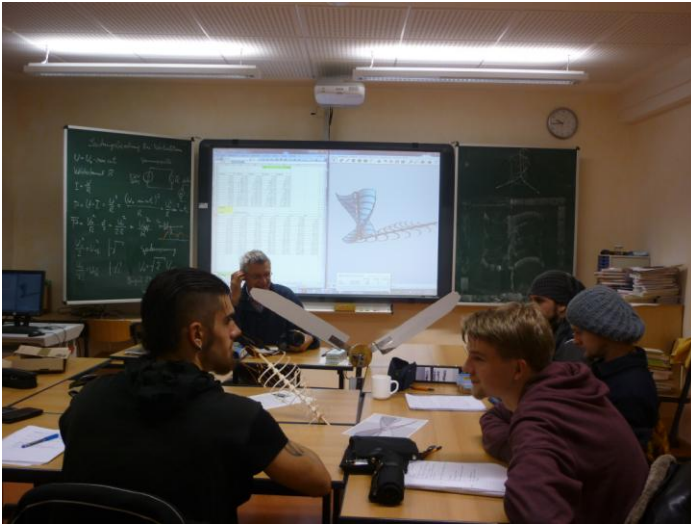
In kleineren - meist privaten - Systemen kommen keine Schnellläufer zum Einsatz, eher Modelle mit vertikaler Achse, da diese nur den Staudruck nutzen.

Ein **Schnellläufer** nutzt dasselbe System wie der Flügel eines Flugzeugs. Die Theorie geht von geraden Stromlinien aus, die - sofern Wind vorhanden ist oder der Flügel selbst sich durch die Luft bewegt - gerade oberhalb und unterhalb des Flügels entlang ziehen. Die eine Seite des Flügels ist aber etwas mehr ausgebeult als die andere, weshalb die Luft dort eine größere Strecke zurücklegen muss. An dieser Stelle bewegt sich die Luft deutlich schneller und es entsteht ein Unterdruck, der den Flügel in die Richtung der Ausbeulung zieht. Diese Kraft wird bei Schnellläufern und bei Flugzeugen benutzt.

Diese Methode erfordert aber, dass der Flügel sich schneller bewegt als die Luft, damit dieser Unterdruck überhaupt entstehen kann. Deshalb benötigen Schnellläufer eine Starthilfe. Das macht sie **für sehr kleine Anlagen sehr unattraktiv**, auch wenn ihr Wirkungsgrad der Beste ist (aktuell nicht viel mehr als 50%, dabei ist 59,2% das Maximum des physikalisch Möglichen).

Die nächstmögliche Variante wäre ein typischer Rotor, der sich nicht dieses Prinzip zunutze macht, sondern einfach nur durch den Staudruck angetrieben wird. Um ein besseres Verständnis zu bekommen, beschäftigten wir uns mit den **Kräften**, die bei einem solchen Windrad wirken würden. Wir errechneten die maximale Kraft durch Staudruck und die Zentrifugalkraft. In unseren Rechnungen gingen wir von





einer Windgeschwindigkeit von 10 m/s aus. Bei unseren späteren Messungen kamen wir allerdings nur auf ein Maximum von ungefähr 6 m/s.

Parallel zu unseren Rechnungen machten wir uns bereits Gedanken über das Material und die Art des Generators. Bzgl. des Generators stießen wir dann auf das Problem, dass das Drehmoment der in Frage kommenden Generatoren zu groß war.

Wir überdachten das Ganze noch einmal und kamen zu dem Schluss, dass wir ein **Modell** verwenden müssen, **welches mehr auf geringe Windgeschwindigkeiten ausgelegt ist**. Dies erwies sich auch im Hinblick auf die später gewonnenen Daten der Windmessungen als sehr weise, da die durchschnittliche Windgeschwindigkeit auf dem Dach der Schule relativ niedrig ist (max. 82 km/h bei Sturm).

**Wir entschieden uns für das Modell der doppelten Helix mit vertikaler Achse.** Diese wird derzeit besonders häufig in China hergestellt und eingesetzt, da es klein und effizient ist. Somit ist es in abgelegeneren Regionen oft eine gute Möglichkeit der Stromerzeugung.



Die **Formeln**, die wir bei dem zuerst angedachten Windrad verwendet hatten, waren nun bei diesem Modell **nicht mehr so leicht anwendbar**. Wir konnten auch keine Formeln zur Berechnung der Effizienz des Windrads finden, nicht einmal bei den Herstellern selbst. Wir berechneten die Zentrifugalkräfte und die Kräfte, die auf die Befestigung des Windrades wirken würden. Bei einer Fläche von 1,25 m<sup>2</sup> und einer Windgeschwindigkeit von 16 m/s berechneten wir eine wirkende Kraft von 176,4 Newton, die sich bei einer Befestigungslänge von 1,5 m auf 129,36 Newton reduzierten, was umgerechnet ungefähr 13 kg Zugkraft bedeutet. Die Werte, die wir bei diesen Berechnungen herausbekamen, waren erstaunlich niedrig und erleichterten somit die Planung der Befestigung.

Ursprünglich planten wir das Windrad vertikal zu befestigen, also die Achse des Windrads zu verlängern und an zwei Punkten mit einem Lager an einer Wand zu befestigen. Schon nach kurzer Zeit stellten wir fest, dass die Windstärke an dem dafür vorgesehenen Punkt viel zu niedrig war. Wir verlagerten unsere Messungen **auf das höher gelegene Dach**, wo wir dann im weiteren Verlauf der Messungen deutlich bessere Werte bekamen. Die Befestigung des Windrads musste aber nun anders geplant werden, da das vertikale Befestigen nicht mehr möglich war; zudem durfte die Dachbeschichtung nicht beschädigt werden.

Die Maße des Windrades berechneten wir noch während der Messungen auf dem Dach aus und stellten so sicher, dass die entstehenden Kräfte nicht zu groß werden und nicht die maximale Drehzahl unseres Generators übersteigen. Bei der Form und der Bauweise wurden wir durch Bilder einiger Firmen inspiriert, die derartige Windradarten herstellen.

Nach einigen Überlegungen entschlossen wir uns, das **Skelett aus Stahl** zu bauen, da Stahl – im Gegensatz zu Aluminium - sich leichter schweißen lässt. Die formgebenden Querstreben des



Windrads mussten bestellt werden. Dazu fertigten wir eine Vektordatei der Querstreben als Schnittmuster an. Die eigentliche **Rotorfläche** wollten wir entweder aus **Glasfaser** oder aus Plastik fertigen, wir entschieden uns für Glasfaser.

Der **Generator**, den wir aus China bestellen wollten - da dieser genau für



diese Art von Windrädern konzipiert ist - stellte sich letztendlich aufgrund von Lieferkosten und Zollgebühren als zu teuer heraus. Wir stiegen auf einen Günstigeren um, auch aus **China**, allerdings über eine deutsche Firma lieferbar.

Zur **Befestigung auf dem Dach** planten wir ein Gerüst, gestützt auf Reifen, die mit Beton gefüllt sind. Der untere Teil, auf dem das Windrad steht, besteht aus einem Balkenkreuz von 2 mal 4m. An den Enden der Balken sollen die Reifen befestigt sein. Der Abstand der Reifen zu den Balken wird dem leichten Gefälle des Dachs angepasst, welches 4 cm pro Meter beträgt. Das Windrad selbst soll mit einem Stahlrahmen befestigt werden, der von links nach rechts einen Sicherheitsabstand von 30 cm zu den Rotorblättern und 50 cm nach oben hat, damit die Drahtseile, die nach vorne und hinten gespannt werden, ebenfalls einen Sicherheitsabstand von mehr als 17cm haben können.

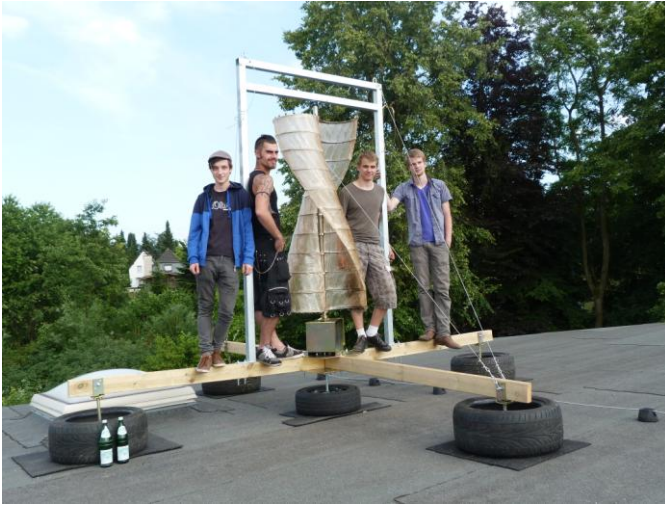


Den theoretischen Teil hatten wir damit abgeschlossen und begannen nun mit der **Umsetzung**:

Nach dem Eintreffen der Teile haben wir mit dem Ausgießen der Reifen begonnen. In der darauf folgenden Zeit haben wir die Querstreben auf der Achse festgeklemmt, damit eine Wartung vereinfacht wird. Als nächster Schritt folgte das Einbauen der Längsverstrebungen, auf der wir dann die Glasfasermatten mit Hilfe von Polyesterharz befestigt haben, um so die Rotorfläche zu bilden.



Das tragende Holzkreuz haben wir dann zurechtgeschnitten und vorgebohrt. Weiterhin haben wir bereits den Stahlrahmen zusammengeschweißt. Nachdem alle notwendigen Teile fertiggestellt waren, haben wir sie auf das dafür vorgesehene Dach hinaufbefördert und dort das Windrad zusammengebaut.



Für die Optik wollten wir zuerst die ganze Fläche lackieren, haben uns dann aber nach Absprache mit der Schule nur für einen markanten Rand entschieden. Seit dieser Zeit dreht sich das Windrad schon bei relativ geringem Wind und wird von vielen Nachbarn und Besuchern der Schule als attraktives Kunstobjekt angesehen. Auch der Generator ist schon wetterfest eingebaut und der nächste Jahrgang des Berufskollegs wird sich mit der Einspeisung, Umwandlung und Speicherung der Energie beschäftigen, so dass am Ende des nächsten Jahres z.B. der Schulhof mit dieser gewonnenen Energie beleuchtet werden kann.



Bei einem Pressetermin am 23. Juni 2014 konnten wir unser Windrad dann ausführlich vorstellen.

Schüler des BK 2