

**Projektbericht zum Wettbewerb
Schulen machen Wind
Der Schule**

.....

Einzureichen bis zum 01.03.2014
an:
schmidt@energieagentur.nrw.de

Gerne können Sie uns auch Bilder, Dokumentationen, Dateien oder Filme Ihrer Projektaktivitäten zusenden. Bitte beachten Sie hierbei die Datei-Größe! Sicherheitshalber sollten Sie uns größere Datei-Mengen auf dem Postwege per CD-ROM zukommen lassen. Die eingereichten Unterlagen verbleiben bei der EnergieAgentur.NRW zu Dokumentationszwecken.

Bitte klären Sie vor der Weitergabe mit den Eltern der Schülerinnen und Schülern ab, ob die Fotos von der EnergieAgentur.NRW für das Internet und Printmedien genutzt werden können.

Angaben zur Schule

Name:

Berufskolleg der Stadt Bottrop

Schulform:

Bündelschule

Anzahl Schüler:

2153

Baujahr:

ca. 1916

Anschrift der Schule und Ansprechpartner

Straße:

An der Berufsschule 20

PLZ:

46236

Ort:

Bottrop

Internet:

www.berufskolleg-bottrop.de

Ansprechpartner:

Rainer von Groddeck

Telefon:

02041 / 70627-0

Telefax:

02041 / 70627-77

E-Mail:

r.groddeck@berufskolleg-bottrop.de

Bitte nachfolgend Kästchen per Doppelklick aktivieren – (Standardwert – aktiviert anklicken)

Stellen Sie ihre Aktivitäten zum Themenbereich Windenergie dar zum aktuellen Zeitpunkt

- Wir haben ein Wind-Projekt weitergeführt
- Wir haben ein Wind-Projekt neu gestartet

Vorhanden	Geplant	Aktivität
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Errichtung einer Kleinwindanlage Typ Black 300 12V
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Einbindung des Themas in den Unterricht
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Einbindung des Themas in Projektwochen
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Einbindung des Themas in den „Offenen Ganztag“ Im Rahmen des Girls Day am 27.03.2014
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Exkursionen
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Kooperation mit Firmen im Bereich Berufsorientierung
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Schülerfirma
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Darstellung im Internet
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Film- oder Videoprojekt
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Musikalische Einbindung
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Theater oder Musical
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Sonstiges:

Mögliche Installation einer Kleinwindenergieanlage Bei Gewinn eines Preises zum Wettbewerb

- Eine mögliche Installation einer Kleinwindenergieanlage ist bereits mit der Schulleitung abgestimmt.
- Eine mögliche Installation einer Kleinwindenergieanlage ist bereits mit dem Schulträger abgestimmt.
- Wir benötigen Unterstützung für die Planungs- und Abstimmungsprozesse für eine mögliche Kleinwindenergieanlage

Welche Öffentlichkeitsarbeit führen Sie durch, um das Projekt an der Schule und in der Kommune bekannt zu machen?

<input type="checkbox"/>	Einbindung der Presse Eine Pressemitteilung ist rausgegangen
<input type="checkbox"/>	Projektbeschreibung in der Schülerzeitung
<input type="checkbox"/>	Informationsübermittlung an Schüler, Eltern oder Bewohner des Stadtteiles
<input type="checkbox"/>	Projektbeschreibung im Internet / auf der Internetseite der Schule energie.berufskolleg-bottrop.de/index.html
<input type="checkbox"/>	Print-Medien (Faltblätter, Plakate, Aufkleber)
<input type="checkbox"/>	Energie-Song
<input type="checkbox"/>	Sonstiges

Wer ist am Projekt beteiligt

<input type="checkbox"/>	Schülerinnen und Schüler Anzahl 12
<input type="checkbox"/>	Eltern Anzahl.....
<input type="checkbox"/>	Kollegium Anzahl 1
<input type="checkbox"/>	Firmen
<input type="checkbox"/>	Energieversorger
<input type="checkbox"/>	Stadt- oder Gemeindeverwaltung Bauamt der Stadt Bottrop für das Fundament
<input type="checkbox"/>	Sonstige

Weitere Projektbeschreibung



0. Inhalt

1. Einführung
2. Das Windrad
 - 2.1 Planung des Windrades
 - 2.2 Montage und Inbetriebnahme des Windrades
3. Die Unterrichtseinheiten
 - 3.1 Theoretische Grundlagen
 - 3.2 Schülerversuche
4. Vorstellung des Projektes im Rahmen der Eröffnung des Energielabors
5. Schlusswort und Ausblick
6. Anhang
 - 6.1 Pressemitteilung
 - 6.2 Quellenangaben

1. Einführung

Im Jahr 2011 hatten wir uns entschieden, an unserem Berufskolleg einen Schulversuch über die Einrichtung des neuen Bildungsganges „Assistent/in für regenerative Energietechnik und Energiemanagement“ für die höhere Berufsfachschule zu beantragen. Dieser wurde uns mit dem Start des Schuljahres 2012/13 genehmigt. Anlass für die Einrichtung des neuen Bildungsganges war die Gründung der Hochschule Ruhr West im Jahr 2009, unter anderem mit den Studienangeboten Energieinformatik, Wirtschaftsingenieurwesen - Energiesysteme. Damit wird den Schülern ein erleichteter Einstieg ins Studium ermöglicht. Neben der Fachhochschulreife erlangen die Schüler auch den Berufsabschluss des Technischen Assistenten, womit ein Beitrag zur Behebung des Arbeitskräftemangels im Bereich der regenerativen Energie geleistet wird.

Der neu gestaltete Lehrplan sieht im Fach regenerative Energietechnik folgende Themen vor:

- Jahrgangsstufe 11: Grundlagen und Überblick über die regenerative Energietechnik
- Jahrgangsstufe 12: Photovoltaik und Bioenergie
- Jahrgangsstufe 13: Windenergie und Energiespeicherung

Bereits mit dem Start des Schuljahres 2011/12 haben wir begonnen, im bestehenden Bildungsgang der Informationstechnischen Assistenten Schwerpunktfächer aus dem Bereich der regenerativen Energietechnik zu integrieren. In dem Unterricht sollten einmal die Errichtung eines Windrades im Rahmen eines Projektes und im Anschluss Unterrichtseinheiten zum Thema Windenergie durchgeführt werden. Der Energiewettbewerb „Schulen machen Wind!“ der EnergieAgentur.NRW kam uns deshalb sehr gelegen. Das Fördergeld konnte sehr gut für den Kauf des Windgenerators eingesetzt werden. Auch die Fortbildung in Wuppertal hat wertvolle Impulse für die Errichtung des Windgenerators und für den Unterricht gegeben.



Abbildung: Berufskolleg der Stadt Bottrop

2. Das Windrad

Das Projekt zur Errichtung eines Windrades wird durchgeführt von der Klasse 2E 11 A der Informationstechnischen Assistenten/-innen mit dem Schwerpunkt regenerative Energietechnik und Energiemanagement. Diese Klasse besteht aus einer Schülerin sowie elf Schülern.

Die Errichtung des Windrades war ein wichtiger Bestandteil des von Schülern bereits im Vorfeld errichteten Energielabors. Die Errichtung des Energielabors begann vor den Sommerferien 2013. Dazu haben sie ein Solarfeld für 10 Photovoltaikmodule errichtet und für 10 Arbeitsplätze die Elektroinstallation, die IT-Verkabelung und die Einrichtung von PC's durchgeführt.

Die Inbetriebnahme des Windrades erfolgte im Oktober 2013, rechtzeitig bevor die Herbstwinde begannen, reichlich Energie zu liefern.

Das Energielabor mit dem Windrad wurde am 31. Januar 2014 eingeweiht. Im Rahmen weiterer Schülerprojekte soll das Energielabor allerdings noch in den kommenden Jahren ständig erweitert werden. Näheres dazu ist in den Kapiteln 4 und 5 aufgeführt.

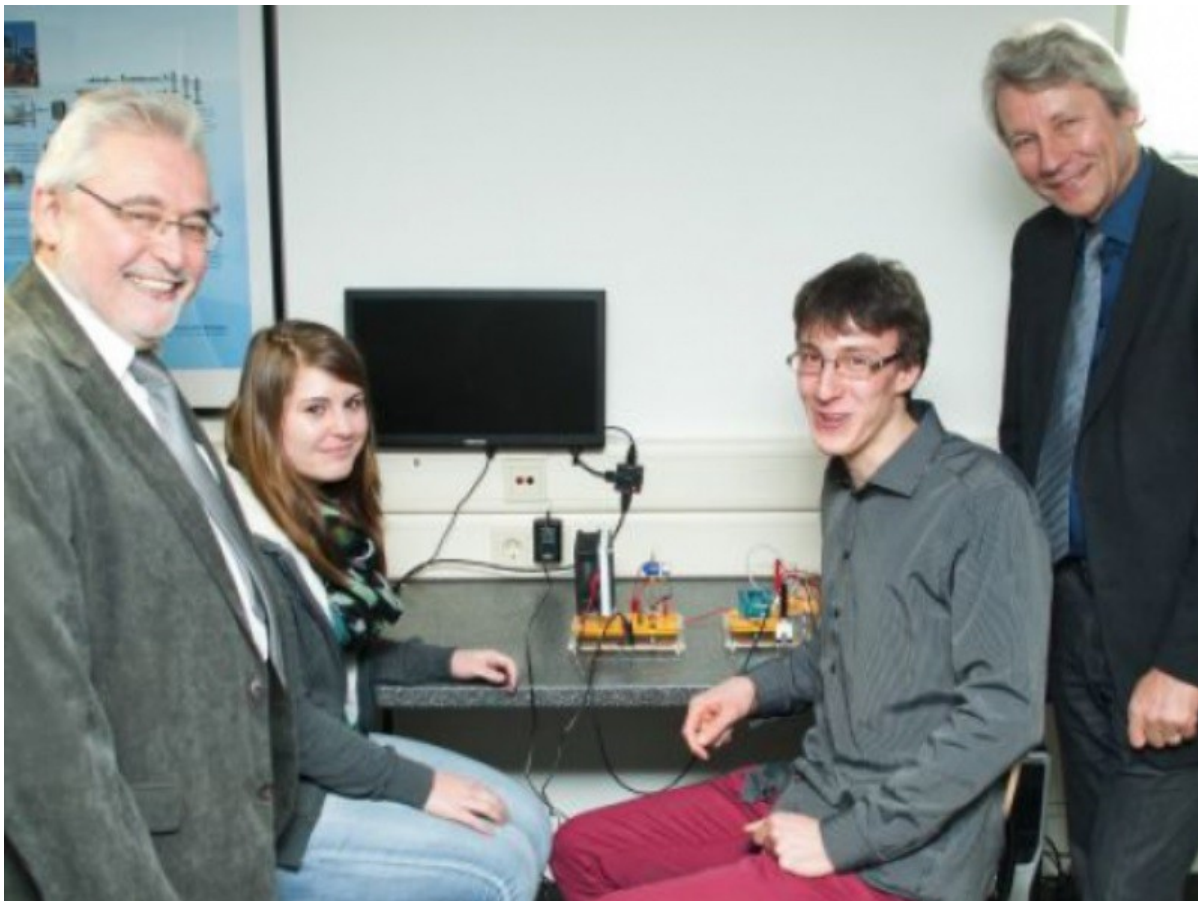


Abbildung: Schülervorführungen bei der Einweihung des Energielabors, hier mit einem Windgenerator, der eine Brennstoffzelle auflädt

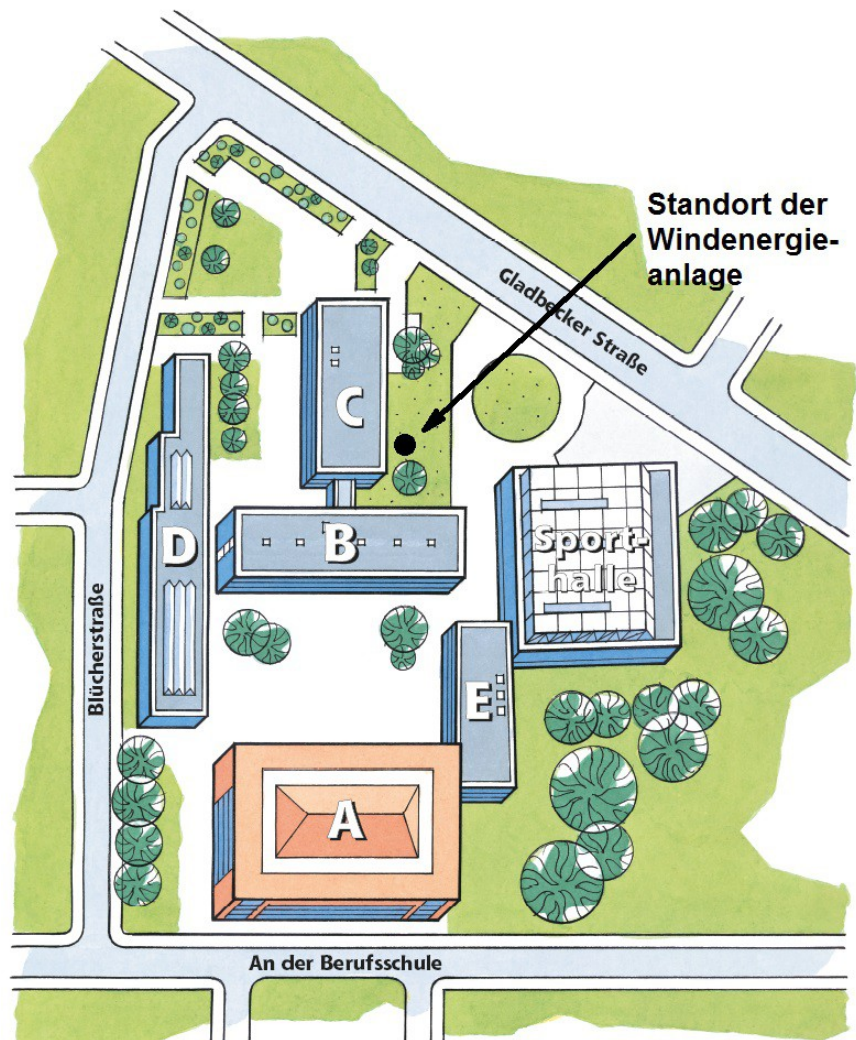
2.1 Planung

Vor der Errichtung gab es einige wichtige Details zu klären. Diese kann man in die Aspekte Standort, Art des Windrades und Ausführung der elektrische Installation aufteilen.

Standort

Für die Auswahl des Standortes waren mehrere Aspekte entscheidend. Für die Errichtung auf dem Dach des Schulgebäudes spricht ein stärkerer und konstanterer Wind im Gegensatz zu einer Errichtung an einem Mast auf dem Boden, zumal es vor dem Gebäude eher windgeschützt ist. Allerdings gibt es viele Gründe für die Errichtung an einem Mast auf dem Boden:

- Das neu errichtete Energielabor ist im Keller des Gebäudes untergebracht. Würde man es auf dem Dach errichten, müsste man wegen der hohen Leitungslänge einen entsprechend hohen Querschnitt wählen.
- Es ist gefährlich für Schüler, auf dem Dach ein Windrad zu montieren bzw. später, wenn Wartungsarbeiten oder Messungen durchgeführt werden sollen. Und das Windrad sollte in jedem Fall von den Schülern errichtet werden.
- Die Genehmigung ist bei einer Errichtung auf dem Dach sehr viel aufwändiger, als in Bodennähe.
- Das Windrad soll auch als Werbeträger für den neuen Bildungsgang dienen. Auf dem Dach wäre es nicht so gut sichtbar.
- Das Windrad ist zu Studienzwecken gedacht, da spielt der Windertrag eine nicht so große Rolle.



Letztendlich haben wir uns wegen all dieser Gründe für eine Errichtung auf einem Mast vor dem Energielabor entschieden.

Art des Windrades

Nach der getroffenen Standortauswahl war das wichtigste Kriterium für die Auswahl des Windrades die Anlaufgeschwindigkeit. Dazu sollten die Schüler im Internet unter allen angebotenen Windrädern recherchieren, welche die kleinste Anlaufgeschwindigkeit hat. Dabei haben sie herausgefunden, dass die Anlaufgeschwindigkeit bei einer Windgeschwindigkeit von 2 m/s bis 3 m/s liegt.

Ein Windrad stach allerdings mit einer sehr niedrigen Anlaufwindgeschwindigkeit hervor und zwar der Black 300 von der p r e V e n t GmbH, Taunusstrasse 24 a, 63694 Limeshain / Himbach. „So sind die Windgeneratoren der Black Serie ohne ein magnetisches Rastmoment und Haltemoment, was ein Anlaufen der Windgeneratoren, schon bei einer Windgeschwindigkeit von 0,8 m/s erlaubt. Bei 1,8 m/s, können Sie schon im Ladebereich sein.“

Technische Daten (laut Herstellerangaben):

Rotor	3-Blatt
Rotormaterial	Carbon-Nylon
Rotordurchmesser (zusammengebaut)	1,22 m
Generator	Permanent
Antrieb	Direktantrieb
Systemspannung für	12 V DC
Nennleistung bei 9,36 m/s	343 Watt
Ladebeginn bei	1,8 m/s
Generatorgewicht	15 kg

Also haben wir uns für diesen Windgenerator entschieden.



Abbildung: Black 300 Windgenerator vor dem Energielabor

Ausführung der elektrischen Installation

Für die elektrische Installation musste die Zuleitung so dimensioniert werden, dass sich die Leistungsverluste in Grenzen halten. Bei einer Leistung von 300 W und einer Spannung von 12 V fließt ein Strom von

$$I = \frac{P}{U} = \frac{300\text{W}}{12\text{V}} = 25\text{A}$$

Die Leistungsverluste sollten nicht größer als 10 % bzw. nicht größer als 30 W sein. Bei einer Leitungslänge von 20 m erhält man einen Kabelquerschnitt von

$$q = \frac{2 \cdot l \cdot I^2}{\kappa \cdot P} = \frac{2 \cdot 20\text{m} \cdot (25\text{A})^2}{56 \frac{\text{m}}{\Omega \text{mm}^2} \cdot 30\text{W}} = 14,9 \text{mm}^2$$

Gewählt wurde der nächsthöhere Standardquerschnitt von 16 mm²

2.2 Montage und Inbetriebnahme des Windrades

Für das Windrad haben wir einen 6 m hohen Antennenmast geplant. Dabei sind wir beim Antennenbauzubehör fündig geworden. Wir haben drei 2 m lange Steckmasten aus verzinktem Stahl mit einem Durchmesser von 48 mm gekauft. Dadurch sind die Transportkosten recht günstig geworden. Auch ist ein steckbarer Mast bei der Montage leichter zu handhaben.

Die Flügel konnten relativ einfach an dem Generator befestigt werden. Viel schwieriger gestaltete sich wegen des recht hohen Leitungsquerschnitts das Aufsetzen des Windrades auf den Mast. Während man das Windrad aufsetzte, musste man gleichzeitig das Kabel durch den Mast ziehen, was wegen des hohen Querschnittes nicht einfach war.

Der letzte Schritt war das Aufstellen des Mastes mit dem Windrad. Das Bauamt der Stadt Bottrop hatte uns hierfür freundlicherweise ein Betonfundament gegossen, in welchem schon der erste Teil des Mastes einbetoniert war. Für das Aufstellen hatten wir uns einen Hubsteiger organisiert. Das Aufstellen klappte direkt beim ersten Versuch und war einfacher, als wir es uns ursprünglich gedacht hatten. Anschließend wurde der Mast mit drei Stahlseilen abgefangen, um die Standfestigkeit zu erhöhen.

Als letztes wurde die Zuleitung angeschlossen. Im Lieferumfang des Black 300 Windgenerators war auch ein Hybridwechselrichter zum Anschließen des Windrades und optional einer Solarzelle. Zur Pufferung der Energie wurde außerdem ein Akku angeschlossen. Auch die Inbetriebnahme des Wechselrichters gestaltete sich recht unkompliziert.

Nachdem alles angeschlossen war, musste nur noch der erste Wind kommen, der nicht lange auf sich warten ließ. Auf dem Foto könnte man meinen, der Generator dreht sich nicht, allerdings ist die Verschlusszeit der Kamera so klein, wodurch dieser Eindruck entsteht. Wir haben zusätzlich einen Videoklip gemacht, auf welchem man sieht, dass er sich dreht, obwohl er nicht auf dem Dach errichtet wurde.



3. Die Unterrichtseinheiten

Neben den praktischen Erfahrungen sollen die Schüler auch theoretisches Wissen über Windkraftanlagen erlangen und dieses wiederum durch Schülerversuche festigen.

3.1 Theoretische Grundlagen

Bei einer Windkraftanlage wird kinetische Energie zuerst in Rotationsenergie und anschließend in elektrische Energie umgewandelt. Somit besteht die Unterrichtsreihe aus drei Unterrichtseinheiten:

- Entstehung von Wind und somit Entstehung der kinetischen Energie
- Umwandlung der kinetischen Windenergie durch Windräder in eine Rotationsenergie
- Umwandlung der Rotationsenergie mit Generatoren in elektrische Energie

Entstehung von Wind und somit der kinetischen Energie

In der ersten Unterrichtseinheit wird der Stoff aus dem Erdkunde- bzw. Physikunterricht der Sekundarstufe I wiederholt und vertieft. Hierbei wird einerseits die Windentstehung unter lokalen und globalen Einflüssen behandelt, andererseits auch die Leistung des Windes berechnet. Damit kann man letztendlich den Wirkungsgrad einer Windkraftanlage berechnen.

Außerdem werden Überlegungen zur Standortauswahl angestellt.

Umwandlung der kinetischen Windenergie durch Windräder in eine Rotationsenergie

Die zweite Unterrichtseinheit beschäftigt sich zunächst mit dem prinzipiellen Aufbau einer Windkraftanlage. Anschließend werden die grundlegenden Prinzipien der Energieumwandlung, dem Widerstands- und dem Auftriebsprinzip besprochen. Zum Schluss werden die einzelnen Windradformen (Vertikal- und Horizontalläufer) mit ihren Vor- und Nachteilen besprochen. Ferner wird kurz auf die Drehzahlübersetzung bei Getrieben eingegangen.

Umwandlung der Rotationsenergie mit Generatoren in elektrische Energie

In der letzten Unterrichtseinheit werden Generatoren behandelt. Dabei werden Asynchrongeneratoren wegen der Komplexität nur kurz angesprochen. Ausführlich werden Gleichstromgeneratoren, oder genauer gesagt Wendepolmaschinen besprochen. Hierzu werden die Themen Induktion, Bauformen und Betriebsarten elektrischer Maschinen und Schaltungen von Motoren besprochen.

3.2 Schülerversuche

Zur Vertiefung des Erlernten wurden Schülerversuche durchgeführt. Hierzu hat die Schule Versuchskästen der Firma leXsolar GmbH, Strehleener Straße 24, 01069 Dresden angeschafft. Die Hauptbestandteile der Versuchskästen sind ein Winderzeuger, ein Windgenerator und unterschiedliche elektrische Verbraucher. Damit können die Schüler das theoretische Wissen durch praktische Versuche vertiefen.

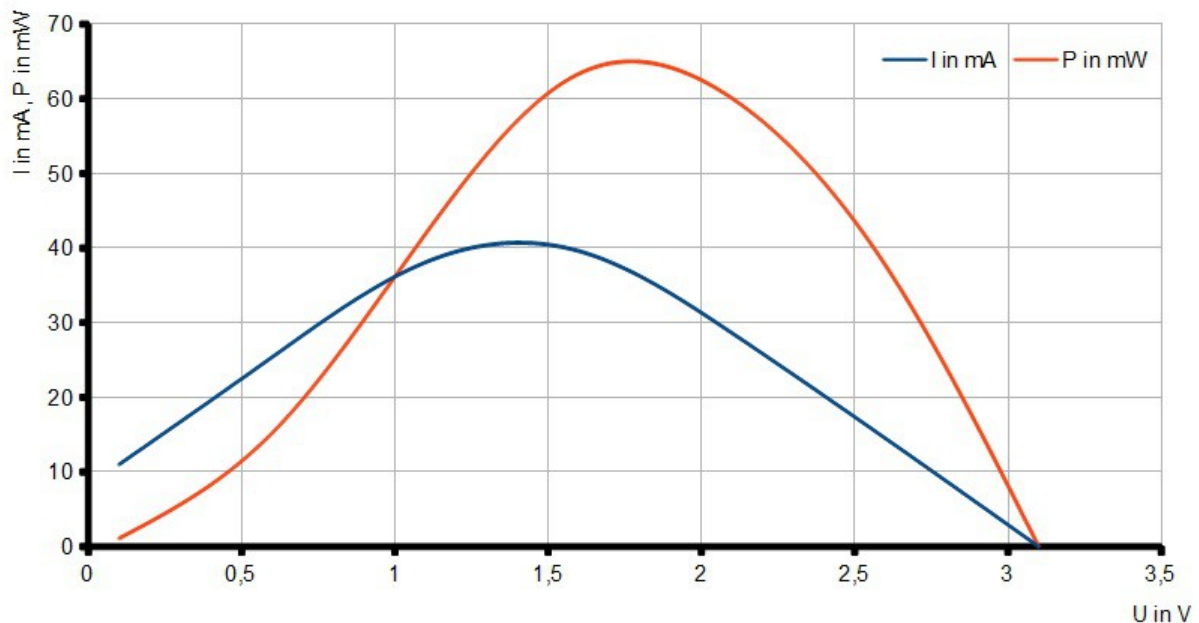
Im folgenden wurden folgende Zusammenhänge untersucht:

- Leistungsoptimierung durch Aufnahme der Strom-Spannungs-Kennlinie bei unterschiedlichen elektrischen Verbrauchern
- Bestimmung des Wirkungsgrades
- Abhängigkeit des Windertrages von der Anzahl der Rotorblätter (1 bis 4)
- Abhängigkeit des Windertrages von dem Anstellwinkel des Flügels

Als Ergebnis präsentierten die Schüler eine optimale Flügelzahl von drei bei einem Winkel von 25°.

Dabei haben die Schüler folgende U-I-Kennlinie gemessen:

Leistung und Strom in Abhängigkeit von der Spannung



Die elektrische Leistung wird mit der Formel $P = U \cdot I$ berechnet und ist auch in obiges Diagramm eingetragen. Die maximale elektrische Leistung liegt bei ca. 65 mW.

Die Windleistung berechnet sich näherungsweise mit

$$P_{Luft} = \frac{1}{2} \cdot v^3 \cdot \rho_{Luft} \cdot \pi \cdot r^2 = \frac{1}{2} \cdot (4 \text{ m/s})^3 \cdot 1,293 \text{ kg/m}^3 \cdot \pi \cdot (0,06\text{m})^2 = 478 \text{ mW} .$$

Den Gesamtwirkungsgrad erhält man aus

$$\eta = \frac{\rho_{Elektrisch}}{\rho_{Luft}} = \frac{65\text{mW}}{478\text{mW}} = 13,6\%$$



Abbildung: Schüler experimentieren mit Windgeneratoren

Neben den Versuchen mit den Windkraftanlagen haben die Schüler auch Versuche mit Gleichstromgeneratoren durchgeführt. Wir haben in der Schule mehrere Maschinensätze, mit denen Schüler die Funktionsweise sehr gut untersuchen können. Sie können damit unter anderen folgende Versuche durchführen:

- Anschließen
- Drehrichtungsänderung
- Belastungskennlinien bei Fremd- und Selbsterregung

4. Vorstellung des Projektes im Rahmen der Eröffnung des Energielabors

Am 31. Januar 2014 wurde unser Energielabor feierlich im Beisein von Schulleiter Guido Tewes, Friedhelm Horst als Vertreter der Bezirksregierung Münster, Paul Ketzer, Erster Beigeordneter der Stadt Bottrop und Prof. Marcus Rehm, Institutsleiter Energiesysteme und Energiewirtschaft der Hochschule Ruhr West in Bottrop eingeweiht, in dem das Windrad und die Versuchskästen zur Windenergie einen wichtigen Beitrag bilden.

Ein ausführlicher Bericht hierzu findet sich auf unserer Homepage unter

www.berufskolleg-bottrop.de/index.php?option=com_content&view=article&id=623&Itemid=1

und

www.youtube.com/watch?v=xd4x5wtqKkE&feature=player_embedded

insbesondere ab Minute 2:03.

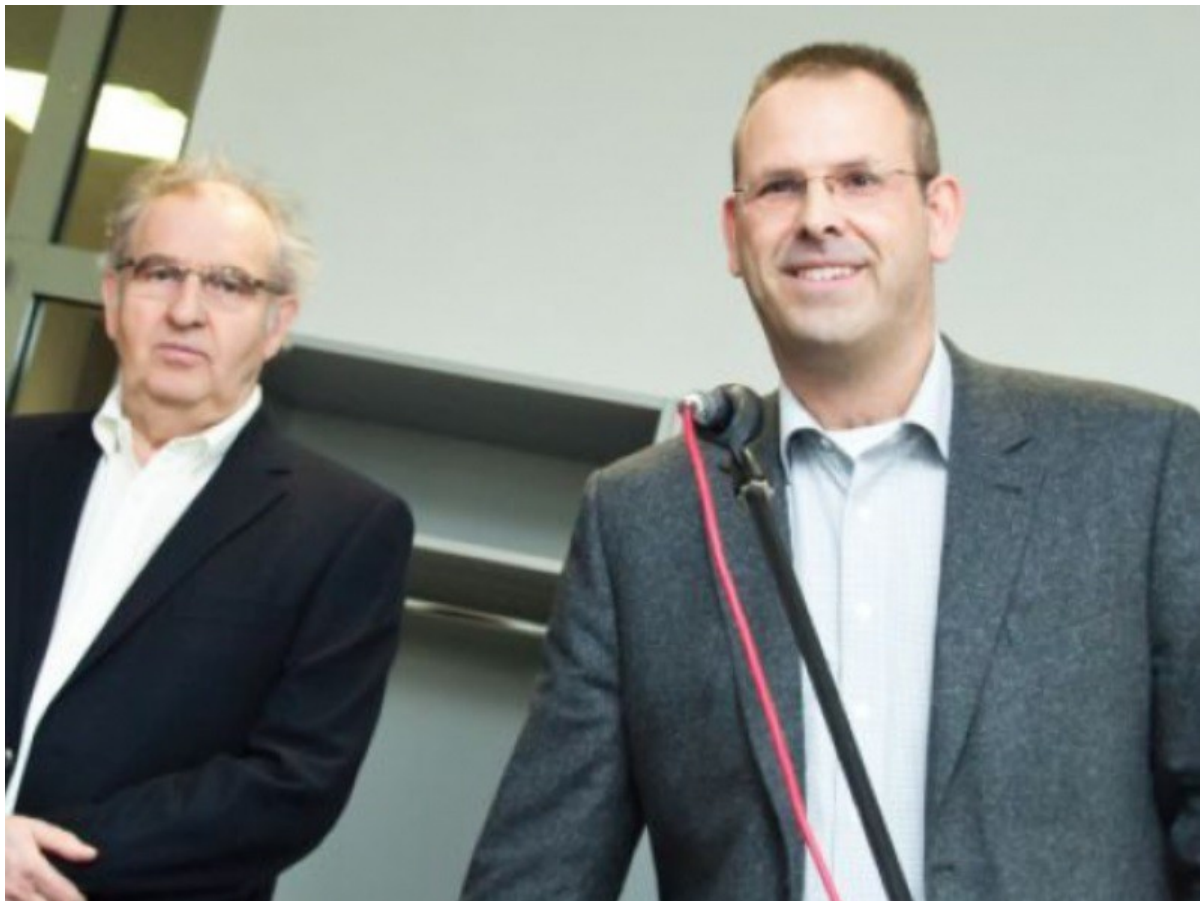


Abbildung: Das Energielabor wird feierlich vom Schulleiter Guido Tewes eröffnet

5. Schlusswort und Ausblick

Das Schlusswort haben die Schüler:

Unser Projekt hat uns sehr viel Spaß gemacht und wir konnten jedes Mal etwas Neues dazu lernen. Seitdem das Projekt angefangen hat, konnten wir uns besser kennen lernen und haben immer stets zusammen gehalten. Natürlich gab es auch mal Meinungsverschiedenheiten, die sich aber schnell wieder geklärt haben. Es waren nur geniale Ideen dabei, so dass es schwer fiel, weil wir uns nur für eine entscheiden mussten. Am Ende dieses Projektes freuten wir uns sehr, dass das Windrad funktionierte.

Da wurden selbst die letzten Kritiker in unserer Schule überzeugt. Dazu muss man sagen, dass wir immer noch sehr stolz auf unseren Energiemünzzähler sind. Im Namen der Klasse sind wir unserem Lehrer Herrn von Groddeck dankbar, dass er uns so tatkräftig unterstützt hat und uns immer geholfen hat, wenn es hier und da mal ein paar Schwierigkeiten gab. Aber auch, dass er ab und zu eine Unterrichtsstunde geopfert hat.



Abbildung: Schüler der 2E 11 A präsentieren stolz das von ihnen errichtete Windrad

In unserer Schule soll nächstes Jahr wieder ein Energieprojekt durchgeführt werden. Sinnvoll wäre es dann, auf das Windrad aufzubauen. Um die Verfügbarkeit elektrischer Energie zu erhöhen, wäre es möglich, im kleinen Maßstab ein Pumpspeicherkraftwerk zu errichten. Dazu müsste man zwei Tanks, einen auf dem Dach und einen auf dem Boden, mit einem Schlauch verbinden und einen Motor/Generator anschließen. Ferner muss man eine intelligente Steuerung programmieren, die in Abhängigkeit von den Windverhältnissen den Motor/Generator ansteuert.



6. Anhang

6.1 Pressemitteilung

Schüler des Berufskollegs der Stadt Bottrop machen Wind

Das Berufskolleg der Stadt Bottrop nimmt an einem Wettbewerb der EnergieAgentur.NRW zum Thema „Schulen machen Wind“ teil.

Bottrop, 17. Februar 2014

Am 10. Juni 2013 fiel der Startschuss: Die EnergieAgentur.NRW veranstaltet einen neuen Wettbewerb für alle NRW-Schulen zum Thema Windenergie. Der Wettbewerb mit dem Titel "Schulen machen Wind!" will Lehrer und Schüler in Zeiten von Klimawandel und knappen Ressourcen für die „Erneuerbaren Energien“ sensibilisieren und insbesondere das Thema „Windkraft“ mit Hilfe von Kleinwindanlagen in den Fokus rücken. Auch das Berufskolleg der Stadt Bottrop beteiligt sich und will „Wind machen“.

Und genau hier setzt der Wettbewerb an: Gesucht werden innovative Schulprojekte zum Thema. Zugelassen werden Projekte wie zum Beispiel Projektwochen, neue Windanlagenmodelle, Schüler-Filme zum Thema Windkraft, Windenergie-Dokumentationen usw. – Projekte, die eine schulische Auseinandersetzung mit der Thematik demonstrieren.

Dabei wurde das Berufskolleg der Stadt Bottrop von der EnergieAgentur.NRW mit einem Betrag von 500 Euro unterstützt. Im Rahmen des Wettbewerbes wurde für den neu geschaffenen Bildungsgang „Energietechnische Assistenten“ eine Unterrichtsreihe zum Thema Windkraft durchgeführt, in der insbesondere die Praxis eine sehr große Rolle spielt. Die Schüler haben dazu eine echte Kleinwindanlage in Betrieb genommen und führen mit Experimentierkästen Versuche zum Thema Wind durch. Vielleicht stehen unsere Schüler ja im Mai auf dem Siegerpodest. Ich drücke ihnen auf jeden Fall ganz fest die Daumen", so Guido Tewes, Schulleiter des Berufskollegs der Stadt Bottrop. Im Mai 2014 werden dann die vier besten Einsendungen von NRW-Klimaschutzminister Johannes Remmel prämiert, der die Schirmherrschaft für den Wettbewerb übernommen hat. Als Preis winken vier Kleinwindanlagen (jeweils eine pro Schulform) für die besten Schulaktivitäten.

6.2 Quellenangaben

Windrad:
www.prevent-germany.com

Elektrotechnische Grundlagen:
Buchreihe Elektrotechnik für Energie und Gebäudetechniker, Westermann-Verlag

Windversuchskästen:
www.lexsolar.de