Windräder, Generatoren und Elektromotoren

1. Windräder



Windenergie zählt zu den sichtbarsten Beispielen für erneuerbare Energiesysteme in unserer modernen Welt. Sie ersetzen zunehmend Verbrennungskraftwerke und machen uns damit unabhängiger von fossilen Energien und den Schwankungen der Energiepreise auf dem Weltmarkt. Wichtig für die Physik ist dabei natürlich, möglichst optimal die im Wind vorhandene Energie umsetzen zu können.

In diesem Arbeitsblatt untersuchen wir, wie Form und Ausrichtung der Windradflügel die erzeugte Leistung beeinflussen und welche Rolle turbinen- und generatorentechnische Prinzipien spielen.

Wir werden Messungen mit Modellen mit Windmaschinen durchführen, Daten auswerten und dabei wichtige Aspekte des Nutzens von Windenergie kennenlernen.

Darüber hinausgehend erweitern wir den Blickwinkel auf Vor- und Nachteile der Nutzung der Windenergie. Damit können wir abwägen, ob es sich überhaupt grundsätzlich lohnt, hier die Technik weiter zu entwickeln und zu verbauen.

1.1 der Modellversuch grundsätzlich

a) Baue ein Windrad auf und stelle es in den Luftstrom der Windmaschine. Schließe mit Hilfe von Krokodilklemmen eine weiße Leuchtdiode (LED) an das Windrad an.



Du kannst dazu die Beinchen der LED so wie hier dargestellt biegen:

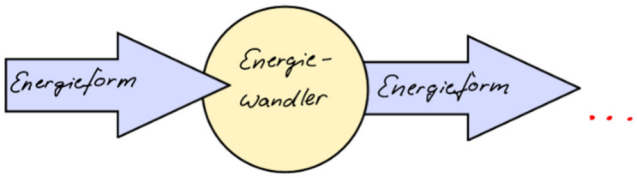
b) Stelle die Flügel so ein, dass sich das Windrad im Luftstrom schnell dreht. Schließe die Leuchtdiode an das Windrad an. Hinweis: Leuchtdioden leuchten nur bei Strom aus der „richtigen“ Richtung. Leuchtet die LED nicht, so schließe sie anders herum an.

Füge hier ein Foto des Versuchs ein:

c) Erzeugt das Windrad Gleich- oder Wechselspannnung? Begründe kurz deine Antwort:

d) Erstelle ein Energieflussdiagramm zu dem Versuch, beginnend bei der Windenergie.

Zur Erinnerung: Bei Energiefluss-diagrammen kommen die Energieformen in Pfeile, die Energiewandler in Kreise:



1.2 Finden des bestmöglichen Windrads

Schließe nun das Energie-Messgerät an das Windrad an. Du kannst an der Output-Seite des Energiemessgerätes auch noch die beiden Leuchtdioden anschließen – sie blinken, wenn genug Energie erzeugt wird.

In welcher Einheit wird die Energiestromstärke gemessen? _____

a) Nehmt zuerst drei hellblaue Flügel. Man kann sie in 3 verschiedenen Winkeln anklappen. Findet heraus, unter welchem Winkel sie die größte Energiestromstärke erzeugen:

flach: _____ mittel: _____ steil: _____

b) Erhöht die Zahl der Flügel auf sechs Flügel. Messt auch hier:

flach: _____ mittel: _____ steil: _____

c) Wiederholt die Versuche mit den weißen Flügeln.

Drei Flügel: flach: _____ mittel: _____ steil: _____

Sechs Flügel: flach: _____ mittel: _____ steil: _____

d) Wiederholt die Versuche mit den kräftiger-blauen Flügeln.

Drei Flügel: flach: _____ mittel: _____ steil: _____

Sechs Flügel: flach: _____ mittel: _____ steil: _____

Ergebnis:

Welche Kombination hat die meiste Energie erzeugt? _____

Sind die Unterschiede relevant oder kann man ohne große Verluste auch andere Anordnungen verwenden?

_____

_____

_____

_____

1.3 Vor- und Nachteile von Windrädern



Es gibt politisch manchmal sehr aufgebrachte Diskussionen um das Errichten und Betreiben von Windrädern. Wir wollen verstehen, warum einige Menschen dafür, andere dagegen sind. Recherchiere im Internet, welche Argumente vorgebracht werden:

Vorteile von Windrädern	Nachteile von Windrädern

Wenn du die Vor- und Nachteile gegeneinander abwägst, welche Position nimmst du dann ein? Bist du dafür oder dagegen, Windräder weiter zu betreiben und ggf. noch mehr zu errichten? (Hinweis: Hier gibt es kein richtig oder falsch.) Ggf. kannst du deine Antwort auch begründen:

_____

_____

_____

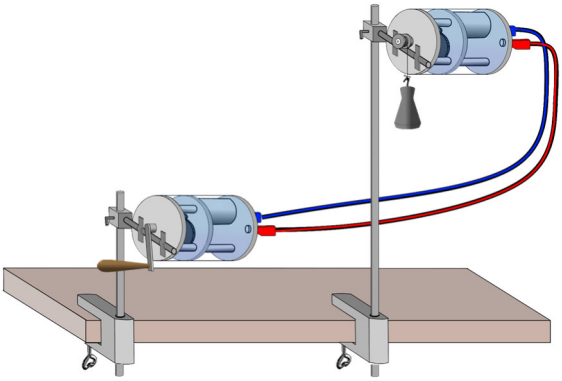
_____

2.) Generator und Elektromotor

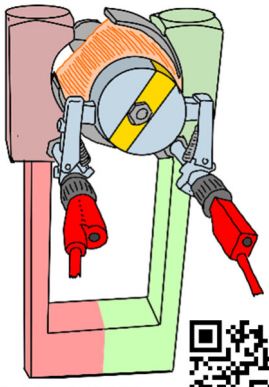
Der wichtigste Energiewandler im Windrad ist der Generator. Im kleineren Maßstab nennt man das gleiche Gerät auch Dynamo.

Interessanterweise sind Dynamo und Elektromotor im Prinzip gleich aufgebaut. Wir haben daher „DynaMots“ an unserer Schule, die beides machen können.

2.1) Baue ein System aus Dynamo und Elektromotor wie dargestellt auf. Probiere es aus. Rechts neben der Zeichnung ist Platz für ein Foto deines realen Aufbaus:



2.2) Wie funktioniert das Gerät? Im Prinzip nutzt man Magnetkräfte aus und kombiniert einen Permanentmagneten und einen drehbaren Elektromagneten. Die Anordnung ist dabei so geschickt, dass beim Elektromotor der Elektromagnet sich dreht, wenn Strom durch ihn fließt. Beim Generator erzeugt der Elektromagnet hingegen Spannung bzw. Strom, wenn er von außen gedreht wird.

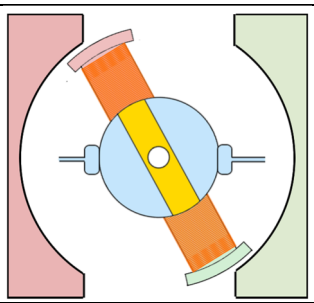
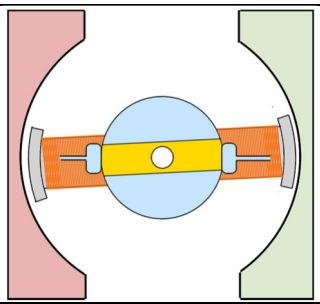
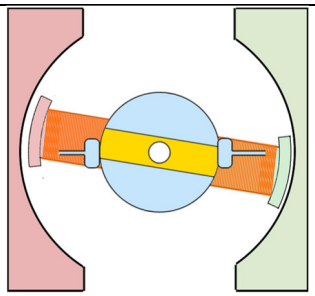


2.3*) Vertiefung 1: Funktionsweise Elektromotor

Eine Simulation zeigt, wie der Elektromotor funktioniert: https://youtu.be/aMxdOKFSEoc

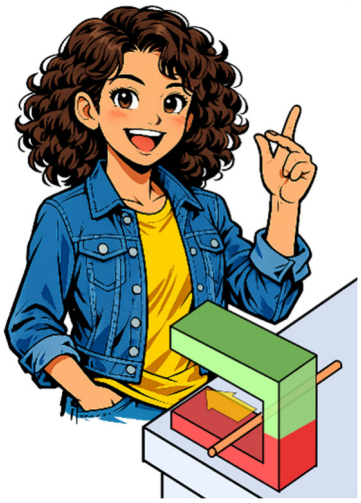
Entscheidend ist, dass sich Nordpol und _____ gegenseitig anziehen und Nordpol und _____ gegenseitig abstoßen.

Wir können die Spule mit dem Eisenkern vereinfacht ebenfalls als Magnet mit Nord- und Südpol ansehen. Was passiert in diesen drei Phasen?

2.4*) Vertiefung 2: Funktionsweise Generator

Um den Generator zu verstehen, muss man etwas genauer nachdenken. Vor allem muss man wissen, was die Lorentzkraft ist und in welche Richtung sie wirkt.



a) Recherchiere, was die Lorentzkraft ist. Wir werden nicht berechnen, wie stark sie ist, d.h. wir brauchen keine Formeln. Aber wir müssen ausnutzen, in welche Richtung sie wirkt. Dazu gibt es eine 3-Finger-Regel, die du selbst herausfinden sollst.

Gib an:

Wann entsteht die Lorentzkraft? _____

_____

Welcher Finger zeigt welche Richtung an?

Daumen: _____ Zeigefinger: _____

Mittelfinger: _____

b) Eine Kupferstange ist in einem Magnetfeld. Da Kupfer ein guter Leiter ist, sind auch frei bewegliche Elektronen in der Stange.

Die Stange wird nun aus den Magneten heraus bewegt, d.h. im Bild nach links oben (gelber Pfeil). Die Elektronen sind in der Stange und können nicht heraus – das kann man sich so wie Fahrgäste in einem Bus vorstellen. Also bewegen sie sich zwangsläufig mit.

Überlege mit der 3-Finger-Regel, in welche Richtung die Elektronen nun gedrückt werden.

_____

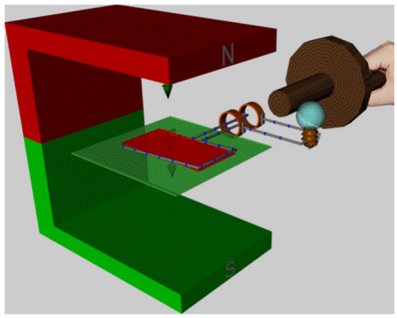
c) Es sammeln sich also Elektronen an einem Ende der Stange – und damit entsteht eine Spannung. Schließen wir außen ein Kabel an die Enden der Stange an, so können die Elektronen über das Kabel zurück fließen – wir haben dann einen Stromkreisö

Aber keiner kann die Stange immer weiter in eine Richtung bewegen. Schon nach kurzer Zeit muss man die Stange in die andere Richtung zurück bewegen.

Was passiert nun mit den Elektronen?

_____

Letztlich ist das, was in einem Generator passiert – als Teil der Kreisbewegung werden Leiter im Magnetfeld hin- und her bewegt. Die Elektronen werden durch die Lorentzkraft nach vorne und hinten gedrückt und so entsteht Wechselspannung.

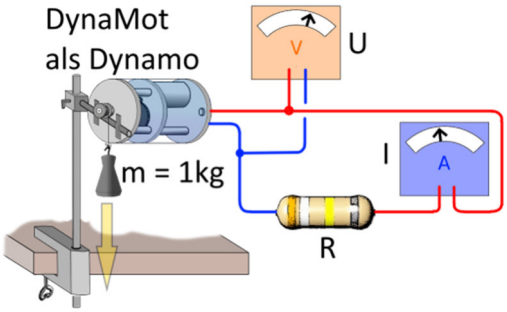


Du kannst dazu auch hier eine Animation sehen: https://de.wikipedia.org/wiki/Elektrischer_Generator . Schau sie dir in Ruhe und gründlich an – achte auf die Bewegung der Leiter und auf die der Elektronen im Leiter. Passt das zur 3-Finger-Regel?

2.5) Wirkungsgrad Generator

Wie viel Prozent der zugeführten Energie wandelt unser Dynamo (sprich: Mini-Generator) eigentlich in elektrische Energie um? Diese Angabe nennt man „Wirkungsgrad“.

Wir bestimmen ihn in einem Experiment:



Eine Masse von m = 1kg wird um 1m abgesenkt. Die mechanische Energie wird dem DynaMot über die Winde zugeführt. Der DynaMot erhält also die Energie

$E_{pot} =$ _____ .

Recherchiere ggf. die dazu zugehörige Formel.

Die Energie wird in Form elektrischer Energie an den Widerstand abgegeben.

Je geringer der Widerstand ist, desto mehr Kraft ist zur Erzeugung der Elektrizität nötig, d.h. desto langsamer sinkt das Gewicht nach unten.

Recherchiere die Formel für elektrische Energie: $E_{el} =$ _____

Miss die Dauer t des Vorgangs, die Stromstärke I und Spannung U, um die vom DynaMot erzeugte und an R angegebene elektrische Energie zu berechnen:

Es ist *U* = _____ *V*, *I* = _____ *A* und der Absinkvorgang dauert *t* = _____ *s.*

Also hat der Dynamo dabei _____ elektrische Energie erzeugt.

Wie können wir nun berechnen, wie viel Prozent der zugeführten Energie (s.o.) in elektrische Energie überführt worden sind? Berechnen wir das!

Wiederhole den Versuch mit einem anderen Widerstand und prüfe, ob sich der Wirkungsgrad (d.h. die Angabe, wie viel Prozent in die gewünschte Energie umgewandelt wurden) ändert: