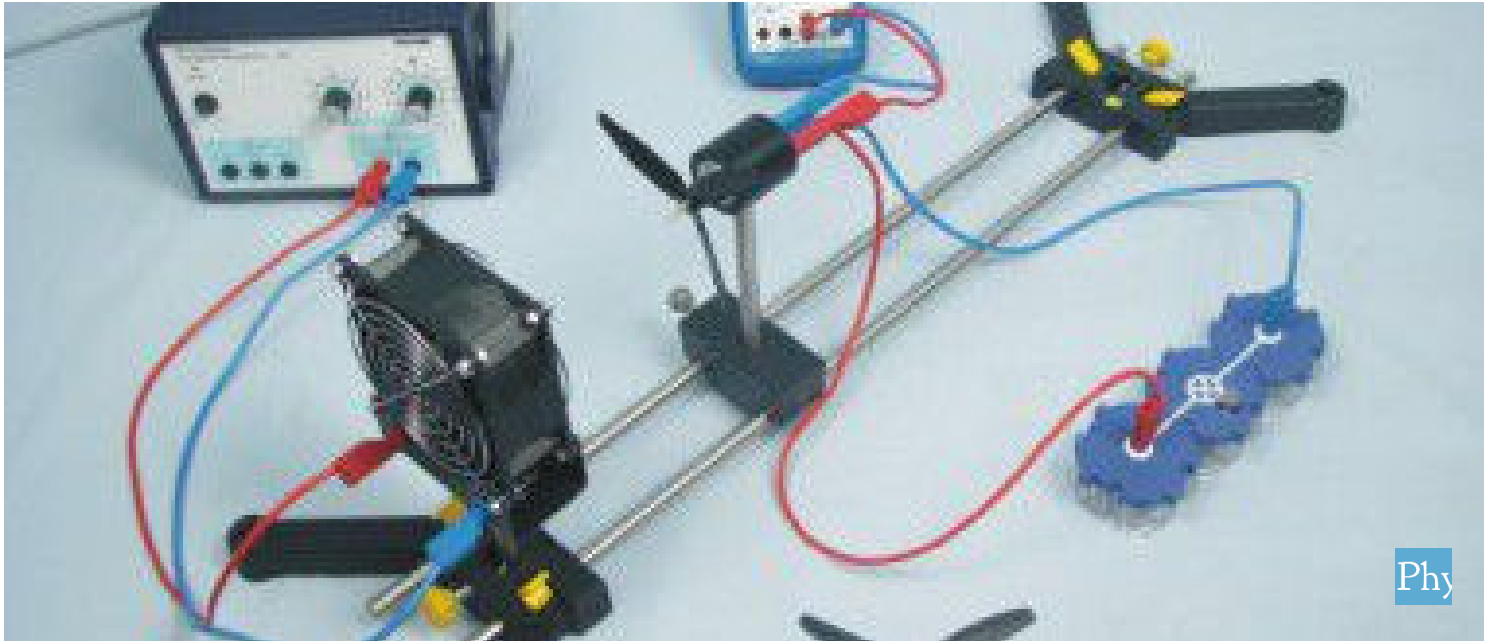


Einfluss der Anzahl der Rotorblätter



Physik

Energie

Erneuerbare Energien: Wind



Schwierigkeitsgrad

leicht



Gruppengröße

1



Vorbereitungszeit

10 Minuten



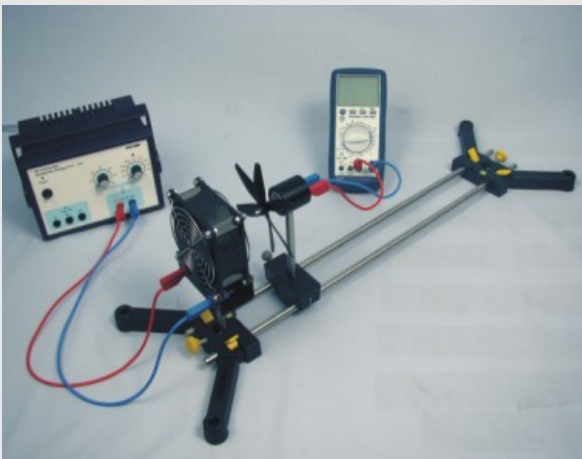
Durchführungszeit

10 Minuten



Lehrerinformationen

Anwendung



Versuchsaufbau

Aus ihrer Umwelt kennen die Schüler meistens Windräder mit 3 Rotorblättern. Es gibt auch Modelle mit nur 2 Blättern oder ganz andere Aufbauten.

Wasserräder besitzen dagegen mehr Schaufeln ("Blätter"), sie sind zum Antrieb großer Maschinen geeignet und wurden früher z.B. zum Mahlen von Korn genutzt.

Die Windräder werden zur Erzeugung elektrischer Energie genutzt. Die optimale Anzahl der Blätter ergibt sich hierbei nicht nur aus der maximalen Nutzenergie aus dem Wind, sondern auch aus dem erforderlichen Materialeinsatz und der Stabilität des Windrades beim Betrieb.

Sonstige Lehrerinformationen (1/3)

PHYWE
excellence in science

Vorwissen



Die Schüler sollten mit den grundlegenden Konzepten der Energieumwandlung vertraut sein.

Prinzip



In diesem Versuch wird ein künstlicher Luftstrom erst auf ein Windrad mit drei, danach auf eins mit sechs Flügeln gerichtet und beobachtet, inwiefern es Auswirkungen auf das Verhalten des Aufbaus hat.

Sonstige Lehrerinformationen (2/3)

PHYWE
excellence in science

Lernziel



Die Schüler lernen, inwiefern die Anzahl der Rotorblätter an einer Windkraftanlage die von ihm erzeugte elektrische Leistung beeinflusst.

Aufgaben



Der Generator des Windrades wird für den Vergleich zuerst mit 3 und dann mit 6 Rotorblättern bestückt.

Das Windrad wird jeweils zunächst mit einer Glühlampe und danach mit einer LED belastet, dabei werden die Ausgangsspannungen des Windrades bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten gemessen.

Sonstige Lehrerinformationen (3/3)

PHYWE
excellence in science

Hinweise zu Aufbau und Durchführung

Der Stellknopf für die Stromstärke muss ganz nach rechts gedreht werden, damit eine Versorgungsspannung von 12 V für das Gebläse erreicht werden kann.

Als Maß für die Energie wird in diesem Versuch die Spannung verwendet.

Sicherheitshinweise

PHYWE
excellence in science

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Hinweise zum sicheren Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Es ist darauf zu achten, dass die Schüler immer hinter dem Gebläse stehen und nicht in den Raum zwischen Gebläse und Windrad greifen, wenn eine Spannung anliegt und sich das Windrad dreht.



Schülerinformationen

Motivation



Eine Windkraftanlage mit drei Rotorblättern

Wenn man an die typische Windkraftanlage denkt, so verfügt diese normalerweise über drei Rotorblätter. Es gibt aber auch Varianten mit nur zwei oder mehr als drei Flügeln.

Da stellt sich die Frage, auf welchen physikalischen, umwelttechnischen und ökonomischen Grundlagen die Anzahl der Rotorblätter an einer Windkraftanlage gewählt wird.

In diesem Versuch wird spezifisch diese Frage beantwortet.

Aufgaben



Der Versuchsaufbau

Der Generator des Windrades wird für den Vergleich zuerst mit 3 und dann mit 6 Rotorblättern bestückt.

Das Windrad wird jeweils zunächst mit einer Glühlampe und danach mit einer LED belastet, dabei werden die Ausgangsspannungen des Windrades bei verschiedenen Windgeschwindigkeiten gemessen.

Material

Position	Material	Art.-Nr.	Menge
1	PHYWE Stativfuß, teilbar, für 2 Stangen, d ≤ 14 mm	02001-00	1
2	Stativstange, Edelstahl, l = 600 mm, d = 10 mm	02037-00	2
3	Rotor, 2 Stück	05752-01	1
4	Generator mit M3-Gewindeachse und Rändelmutter	05751-01	1
5	Gebälse, 12 V	05750-00	1
6	Reiter für optische Profilbank	09822-00	1
7	Leitungs-Baustein, Anschlussbaustein, SB	05601-10	2
8	Lampenfassung E10, SB	05604-00	1
9	Leuchtdiode, rot, SB	05654-00	1
10	Glühlampen 1,5 V/0,15 A/0,22 W, Sockel E10 Set mit 10 Stück	06150-03	1
11	Verbindungsleitung, 32 A, 250 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07360-01	1
12	Verbindungsleitung, 32 A, 250 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07360-04	1
13	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, rot Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-01	2
14	Verbindungsleitung, 32 A, 500 mm, blau Experimentierkabel, 4 mm Stecker	07361-04	2
15	PHYWE Digitalmultimeter, 600V AC/DC, 10A AC/DC, 20 MΩ, 200μF, 20 kHz, -20°C...760°C	07122-00	1
16	PHYWE Netzgerät, RiSU 2019 DC: 0...12 V, 2 A / AC: 6 V, 12 V, 5 A	13506-93	1

Aufbau (1/3)

PHYWE
excellence in science

1. Baue aus dem variablen Stativfuß und den beiden Stangen die Stativbank auf (Abb. 1 und 2).

2. Spanne das Gebläse so in den linken Teil des Stativfußes ein, dass die Seite mit den Buchsen von der Stativbank weg weist (Abb. 3).



Abbildung 1



Abbildung 2



Abbildung 3

Aufbau (2/3)

PHYWE
excellence in science

3. Stecke die beiden Rotoren nacheinander auf die Achse des Generators (Abb. 4).

4. Die sechs Flügel sollen danach gleichmäßige Abstände voneinander haben (Abb. 5).

5. Befestige den Generator im Reiter und setze ihn auf die Stativbank (Abb. 6).



Abbildung 4



Abbildung 5

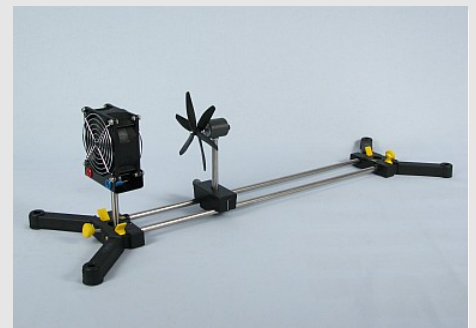


Abbildung 6

Aufbau (3/3)


 PHYWE
 excellence in science


Abbildung 7

Hinweis:

Lass das Schülernetzgerät aus Sicherheitsgründen vorerst ausgeschaltet.

6. Verbinde Netzgerät und Gebläse. Das Gebläse muss an die Ausgänge für Gleichspannung angeschlossen werden (Abb. 7).

7. Schließe das Messgerät an den Generator an (Abb. 8) und stelle den Messbereich auf 20 V-.

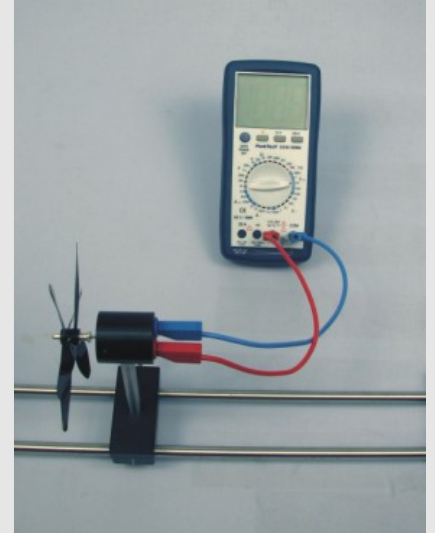


Abbildung 8

Durchführung (1/2)

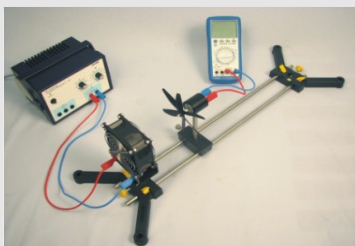

 PHYWE
 excellence in science


Abbildung 9



Abbildung 10

1. Verschiebe den Generator so, dass der Abstand zwischen der Vorderkante des Gebläses und der Spitze des Generators etwa 10 cm beträgt (Abb. 9).

2. Schalte das Netzgerät ein und stelle Drehknopf für die Stromstärke ganz nach rechts. Stelle die Versorgungsspannung für das Gebläse auf 6 V .

3. Notiere die Werte für die Spannung des Windrades in deinem Versuchsprotokoll. Schalte das Netzgerät aus und warte, bis sich das Windrad nicht mehr dreht. Nimm einen der Rotoren von der Achse des Generators. Nun hat das Windrad nur noch drei statt sechs Rotorblätter (Abb. 10).

Durchführung (2/3)

PHYWE
excellence in science

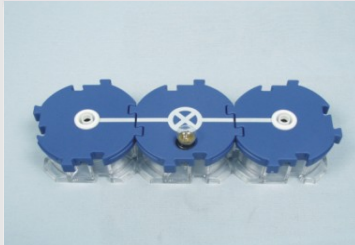


Abbildung 11



Abbildung 13

4. Schalte das Netzgerät ein und notiere die vom Multimeter angezeigte Spannung. Schalte das Netzgerät aus. Wiederhole die Spannungsmessungen für Versorgungsspannungen von 7, 8, 9, 10, 11 und 12 V.

5. Baue einen Lampenstromkreis nach Abb. 11 und schließe den Stromkreis an den Generator an (Abb. 12).

Schließe das Multimeter so an den Generator an, dass du die Spannung messen kannst (Abb. 13).

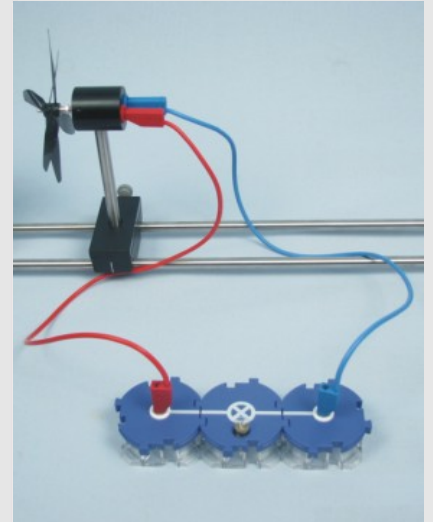


Abbildung 12

Durchführung (3/3)

PHYWE
excellence in science



Abbildung 14

6. Wiederhole die Messungen wie oben beschrieben und notiere die Ergebnisse.

7. Tausche die Lampenfassung gegen die LED aus (Abb. 14) und wiederhole die Messungen. Notiere die Ergebnisse.



Protokoll

Aufgabe 1

Zieh die Wörter in die richtigen Lücken

_____ sind nicht flach, sondern werden zur einer Seite hin dünner, sodass der Wind beim Vorbeifliegen an der Abrundung eine Kraft senkrecht zur Fließrichtung wirkt, wodurch die _____ herbeiführt wird. Je mehr Rotorblätter eine Windkraftanlage hat, desto mehr _____ bietet sie dem Wind, um die beschleunigende Kraft zu wirken. Die _____ skaliert also linear mit der Anzahl der Rotorblätter. Dabei ist zu beachten, dass die Rotorblätter alle in der gleichen _____ zueinander stehen, da sonst der _____ nicht zentriert liegt und die Rotation entgegen der Gravitation erschwert wird.

Auflagefläche

Schwerpunkt

Entfernung

Rotorblätter

Rotationsbewegung

Rotationsgeschwindigkeit

Aufgabe 2

Ziehe die Wörter in die richtigen Lücken

Werden jedoch zu viele Rotorblätter montiert, so dreht sich deutlich mehr Masse deutlich schneller, wodurch die Windkraftanlage an der [] zerreißen kann. Dies ist bereits eine Möglichkeit bei orkanartigen [] mit nur drei Rotorblättern.

Eine erhöhte Anzahl geht auch einher mit einer erhöhten [] und Vogelschlägen. Jedes Jahr sterben in Deutschland bis zu 100.000 Vögel an der [] mit Windrädern.

Insgesamt haben sich die drei Rotationsflügel eingebürgert als guter Kompromiss zwischen Leistung, [] und den anderen bereits genannten Aspekten.

Zentripetalkraft

Böen

Kollision

Lärmverschmutzung

Kosten

Aufgabe 3

Ein Luftstrom mit Kraftbetrag von $F_L = 80\text{kN}$ trifft auf einen um 45° angewinkeltes Rotorblatt. Wie groß ist die beschleunigende Kraft?

Es sind nicht genug Informationen gegeben, um diese Frage zu beantworten

40 kN

36 kN

80 kN

Aufgabe 4

Zu welchen physikalischen Größen ist die Rotationsgeschwindigkeit linear proportional?

v_{rot} ist proportional zu:

Wirkungsgrad μ Luftdruck ρ Einfallswinkel γ Lufttemperatur T Auflagefläche A Windgeschwindigkeit v_w
 Überprüfen

Folie	Punktzahl/Summe
Folie 18: Rotorblätter	0/6
Folie 19: Rotationsflügel	0/5
Folie 20: Kraftvektoren	0/1
Folie 21: Die Rotationsgeschwindigkeit	0/2

Gesamtsumme  0/14