

Aufgaben

Modell 1 – Handgenerator / Muskelkraft

Konstruktionsaufgabe

Baue das Modell 1 nach Anleitung auf. Achte beim Aufbau auf folgende Punkte:

- Das Zahnradgetriebe soll leichtgängig funktionieren. Die Stirnräder dürfen an den Achslagern nicht festklemmen, damit keine unnötigen Reibungsverluste entstehen. Die Achsen dürfen sich weder radial noch axial verschieben.
- Das rote Kabel des Solarmotor-Generators wird mit der mit + (Pluspol) gekennzeichneten Eingangsbuchse der Leuchtdiode verbunden.
- Die Leuchtdiode ist ausschließlich dafür gedacht zu zeigen, wie mit dem Solarmotor Strom erzeugt werden kann. Sie darf maximal mit 2 V Gleichspannung betrieben werden. Bei höheren Spannungen geht sie sofort kaputt.

Herzstück dieses Modells ist der Solarmotor-Generator. Er wird mit Hilfe eines Zahnradgetriebes angetrieben.

Jedes Getriebe wandelt die Bewegung eines Antriebs in die Bewegung eines oder mehrerer Abtriebe um. Der Handgenerator hat zwei parallel gelagerte Achsen. Die eine ist der Antrieb (Kurbel), die andere der Abtrieb.

Das Z40 Zahnrad der Antriebsachse kämmt (so nennt man das, wenn Zahnräder ineinander greifen) mit einem Z10 Zahnrad der Abtriebsachse. Das Z40 Zahnrad der Abtriebsachse kämmt wiederum mit einem Z10 Zahnrad, das auf der Motorwelle des Generators sitzt.

Der fischertechnik-Solarmotor (0,5-2V) ist eine Gleichstrommaschine und kann sowohl entstehende Rotationsenergie in elektrischen Strom umwandeln (Generatorfunktion) als auch selbst mit Gleichstrom betrieben werden (Motorfunktion).

Bei unserem Modell wird also die durch Betätigung der Handkurbel erzeugte Drehenergie vom Generator in elektrische Energie umgewandelt. Wie du leicht feststellen kannst, muss das kleine Z10 Zahnrad am Generator sehr schnell drehen, um die Leuchtdiode (LED) zum Leuchten zu bringen. Der Handgenerator ist daher als zweistufiges Übersetzungsgetriebe konstruiert.

Thematische Aufgabe

1. Wie oft dreht sich dann das kleine Z10 Stirnrad am Generator, wenn du die Handkurbel einmal herumdrehst? Berechne die Übersetzung dieses zweistufigen Getriebes. Hinweis: Allgemein ist die Übersetzung eines mehrstufigen Getriebes das Produkt der Übersetzungen der einzelnen Stufen.

2. Drehe die Handkurbel auch gegen den Uhrzeigersinn. Warum kann die LED bei dieser Drehrichtung nicht aufleuchten?
3. Welche Formen der Energieumwandlung wendest du bei dem Modell Handgenerator an?
4. Welche anderen Kräfte können Deine Muskelkraft sinngemäß ersetzen und mit einem Generator Strom erzeugen?
5. Welcher Fachbegriff wird verwendet, um den Zusammenhang zwischen den beiden Größen Strom und Spannung elektrischer Bauelemente graphisch zu beschreiben?

Experimentieraufgabe

1. Finde durch Messung heraus, ab welcher Spannung U in V und Strom I in mA die grüne Leuchtdiode Licht abgibt. Welche Schlussfolgerungen kannst Du aus Deinen Messwerten ziehen?
2. Optional: Wiederhole das Experiment mit andersfarbigen Leuchtdioden.

Modell 1 – Handgenerator / Muskelkraft

Joerg Torkler

Thema

Einführungsmodell erneuerbare Energien. Energiefluss und Umwandlung von Energie.

Lernziel

- Energieformen und Energiewandler. Von kinetischer Energie (Muskelkraft) zu elektrischer Energie. Anwendung von Getriebetechnik.
- Die praktische Anwendung eines mehrstufigen Getriebes und Berechnung der Übersetzung ins Schnelle.
- Technischer Einsatz eines Generators.
- Die Durchlassspannung. Eine Eigenschaft von Halbleiterdioden.

Zeitaufwand

45 Minuten.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	Sek 1	7/8/9 T-3.2.3.2 Versorgung und Entsorgung (1), S.25; RS-KL.10 Physik 10 (I/II/III)-4 Energieversorgung , S.830 ff.; 7/8/9 PH-3.2.3 Energie (3), S. 16; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (2), S.15; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.2 Energieversorgungssysteme (4), S.17
BY	Sek 1	GYM 7 NT-7 (1.1) physikalische Spielregeln, S. 2; RS-KL.7/8 Physik 7 (I)-1 Mechanik, S.809 Physik 8 (II/III)-1 Mechanik, S.819; RS-KL.8 Physik 8 (I)-1 Mechanik und Energie, S.812; RS-KL.9 Physik 9 (I)-1 Elektrizitätslehre, S.822; GYM 8 NTG PH8 (4.1) Untersuchungen an Solarzellen und anderen Elektrizitätsquellen, S. 7; GYM 10 NTG PH10 (5.1) Halbleiterbauelemente in Experimenten , S. 6
BE	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 5/6 Nawi-3.6 Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft, S. 29; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44; 9/10 Physik-3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik, S.48
BB	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 5/6 Nawi-3.6 Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft, S. 29; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44; 9/10 Physik-3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik, S.48

HB	Sek 1	GYM 5/6 NW-Energie der Sonne nutzen S. 15; OS 9/10 Physik-Energie S. 56;
HH	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-3.1 Energie, S.21; Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Energie S. 23; Stadtteil 9/10 NWT-3.2.2 Physik/Energie S. 52; SEK1 Stadtteil 7/8 NWT-3.2.2 Das Fahrrad S. 36;
HE	Sek 1	GYMG8 9 PHYSIK-9G.2 Energieversorgung, S. 19; GYMG 8 9 PHYSIK-9G.1 Arbeit und Energie, S. 18; RS 8 PHYSIK-8.1 Mechanik-1, S. 10; RS10 PHYSIK-10.5 Energie, S. 16
MV	Sek 1	IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.3 Energie und ihre rationelle Nutzung, S.26 ff.; IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.2 Wärmelehre, S.23
NI	Sek 1	GYM 7/8 NaWi-Physik 2.3.2 Energie , S.26; IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 4 - Nachhaltiger Umgang mit Energieträgern , S.28; IGS 9/10 NaWi-Physik Themenfeld 1 - Ausgewählte Energiewandler , S.43; GYM 9/10 NaWi-Physik 2.3.3 Elektrik II , S.40; SEK1 RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18.
NW	Sek 1	GYM 7-10 PHYSIK-2.3 (11) Inhaltsfeld 11: Energieversorgung S.43; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S. 106 ff.; GS 5/6 PHYSIK-2.5.2 (4) Elektrizität und ihre Wirkungen, S. 101 ff.; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (7) Stromkreise, S. 105.
RP	Sek 1	5/6 NaWi-Themenfeld 6 Geräte und Maschinen im Alltag, S. 37ff.; 5/6 NaWi- TF3: Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft; S. 25ff.
SL	Sek 1	GS 7/8 NaWi-6. Stoffe und ihre Eigenschaften, S. 3; GS 8 NaWi-Bewegung in Natur und Technik II , S.18ff.
SN	Sek 1	OS RS/7 PHYSIK-LB2 Energie, Umwelt, Mensch, S.26; SEK1 OS RS/8 PHYSIK-LB3 Wärme und Wärmekraftmaschinen, S.31; GYM 7 PHYSIK-LB3 Energiewandler, S.17
ST	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-5.2.3 Thema: Energie in Natur und Technik, S. 42 ff.
SH	Sek 1	Stufe 5-10 FACHANFORDERUNGEN PHYSIK- Energie, S. 23 ff.
TH	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-2.1.1 Themenbereich: Kraft, Druck und mechanische Energie, S. 13; GYM 9/10 PHYSIK-2.2.2 Themenbereich: Bewegungen, Kräfte und Erhaltungssätze, S. 21; RS 9/10 Natur und Technik: 2.3.2 Lernbereich: Einsatz erneuerbarer Energien, S. 15

Lösungsblatt Modell 1 – Handgenerator / Muskelkraft

Thematische Aufgabe

- Das Z40 der Antriebsachse kämmt ein Z10. Das Z10 ist mit einem Z40 durch eine Achse fest verbunden.
Das Z40 der Abtriebsachse kämmt schließlich ein weiteres Z10 auf der Generatorwelle. Wenn das Z40 eine Umdrehung macht, machen das erste Z10 und damit auch das Z40 vier Umdrehungen. Das zweite Z10 macht daher $4 \times 4 = 16$ volle Umdrehungen. Die Übersetzung des zweistufigen Übersetzungsgetriebes ist also 1:16.

Formel

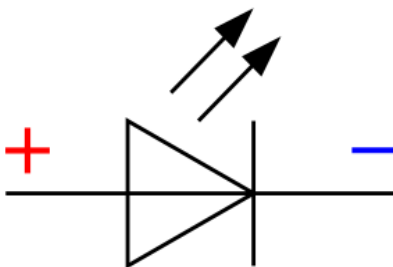
$$\text{Getriebestufe: } i_1 = \frac{z_{\text{Abtrieb}}}{z_{\text{Antrieb}}} = \frac{10}{40} = 10:40 = 1:4$$

$$\text{Getriebestufe: } i_2 = \frac{z_{\text{Abtrieb}}}{z_{\text{Antrieb}}} = \frac{10}{40} = 10:40 = 1:4$$

Das Übersetzungsverhältnis i_{ges} des gesamten Getriebes ermittelt sich dann über die Multiplikation der einzelnen Übersetzungsverhältnisse der jeweiligen Getriebestufen.

$$i_{\text{ges}} = (1 * 1):(4*4) = 1:16$$

- Um eine Leuchtdiode zum Leuchten zu bringen, musst du sie in sogenannter Durchlassrichtung schalten. Der elektrische Strom kann nur in einer Richtung durch eine LED hindurchfließen. Bei angelegter Spannung werden Elektronen bzw. Löcher in die Sperrschicht des p-n-Übergangs getrieben. Hier kommt es zur Rekombination von Elektronen und Löchern. Die dabei freiwerdende Energie wird in Form von Licht von der Diode ausgesandt.



Schaltsymbol LED

Wählt man die technische Stromrichtung (Ladung fließt von Plus nach Minus), dann sagt man, der Strom fließt von der Anode (+) zur Kathode (-).

- Mit dem Drehen der Handkurbel wird sogenannte kinetische Energie (Bewegungsenergie) durch den Generator in elektrische Energie (Strom) umgewandelt. Der zweite Energiewandler ist unsere Leuchtdiode, welche die elektrische Energie in Strahlungsenergie und Wärme umwandelt.

4. Windkraft oder Wasserkraft
5. **Kennlinie.** Die Strom-, Spannungs-Kennlinie ist charakteristisch für das jeweilige Bauelement und stellt daher eine wichtige Kenngröße dar. Der Zusammenhang der Messwerte wird als Linie in einem ebenen Koordinatensystem angegeben. Die Leuchtdiode ist ein sogenanntes Halbleiterelement (Halbleiterdiode), deren Kennlinie **nichtlinear** ist.

Experimentieraufgabe

1. Versuche mit LEDs zu zeigen, dass eine LED stets auch eine Mindestspannung benötigt, um minimal zu leuchten. Diese Mindestspannung (Durchlassspannung, Schwellenspannung) liegt in etwa bei 80 % von U_{LED}. Der maximal zulässige Strom einer LED hat darauf zunächst keinen Einfluss. Der Grund hierfür liegt in der Arbeitsweise eines Halbleiterkristalls. Bei sehr geringer Spannung (z.B. $U = 1,5 \text{ V}$ für Batterien) kann noch kein Strom fließen. Erst bei höherer Spannung werden ausreichend freie Elektronen aus dem inneren Kristallgitter des Halbleitermaterials gelöst, so dass ein Strom in der LED fließen kann.

Quelle: Thomas Habig: LEDs mit Vorwiderstand. ft:pedia 2/2011, S. 17.

2. Optional: Bei diesem Experiment fällt auf, dass Dioden farbentypische Durchlassspannungen aufweisen. Daher unterscheiden sich die Kennlinien von grünen, gelben oder roten Leuchtdioden.

Aufgaben

Modell 2 – Wasserturbine / Wasserkraft

Konstruktionsaufgabe

Baue das Modell 2 laut Anleitung auf. Achte beim Aufbau auf folgende Punkte:

- Die Welle des Wasserrades soll leichtgängig funktionieren, damit der Keilriemen (O-Ring) auf dem Transmissionsrad ohne zu spannen die Drehbewegung auf das Antriebsrad des Solarmotors übertragen kann.
- Das rote Kabel des Solarmotor-Generators wird mit der mit + (Pluspol) gekennzeichneten Eingangsbuchse der Leuchtdiode verbunden.
- Die Leuchtdiode ist ausschließlich dafür gedacht zu zeigen, wie mit dem Solarmotor Strom erzeugt werden kann. Sie darf maximal mit 2 V Gleichspannung betrieben werden. Bei höheren Spannungen geht sie sofort kaputt.
- Achte auch darauf, dass der Motor nicht mit Wasser in Berührung kommt.
- Verwende das zusätzliche Verlängerungskabel mit dem Leuchtstein für Messungen mit dem Multimeter und achte auf den Abstand zur Wasserquelle.

Eine Wasserturbine ist eine Turbine, welche die Wasserkraft nutzbar macht. In einem Wasserkraftwerk wird die kinetische Energie fließenden Wassers mittels der Wasserturbine in mechanische Energie umgewandelt.

Die Drehung der Turbinenwelle dient zum Antrieb eines Generators, welcher die Rotationsenergie in elektrischen Strom umwandelt.

Bei unserem Modell überträgt das Wasserrad seine Rotationsenergie auf das Transmissionsrad. Die Drehbewegung des Transmissionsrades wird durch einen Rundriemen (O-Ring) auf das Antriebsrad des Solarmotors weiter übertragen. Diese Antriebsart wird Riemenantrieb (Riemengetriebe) genannt.

Der Solarmotor dient als Generator und wandelt die Drehenergie in elektrische Energie um und bringt die Leuchtdiode (LED) zum Leuchten.

Thematische Aufgabe

1. Strom aus Wasserkraft. Halte das Wasserrad unter einen Wasserhahn und lass das Rad so schnell drehen, dass die LED leuchtet. Beachte hierbei die Drehrichtung. Welche Faktoren wirken sich bei deinem Versuch unmittelbar auf die Drehgeschwindigkeit der Generatorwelle aus und steigern dadurch die Leistung der Wasserturbine bei der Stromerzeugung?
2. Die Wasserkraft ist der einzige erneuerbare Energieträger, der auch gespeichert werden kann. Wie kann Wasserkraft gespeichert werden?

3. Was ist der Vorteil von Wasserspeicherkraftwerken gegenüber anderen Wasserkraftwerkstypen?
4. In welchen Regionen finden sich günstige Bedingungen für die Nutzung von Wasserkraft?
5. Auch bei günstigsten regionalen Bedingungen können Argumente gegen die tatsächliche Errichtung eines Wasserkraftwerkes sprechen. Welche sind das?

Experimentieraufgabe

1. Belege deine Versuche zur Thematischen Aufgabe 1. Messe die Stromspannung bei unterschiedlicher Höhe des Wasserstrahls zum Wasserrad. und trage deine Messergebnisse auf ein Blatt ein. Welche Beobachtung kannst du dabei machen und warum ist das so?
2. Wie verhält sich die Leuchtdiode während des Experiments?

Modell 2 – Wasserturbine / Wasserkraft

Joerg Torkler

Thema

Wir untersuchen Wasserkraft anhand eines Modells und lernen dadurch eine alternative Energieform für die Energiegewinnung im Kontext erneuerbarer Energien kennen.

Lernziel

- Energieformen erneuerbarer Energien und Energiewandler. Von kinetischer Energie (Wasserkraft) über mechanischer Energie (Generator) zu elektrischer Energie.
- Kraftwerkstypen und Energiespeicherung von Wasserkraft
- Ökologische Aspekte bei der Nutzung von Wasserkraft
- Leistung und Wirkungsgrad von Wasserturbinen
- Die praktische Anwendung eines Riemengetriebes als Mittel zur Bewegungs- bzw. Kraftübertragung zwischen weit entfernten Getriebeteilen.

Zeitaufwand

45 Minuten.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	Sek 1	7/8/9 T-3.2.3.2 Versorgung und Entsorgung (1), S.25; RS-KL.10Physik 10 (I/II/III)-4 Energieversorgung , S.830 ff.; 7/8/9 PH-3.2.3 Energie (3), S. 16; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (2), S.15; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.2 Energieversorgungssysteme (4), S.17
BY	Sek 1	GYM 7 NT-7 (1.1) physikalische Spielregeln, S. 2; GYM 8 NTG PH8 (4.1) Untersuchungen an Solarzellen und anderen Elektrizitätsquellen, S. 7
BE	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 7-10 Nawi-3.4 Wasser ist Leben, S. 35; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44; 9/10 Physik-3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik, S.48
BB	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 7-10 Nawi-3.4 Wasser ist Leben, S. 35; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44; 9/10 Physik-3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik, S.48
HB	Sek 1	GYM 5/6 NW-Energie der Sonne nutzen S. 15; OS 9/10

		Physik-Energie S. 56;
HH	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-3.1 Energie, S.21; Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Energie S. 23; Stadtteil 9/10 NWT-3.2.2 Physik/Energie S. 52;
HE	Sek 1	GYMG8 9 PHYSIK-9G.2 Energieversorgung, S. 19; GYMG 8 9 PHYSIK-9G.1 Arbeit und Energie, S. 18; RS10 PHYSIK-10.5 Energie, S. 16
MV	Sek 1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.2.3 Kreislauf des Wassers, S.17; IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.3 Energie und ihre rationelle Nutzung, S.26 ff.;
NI	Sek 1	GYM 7/8 NaWi-Physik 2.3.2 Energie , S.26; IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 4 - Nachhaltiger Umgang mit Energieträgern , S.28; IGS 9/10 NaWi-Physik Themenfeld 1 - Ausgewählte Energiewandler , S.43; GYM 9/10 NaWi-Physik 2.3.3 Elektrik II , S.40; SEK1 RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18.
NW	Sek 1	GYM 7-10 PHYSIK-2.3 (11) Inhaltsfeld 11: Energieversorgung S.43; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S. 106 ff.; GS 5/6 PHYSIK-2.5.2 (4) Elektrizität und ihre Wirkungen, S. 101 ff.; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (7) Stromkreise, S. 105.
RP	Sek 1	5/6 NaWi-Themenfeld 6 Geräte und Maschinen im Alltag, S. 37ff.; 5/6 NaWi- TF3: Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft; S. 25ff.; 5/6 NaWi- TF5: Sonne, Wetter, Jahreszeiten, S. 33ff.
SL	Sek 1	GS 7/8 NaWi-6. Stoffe und ihre Eigenschaften, S. 3; GS 8 NaWi-Bewegung in Natur und Technik II, S.18ff.; GYM 9 PHYSIK (9) -Energieströme S.21ff.
SN	Sek 1	OS RS/7 PHYSIK-LB2 Energie, Umwelt, Mensch, S.26; SEK1 OS RS/8 PHYSIK-LB3 Wärme und Wärmekraftmaschinen, S.31; GYM 7 PHYSIK-LB3 Energiewandler, S.17
ST	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-5.2.3 Thema: Energie in Natur und Technik, S. 42 ff.
SH	Sek 1, 5-10	FACHANFORDERUNGEN PHYSIK- Energie, S. 23 ff.
TH	Sek 1	GYM 9/10 PHYSIK-2.2.2 Themenbereich: Bewegungen, Kräfte und Erhaltungssätze, S. 21; RS 9/10 Natur und Technik: 2.3.2 Lernbereich: Einsatz erneuerbarer Energien, S. 15



Lösungsblatt Modell 2 – Wasserturbine / Wasserkraft

Thematische Aufgabe

1. Je größer die Fallhöhe des Wassers ist, desto höher ist die Kraft des Wassers, die zur Energiegewinnung genutzt wird. Auch das Zusammenspiel der Wassermenge (Volumenstrom) mit der optimalen Ausrichtung des Wasserstrahls auf die Schaufeln der Wasserturbine erhöhen bei unserem Modell die Drehgeschwindigkeit der Generatorwelle. Die erhaltene Leistung ist nicht mit dem Begriff des individuellen Wirkungsgrades einer Turbine zu verwechseln, welcher die Effizienz der Turbine an sich beschreibt. Hierbei spielen unter anderem der Turbinentyp und das Turbinenalter eine Rolle. Um einen optimalen Wirkungsgrad zu erzielen, muss die Turbine in Ihrer Konstruktion den unterschiedlichen Fallhöhen und Wasserdurchflussmengen angepasst sein.
2. Bei Wasserspeicherkraftwerken wird die Energie des Wassers gespeichert, indem das Wasser eines Flusses zu einem Stausee aufgestaut wird. Bei Bedarf wird das Wasser des Sees durch das Wasserkraftwerk geleitet und produziert Strom. Elektrische Energie wird in Form von potentieller Energie (Lageenergie) von Oberflächenwasser gespeichert.

Beim Pumpspeicherkraftwerk wird das Wasser unter Aufwendung von Energie (überschüssiger Strom) auf ein größeres Höhenniveau in den Stausee gepumpt. Das Wasser wird als Speichermedium genutzt.
3. Wasserspeicherkraftwerke sind steuerbar, sie können also genau dann eingesetzt werden, wenn Strom gebraucht wird.
4. A) Gebirgsregionen mit viel Niederschlag und ausgeprägten Gefälleunterschieden eignen sich besonders gut für Wasserkraftwerke.
B) Größere Flüsse mit Höhenunterschieden (Laufwasserkraftwerke). Durch das kontinuierliche Fließen des Wassers wird 24 Stunden am Tag Strom generiert. Allerdings kann im Unterschied zu Pumpspeicherkraftwerken kein Wasser (keine potentielle Energie) gespeichert werden.
C) Buchten und Flussmündungen von Meeren und Ozeanen, an denen Gezeitenkraftwerke die Lageenergie und Bewegungsenergie des Wassers bei Ebbe und Flut ausnutzen können, um Strom zu generieren.
5. Der Bau von Wasserkraftwerken kann große Auswirkungen auf die Landschaft, Menschen und Tierwelt haben. So müssen für Speicherkraftwerke riesige Stauseen angelegt werden, was unter Umständen sogar Umsiedlungen notwendig macht. Es können in der betroffenen Region Tier- oder Pflanzenarten heimisch sein, deren Lebensraum durch den Bau eines Wasserkraftwerks erheblich gefährdet werden würde.

Experimentieraufgabe

1. Die Spannung steigt, je höher der Wasserstrahl über der Turbine positioniert wird. Der Grund dafür hast du bereits in der Thematischen Aufgabe 1 gelernt.

Durch die steigende Fallhöhe des Wassers erhöht sich der Wasserdruck auf die Turbine und damit die Rotationsgeschwindigkeit. Dies führt zu einem Anstieg der Ausgangsspannung am Generator.

2. Die LED leuchtet heller, je mehr Spannung vom Generator erzeugt wird und Strom durch die LED fließen kann.

Aufgaben

Modell 3/4/5 – Windkraftanlagen / Windenergie

Konstruktionsaufgabe Modell 3

Baue das Modell 3 laut Anleitung auf. Achte beim Aufbau auf folgende Punkte:

- Die Welle des Windrades soll leichtgängig funktionieren, damit der Keilriemen (O-Ring) auf dem Transmissionsrad ohne zu spannen die Drehbewegung auf das Antriebsrad des Solarmotors übertragen kann.
- Das schwarze Kabel des Solarmotor-Generators wird mit der mit + (Pluspol) gekennzeichneten Eingangsbuchse der Leuchtdiode verbunden.
- Die Leuchtdiode ist ausschließlich dafür gedacht zu zeigen, wie mit dem Solarmotor Strom erzeugt werden kann. Sie darf maximal mit 2 V Gleichspannung betrieben werden. Bei höheren Spannungen geht sie sofort kaputt.

Bei einer Windkraftanlage wird die kinetische Energie der Luft (Windenergie) in elektrische Energie umgewandelt.

Die Flügel von modernen Windkraftanlagen werden Rotorblätter genannt und an der Rotornabe zusammen gehalten. Rotornabe und Rotorblätter bilden den Rotor. Der Rotor steht am Anfang der Wirkungskette einer Windkraftanlage. Er sitzt auf einer Welle dessen Drehung zum Antrieb eines Generators dient, welcher die Rotationsenergie in elektrischen Strom umwandelt.

Man unterscheidet Windkraftanlagen nach ihrer Drehachse. Es wird zwischen horizontaler oder vertikaler Drehachse unterschieden.

Bei unserem Modell mit horizontaler Drehachse überträgt der vom Wind angeregte Rotor seine Rotationsenergie auf das Transmissionsrad. Die Drehbewegung des Transmissionsrades wird durch einen Rundriemen (O-Ring) auf das Antriebsrad des Solarmotors weiter übertragen. Diese Antriebsart wird Riemenantrieb (Riemengetriebe) genannt. In modernen Windkraftanlagen (siehe Modell 5 – Windturbine) kommt diese Antriebsart nicht zum Einsatz.

Das Konstruktionsprinzip erinnert an ein typisches Windrad einer alten Windmühle oder Sägemühle. Tatsächlich basierten nach der Entdeckung der Elektrizität und der Erfindung des Generators die ersten Versuche, mit Windkraft Strom zu erzeugen, auf den Konzepten von Windmühlen. Statt der Umsetzung der Bewegungsenergie des Windes in mechanische Energie wurde mit einem Generator elektrische Energie erzeugt. Mit der Weiterentwicklung der Strömungsmechanik wurden auch die Aufbauten und Flügelformen spezialisierter. Moderne Windräder sind viel größer und verfügen über einen Rotordurchmesser von ca. 90 bis 126 Metern.

Der Solarmotor dient uns als Generator und wandelt die Drehenergie in elektrische Energie um und bringt die Leuchtdiode (LED) zum Leuchten.

Thematische Aufgabe

1. Eine Windkraftanlage beginnt sich erst ab einer genügend großen Windgeschwindigkeit zu drehen. Man nennt sie Anlaufwindgeschwindigkeit. Modell 3 ist im Gegensatz zu Modell 4 und 5 für starke Windverhältnisse ausgelegt. Halte einen Tischventilator oder starken Fön zunächst mit großem Abstand frontal vor den Rotor und verringere diesen Abstand so weit, bis sich die Rotorblätter (in unserem Fall Flügel) erstmals zu drehen beginnen. Notiere dir den Abstand damit du ihn später mit Modell 4 vergleichen kannst. Alternativ kannst du auch den Abstand gleich halten. Dann würdest du die entsprechende Einstellstufe notieren, ab der die Windflügel zu drehen beginnen. Welche weiteren Faktoren neben der Windgeschwindigkeit können den Wirkungsgrad unseres Windrades (mit ebenen Rotorblättern) beeinflussen? Ein kleiner Tipp: Die Experimentieraufgabe 1 und 2 helfen dir bei der Beantwortung der Frage.
2. Um die Wirtschaftlichkeit einer Windkraftanlage abschätzen zu können, muss die Leistung berechnet werden. Wie wird die Leistung einer Windkraftanlage berechnet?
3. Wieviel Haushalte kann eine 3 Megawatt Windkraftanlage versorgen, die im Jahr 2000 Vollaststunden erreicht? Ein 4-Personen-Haushalt verbraucht im Jahr durchschnittlich 3.500 Kilowattstunden.
4. Die Energie, die eine Windkraftanlage erzeugen kann, ist abhängig von der Windstärke. Was kann uns bei der Entscheidung für die Aufstellung einer Windkraftanlage unterstützen?
5. Auch bei der Windenergie gibt es Vor- und Nachteile. Welche kannst du benennen?

Experimentieraufgabe 1

1. Bei den Versuchen zu Modell 1 Handgenerator hast du bereits herausgefunden, dass eine Leuchtdiode eine Mindestspannung benötigt, um leuchten zu können. Dafür muss unser Windrad sehr schnell drehen. Unsere Windkraftanlage erzeugt jedoch auch bei langsamer Drehung kontinuierlich Energie. Messe dafür die Spannung am Generator bei unterschiedlichen Abständen zum Ventilator und notiere Dir die Ergebnisse zum späteren Vergleich mit Modell 4. Welche Schlüsse kannst du bereits jetzt ziehen?
2. Verkürze die Windflügel/Rotorblätter indem du die grünen Bauplatten entfernst und vergleiche deine Spannungsmesswerte mit denen aus dem vorhergehenden Versuch. Bestätigt das Ergebnis deine Annahmen zur Thematischen Aufgabe 1?

Konstruktionsaufgabe Modell 4

Baue das Modell 4 laut Anleitung auf. Achte beim Aufbau auf folgende Punkte:

- Die Welle des Windrades soll leichtgängig funktionieren, damit der Keilriemen (O-Ring) auf dem Transmissionsrad ohne zu spannen die Drehbewegung auf das Antriebsrad des Solarmotors übertragen kann.
- Das schwarze Kabel (mit grünem Flachstecker) des Solarmotor-Generators wird mit der mit + (Pluspol) gekennzeichneten Eingangsbuchse der Leuchtdiode verbunden.
- Die Leuchtdiode ist ausschließlich dafür gedacht zu zeigen, wie mit dem Solarmotor Strom erzeugt werden kann. Sie darf maximal mit 2 V Gleichspannung betrieben werden. Bei höheren Spannungen geht sie sofort kaputt.

Windkraftanlagen gibt es in zwei grundsätzlich unterschiedlichen Bauarten. Mit horizontaler Drehachse (Modell 3) oder mit vertikaler (senkrechter) Drehachse.

Die ältesten, bekannten Windenergieanlagen der Welt sind seit 1700 vor Christus gebaute vertikale Windenergieanlagen. Herausragender Unterschied ist Ihre Unabhängigkeit von der Windrichtung.

Über die Jahrhunderte haben Tüftler und Ingenieure immer wieder daran gearbeitet, den Wirkungsgrad von Windkraftmaschinen zu verbessern. Während die ersten Modelle noch mit ebenen Flügel konstruiert waren, bewirkten die fortschreitenden Erkenntnisse in der Wissenschaft zur Strömungslehre (die Lehre von den Bewegungen flüssiger und gasförmiger Medien) auch neue Bauformen von Rotoren (Savonius-Rotor, Darrieus-Rotor).

Experimentieraufgabe 2

1. Auch bei unserem Modell kannst du grundsätzliche Phänomene zum Strömungsverhalten von Luft herausfinden. Halte einen Fön oder Ventilator einmal direkt und einmal seitlich versetzt zu den Rotorblättern. Welche Schlüsse kannst du aus deinen Beobachtungen ziehen und warum ist das so?
2. Vergleiche deine Ergebnisse zur Anlaufgeschwindigkeit von Modell 3 nun mit diesem Modell und messe die Spannung bei unterschiedlichen Abständen. Was kannst Du feststellen?

Konstruktionsaufgabe Modell 5

Baue das Modell 5 laut Anleitung auf. Achte beim Aufbau auf folgende Punkte:

- Das rote Kabel des Solarmotor-Generators wird mit der mit + (Pluspol) gekennzeichneten Eingangsbuchse der Leuchtdiode verbunden.
- Die Leuchtdiode ist ausschließlich dafür gedacht zu zeigen, wie mit dem Solarmotor Strom erzeugt werden kann. Sie darf maximal mit 2 V Gleichspannung betrieben werden. Bei höheren Spannungen geht sie sofort kaputt.

Bei diesem Modell kommen wird einer modernen Windturbine in der Konstruktion am nächsten. Die aerodynamischen Eigenschaften des Rotors wirken sich unmittelbar darauf aus, wieviel Windenergie in mechanische Arbeit umgesetzt werden kann.

Experimentieraufgabe 3

1. Vergleiche deine Ergebnisse zur Anlaufgeschwindigkeit von Modell 3 und 4 nun mit diesem Modell 5 und messe die Spannung bei unterschiedlichen Abständen deiner Windquelle. Was kannst Du feststellen?

Modell 3/4/5 – Windkraftanlagen / Windkraft

Joerg Torkler

Thema

Wir untersuchen Windkraft mit 3 unterschiedlichen Modellen und lernen dadurch eine alternative Energieform für die Energiegewinnung im Kontext erneuerbarer Energien kennen.

Lernziel

- Energieformen erneuerbarer Energien und Energiewandler. Von kinetischer Energie (Windkraft) über mechanischer Energie (Generator) zu elektrischer Energie.
- Wirkungsgrad und technische Herausforderungen bei der Konstruktion von Windkraftanlagen unterschiedlicher Bauart.
- Potentiale der Windkraft berechnen.
- Umgang mit Messgeräten.
- Vor- und Nachteile von Windenergie

Zeitaufwand

45 Minuten.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	Sek 1	7/8/9 T-3.2.3.2 Versorgung und Entsorgung (1), S.25; RS-KL.10 Physik 10 (I/II/III)-4 Energieversorgung , S.830 ff.; 7/8/9 PH-3.2.3 Energie (3), S. 16; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (2), S.15; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.2 Energieversorgungssysteme (4), S.17
BY	Sek 1	GYM 7 NT-7 (1.1) physikalische Spielregeln, S. 2; GYM 8 NTG PH8 (4.1) Untersuchungen an Solarzellen und anderen Elektrizitätsquellen, S. 7
BE	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 5/6 Nawi-3.6 Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft, S. 29; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44; 9/10 Physik-3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik, S.48
BB	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 5/6 Nawi-3.6 Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft, S. 29; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44; 9/10 Physik-3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik, S.48
HB	Sek 1	GYM 5/6 NW-Energie der Sonne nutzen S. 15; OS 9/10

		Physik-Energie S. 56;
HH	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-3.1 Energie, S.21; Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Energie S. 23; Stadtteil 9/10 NWT-3.2.2 Physik/Energie S. 52;
HE	Sek 1	GYMG8 9 PHYSIK-9G.2 Energieversorgung, S. 19; GYMG 8 9 PHYSIK-9G.1 Arbeit und Energie, S. 18; RS10 PHYSIK-10.5 Energie, S. 16
MV	Sek 1	IGS/RegS 5/6 NaWi-5.3.2 Eigenschaften Luft, S. 19; IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.3 Energie und ihre rationelle Nutzung, S.26 ff.;
NI	Sek 1	GYM 7/8 NaWi-Physik 2.3.2 Energie , S.26; IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 4 - Nachhaltiger Umgang mit Energieträgern , S.28; IGS 9/10 NaWi-Physik Themenfeld 1 - Ausgewählte Energiewandler , S.43; GYM 9/10 NaWi-Physik 2.3.3 Elektrik II , S.40; SEK1 RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18.
NW	Sek 1	GYM 7-10 PHYSIK-2.3 (11) Inhaltsfeld 11: Energieversorgung S.43; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S. 106 ff.; GS 5/6 PHYSIK-2.5.2 (4) Elektrizität und ihre Wirkungen, S. 101 ff.; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (7) Stromkreise, S. 105.
RP	Sek 1	5/6 NaWi-Themenfeld 6 Geräte und Maschinen im Alltag, S. 37ff.; 5/6 NaWi- TF3: Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft; S. 25ff.; 5/6 NaWi- TF5: Sonne, Wetter, Jahreszeiten, S. 33ff.
SL	Sek 1	GS 7/8 NaWi-6. Stoffe und ihre Eigenschaften, S. 3; GS 8 NaWi-Bewegung in Natur und Technik II , S.18ff.; GYM 9 PHYSIK (9) -Energieströme S.21ff.
SN	Sek 1	OS RS/7 PHYSIK-LB2 Energie, Umwelt, Mensch, S.26; SEK1 OS RS/8 PHYSIK-LB3 Wärme und Wärmekraftmaschinen, S.31; GYM 7 PHYSIK-LB3 Energiewandler, S.17
ST	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-5.2.3 Thema: Energie in Natur und Technik, S. 42 ff.
SH	Sek 1	Stufe 5-10 FACHANFORDERUNGEN PHYSIK- Energie, S. 23 ff.
TH	Sek 1	GYM 9/10 PHYSIK-2.2.2 Themenbereich: Bewegungen, Kräfte und Erhaltungssätze, S. 21; RS 9/10 Natur und Technik: 2.3.2 Lernbereich: Einsatz erneuerbarer Energien, S. 15



Lösungsblatt Modell 3/4/5 – Windkraftanlagen

Thematische Aufgabe

1. Neben der Windgeschwindigkeit hängt der Wirkungsgrad eines Windrades ab von
 - a) der Größe des Anstellwinkels (der Winkel, um den die Rotorblätter gegenüber der Drehachse verdreht ist). Bei unserem Modell mit ebener Flügelfläche ist ein Anstellwinkel von ca. 30 Grad am günstigsten.
 - b) bei unserem Modell (ebene Flügelfläche) von der Größe der Fläche der Rotorblätter
 - c) der Größe der Lagerreibung. Rotoren, Getriebe oder Generatoren können nie zu 100 Prozent effizient sein, weil Wärmeverluste aufgrund von Lagerreibung oder Reibung zwischen Luftmolekülen auftreten. Die erhaltene Leistung ist nicht mit dem Begriff des individuellen Wirkungsgrades einer Windkraftmaschine zu verwechseln, welcher die Effizienz an sich beschreibt. Hierbei spielen unter anderem der Rotortyp und das Design der Rotorblätter eine wichtige Rolle. Um einen optimalen Wirkungsgrad zu erzielen, müssen die Rotorblätter in Ihrer Konstruktion den unterschiedlichen Windverhältnissen angepasst sein.
2. Abhängig ist die Leistung einer Windkraftanlage vom Wind bzw. den Windgeschwindigkeiten, der Luftdichte und dem Wirkungsgrad der Anlage. Zunächst wird die Leistung des Windes berechnet, diese wird dann mit dem Wirkungsgrad der Anlage multipliziert.
3. Um die maximal mögliche Stromerzeugung eines Jahres zu berechnen, muss man die Leistung des Windrades mit der Anzahl der Stunden eines Jahres multiplizieren.
Ergebnis: 6 Gigawattstunden leistet das Windrad. Das sind 6.000 Megawattstunden oder 6.000.000 Kilowattstunden. Damit können ca. 1714 Haushalte für ein Jahr versorgt werden.
4. Windatlas. Der Windatlas ist ein wichtiges Instrument für Planungsträger, Projektierer und Genehmigungsbehörden, um geeignete Standorte für die Windenergienutzung zu identifizieren. Man spricht bei der Eignung von Standorten für Windenergieanlagen auch von der Windhöffigkeit eines Gebietes.
5. a) Vorteile:
 - Es gibt kein Ausstoß von Schadstoffen wie Kohlendioxid, Stickoxid und Schwefeldioxid wie bei der konventionellen Stromerzeugung.
 - teure Importe von Rohstoffen (Kohle, Öl) fallen weg
 - die tatsächlich gebrauchte Fläche ist minimal, im Vergleich zu anderen Stromerzeugungsanlagenb) Nachteile
 - Wind lässt sich nicht speichern. Er muss sofort in Strom umgewandelt werden.

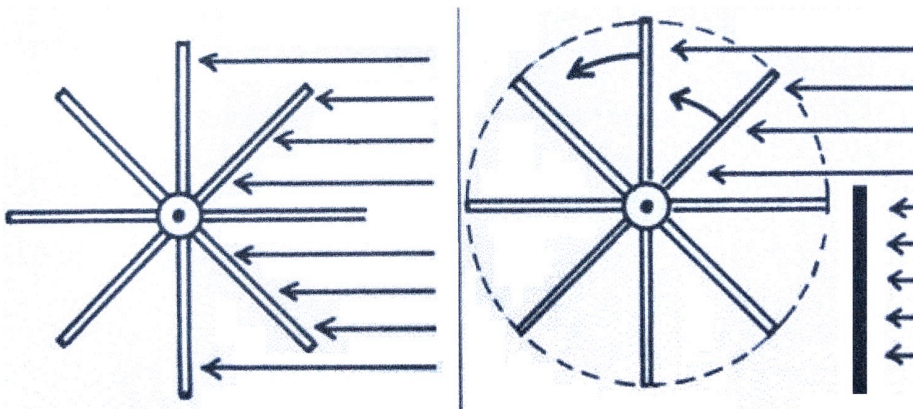
- Der Wind ist nicht immer mit zu erwartender Stärke vorhanden.
- Die Tierwelt, besonders Vögel können von Windkraftanlagen betroffen werden.

Experimentieraufgabe 1

1. Es müssen nicht immer Spitzenwindgeschwindigkeiten vorliegen, um die Wirtschaftlichkeit einer Windkraftanlage zu bewerten. Windkraftanlagen werden so konstruiert und eingesetzt, dass sie den unterschiedlichen Windverhältnissen gerecht werden. Sie werden Windklassen zugeordnet. Eine kontinuierlich drehende Windkraftanlage kann unter Umständen im Jahr mehr Strom liefern als eine Anlage, die zwar für sehr starke Windstärken konstruiert ist, aber zur Vermeidung von Sturmschäden häufig abgeschaltet werden muss. Die Windgeschwindigkeit, bei der sich eine Windkraftanlage automatisch abschaltet, wird Abschaltgeschwindigkeit genannt.
2. Ja, die Größe der Fläche der Flügelblätter hat Einfluss auf den Wirkungsgrad der Windkraftanlage.

Experimentieraufgabe 2

1. Der seitlich auftreffende Windstrahl lässt das den Rotor schneller drehen. Bewegte Luft übt auf alle sich ihr entgegenstellende Körper die gleiche Kraft aus. Eine Drehbewegung kann nur erfolgen, wenn die Schubkräfte an zwei sich gegenüber liegenden Flügeln, bzw. Schaufeln ungleich sind.



2. Das Modell 4 dreht früher an. Es bedarf einer geringeren Windstärke, um Energie zu erzeugen. Das ist der Grund für die Verwendung von vertikalen Windkraftmaschinen bei eher geringen Windstärken und in Bodennähe.

Experimentieraufgabe 3

1. Der Wirkungsgrad einer Windenergieanlage hängt vor allem von der optimalen aerodynamischen Konstruktion der Rotorblätter ab. Der Rotor steht am Anfang der Wirkungskette einer Windkraftanlage.

Aufgaben Modell 6 – Funktionsmodell / Solarenergie

Konstruktionsaufgabe Modell 6

Baue das Modell 6 laut Anleitung auf. Achte dabei auf folgende Punkte:

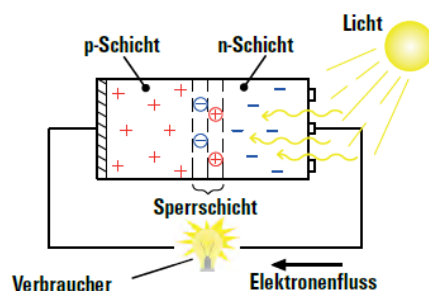
- Verwende für deine Versuche eine künstliche Lichtquelle mit ausreichender Stärke (z.B. Glühlampe oder Halogenstrahler ab 60 Watt Leistung).
- Wahre bitte immer einen Mindestabstand zu der Lichtquelle (je nach Stärke der Lichtquelle, mindestens 30 cm), da die Solarmodule sehr heiß werden können.

Grundlage Solarzelle

Eine Solarzelle oder photovoltaische Zelle ist ein elektrisches Bauelement, das die im Licht enthaltene Strahlungsenergie direkt in elektrische Energie (Gleichstrom) wandelt. Weil hierbei Sonnenlicht verwendet wird, handelt es sich per Definition um eine erneuerbare Energiequelle. Die physikalische Grundlage der Umwandlung ist der photovoltaische Effekt.

Die meisten Solarzellen bestehen aus dem Halbleiter Silizium. Die Siliziumblöcke werden in ca. 0,5 Millimeter dicke Scheiben geschnitten. Die Scheiben werden im nächsten Schritt mit verschiedenen Fremdatomen dotiert, das heißt gezielt verunreinigt, was für ein Ungleichgewicht in der Siliziumstruktur sorgt. Dadurch entstehen zwei Schichten, die positive p-Schicht und die negative n-Schicht.

Vereinfacht ausgedrückt entsteht der elektrische Stromfluss bei der Solarzelle dadurch, dass sich Elektronen aus der negativen n-Schicht, angeregt durch das einfallende Licht, über den angeschlossenen Verbraucher (z. B. Solarmotor, LED) zur positiven p-Schicht bewegen. Je mehr Licht (also Energie) auf die Zelle fällt, desto beweglicher werden die Elektronen.



Jedes Solarmodul besteht aus zwei Solarzellen, die in Reihe geschaltet sind. Es liefert eine Spannung von 1 V und einen maximalen Strom von 440 mA.

Der Solarmotor besitzt eine Nennspannung von 2 V, beginnt aber bereits bei 0,3 V (Anlaufspannung) sich zu drehen (im Leerlauf, d. h. ohne dass die Welle des Motors ein Modell antreiben muss).

Thematische Aufgabe

1. Mit Hilfe der Solartechnik kann Sonnenenergie auf verschiedene Weise genutzt werden. Welche Arten der Nutzung gibt es?
2. Für welche Art der Nutzung hast du das Funktionsmodell aufgebaut? Mit welchem Fachbegriff wird diese Nutzung umschrieben?

Grundsätzlich wird zwischen direkter und indirekter Sonneneinstrahlung unterschieden. Direkte Sonneneinstrahlung trifft unmittelbar auf die Solarmodule und ist am stärksten. Von indirekter oder diffuser Sonneneinstrahlung spricht man, wenn Wolken die Sonne verdecken oder das Licht reflektiert wird.

Je nach Tages- und Jahreszeit verändert sich auch der sogenannte Einstrahlwinkel zwischen Sonnenstrahl und Solarmodul.

Experimentieraufgabe 1

1. Auch bei der Umstellung der Stromerzeugung auf Photovoltaik beschäftigt Forscher die Frage, wie denn der beste Wirkungsgrad erreicht werden kann.

Versuchsaufbau:

- Verwende bei diesem Experiment nur ein Solarmodul
- Richte eine Lichtquelle zum Solarmodul aus
- Verändere nicht den Abstand der Lichtquelle zum Solarmodul
- Der Taster wird geschlossen
- Ein Geodreieck hilft dir bei der Bestimmung des Winkels.

Verändere mit dem Einstellhebel den Winkel des Solarmoduls zur Lichtquelle und finde durch Messung der Spannung (V) heraus, bei welchem Einstrahlwinkel des Lichts ein Solarmodul die meiste Energie liefert.

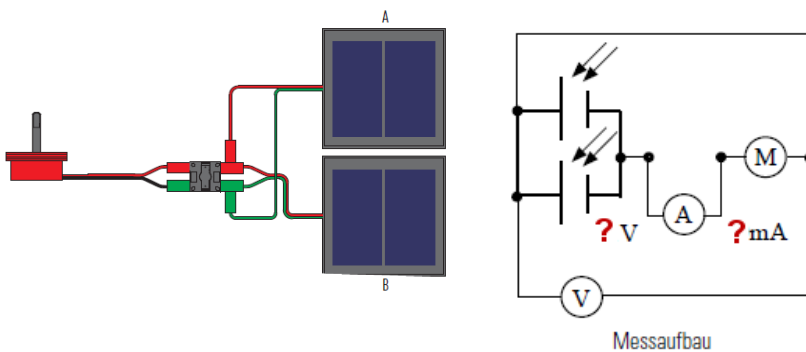
2. Verändere mit dem Einstellhebel den Winkel des Solarmoduls zur Lichtquelle und finde heraus ab welcher Spannung der Motor unter Last den Zeiger dreht und wieviel Strom dabei fließt.

Du wirst feststellen, dass der Motor, wenn er mit nur einem Solarmodul angetrieben wird, nicht besonders viel Kraft entwickeln kann.

Weitere Solarmodule können auf unterschiedliche Arten dazugeschaltet werden. Wie diese in ihrer Gesamtheit wirken, hängt davon ab, ob sie parallel oder in Reihe geschaltet sind.

Experimentieraufgabe 2

1. Verbinde nun das zweite Solarmodul in einer sogenannten Parallelschaltung mit dem ersten Modul. Der Taster ist im Bild nicht eingezeichnet.

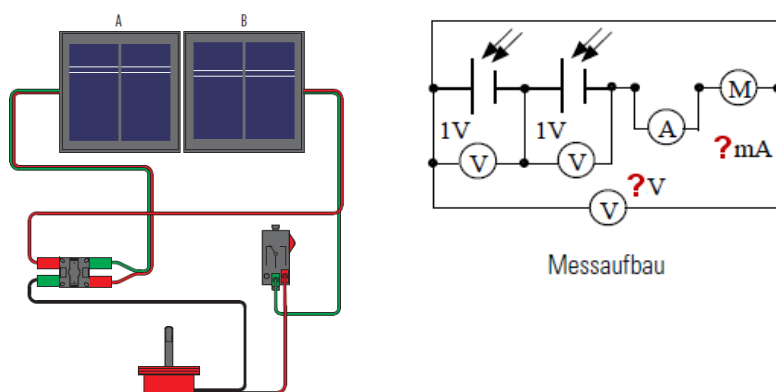


Wie verhalten sich die Spannung (V) und Stromstärke (A) wenn beide Module parallel geschaltet sind?

2. Verringere den Abstand zur Lichtquelle zuerst mit einem Modul und dann mit zwei Modulen parallel geschaltet. Finde heraus bei welcher Variante der Motor (unter Last) zuerst den Zeiger zum Laufen bringen kann.
3. Wirkt sich die Veränderung deiner Beobachtungen auf die Drehzahl oder auf das Drehmoment des Motors aus?

Experimentieraufgabe 3

1. Verbinde nun das zweite Solarmodul in einer sogenannten Reihenschaltung mit dem ersten Modul.

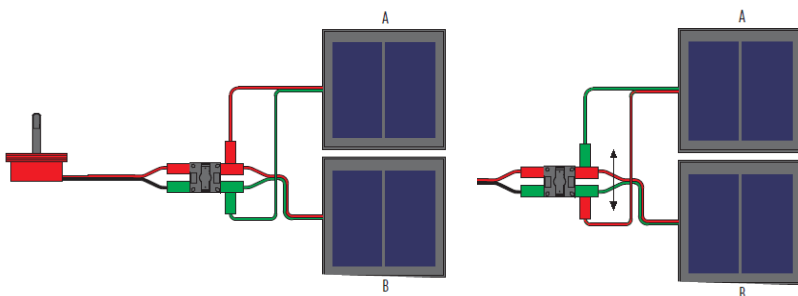


Wie verhalten sich die Spannung (V) und Stromstärke (A) wenn beide Module in Reihe geschaltet sind?

2. Vergleiche die Drehgeschwindigkeit des Zeigers zwischen der Parallelschaltung und der Reihenschaltung bei gleichem Abstand zur Lichtquelle. Was schließt Du daraus?
3. Verdecke mit einem Blatt Papier oder deiner Hand sowohl bei der Parallelschaltung als auch der Reihenschaltung jeweils ein Solarmodul, während der Laufzeiger sich dreht. Was kannst Du bei dieser sogenannten *Verschattung der Module* beobachten?
4. Bei welchen Lichtverhältnissen würdest Du für deine fischertechnik-Modelle einer Parallelschaltung gegenüber einer Reihenschaltung den Vorzug geben?

Experimentieraufgabe 4

1. Du bist nun bereits Profi im Verschalten von Solarmodulen. Es gibt noch eine dritte Möglichkeit, wie du die Module miteinander verbinden kannst. Die sogenannte Antiparallelschaltung. Verändere dafür die Verkabelung der Parallelschaltung, indem du den roten und grünen Stecker des zweiten Solarmoduls vertauschst.



Welchen Effekt erzielst du bei der Antiparallelschaltung durch die Verschattung einzelner Module?

2. Wie wird das elektrische Bauteil genannt, das den gleichen Effekt auslöst?

Konstruktionsaufgabe Solarfahrzeug

Um die verschiedenen Schaltungen zu testen kannst du für weitere Versuche das Modell Solarfahrzeug bauen.

Experimentieraufgabe 5

Für welchen Schaltungstyp entscheidest du dich und warum?

Speicherung von elektrischer Energie - Goldcap

Leider bleibt unser Solarfahrzeug stehen, sobald es sich außerhalb der Lichtquelle oder im Schatten befindet.

Mit Hilfe eines Energiespeichers können wir aber unser Solarauto in ein Elektrofahrzeug umbauen und es somit unabhängig von der Sonnenenergie betreiben.

Ein solcher Energiespeicher ist der im Baukasten enthaltene sogenannte **Goldcap**. Er setzt sich aus zwei Aktivkohlestücken zusammen, die nur durch eine dünne Isolierschicht voneinander getrennt sind. Der Goldcap zeichnet sich durch seine extrem hohe Kapazität aus. Der von dir verwendete Kondensator hat eine Kapazität von 10 F (Farad).

Du kannst den Goldcap einsetzen wie einen kleinen Akku. Der Vorteil gegenüber dem Akku besteht darin, dass man den Goldcap sehr schnell aufladen kann, dass er nicht überladen werden kann und auch keine Tiefentladung durchgeführt werden kann.

Achtung:

Der Goldcap darf auf keinen Fall an eine Spannung über 2,3 V angeschlossen werden, sonst besteht Explosionsgefahr! Also auf keinen Fall den Goldcap an eine gewöhnliche 9 V fischertechnik-Stromversorgung anschließen.

Beim Montieren der Stecker an den Goldcap musst du auf die richtige Polung der Stecker achten (roter Stecker an Plus anschließen).

Konstruktionsaufgabe Solartankstelle Goldcap

Bevor wir aber den Goldcap zum Einsatz bringen können muss er geladen werden. Wir verwenden dazu das Modell Solartankstelle Goldcap aus der Aufbauanleitung.

- Achte darauf, dass der rote Stecker des Goldcap (+) mit dem roten Stecker des Solarmoduls verbunden wird.
- Achte auf den Abstand der Lichtquelle zum Solarmodul, damit das Modul nicht überhitzt und Schaden nehmen kann.

Experimentieraufgabe 6

1. Messe parallel zum Laden die Spannung am Goldcap. Wie hoch kann der Goldcap maximal mit den Solarmodulen geladen werden?
2. Was passiert, wenn die Solarmodule während des Ladevorgangs verschattet werden?
3. Mit welchem Trick kannst du auch ohne Messgerät prüfen, welchen Ladezustand der Goldcap hat.

4. Wie könntest du den Goldcap alternativ zum Solarstrom laden?


Konstruktionsaufgabe Elektrofahrzeug

Nach dem Laden schließt du an den Fahrzeugmotor anstatt der Solarzellen den Goldcap an. Siehe dazu die Bauanleitung Elektrofahrzeug.

Experimentieraufgabe 7

1. Wie kannst du dein Elektrofahrzeug so optimieren, dass es länger fährt?

Optional:

- Verwende den Goldcap mit anderen fischertechnik-Modellen.
- Du kannst mit Modell 6 verschiedene Versuchsanordnungen testen:
 - a. Solarmodul → Goldcap → Motor
 - b. [Solarmodul](#) → Brennstoffzelle → Spannungswandler →  Motor

hat gelöscht: Goldcap

Modell 6 – Funktionsmodell / Solarenergie

Joerg Torkler

Thema

Wir untersuchen Sonnenenergie/Solarenergie anhand eines Funktionsmodells zu Photovoltaik und lernen dadurch eine alternative Energieform für die Energiegewinnung im Kontext erneuerbarer Energien kennen.

Lernziel

- Energieformen erneuerbarer Energien und Energiewandler. Von Strahlungsenergie (Sonnenenergie) zu elektrischer Energie.
- Funktion, Wirkungsgrad und technische Herausforderungen bei der Konstruktion von Solaranlagen.
- Elektrische Schaltungen: Parallel-, Reihen-, Antiparallelschaltung
- Umgang mit Messgeräten.
- Speicherung von Solarenergie

Zeitaufwand

90 Minuten.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	Sek 1	7/8/9 T-3.2.2.1 Systeme und Prozesse (6), S.20; 7/8/9 T-3.2.3.2 Versorgung und Entsorgung (1), S.25; RS-KL.10 Physik 10 (I/II/III)-4 Energieversorgung , S.830 ff.; 7/8/9 PH-3.2.3 Energie (3), S. 16; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (2), S.15; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.2 Energieversorgungssysteme (4), S.17
BY	Sek 1	GYM 7 NT-7 (1.1) physikalische Spielregeln, S. 2; GYM 8 NTG PH8 (4.1) Untersuchungen an Solarzellen und anderen Elektrizitätsquellen, S. 7
BE	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 5/6 Nawi-3.6 Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft, S. 29; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44; 9/10 Physik-3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik, S.48
BB	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 5/6 Nawi-3.6 Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft, S. 29; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44; 9/10 Physik-3.11 Energieumwandlungen in Natur und Technik, S.48
HB	Sek 1	GYM 5/6 NW-Energie der Sonne nutzen S. 15; OS 5/6

		NW-Energie der Sonne nutzen S. 18; OS 9/10 Physik-Energie S. 56;
HH	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-3.1 Energie, S.21; Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Energie S. 23; Stadtteil 9/10 NWT-3.2.2 Physik/Energie S. 52;
HE	Sek 1	GYMG8 9 PHYSIK-9G.2 Energieversorgung, S. 19; GYMG 8 9 PHYSIK-9G.1 Arbeit und Energie, S. 18; RS10 PHYSIK-10.5 Energie, S. 16
MV	Sek 1	IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.3 Energie und ihre rationelle Nutzung, S.26
NI	Sek 1	GYM 7/8 NaWi-Physik 2.3.2 Energie , S.26; IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 4 - Nachhaltiger Umgang mit Energieträgern , S.28; IGS 9/10 NaWi-Physik Themenfeld 1 - Ausgewählte Energiewandler , S.43; GYM 9/10 NaWi-Physik 2.3.3 Elektrik II , S.40; SEK1 RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S.18.
NW	Sek 1	GYM 7-10 PHYSIK-2.3 (11) Inhaltsfeld 11: Energieversorgung S.43; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S. 106 ff.; GS 5/6 PHYSIK-2.5.2 (4) Elektrizität und ihre Wirkungen, S. 101 ff.; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (7) Stromkreise, S. 105.
RP	Sek 1	5/6 NaWi-Themenfeld 6 Geräte und Maschinen im Alltag, S. 37ff.; 5/6 NaWi- TF3: Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft; S. 25ff. 5/6 NaWi- TF5: Sonne, Wetter, Jahreszeiten, S. 33ff.
SL	Sek 1	GS 7/8 NaWi-6. Stoffe und ihre Eigenschaften, S. 3; GS 8 NaWi-Bewegung in Natur und Technik II , S.18ff.
SN	Sek 1	OS RS/7 PHYSIK-LB2 Energie, Umwelt, Mensch, S.26; SEK1 OS RS/8 PHYSIK-LB3 Wärme und Wärmekraftmaschinen, S.31; GYM 7 PHYSIK-LB3 Energiewandler, S.17
ST	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-5.2.3 Thema: Energie in Natur und Technik, S. 42 ff.
SH	Sek 1	FACHANFORDERUNGEN PHYSIK- Energie, S. 23 ff.
TH	Sek 1	GYM 9/10 PHYSIK-2.2.2 Themenbereich: Bewegungen, Kräfte und Erhaltungssätze, S. 21; RS 9/10 Natur und Technik: 2.3.2 Lernbereich: Einsatz erneuerbarer Energien, S. 15

Lösungsblatt Modell 6 – Solarenergie

Thematische Aufgabe

1. a) Sonnenkollektoren erzeugen Wärme und Hitze
b) Sonnenwärmekraftwerke erzeugen elektrischen Strom durch Umwandlung von Hitze in Wasserdampf
c) Solarkocher oder Solaröfen erhitzen Speisen
d) Solarzellen erzeugen elektrischen Gleichstrom
2. Photovoltaik: Solarzellen erzeugen elektrischen Gleichstrom.

Experimentieraufgabe 1

1. Der optimale Einstrahlwinkel beträgt 90 Grad zur Lichtquelle.
2. Ab ca. 0,3 V und 200 mA

Experimentieraufgabe 2

1. Parallelschaltung: Die Spannung (V) bleibt gleich. Die Strommenge (A) erhöht sich.
2. Der Motor bringt den Zeiger bei den parallel geschalteten Modulen früher zum Drehen, obwohl die bestehende Spannung (V) unverändert ist. Der Motor kann mehr belastet werden.
3. Das Drehmoment des Motors erhöht sich. Das Drehmoment ist stromabhängig. Die Drehzahl ist spannungsabhängig. Drehmoment braucht man zum Anfahren und Beschleunigen.

Experimentieraufgabe 3

1. Reihenschaltung: Die Spannungen (V) der beiden Solarmodule addieren sich. Die Strommenge (A) bleibt gleich.
2. Die Drehgeschwindigkeit des Zeigers ist bei der Reihenschaltung schneller da die Drehzahl des Motors spannungsabhängig ist.
3. Bei der Reihenschaltung stoppt der Laufzeiger im Gegensatz zur Parallelschaltung.
4. Bei sehr ungünstigen Lichtverhältnissen. Auch bei einer teilweisen Verschattung der Solarmodule liefert eine Parallelschaltung der Solarmodule noch Strom bei gleichbleibender Spannung.

Experimentieraufgabe 4

1. Die Drehrichtung des Motors ändert sich.
2. Polwendeschalter

Experimentieraufgabe 5

Die Reihenschaltung eignet sich am besten für das Solarfahrzeug, weil der Motor sehr stark belastet ist und dadurch eine hohe Anlaufspannung benötigt.

Experimentieraufgabe 6

1. 2 Module •1V=2V.
2. Die angeschlossenen Solarmodule entladen den Goldcap
3. Wenn du parallel die grüne LED aus dem Baukasten anschließt. Wenn Sie zu leuchten beginnt hat der Goldcap einen Ladezustand von mindestens 1,7V. Die LED dient dir als Ladekontrollanzeige.
4. Zum Beispiel durch Windkraft mit dem Modell Windturbine.

Experimentieraufgabe 7

Du kannst das Elektroauto optimieren, indem du das Solarmodul wieder einbaust und den Goldcap parallel zum Solarmodul anschließt. Achte darauf, dass der „rote“ Stecker des Goldcap (+) mit dem „roten“ Stecker des Solarmoduls verbunden wird.

Aufgaben

Modell 7 – Ladestation Brennstoffzelle / chemische Energie

Mit einer Brennstoffzelle wird die chemische Energie eines Brennstoffs (z.B. Wasserstoff) in elektrischen Strom umgewandelt. Eine Brennstoffzelle ist also kein Energiespeicher, sondern ein Energiewandler.

Bei der fischertechnik-Brennstoffzelle handelt es sich um eine so genannte *reversible* Brennstoffzelle.

- Sie kann einerseits mit den Energieträgern Wasserstoff und Sauerstoff elektrische Energie bereitstellen (Energiewandler).
- Andererseits aber auch als Elektrolyseur betrieben werden, so dass elektrische Energie in speicherbare chemische Energie umgesetzt wird (Wasserelektrolyse).

Überschüsse der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien (insbesondere Windkraft und Photovoltaik) können so chemisch in Form von Wasserstoff zwischengespeichert werden.

Der Wirkungsgrad reversibler (Wasserstoff)-Brennstoffzellen liegt im Bereich von 30 bis 40 % bei der Erzeugung von direkter elektrischer Energie. Der Rest ist freigesetzte Wärmeenergie. In den 60iger Jahren erkannten die NASA-Techniker die Vorzüge dieser Technologie für Weltraumflüge und installierten in den Apollo-Kapseln 3 Brennstoffzellen mit einer Leistung von insgesamt knapp sieben Kilowatt.

Brennstoffzellenautos tanken zwar Wasserstoff, fahren aber mit Hilfe eines Elektromotors und gehören damit zu den Elektroautos. Die Technologie befindet sich immer noch im Entwicklungsstadium.

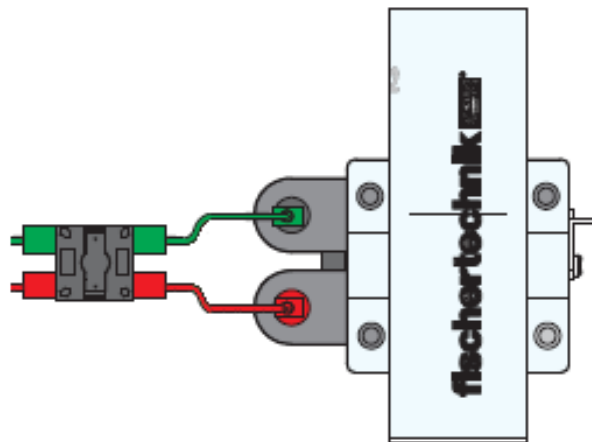
Konstruktionsaufgabe Modell 7

Lies zunächst die Bedienungsanleitung zur Brennstoffzelle durch und mache dich mit der Funktion der Brennstoffzelle vertraut. Baue dann das Modell 7 (Ladestation Brennstoffzelle und Brennstoffzellenfahrzeug) laut Anleitung auf.

Fülle die Brennstoffzelle mit destilliertem Wasser und schließe die Brennstoffzelle an die Ladestation an.

Achte dabei auf folgende Punkte:

- Klopfe die Brennstoffzelle leicht auf den Tisch, damit das Wasser besser um die Membran und die stromabnehmenden Metallplatten fließen kann, bevor du die Brennstoffzelle in das Auto einsetzt.
- Achte auf die richtige Polung der Anschlussstellen mit der Ladestation.
- Prüfe, ob der AN/Aus-Schalter am Brennstoffzellenfahrzeug auch geöffnet ist, bevor du die Brennstoffzelle mit dem Spannungswandler verbindest.



Sobald die Solarmodule bzw. Solarzellen mit ausreichend Sonnenlicht oder einer geeigneten Lichtquelle beleuchtet werden, beginnt die Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff. Die Gase werden in den entsprechenden Speicherzylindern gespeichert. Das Wasser wird in die darüber liegenden Überlaufkammern gedrückt.

Die Brennstoffzelle ist vollständig „aufgeladen“, wenn das gesamte Wasser aus dem Wasserstoff-Speicherzylinder in die darüber liegende Überlaufkammer gedrückt wurde. Dieser Vorgang dauert ca. 15 – 60 Minuten, je nach Beleuchtungsstärke.

Du kannst die Brennstoffzelle jederzeit von den Solarmodulen trennen. Die Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff wird dadurch gestoppt.

Thematische Aufgabe

1. Beobachte beim Erzeugen von Wasserstoff und Sauerstoff die Gasmengen in den beiden Speicherzylindern. Was kannst du beobachten?
2. Mit welchen chemischen Formel kannst Du die beiden Funktionen einer reversiblen Brennstoffzelle beschreiben?
3. Wie wird diese geregelte Reaktion, bei der Wasser, Strom und Wärme entsteht, im Gegensatz zur Knallgasreaktion auch bezeichnet?

Experimentieraufgabe

1. Verbinde nun den Spannungswandler des Brennstoffzellenautos mit der Brennstoffzelle. Die Brennstoffzelle weist gegenüber Batterien einen wesentlich stärkeren Abfall der Spannung mit steigendem Strom auf. Bei Anwendungen mit unterschiedlichen Lastanforderungen wird deshalb in den meisten Fällen ein Spannungswandler notwendig. So kann das Spannungsniveau für die Einspeisung in den Stromkreis kontrolliert werden. Lasse das Auto geradeaus fahren und messe die Zeit, bis die Hälfte des

Tanks geleert ist. Mit der zweiten Hälfte der Tankfüllung soll das Auto in einer Kurve fahren. Messe auch hier die Zeit, bis der Tank verbraucht ist. Wie verhält sich der Energieverbrauch der Brennstoffzelle bei Geradeausfahrt des Autos im Vergleich zur Kurvenfahrt?

2. Bei der Kurvenfahrt von Automobilen muss das äußere Rad eine größere Strecke zurücklegen als das innere Rad. Das äußere Rad dreht sich folglich schneller. Damit sich an beiden Rädern unterschiedliche Geschwindigkeiten einstellen können wird nur eines der Räder angetrieben und das andere Rad frei rotierbar auf der Welle montiert. Was verändert sich an dem Fahrverhalten des Autos, wenn das Antriebsrads innen oder außen ist?
3. Mit welcher technischen Erfindung können beide Räder bei unterschiedlicher Geschwindigkeit angetrieben werden?

Optional:

1. Teste den Betrieb der Brennstoffzelle mit anderen fischertechnik-Modellen.
2. Versuche die Brennstoffzelle parallel mit den Solarmodulen zu betreiben.
3. Du kannst weitere Versuchsanordnungen testen: Solarmodul → Goldcap (paralleler Anschluss) → Brennstoffzelle → Motor.

Modell 7 – Ladestation Brennstoffzelle / chemische Energie

Joerg Torkler

Thema

Umwandlung chemischer Energie in elektrische Energie. Wird der Wasserstoff, welcher für die Verbrennungsreaktion benötigt wird, mit Strom aus regenerativen Quellen gewonnen, kann die Brennstoffzelle zu den erneuerbaren Energien gezählt werden.

Lernziel

- Energieformen erneuerbarer Energien und Energiewandler. Von chemischer Energie zu elektrischer Energie.
- Wasserelektrolyse. Funktion und Wirkungsgrad einer Wasserstoff-Brennstoffzelle
- Die elektrochemische Reaktion der *kalten Verbrennung*.
- Speicherung von Strom aus erneuerbaren Energien (Solarenergie /Windenergie)

Zeitaufwand

45 Minuten.

Bezug Curriculum

Land	Stufe/Fächer	Bezüge
BW	Sek 1	7/8/9 T-3.2.2.1 Systeme und Prozesse (6), S.20; 7/8/9 T-3.2.3.2 Versorgung und Entsorgung (1), S.25; 7/8/9 PH-3.2.3 Energie (3), S. 16; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.1 Energie in Natur und Technik (2), S.15; GYM 8/9/10 NWT-3.2.2.2 Energieversorgungssysteme (4), S.17
BY	Sek 1	GYM 7 NT-7 (1.1) physikalische Spielregeln, S. 2; GYM 8 NTG PH8 (4.1) Untersuchungen an Solarzellen und anderen Elektrizitätsquellen, S. 7
BE	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 5/6 Nawi-3.6 Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft, S. 29; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44
BB	Sek 1	5/6 Nawi-3.3 Die Sonne als Energiequelle, S. 26; 5/6 Nawi-3.6 Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft, S. 29; 7-10 Nawi-3.5 Energie gehört zum Leben, S. 36; 7-10 Nawi-3.8 Blick in den Haushalt, S. 44
HB	Sek 1	GYM 5/6 NW-Energie der Sonne nutzen S. 15; OS 9/10 Physik-Energie S. 56;
HH	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-3.1 Energie, S.21; Stadtteil 8/9 PHYSIK-3.1.1 Energie S. 23; Stadtteil 9/10 NWT-3.2.2 Physik/Energie S. 52; Stadtteil 9-10 NWT-3.3 Chemie S.

		47;
HE	Sek 1	GYMG8 9 PHYSIK-9G.2 Energieversorgung, S. 19; GYMG 8 9 PHYSIK-9G.1 Arbeit und Energie, S. 18; RS10 PHYSIK-10.5 Energie, S. 16
MV	Sek 1	IGS/RegS 7/8 PHYSIK-5.3 Energie und ihre rationelle Nutzung, S.26
NI	Sek 1	GYM 7/8 NaWi-Physik 2.3.2 Energie , S.26; IGS 7/8 NaWi-Themenfeld 4 - Nachhaltiger Umgang mit Energieträgern , S.28; IGS 9/10 NaWi-Physik Themenfeld 1 - Ausgewählte Energiewandler , S.43; GYM 9/10 NaWi-Physik 2.3.3 Elektrik II , S.40; SEK1 RS 5-8 T-3.3 HB2 Energie und Technik, S. 18.
NW	Sek 1	GYM 7-10 PHYSIK-2.3 (11) Inhaltsfeld 11: Energieversorgung S.43; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (8) Bewegungen und ihre Ursachen S. 106 ff.; GS 5/6 PHYSIK-2.5.2 (4) Elektrizität und ihre Wirkungen, S. 101 ff.; GS 7-10 PHYSIK-2.5.3 (7) Stromkreise, S. 105.
RP	Sek 1	5/6 NaWi-Themenfeld 6 Geräte und Maschinen im Alltag, S. 37ff.; 5/6 NaWi- TF3: Bewegung zu Wasser, zu Lande und in der Luft; S. 25ff.; 7-10 Chemie- TF3: Heizen und Antreiben, S. 10ff.
SL	Sek 1	GS 7/8 NaWi-6. Stoffe und ihre Eigenschaften, S. 3; GS 8 NaWi-Bewegung in Natur und Technik II , S.18ff.; GYM 9 PHYSIK (9) -Energieströme S.21ff.
SN	Sek 1	OS RS/7 PHYSIK-LB2 Energie, Umwelt, Mensch, S.26; SEK1 OS RS/8 PHYSIK-LB3 Wärme und Wärmekraftmaschinen, S.31; GYM 7 PHYSIK-LB3 Energiewandler, S.17
ST	Sek 1	GYM 7/8 PHYSIK-5.2.3 Thema: Energie in Natur und Technik, S. 42 ff.
SH	Sek 1	FACHANFORDERUNGEN PHYSIK- Energie, S. 23 ff.
TH	Sek 1	GYM 9/10 PHYSIK-2.2.2 Themenbereich: Bewegungen, Kräfte und Erhaltungssätze, S. 21; RS 9/10 Natur und Technik: 2.3.2 Lernbereich: Einsatz erneuerbarer Energien, S. 15

Lösungsblatt Modell 7 – Ladestation Brennstoffzelle / chemische Energie

Thematische Aufgabe

1. Es wird doppelt so viel Wasserstoff wie Sauerstoff erzeugt.
2. a) Energiewandlung: Zerlegung von Wasser durch elektrischen Strom in Wasserstoff und Sauerstoff. $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{O}_2$
Anode (+): $4 (\text{H}^+) + 4 (\text{e}^-) + \text{O}_2 \leftarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$
Kathode (-): $2 \text{ H}_2 \leftarrow 4 (\text{e}^-) + (\text{H}^+)$
b) Wasserelektrolyse: Es reagiert Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser, der aus der Brennstoffzelle laufend entnommen wird. Die Reaktionsgleichung entspricht der Knallgasreaktion, die Reaktion verläuft aber nicht explosionsartig, sondern geregelt. $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$.
Anode (+): $4 (\text{H}^+) + 4 (\text{e}^-) + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$
Kathode (-): $2 \text{ H}_2 \rightarrow + 4 (\text{e}^-) + 4 (\text{H}^+)$
3. *Kalte Verbrennung*. In der Brennstoffzelle wird diese Reaktion gebändigt, sie läuft kontrolliert und bei Raumtemperatur ab. Wasserstoff reagiert hier nicht direkt mit dem Luftsauerstoff, sondern gibt seine Elektronen an der Platinanode ab, die als Katalysator wirkt.

Experimentieraufgabe

1. Wenn das Fahrzeug eine enge Kurve fährt, benötigt der Motor mehr Energie als wenn das Fahrzeug geradeaus fährt. Daher wird auch mehr Wasserstoff verbraucht, wenn das Fahrzeug im Kreis fährt.
2. Es ändert sich die Geschwindigkeit sowie die Dauer der Fahrzeit je nachdem ob das angetriebene Rad innen oder außen ist
3. Differentialgetriebe. Es wird auch Ausgleichsgetriebe genannt, da es die unterschiedlichen Wegstrecken des inneren und äußeren Rads einer Achse in einer Kurve „ausgleicht“ – und beim Allradantrieb zusätzlich die Unterschiede zwischen der Vorder- und der Hinterachse. Es wurde 1827 vom Franzosen Onésiphore Pecqueur (1792–1852) patentiert.