

ENERGIE- FORSCHUNG

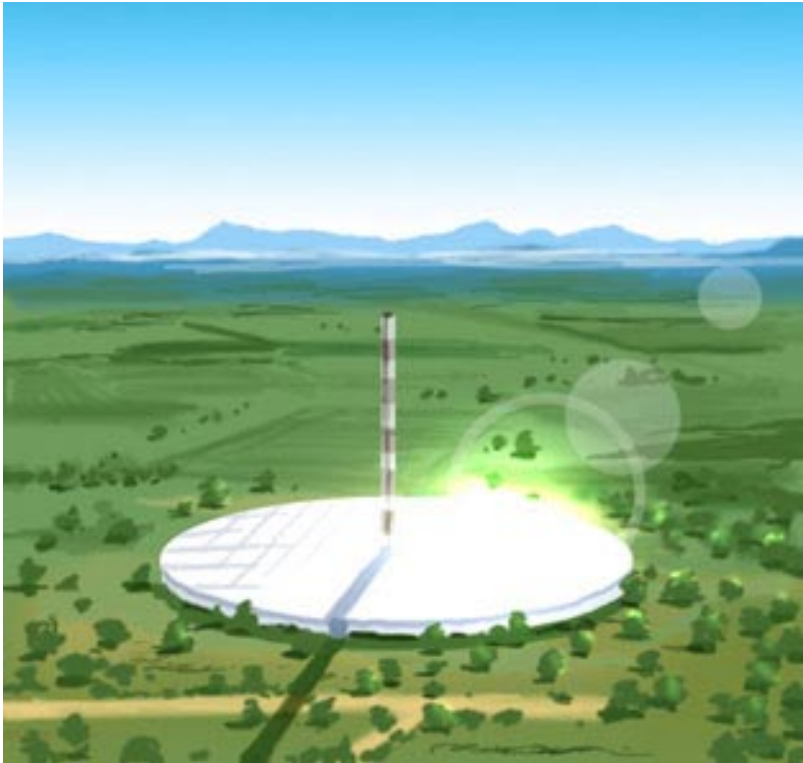
ERNEUERBARE ENERGIEN IM EXPERIMENT



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und Reaktorsicherheit

ENERGIEFORSCHUNG

Aus einem Geschichtsbuch im Jahr 2030: „Zu Beginn unseres Jahrhunderts entwickelten sich der Verbrauch und die Erzeugung von Energie zu Topthemen auf der ganzen Welt. Der Energiehunger der Welt wuchs, denn der Aufstieg von Ländern wie China und Indien erforderte gewaltige zusätzliche Energiemengen. Bisher war es ja so gewesen, dass die Menschen in Europa viel mehr Energie verbrauchten als zum Beispiel die Menschen in Afrika. Weil diese Energie aber hauptsächlich aus Erdöl, Kohle und Co. erzeugt wurde, entstand dabei jede Menge des Klimakillers CO₂.



Allmählich wurde den Menschen klar, dass es höchste Zeit war, sich etwas einfallen zu lassen. Denn es wurde immer deutlicher, dass man sich um das Weltklima kümmern musste: Die meisten Fachleute warnen vor einer durch den Menschen verursachten Klimaveränderung. Außerdem waren die fossilen Energieträger – also vor allem Erdöl, Erdgas und Kohle – eigentlich viel zu wertvoll, um sie einfach zu verbrennen. Außerdem würden sie schließlich nicht ewig reichen.

Was war also zu tun? Ganz klar: zum einen mehr erneuerbare Energien nutzen, denn die schonen das Klima, und gleichzeitig die erzeugte Energie cleverer einsetzen. Damit das klappen konnte, war eine Menge Grips nötig. Deshalb wurde ein einzigartiges weltweites Forschungsprogramm aufgelegt. Das Besondere daran war, dass alle mitarbeiten konnten. Und einige der besten Ideen kamen von – Schulklassen.“

Alles nur Fantasie? Keinesfalls! Auch ihr könnt als Forschungsgruppe mitarbeiten und helfen, die Energie- und Klimaprobleme zu lösen.



AUFGABE

1. *Ihr seid eine Forschungsgruppe und sollt folgende Fragen beantworten:*
 - Welche erneuerbaren Energien gibt es?
 - Wie können sie praktisch genutzt werden?
 - Wie werden sie heute schon genutzt und wie viel CO₂ wird damit in Deutschland eingespart?
 - Welchen Beitrag zur Energieversorgung können erneuerbare Energien künftig in Deutschland leisten?
 - Kann Wärmedämmung ebenfalls einen Beitrag zur Verringerung des Ausstoßes von CO₂ leisten?

ABSORPTION UND EMISSION VON WÄRMESTRAHLUNG

Die Sonne ist eine gewaltige Energiequelle. Kluge Menschen haben sich schon lange Gedanken darüber gemacht, wie man die nutzbar machen kann, und haben den so genannten Solarkollektor erfunden. Der funktioniert im Prinzip so, dass die Sonne Rohre erwärmt, in denen Wasser fließt, das dadurch ebenfalls erwärmt wird.

Das warme Wasser kann dann zum Heizen oder zum Duschen benutzt werden. Dadurch spart man Energie, weil das Wasser nicht extra aufgeheizt werden muss. Deshalb wäre es am besten, wenn das Wasser in den Rohren richtig heiß wird.

Frage:

Wie muss der Absorber in einem Solarkollektor beschaffen sein, damit er besonders heiß wird?

Benötigte Materialien:

- Drei Teelichte
- Schwarzer Mattlack
- ein leeres Medizintropffläschchen
- Ein weißer Suppenteller

VERSUCH

Besorge dir die unlackierten Aluminiumfassungen von drei Teelichten. Eine der drei Fassungen wird mit dem schwarzen Lack von innen und außen vollständig geschwärzt, eine weitere nur auf der Außenseite. Die dritte bleibt unverändert blank. Lege die Fassungen mit dem Boden nach oben auf den umgekehrten Teller und stelle ihn in die Sonne. Merke dir, welche der beiden schwarzen Fassungen auf der Innenseite blank ist. Auf jede Fassung kommt in die Mitte ein gleich großer Wassertropfen, den du vorsichtig aus dem Medizinfläschchen tropfen lässt. Jetzt beobachtest du, welcher Tropfen als erster verschwindet.

Welche Fassung wurde also von der Sonne am stärksten erwärmt? Welches blieb am kühlfsten?

AUSWERTUNG

	Eigenschaften	Tropfen wann verdunstet?	
1	blank		
2	außen schwarz		
3	außen und innen schwarz		

VARIANTE

Anstelle der Teelichte kannst du auch runde Bleche verwenden, z. B. die Unterseiten von Erdnussdosen. Diese werden in drei Kaffeetassen so aufgebockt (z. B. auf einem Abschnitt aus dem Kern einer Küchenrolle), dass sie sich ca. 1 cm unter dem Tassenrand befinden. So sind die Bleche windgeschützt, aber noch nicht verschattet. Wenn die Bleche vorher im Kühlschrank gekühlt werden, verlängert sich die Verdunstungszeit zusätzlich, und das Ergebnis wird deutlicher.



DER SOLARKOCHER

Millionen Menschen auf der Welt, besonders in den Ländern des Südens, leben völlig abgeschnitten von der Versorgung mit elektrischem Strom. Oft ist zugleich auch die Versorgung mit Wasser äußerst mangelhaft, und das vorhandene Wasser ist häufig verunreinigt. Es wäre für diese Menschen äußerst wichtig, ihr Trinkwasser abzukochen oder zumindest so zu erhitzen, dass Krankheitserreger abgetötet werden.

Frage:

Wie erzeugt man mit Sonnenenergie möglichst heißes Wasser?

Benötigte Materialien:

- Drei leere 0,5l-Plastikflaschen
- Schwarzer Mattlack
- Dämmstoff (Verpackungsschnipsel, Wollreste, Styroporplatten, Steinwolle ...)
- Kühlbox
- Plastikfolie (Frischhaltefolie)
- Thermometer (nicht unbedingt erforderlich)
- Alufolie
- Klebeband



VERSUCH

Teil 1:

Nimm drei leere PET-Flaschen und streiche zwei von ihnen außen zur Hälfte schwarz an, so dass es eine transparente Vorderseite gibt, durch die man noch in die Flasche sehen kann, und eine schwarze Rückseite. Fülle alle Flaschen zur Hälfte mit Wasser und lege sie mit der schwarzen Seite nach unten in die Sonne. Nach einer halben Stunde wird das Wasser in den geschwärzten Flaschen bereits deutlich wärmer sein als das in der anderen.

Für die folgenden Versuche benötigst du die ungeschwärzte Flasche nicht mehr.

Teil 2:

Mit der einfachen Methode von Teil 1 können noch keine hohen Temperaturen erreicht werden. Besser geht es, wenn die Wärme nicht wieder verloren geht. Dafür eignet sich die Kühlbox.

TIPP:

Anstelle der Kühlbox kann auch ein mit Dämmmaterial isolierter Karton verwendet werden.

Fülle sie so weit mit Dämmstoff, dass zwischen der Oberkante der anschließend hineingelegten Flaschen und dem Deckel der Box nur noch 5 bis 10 cm Platz bleiben. In den Dämmstoff drückst du eine Mulde, damit die Flaschen nicht an den Rand rollen. Auf den Dämmstoff kommt noch ein schwarzes Blatt Papier. Lege dann die Flaschen so hinein, dass sich die geschwärzten Seiten unten befinden, wenn du die Box zur Sonne kippst. Zuletzt wird ein Stück Frischhaltefolie über die Box gezogen und mit Klebeband befestigt. Dann stellst du die Box in die Sonne und kippst sie so weit auf die Seite, dass die Sonne voll hineinscheint.



DER SOLARKOCHER

Mit dieser Konstruktion können bereits deutlich höhere Temperaturen als in Teil 1 des Versuchs erzielt werden. Um dies zu erkennen, ohne all zu lange warten zu müssen, kann bereits 45° C warmes Wasser (heißes Spülwasser) in die Flaschen eingefüllt werden. Die Temperatur des Wassers wird sich in deinem einfachen Kollektor tatsächlich noch weiter erhöhen.

Teil 3:

Noch effizienter wird unser Kollektor, wenn wir durch Spiegel zusätzliche Sonnenstrahlen auf die Flaschen lenken. Dazu legst du statt der schwarzen Pappe ein Stück Alufolie unter die Flaschen.

HINWEIS:

Schau aus Richtung Sonne von oben in den Karton! Die Konstruktion ist gelungen, wenn die Alufolie schwarz erscheint, weil sich in ihr die schwarzen Flaschen spiegeln.

Decke die Apparatur wieder mit der Klarsichtfolie ab und richte sie auf die Sonne aus. Die Temperatur wird schneller steigen und einen höheren Wert erreichen als in Teil 2. Wenn der Versuch länger dauert, muss der Kollektor immer wieder genau auf die Sonne ausgerichtet werden. In diesem Kocher könnte das Wasser sogar bis zum Siedepunkt erhitzt werden! Spätestens wenn sich der Boden der Plastikflaschen ausbeult, ist der Versuch beendet. Das Wasser wird dann etwa 80° C heiß sein.



ACHTUNG:

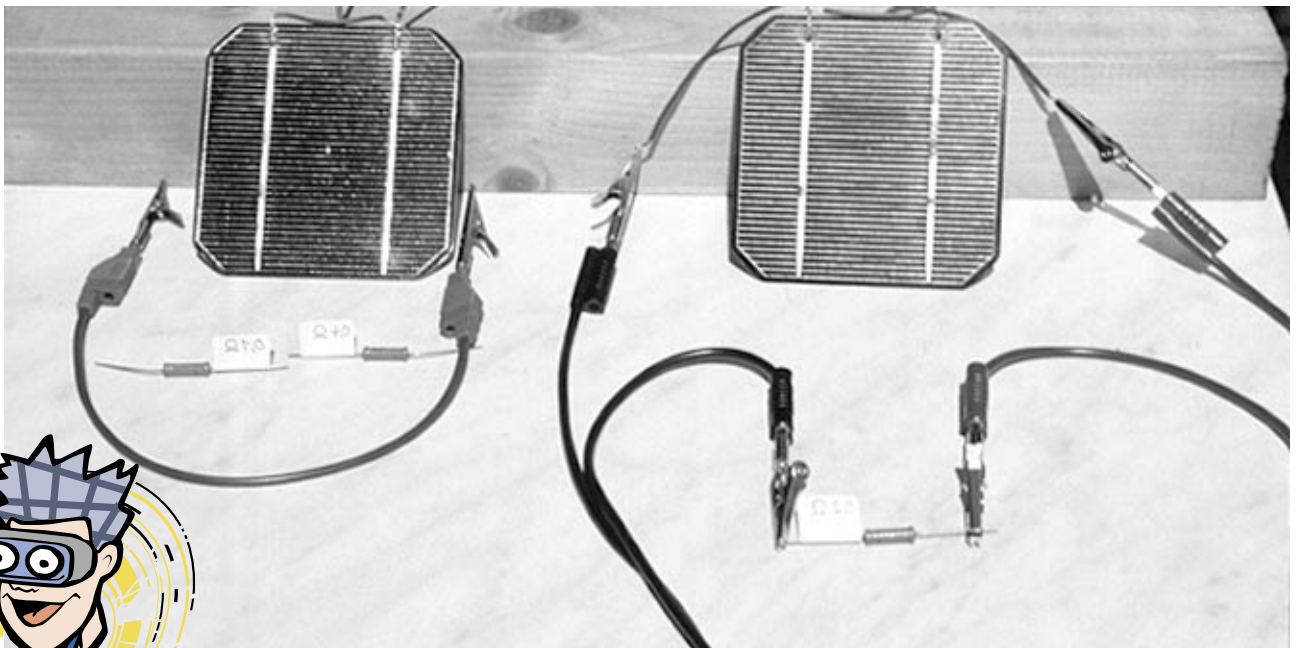
Auf keinen Fall fest verschlossene Glasflaschen verwenden, da diese platzen könnten! Wenn sich die Kunststoffflaschen ausbeulen, sofort den Versuch beenden!

PHOTOVOLTAIK UND SOLARZELLEN

DIE SONNE KNIPST DAS LICHT AN

Die Sonne schickt jeden Tag eine riesige Menge Energie zur Erde. Einen Teil davon spüren wir als Sonnenwärme. Diese Wärme wird inzwischen immer mehr genutzt, um daraus Energie zu gewinnen, zum Beispiel indem Wasser erwärmt wird. Nun hat man nicht immer gerade Wasser zur Hand und außerdem kann man mit warmem Wasser nur schwer einen Föhn oder ein Radio betreiben. Elektrischer Strom dagegen lässt sich besonders vielseitig einsetzen und leicht transportieren. Deshalb ist es toll, dass man das Sonnenlicht direkt in Strom umwandeln kann. Ein paar Schlauköpfe haben dafür die Solarzelle erfunden. Allerdings liefert eine einzelne Solarzelle ziemlich wenig Strom. Aber was ist, wenn man mehrere nimmt?

Wandelt die Solarzelle tatsächlich Licht in Strom um? Und wie müsste man am besten mehrere Zellen zu einer Anlage zusammenschließen? Und funktioniert das auch im Schatten?



VERSUCH

Teil 1: Leistung und Leistungsanpassung von Solarzellen

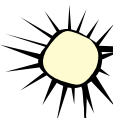
Benötigte Materialien:

- zwei Solarzellen, Abmessungen 10 x 10 cm
- drei Widerstände (0,1 Ω ; 0,2–0,25 Ω ; 0,4–0,5 Ω ; gleiche Bauform, Bauteillänge ca. 15 mm)
- (dicke) Experimentierkabel, Krokodilklemmen

HINWEIS:

Die Solarzellen und alle weiteren benötigten Materialien sind im Elektronikfachhandel erhältlich. Sie können beispielsweise auch über das Internet unter www.conrad.de bezogen werden.

Schließe den 0,2 Ω -Widerstand an eine der Solarzellen an und richte die Solarzelle auf die Sonne aus. Bei klarem Himmel wird der Widerstand nach spätestens drei Minuten ziemlich heiß sein. Wenn dies trotz kräftigen Sonnenscheins nicht der Fall sein sollte, so sind vermutlich die Experimentierkabel zu dünn oder zu lang. Der Widerstand kann auch ohne zusätzliche Experimentierkabel direkt mit den Anschlüssen der Solarzelle verbunden werden.



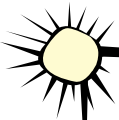
SONNENKLAR!

Warum wird der Widerstand heiß? Was lässt sich daraus für die Arbeitsweise der Solarzelle schließen?

PHOTOVOLTAIK UND SOLARZELLEN

Jetzt schaltest du zwei Zellen hintereinander. Man nennt dies Reihen- oder Serienschaltung. Dabei wird der Anschluss von der Rückseite der ersten Zelle mit dem Anschluss von den Kontaktfingern auf der Vorderseite der zweiten Zelle verbunden. Der Stromkreis wird jetzt mit dem $0,4 \Omega$ -Widerstand geschlossen. Wenn du jetzt die beiden Solarzellen in die Sonne bringst, wird der Widerstand schon innerhalb einer Minute so heiß sein, dass man ihn kaum noch anfassen kann. Ersetze nun den $0,4 \Omega$ -Widerstand durch einen $0,1 \Omega$ -Widerstand. Dieser wird nur noch lauwarm werden.

Verbinde die beiden Solarzellen jetzt mittels Parallelschaltung. Dabei werden sowohl die rückseitigen als auch die vorderseitigen Kontakte der beiden Zellen miteinander verbunden. Den Stromkreis schließt du jetzt über den $0,1 \Omega$ -Widerstand und bringst die Zelle in die Sonne. Der Widerstand wird ähnlich schnell heiß werden wie vorher bei der Reihenschaltung. Wenn du jetzt den $0,1 \Omega$ -Widerstand durch den $0,4 \Omega$ -Widerstand ersetzt, wird dieser nur noch lauwarm.



SONNENKLAR!

Erhöht sich die Leistung, wenn man mehrere Solarzellen kombiniert? Kommt es darauf an, wie die Zellen verschaltet werden? Hängt die Leistungsentwicklung vom Endverbraucher ab? Was folgt daraus für die Planung einer Solaranlage, die aus mehreren Zellen besteht?

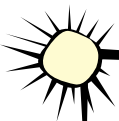
Teil 2: Die Strom-Spannungs-Kennlinie der Solarzelle (I-U-Kennlinie)

Zusätzlich benötigtes Material:

– ein Amperemeter (Messbereich größer $2,5 \text{ A}$) und ein Voltmeter

Kurzschlussstrom und Leerlaufspannung:

Eine Solarzelle wird in die Sonne gelegt und an das Amperemeter angeschlossen. Das Amperemeter zeigt jetzt den so genannten Kurzschlussstrom an. Das ist der maximal möglich e Strom der Solarzelle bei vorgegebener Sonneneinstrahlung. Notiere diesen Kurzschlussstrom. Dann schattest du die Solarzelle ab (z. B. mit einem Blatt Papier in 1 m Entfernung) und notierst wieder den Wert. Jetzt schließt du statt des Amperemeters das Voltmeter an. Dieses zeigt jetzt die so genannte Leerlaufspannung an. Das ist die maximal mögliche Spannung der Solarzelle bei vorgegebener Sonneneinstrahlung. Notiere jetzt die Leerlaufspannung bei voller Sonneneinstrahlung und im abgeschatteten Zustand. Der Kurzschlussstrom geht durch die Abschattung auf einen Bruchteil seines unverschatteten Ausgangswertes zurück. Die Leerlaufspannung hingegen wird durch die Abschattung nur geringfügig zurückgehen.



SONNENKLAR!

Man nennt dieses unterschiedliche Verhalten von Kurzschlussstrom und Leerlaufspannung bei Solarzellen „nicht-lineares Verhalten“. Welche Auswirkungen dies genau hat, wird im Folgenden noch untersucht. Auf welche äußeren Umstände muss bei der Planung einer Solaranlage aber auf jeden Fall geachtet werden?

I-U-KENNLINIE

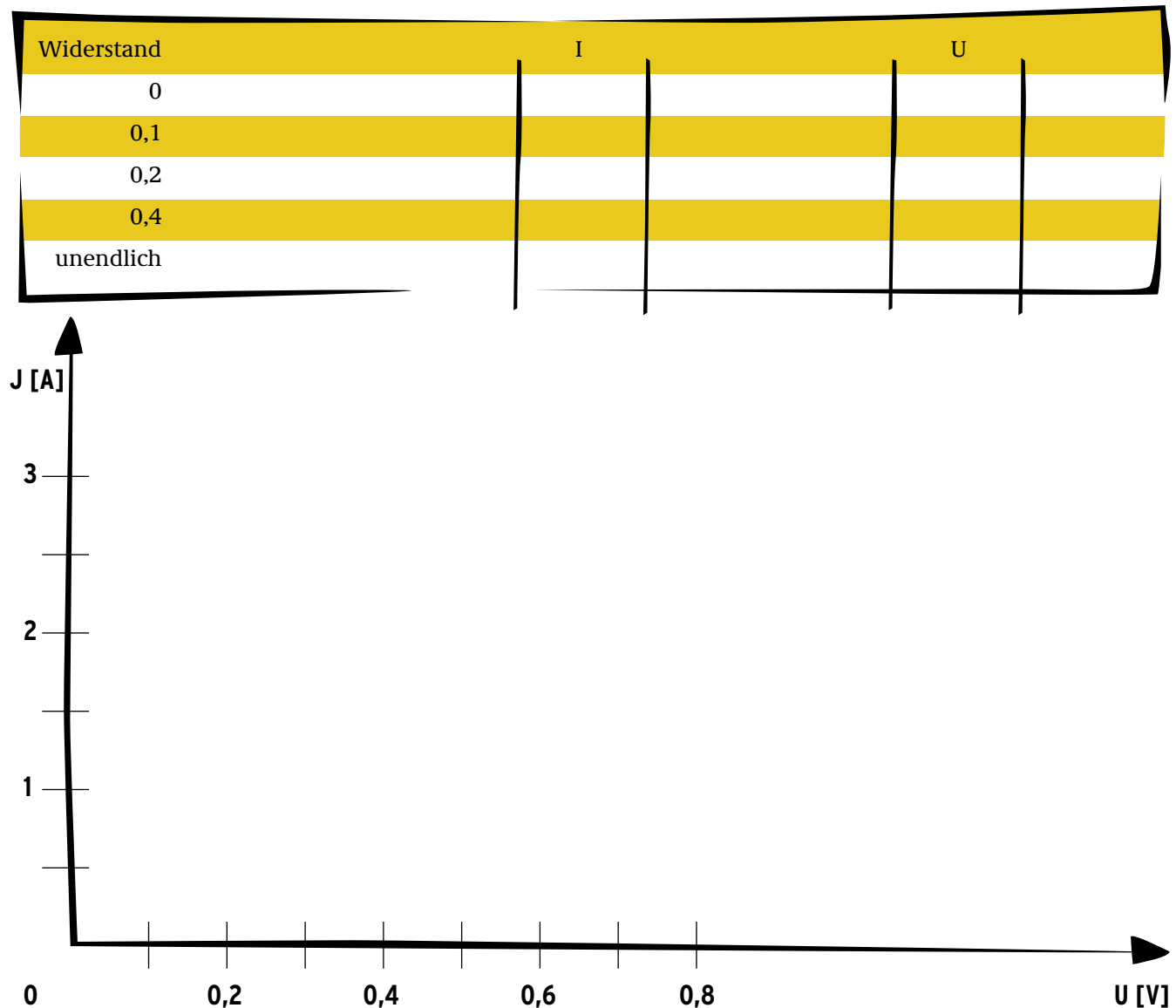
Wettervoraussetzung:

Für diesen Versuch sind einige Minuten mit konstanter Sonneneinstrahlung nötig.

Nimm eine der Solarzellen, schließe den $0,1 \Omega$ -Widerstand an und lege die beiden anderen Widerstände bereit. Das Amperemeter wird zusätzlich in den Stromkreis eingefügt. Mit dem Voltmeter wird die Spannung an den Kontakten der Solarzelle abgegriffen. Jetzt wartest du einen Moment mit voraussichtlich konstanter Sonneneinstrahlung ab und misst nacheinander die Strom- und Spannungswerte, wenn die folgenden Widerstände in den Stromkreis eingefügt sind:

1. 0Ω (Kurzschluss, d. h. der $0,1 \Omega$ -Widerstand wird mit einem kurzen Kabel überbrückt oder die für das rechte und linke Ende des Widerstandes vorgesehenen Anschlüsse des Stromkreises werden direkt miteinander verbunden)
2. $0,1 \Omega$
3. $0,2 \Omega$
4. $0,4 \Omega$
5. unendlicher Widerstand (offener Stromkreis mit $I = 0$, gemessen wird die Leerlaufspannung U_0)

PHOTOVOLTAIK UND SOLARZELLEN

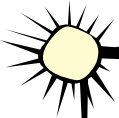
**Auswertung:**

- Zeichne die fünf Wertepaare für Strom und Spannung in ein Diagramm ein (x-Achse für die Spannung, y-Achse für die Stromstärke). Wo würden sich weitere Werte auf der so genannten I-U-Kennlinie ergeben, wenn du auch noch mit anderen Widerständen, z. B. $0,3 \Omega$, gemessen hättest?
- Die elektrische Leistung P (= Power) errechnet sich nach der Formel $P = I \cdot U$. Zu jedem Punkt auf der I-U-Kennlinie gehört eine andere Leistung P der Solarzelle. Bildlich entspricht sie der Fläche eines Rechtecks aus den beiden Kantenlängen U bzw. I (also dem x- bzw. y-Wert des Punktes auf der I-U-Kennlinie). Zeichne dieses Rechteck zu dem zum Widerstand $0,2 \Omega$ gehörigen Punkt ein und schraffiere es. Zeichne zwei weitere Rechtecke für die zu $0,1 \Omega$ und $0,4 \Omega$ gehörigen Punkte ein. Welches der drei Rechtecke ist das größte? Derjenige Punkt auf der I-U-Kennlinie, für den sich das größte Rechteck und damit auch die größte Leistung ergibt, heißt MPP – Maximum Power Point. Der Widerstand aus Teil 1 des Versuchs wird am schnellsten heiß, wenn er so gewählt wird, dass der MPP getroffen wird. (Um einen Punkt auf der I-U-Kennlinie mit den Strom- und Spannungswerten I_1 und U_1 genau zu treffen, ist der Widerstand R_1 im Stromkreis so zu wählen, dass $R_1 = U_1/I_1$.)
- Bei Parallel- und Reihenschaltung verhalten sich zwei Solarzellen ähnlich wie zwei Batterien, d. h. bei Reihenschaltung verdoppeln sich die Spannungen und die Ströme bleiben konstant, während sich bei Parallelschaltung die Ströme verdoppeln und die Spannungen konstant bleiben.
- Zeichne in die Grafik die I-U-Kennlinie für die Reihenschaltung aus zwei Solarzellen ein. Wo liegt ungefähr der MPP? Welchen Punkt auf der Kennlinie haben wir bei der Erhitzung des $0,4 \Omega$ -Widerstandes in Teil 1 des Versuchs getroffen? (Zur Erinnerung: Widerstand $R = U/I$.)
- Zeichne in die Grafik die I-U-Kennlinie für die Parallelschaltung von zwei Solarzellen ein. Wo liegt ungefähr der MPP? Wie groß muss der Widerstand im Stromkreis sein, damit dieser MPP getroffen wird?

PHOTOVOLTAIK UND SOLARZELLEN

Für die ganz Ausgeschlafenen:

Ermittle die Höhe des (unerwünschten) Widerstandes R_{Kabel} in den Experimentierkabeln. Dieser ergibt sich nach der Formel $R_{\text{Kabel}} = U / I_{\text{KS}}$ wobei I_{KS} der Kurzschlussstrom ist, den du bereits gemessen hast, und U die zugehörige Spannung, welche direkt an den Kontakten der Solarzelle gemessen wurde. Der Wert des Widerstandes in den Kabeln sollte kleiner als $0,02 \Omega$ sein, da sonst die Versuchsergebnisse zu ungenau werden. Ist das nicht der Fall, sollten beim nächsten Mal dickere oder kürzere Kabel verwendet werden.



SONNENKLAR!

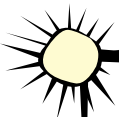
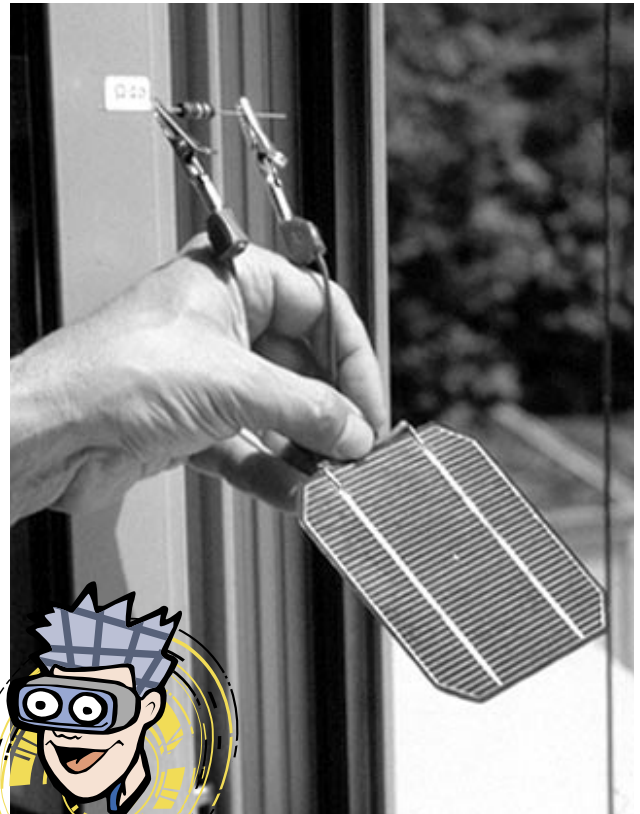
Die maximale Leistung von Solarzellen liegt bei ganz bestimmten Spannungs- und Stromwerten. Wie man diesen so genannten Maximum Power Point bestimmt, habt ihr gerade gelernt. Die maximale Leistung hängt also entscheidend davon ab, ob der angeschlossene Stromverbraucher, z. B. ein Elektromotor, an diese Werte angepasst ist. Was bedeutet das für die Planung von Solaranlagen?

Teil 3: Teilweise Abschattung von Photovoltaik-Anlagen

Einführung:

Die meisten auf Hausdächern eingesetzten Solarmodule bestehen aus einer größeren Anzahl von Solarzellen, die in Reihe geschaltet sind. Die gesamte PV-Anlage (Photovoltaik) auf dem Dach besteht wiederum aus einer größeren Anzahl von Modulen, die sowohl in Reihe als auch parallel geschaltet sein können. PV-Anlagen reagieren empfindlich auf teilweise Abschattungen (z. B. durch einen Schornstein). Der folgende Versuch macht dies deutlich. Er geht über die Grundlagen der Photovoltaik hinaus.

1. Baue wieder eine Reihenschaltung aus zwei Solarzellen wie in Teil 1 des Versuchs auf und setze anstelle des $0,4 \Omega$ -Widerstandes ein Amperemeter ein. Damit misst du den Kurzschlussstrom. Jetzt legst du auf eine der beiden Zellen ein Blatt Papier. Der Kurzschlussstrom wird nahezu auf Null zurückgehen, obwohl die zweite Solarzelle noch voll der Sonne ausgesetzt ist.
2. Baue wieder eine Parallelschaltung aus zwei Solarzellen wie in Teil 1 des Versuchs auf. Anstelle des $0,1 \Omega$ -Widerstandes setzt du ein Voltmeter. Damit misst du die Leerlaufspannung. Jetzt deckst du eine der beiden Zellen mit einem Stück Pappe ab. Die Leerlaufspannung wird deutlich zurückgehen, obwohl die zweite Solarzelle noch der vollen Sonneneinstrahlung ausgesetzt ist. Durch die besonnte Solarzelle muss bei dieser Spannung gemäß der in Teil 2 unseres Versuchs ermittelten I-U-Kennlinie ein kräftiger Strom fließen. Du kannst dies mit einem Amperemeter prüfen. Dieser Strom fließt in normaler Richtung durch die besonnte und „rückwärts“ durch die abgedeckte Solarzelle.



SONNENKLAR!

Egal, wie mehrere Solarzellen zusammengeschaltet werden: Eine einzige verschattete Zelle kann die Leistung der gesamten Anlage zunichte machen! Was bedeutet dies für die Planung von Photovoltaik-Anlagen? Und für die ganz Ausgeschlafenen: Mit welchen technischen Maßnahmen könnte man diesen unerwünschten Effekt verhindern?

HOLZ ENTWÄSSERN

Schon unsere fernen Vorfahren in der Steinzeit haben aus Biomasse Energie gewonnen. Wie? Ganz einfach, indem sie Holz verbrannten und sich am Feuer wärmten oder ein schönes Mammutsteak grillten. Ist das altmodisch? Keineswegs! Ingenieurinnen und Ingenieure interessieren sich inzwischen sehr für diese Art der Energiegewinnung und konstruieren Kessel, die ganze Häuser nur mit Holz beheizen. Damit das Feuer aber so richtig lodern kann, müssen noch ein paar Fragen geklärt werden:

Wie viel Feuchtigkeit enthält frisches Holz?
Brennt Holz ohne Feuchtigkeit besser?
Wie kann man Holz entwässern?

Benötigte Materialien:

- frisches Aststück von einem Nadelbaum (Durchmesser ca. 4 cm, Länge ca. 15 cm)
- Briefwaage
- Bindendraht
- Streichhölzer
- Säge, Taschenmesser

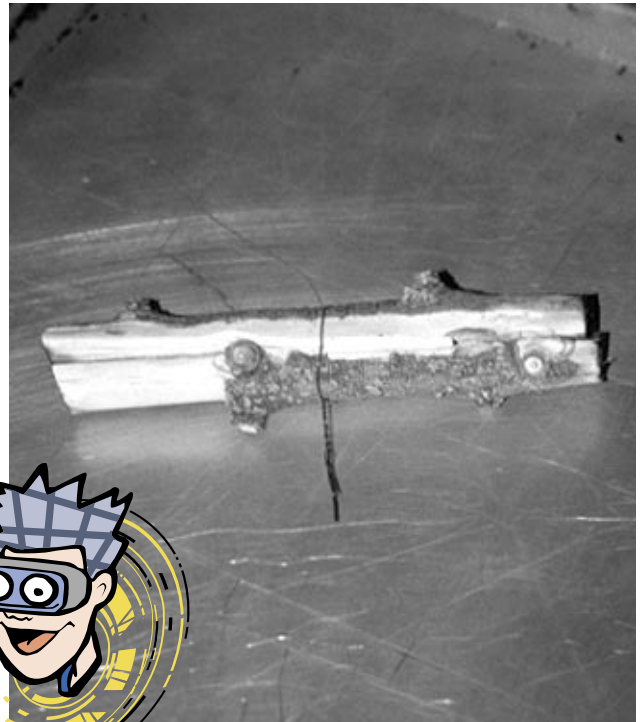
Vorbereitung:

Säge von dem Aststück ein etwa 1,5 cm langes Stück ab und zerteile es weiter in kleinere Stückchen. Jedes der Stückchen soll ungefähr 0,6 Gramm wiegen, 40 Stückchen sollten auf der Briefwaage etwa 26 Gramm wiegen. Das verbleibende Aststück spaltest oder zersägst du der Länge nach in zwei Hälften.

Klemme zwischen die beiden Asthälften zwei Holzstückchen, so dass zwischen den Hälften ein Spalt von 0,5 bis 1 cm bleibt, und fixiere die Konstruktion mit Bindendraht.

VERSUCH

- Jetzt versuchst du, ob du an einem Ende die Asthälften mit einem Streichholz anzünden kannst. Selbst wenn du zwei oder drei Streichhölzer nacheinander benutzt, wird es dir kaum gelingen.
- Nun wiegst du die 40 Holzstückchen auf der Briefwaage und notierst deren Gewicht. Dann schiebst du den Ast und die Holzstückchen auf einem Blech in den Backofen und trocknest sie bei einer Backofentemperatur von etwa 130° C (oder auf der niedrigsten Stufe, falls keine Temperaturskala vorhanden ist) eine halbe Stunde lang. Das Holz soll beim Trocknen nicht braun werden. Danach legst du die 40 Holzstückchen wieder auf die Waage und notierst das neue Gewicht. Sie sind leichter geworden, da ein Teil des im frischen Holz enthaltenen Wassers verdampft ist. Dann kommen die Teile nochmals für eine halbe Stunde in den Backofen. Danach wird wieder gewogen. Diese Prozedur könnte fortgesetzt werden, bis sich das Gewicht der Holzstückchen nicht mehr ändert. So ließe sich genau feststellen, wie viel Wasser in dem frischen Holz enthalten war. Für uns soll es aber genug sein, wenn die Holzstückchen nur noch halb so viel wie am Anfang wiegen. Das Aststück ist inzwischen auch viel leichter geworden, und der Bindendraht muss etwas nachgespannt werden, da das Holz ein wenig geschrumpft ist.
- Der folgende Versuchsteil findet im Freien statt. **ACHTUNG:** Einen Eimer mit Wasser in der Nähe bereit halten! Wenn du jetzt ein Streichholz an den Ast hältst, wird sich das trockene Holz tatsächlich viel leichter entzünden als der frische Ast. Am besten brennt es im Spalt zwischen den beiden Asthälften.



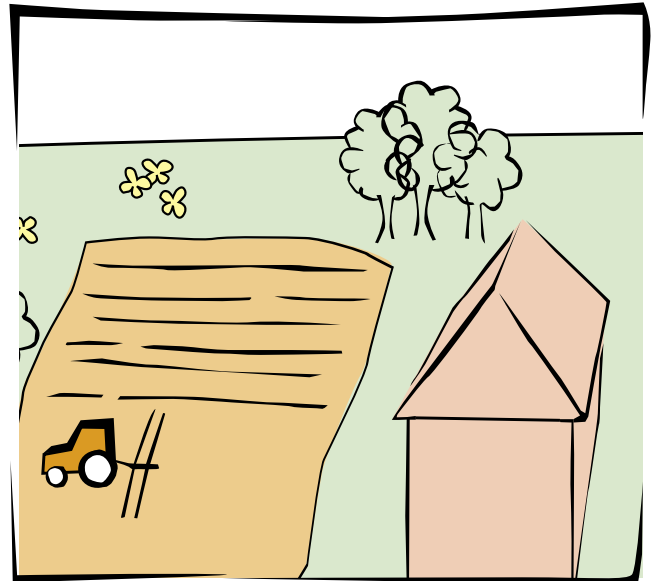
HOLZ ENTWÄSSERN

Trockenes Brennholz fängt nicht nur leichter Feuer, es hat noch weitere Vorteile: Zum einen erhöht ein großer Wasseranteil das Gewicht des Brennmaterials, zum anderen muss das enthaltene Wasser beim Verbrennen mit einem Teil der Energiemenge erst verdampft werden.

Beispiel:

Mit einem kg völlig trockenen Holzes (Wassergehalt 0 Prozent) können 5,2 kWh Wärmeenergie erzeugt werden. Bei einem Wassergehalt von 25 Prozent sinkt dieser Wert auf 3,7 kWh/kg. Bei frisch geschlagenem Holz mit einem Wassergehalt von 60 Prozent beträgt der Heizwert nur noch 1,6 kWh/kg.

Sepp freut sich. Das frische Fichtenholz für den Ofen wurde direkt an der Haustür abgeladen. Bisher musste er über den ganzen Hof laufen, um die seit einem Jahr an der Scheunenwand gestapelten Holzscheite zu holen. Der Ofen heizt das Wohnzimmer, und im Dezember musste Sepp dafür immerhin täglich 15 Kilogramm Holz schleppen. Seine ältere Schwester meinte allerdings, er solle sich nicht zu früh freuen.



AUFGABE

Beantworte folgende Fragen:

1. Was hat Sepp in seiner Freude, nicht mehr über den Hof laufen zu müssen, möglicher Weise übersehen?
2. Welche Menge frisches Holz (Wassergehalt 60 Prozent) muss Sepp anstelle der bisherigen Menge von 15 Kilogramm jetzt schleppen, damit das Wohnzimmer genau so warm wird wie bisher?
Hinweis: Der Wassergehalt des gelagerten Holzes liegt bei 25 Prozent.

HOLZVERGASER

Ein sehr großer Teil des Energieverbrauchs geht heute auf das Konto des Autoverkehrs. Ganz klar: Die Millionen von Autos verbrennen ja in ihren Motoren immerzu Benzin oder Diesel, die beide aus Erdöl gemacht werden. Dabei entsteht ... richtig: jede Menge des Klimakillers CO₂. Doch was soll man tun? Das Autofahren verbieten? Das möchten die meisten wahrscheinlich nicht. Aber vielleicht gibt es andere Möglichkeiten, Treibstoff für die Motoren herzustellen.

Zum Beispiel gibt es ja einen Stoff, von dem wir in Deutschland eine Menge haben und der auch immer wieder nachwächst: Holz! Natürlich kann man Holz nicht in den Tank stecken. Aber vielleicht kann Holz zu einem Treibstoff für Motoren verwandelt werden?

Benötigte Materialien:

- Fingerhut
- Alufolie
- Bindendraht
- Teelicht
- Streichhölzer
- Taschenmesser

VERSUCH

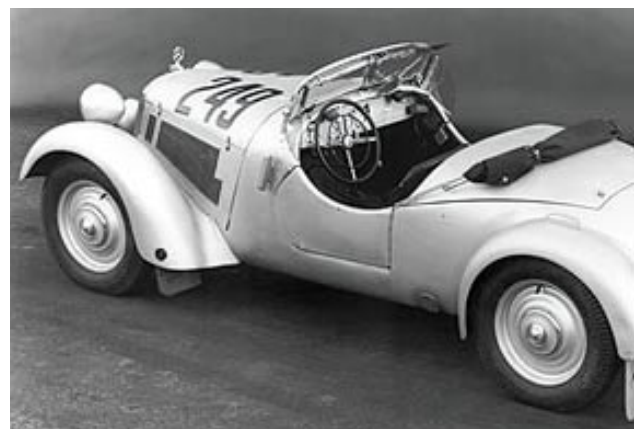
Schneide von zwei Streichhölzern die Pulverköpfchen ab und zerschneide die Stiele in jeweils acht bis zehn kleine Schnitzel. Die füllst du in einen Fingerhut aus Metall. Auf die Öffnung des Fingerhuts ein Stückchen Alufolie legen und über den Rand herum gut festdrücken, so dass das Hütchen verschlossen ist. Nun bindest du das Ende eines etwa 15 Zentimeter langen Blumendrahtes fest um den Rand des Fingerhutes herum, verdrehst ihn und lässt das andere Ende als Halter abstehen. Pikse mit einer kleinen Nadel ein Loch in die Mitte des Foliendeckels – fertig ist der Mini-Gasgenerator.

Dann entzündest du ein Teelicht und hältst den Boden des Fingerhütchens mit einer Wäscheklammer über die Flamme: Nach kurzer Zeit entweicht aus dem Löchlein ein dünner, heller Rauchfaden. Halte es kurz an die Flamme des Teelichts: Über dem Löchlein im Deckel flackert jetzt ein kleines Flämmchen. Der Rauch enthält das brennbare Holzgas. Nun hältst du deinen „Generator“ wieder über das Teelicht, bis das Flämmchen auf dem Fingerhut erloschen ist. Warte einen Moment, entferne den Deckel und sieh hinein: Die Holzstückchen haben sich in Holzkohle verwandelt.

Durch geeignete Vorrichtungen lässt sich auch noch die Holzkohle vergasen. Apparaturen, die dies auf kleinem Raum leisten können, heißen Holzvergaser. Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden mit solchen auf der Ladefläche befindlichen Holzvergasern Lastwagen betrieben. Das Holzgas wechselt aber in der Zusammensetzung und enthält außerdem Teer. Es schadet daher auf die Dauer dem Motor. Seit Jahrzehnten wird versucht, Holzvergaser herzustellen, die ein sauberes motorentaugliches Gas liefern. Wenn dies gelingt, kann Holz für die Stromerzeugung in kleinen Blockheizkraftwerken genutzt werden. Viele Klimaschützer warten seit langem darauf. Bisher ist die Stromherstellung aus Holz nur über den Umweg der Dampferzeugung möglich. Dies funktioniert nur in großen Anlagen mit Feuerungsleistungen über 2.000 kW.

Das Bild zeigt den Mercedes-Benz 170 V. In der Version 170 VG mit Holzgas-Generator, gebaut zwischen 1939 und 1942, war er unabhängig vom Benzin. Sein Motor leistete 22 PS bei 3.200 Umdrehungen, die Höchstgeschwindigkeit betrug 80 km/h. Das Reserverad wurde aufs Dach geschnallt. Der Verbrauch: 15 Kilogramm Generatorholz auf 100 Kilometer, Reserve 30 Kilogramm.

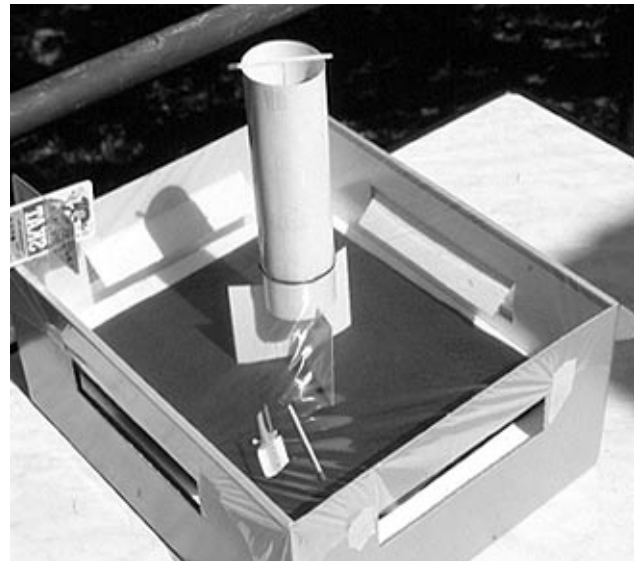
Die von Daimler-Benz entwickelte, als sehr effizient gelobte Gas-Generatoranlage gab es auch zum nachträglichen Einbau. Sie funktionierte mit jeder Art von Kohle, Torf, Koks, Anthrazit- und Holzkohle. Kostenpunkt: 1.000 Reichsmark.



DAS AUFWINDKRAFTWERK - AUS SONNE ENTSTEHT WIND

Wie man aus Wind Energie gewinnen kann, ist ja eigentlich ein alter Hut. Früher hat man das mit Windmühlen gemacht, heute mit Windkraftanlagen. Das funktioniert bestens, und es ist eine sehr saubere Art der Energieerzeugung. Allerdings hat der Wind auch ein paar Nachteile: Er weht nicht immer und er weht häufig unterschiedlich stark. Kluge Leute haben sich deshalb überlegt, dass man den Wind irgendwie „einfangen“ müsste, damit er immer schön gleichmäßig weht.

Erwärmte Luft steigt bekanntlich nach oben. Und wenn die Sonne irgendwo auf die Landschaft scheint, dann erwärmt sich dort ja auch die Luft und steigt nach oben. Aber wie kann man auf diese Weise Energie gewinnen?



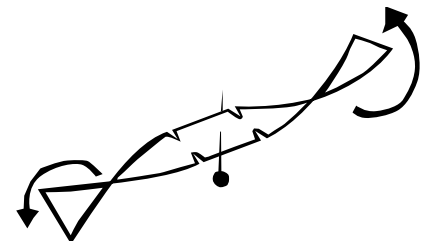
Benötigte Materialien:

- schwarzes und weißes Papier oder Pappe
- Tesafilm
- Styroporplatte (wenigstens DIN A2) oder ein großes Frotteehandtuch
- Plexiglasplatte (ca. DIN A2), Lochsäge (falls nicht verfügbar: siehe Varianten)
- Stecknadel mit rundem Kopf
- langes Streichholz (7 cm) oder dünner Holzstab
- 4 Vierkanthölzer o. ä. als Abstandhalter, Kantenhöhe ca. 5 cm

Vorbereitung:

In die Plexiglasplatte wird mit einer Lochsäge ein Loch gesägt (Durchmesser ca. 6 cm). Dann rollst du ein Stück Pappe zusammen und verklebst es zu einem runden „Schornstein“ (Durchmesser wie das Loch im Plexiglas, Länge ca. 20 cm). Am unteren Ende des Schornsteins bringst du einige kleine Schnitte an, so dass dort die Pappe nach außen weggeknickt werden kann und du sie mit Tesafilm leicht am Rand des Lochs in der Plexiglasplatte befestigen kannst.

Aus dünner Pappe schneidest du jetzt einen Streifen (2 cm breit, 1 cm kürzer als der Durchmesser des Schornsteins). Genau in die Mitte des Streifens stichst du ein Loch, so dass sich der Streifen leicht beweglich auf die Stecknadel stecken lässt. Der Pappstreifen soll jetzt zu einem Propeller verdreht werden. Dazu schneidest du den Streifen mit insgesamt vier 8 mm langen Schnitten ein. Jetzt kannst du die beiden Enden des Streifens leicht gegeneinander in Propellerform verdrehen. Nachdem du den Propeller auf die Stecknadel (Kopf nach unten) gesteckt hast, soll er sich leicht drehen, wenn du ihn kurz anbläst, und sich einige Runden nachdrehen. Jetzt nimmst du das Streichholz und steckst die Nadel in der Mitte ein. Nun legst du das Streichholz oben quer auf den Schornstein, wobei der Propeller nach unten in den Schornstein hineinhängt und sich frei drehen kann.



VERSUCH

Du legst die Styroporplatte in die Sonne und darauf das schwarze Papier. Die Kanthölzer legst du an die Ränder der Platte (mit mindestens 6 cm Platz zwischen den Hölzern) und darauf die Plexiglasplatte mit dem Schornstein. Den Propeller hängst du in den Schornstein. Nach kurzer Zeit beginnt der Propeller sich zu drehen. Werden die Vierkanthölzer so weit zusammengeschoben, dass keine Luft mehr nachgesaugt werden kann, bleibt der Propeller stehen. Was geschieht, wenn du statt des schwarzen weißes Papier auf die Styroporplatte legst? Dreht sich der Propeller schneller oder langsamer?

VARIANTEN

Die Plexiglasscheibe lässt sich durch Plastikfolie ersetzen, die über einen Pappkarton gespannt wird. In die Plastikfolie muss ein Loch geschnitten werden, dessen Durchmesser etwa 1 cm kleiner ist als der Schornstein. Die Folie gibt nach, wenn der Schornstein hindurchgeschoben wird. Zwei Spielkarten, die zur Hälfte eingeschnitten und dann kreuzweise ineinander gesteckt werden, stützen den Schornstein im Karton ab. Der Schornstein kann ruhig einige cm unterhalb der Folie enden. Auf jeder Seite des Kartons sind Luftlöcher anzubringen, die mindestens so groß wie die Öffnung des Schornsteins sein sollen.

EXPERIMENT: WÄRMEDÄMMUNG

Strom und Wärme für die Wohnung werden heute zum größten Teil durch das Verbrennen von so genannten fossilen Energieträgern, also zum Beispiel Erdöl, Kohle oder Erdgas, erzeugt. Dabei wird jede Menge CO₂ in die Luft geblasen. CO₂ ist aber schädlich fürs Klima. Deshalb suchen die Menschen immer dringender nach Möglichkeiten, weniger CO₂ zu produzieren.

Ein Weg ist es, Strom und Wärme mit erneuerbaren Energien zu erzeugen, also mit Hilfe von Wind, Sonne, Wasserkraft und Co. Denn dabei fällt kein zusätzliches CO₂ an, und außerdem ist jede Menge von diesen Energieträgern vorhanden.

Weil das aber noch ein langer Weg ist, muss nach weiteren, vielleicht sogar schnelleren Möglichkeiten für weniger CO₂ gesucht werden. Die schlaue Idee: Wenn weniger Energie verbraucht wird, wird auch weniger CO₂ erzeugt. Das ist logisch. Also heißt es, Energie einzusparen. In Haushalten wird die meiste Energie für Heizung und Warmwasser verbraucht, denn leider kühlen erwärmte Dinge immer wieder ab. Wenn man das Abkühlen hinauszögern könnte, also dafür sorgt, dass Wasser länger warm bleibt, dann wäre der Energieverbrauch niedriger.

Wie kann also die Auskühlung von Häusern oder anderen Gegenständen möglichst lange hinausgezögert werden?

Benötigte Materialien:

- durchsichtiges Joghurtglas mit Deckel (Weißglas)
- Teelichte (Paraffin)
- beliebiges Wärmedämmmaterial

Vorbereitung:

Dieser Versuch ist als Wettbewerb in eurer Klasse besonders spannend. Bildet dazu mehrere Teams. Ziel ist es, einen heißen Gegenstand (das Joghurtglas) möglichst lange warm zu halten. Dazu bereitet jedes Team eine Wärmedämmung für ihr Joghurtglas vor (z. B. einen Wollschal, einen mit Zeitungspapier gefüllten Karton ...).

VERSUCH

In einem Topf wird Wasser zum Kochen gebracht, z. B. zwei Liter. Dann wird dazu die halbe Menge kaltes Wasser, also 1 Liter, aus dem Wasserhahn hinzugefügt. Die Mischung aus kochendem und kaltem Wasser wird dann bei etwa 70° C liegen. Jetzt füllt ihr mit diesem Wasser die Joghurtgläser der beteiligten Teams. Bevor die Deckel wieder fest auf die Gläser geschraubt werden, kommt noch in jedes Glas ein Stück Paraffin von einem Teelicht (ein Viertel von einem Licht genügt).

Anschließend wird das Glas mit dem durchsichtigen Boden nach oben (Achtung: unbedingt vorsichtig sein! Sicherheitshalber noch einmal überprüfen, ob der Deckel wirklich fest geschlossen ist!) in die vorbereitete Wärmedämmung eingebracht. Das weiße Paraffinstück wird nach einigen Minuten geschmolzen sein. Danach ist es vom heißen Wasser in dem Glas nicht mehr unterscheidbar.

Von Zeit zu Zeit kontrolliert jedes Team, ob sich die ersten Anzeichen zeigen, dass das Paraffin wieder fest wird (dann hat das Wasser noch eine Temperatur von ca. 54° C). Dazu muss die Wärmedämmung kurz so weit geöffnet werden, dass der Boden des Glases sichtbar wird. Wessen Paraffin bei der Kontrolle noch vollständig durchsichtig war, trägt den Namen seines Teams in eine Liste ein. Das Team, das als letztes seinen Namen in die Liste eintragen kann, hat gewonnen.

TIPP:

Zu oft nachsehen mindert die Siegeschancen. Deshalb sollten regelmäßig alle Teams gleichzeitig nachschauen.

EXPERIMENT: WÄRMEDÄMMUNG

WÄRMELEITFÄHIGKEITEN VERSCHIEDENER STOFFE

	Wärmeleitfähigkeit im Vergleich mit Holz	Wärmeleitfähigkeit W/(m·K)
Silber	3.800	458
Eisen	560	67
Granit, Marmor	23	2,8
Trockenes Nadelholz (quer zur Faser)	1,0	0,12
Frischer Schnee	1,1	0,11
Glas- oder Steinwolle	1/3	0,035–0,050
Polystrolschaum (Styropor)	1/4	0,025–0,040
Bettfedern	1/5	0,024
Stehende Luft (bei 0° C)	1/5	0,024
Krypton (bei 0° C, wird in hochwertigen Fenstern verwendet)	1/13	0,009
Brom	1/28	0,004

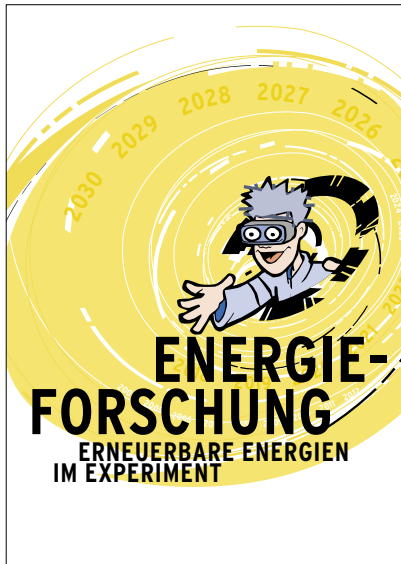
Anmerkung:

Die Unterschiede verschiedener Materialien bei der Wärmeleitung sind sehr groß. Der beste unterscheidet sich vom schlechtesten Wärmeleiter mit einem Faktor von 100.000. Stehende Luft ist ein sehr schlechter Wärmeleiter. Wärmedämmstoffe bestehen daher im Allgemeinen hauptsächlich aus Luft. Die Hauptaufgabe der festen Anteile in der Wärmedämmung ist es, dafür zu sorgen, dass die Luft im Dämmstoff nicht zirkulieren kann.

VARIANTE

Bei guter Wärmedämmung kann es bis zu zwei Stunden dauern, bis das Joghurtglas um 10° C abkühlt und das Paraffin wieder fest wird. Der Versuch kann abgekürzt werden, wenn ein passendes Thermometer vorhanden ist, mit dem z. B. nach einer halben Stunde die Temperatur in den Gläsern gemessen wird. Bei dieser Variante wird das Paraffin natürlich nicht benötigt. Das Glas sollte jetzt aufrecht gestellt werden, damit der Deckel für die Temperaturmessung leicht zugänglich ist (evtl. kann auch ein passendes Loch für das Thermometer in den Deckel gebohrt werden).

HANDREICHUNG FÜR LEHRKRÄFTE



Experimente mit Formen der erneuerbaren Energien haben den großen Vorteil, dass sich ihr Zweck auch jüngeren Schülerinnen und Schülern leicht erschließt. Die Nutzung der Energie von Sonne, Wind und Biomasse sowie der Nutzen von Wärmedämmung weisen viele Bezüge zur Lebenswelt und -erfahrung auch von Jugendlichen auf. Nicht zuletzt sind praktische Anwendungen dieser Energienutzung heute auch im Alltag von Jugendlichen stärker präsent als je zuvor.

Die ausgewählten Experimente zeichnen sich dadurch aus, dass sie mit vergleichsweise einfachen Mitteln zu realisieren sind. Gleichwohl sind sie nicht trivial, sondern eignen sich zugleich als Vorbereitung zum einfachen wissenschaftlichen Arbeiten, zur Hypothesenbildung etc.

Unter diesen Gesichtspunkten eignen sich Experimente mit Erdwärme und Wasserkraft nicht für das vorliegende Material und wurden deshalb bewusst ausgespart. Für diese Formen der erneuerbaren Energien muss auf Betriebsbesichtigungen verwiesen werden. Unternehmen aus diesem Sektor, die sich zur Zusammenarbeit mit Schulen bereit erklärt haben, finden Sie zum Beispiel unter <http://www.unendliche-energie.de> > Projektpartner.

Die methodische Inszenierung sieht vor, dass die Klasse als Forschungsgruppe folgende Fragen beantworten soll:

- Welche erneuerbaren Energien gibt es und wie können sie praktisch genutzt werden?
- Wie viel Energie wird damit in Deutschland heute bereits erzeugt und wie viel CO₂ wird damit eingespart?
- Kann man Wärme länger speichern und damit Energie und noch mehr CO₂ einsparen?

LEHRPLANANBINDUNG

- Erzeugung und Speicherung von elektrischer Energie: ... Solarzellen ...
- Solarenergie: Solartechnik (Kollektoren ...)
- Wärmeenergie: ... Solarzelle, Solarkollektor
- Produktion im ökologischen Kreislauf: Einsatzmöglichkeiten regenerativer Energien
- Pflanzen als Energie- und Rohstofflieferanten der Zukunft
- Regenerative Energiequellen: Wärme und Licht, Nutzung des Sonnenlichts zur Wärme- und Stromerzeugung, Energiegewinnung durch Wind
- Experimentelle Untersuchungen am Sonnenkollektor
- Solarzelle, Photovoltaik als regenerative Energiegewinnung
- Stromerzeugung aus Sonnenwärme, erneuerbare Energien
- Bauen und Wohnen: Energiekosten
- Rationelle Verwendung von Energie
- Wärmetransport: ... Beispiele aus Umwelt und Technik unter Beachtung rationaler Nutzung der Wärmeenergie
- Bauen und Wohnen: energiesparende Technologie
- Wärmedämmung: Beispiele

HANDREICHUNG FÜR LEHRKRÄFTE

VERLAUFVORSCHLAG

- Vorab mit der Klasse einen Überblick über die erneuerbaren Energien erarbeiten und im Anschluss erläutern, dass sich die folgenden Experimente auf Solarthermie, Photovoltaik, Biomasse und Windenergie beziehen. Generelle Einsparung von Energie als wichtigen Beitrag zur CO₂-Reduktion erarbeiten und Wärmedämmung als eine Möglichkeit dazu entwickeln. Siehe dazu auch weitere Kapitel des Bildungsservice des BMU, besonders »Energie aus der Zukunft«, das grundlegende Fragen zum Vorhandensein natürlicher Energieströme und deren Nutzung behandelt.

– HINWEIS:

Experimente mit Erdwärme und Wasserkraft sind mit einfachen Mitteln und begrenztem Zeitumfang nicht realisierbar. Dies sollte bei der folgenden Aufteilung der Klasse in Arbeitsgruppen berücksichtigt werden. Es besteht jedoch die Möglichkeit, dennoch Gruppen für diese Energieformen einzuteilen und ihnen diesen Rechercheaufträge zu „ihren“ Energien zuzuweisen. Während die anderen Gruppen experimentieren, würden diese Gruppen dann z. B. im Internet recherchieren und ihre Ergebnisse dann ebenfalls vortragen.

- Die Klasse wird in Gruppen aufgeteilt, es folgt Stationenlernen mit Experimenten zu einzelnen Formen erneuerbarer Energien.

Tip:

Hinweise zum Stationenlernen und zu anderen kooperativen Lernformen finden Sie auf den Internetseiten des BLK-Programms „21“ – Bildung für eine nachhaltige Entwicklung (www.blk21.de).

- Da die Experimente mit vergleichsweise einfachen Mitteln durchgeführt werden können, bietet es sich an, Boxen (z. B. aus Schuhkartons o. ä.) vorzubereiten. In diesen finden die Schülerinnen und Schüler alle benötigten Materialien sowie die Experimentieranleitungen.

Tip 1:

Selbstverständlich können die Boxen auch von den Schülern selbst vorbereitet werden, z. B. als Hausaufgabe.

Tip 2:

Sollten die benötigten Materialien nicht vorrätig sein, finden Sie bei den Versuchsbeschreibungen gegebenenfalls Hinweise, wo Sie diese beschaffen können.

- Die Stationen werden in Gruppen bearbeitet.
- Die Gruppen tragen ihre Arbeitsergebnisse im Plenum vor.
- Die Arbeitsergebnisse werden dokumentiert und z. B. auf einer Wandzeitung dargestellt.

MATERIALIEN

1. Experimentiersets bestehen jeweils aus:

- Materialliste
- Experimentiervorschlägen
- Aufgabenstellungen

Es gibt sieben Sets zu folgenden Themen:

- Solarthermie 1 (Absorption)
- Solarthermie 2 (Solarkocher)
- Photovoltaik
- Biomasse 1 (Brennbarkeit von Holz)
- Biomasse 2 (Holzvergasung)
- Windkraft
- Wärmedämmung

2. Erläuterungen zu den Experimenten

3. Daten und Fakten

DATEN UND FAKTEN

SO VIEL ENERGIE AUS FOSSILEN ENERGIETRÄGERN WURDE 2003 IN DEUTSCHLAND DURCH ERNEUERBARE ENERGIEN EINGESPART:

Gesamter Primärenergieverbrauch in Deutschland 2003: 14.334 PJ

Einsparung (Strom, Wärme und Kraftstoff) in TWh (1 TWh = 3,6 PJ)

Braunkohle/Steinkohle	84,9
Gas	49,4
Öl	27,8
Dieselmkraftstoff	6,7
Kernenergie	15,0
Gesamt	183,8

Quelle: ZSW, Öko-Institut

SO VIEL CO₂-EMISSIONEN WURDEN IN DEUTSCHLAND 2003 DURCH ERNEUERBARE ENERGIEN VERMIEDEN:

Gesamte energiebedingte CO₂-Emissionen in Deutschland 2003: 836,6 Mio. t

Minderung der CO₂-Emissionen durch Strom und Wärme aus erneuerbaren Energien (in 1.000 t)

Strom	37.424
Wärme	13.948
Gesamt	51.372

Quelle: ZSW, Öko-Institut

VERMIEDENE CO₂-EMISSIONEN DURCH BIODIESEL 2003 (IN 1.000 t):

Biodiesel 2.355

Quelle: ZSW, Öko-Institut

DATEN UND FAKTEN

DIE ERNEUERBAREN KOMMEN

Das schätzen die Expertinnen und Experten: So viel Energie könnte künftig mit erneuerbaren Energien in Deutschland erzeugt werden.

Langfristiges Nutzungspotenzial erneuerbarer Energien für die Strom- und Wärmeerzeugung sowie den Kraftstoffverbrauch in Deutschland

Stromverbrauch	Nutzung 2003 (TWh)	mögliche zukünftige Nutzung pro Jahr (TWh/a)
Wasserkraft	20,4	24
Windenergie		
an Land	18,5	55
auf See	–	110
Biomasse	7,1	60
Photovoltaik	0,32	105
Geothermie	–	200
Summe	46,3	554
Anteil bezogen auf den Bruttostromverbrauch 2003	7,9 %*	94 %
Wärmerzeugung		
Biomasse	57	200
Geothermie	2	330
Solarthermie	2	290
Summe	61	820
Anteil bezogen auf den Endenergieverbrauch für Wärme 2002	4,1 %	55 %
Kraftstoffe		
Biomasse	7	60
Summe	7	60
Anteil bezogen auf den Kraftstoffverbrauch 2003	0,9 %	8 %
Anteil bezogen auf den Endenergieverbrauch 2002	4,4 %	56 %

Quellen: Arbeitsgemeinschaft DLR, ifeu, WI; Arbeitsgemeinschaft Öko-Institut, FhG-Umsicht, IE, ifeu, izes, TU Berlin, TU Braunschweig, TU München

*im ersten HJ 2004 waren es 10%

MÖGLICHE CO₂-EINSPARUNG DURCH WÄRMEDÄMMUNG AN HÄUSERN IN DEUTSCHLAND BIS 2020

CO ₂ -Emissionen für Raumwärme und Warmwasser	1990	139 Mio. t
beim heutigen Sanierungstempo	2020	-9,3 %
bei intensiver Sanierung	2020	-21,3 %

Quelle: dena/Forschungszentrum Jülich 2003

ERLÄUTERUNGEN ZU DEN EXPERIMENTEN

1. SOLARTHERMIE - ABSORPTION

Vorteile:

- Es wird kein Messinstrument benötigt.
- Der Versuchsaufbau aus allgemein verfügbaren Materialien ist sehr übersichtlich.

Lernziele:

1. Schwarze Oberflächen absorbieren das Sonnenlicht stärker als blanke (oder weiße) Flächen und erhitzen sich in der Sonne daher stärker.
2. Zusätzlich zu den Wärmeverlusten durch Leitung oder Konvektion gibt es die Verluste durch Wärmestrahlung. Schwarze Oberflächen strahlen mehr Wärme ab als metallisch blanke Flächen. In Vakuumkollektoren gibt es fast nur noch diese Art des Wärmeverlustes.
3. Ein idealer Kollektorabsorber absorbiert die Solarstrahlung gut, strahlt aber auch, wenn er heiß ist, nur wenig Wärme ab. Es gibt Materialien, welche die für den Kollektor günstigen Eigenschaften des geschwärzten (hohe Absorption) und des metallisch blanken Blechs (geringe Abstrahlung) vereinigen. Die Oberflächen heutiger Kollektorabsorber bestehen aus diesem Material, den so genannten selektiven Schichten.

2. SOLARTHERMIE - SOLARKOCHER

Besonderheiten:

- Die Methode zur Erzeugung von Heißwasser mittels Sonnenenergie wird in drei Schritten immer weiter verbessert.
- Wenn mehrere Schüler beteiligt sind, können alle drei Versuchsteile parallel durchgeführt werden.
- Es kann ein Wettbewerb durchgeführt werden, wer am schnellsten hohe Temperaturen erreicht.

Lernziele:

1. Schwarze Gegenstände absorbieren das Sonnenlicht stärker als transparente Körper.
2. Höhere Temperaturen führen zu höheren Wärmeverlusten. Um diese zu verringern, ist eine Wärmedämmung nötig. Auch die transparente Abdeckung des Solarkollektors wirkt als Wärmedämmung.
3. Durch Spiegel und Reflektoren kann die Intensität der Sonneneinstrahlung verstärkt werden. Aber nur dann, wenn die Spiegel der Sonne nachgeführt werden.

3. PHOTOVOLTAIK

Vorteile:

- Für den ersten Teil des Experiments werden keine Messinstrumente benötigt.

Teil 1: Leistung und Leistungsanpassung von Solarzellen

Lernziele:

1. Solarzellen wandeln Sonnenlicht in Strom um.
2. Zwei Solarzellen können doppelt so viel Leistung abgeben wie eine Zelle, egal wie sie verschaltet werden.
3. Die Solarzelle (bzw. die Solarmodule, welche sich aus vielen Solarzellen zusammensetzen) muss zu dem Stromverbraucher passen, damit sie ihre maximal mögliche Leistung erbringen kann.

Teil 2: Die Strom-Spannungs-Kennlinie der Solarzelle (I-U-Kennlinie)

Lernziele:

1. Der Kurzschlussstrom I_{KS} einer Solarzelle ist proportional zur Einstrahlung.
2. Leerlaufspannung U₀ einer Solarzelle ist nur geringfügig abhängig von der Einstrahlung.
3. Hilfe der I-U-Kennlinien können die Strom- und Spannungswerte bestimmt werden, bei welchen Solarzellen (oder Schaltungen aus Solarzellen) ihre maximale Leistung abgeben. Näherungsweise liegt dieser Punkt bei 75 % des Wertes für U₀. An diesen Punkt müssen die angeschlossenen Geräte angepasst werden. Bei schlechter Anpassung wird beispielsweise ein Elektromotor kaum arbeiten oder ein Widerstand in einem Wasserkocher nicht heiß werden.

ERLÄUTERUNGEN ZU DEN EXPERIMENTEN

3: TEILWEISE ABSCHATTUNG VON PHOTOVOLTAIK-ANLAGEN

Lernziele:

1. In der einen Richtung ist der Strom durch die PV-Zelle durch die solare Einstrahlung begrenzt. Im Dunkeln ist er praktisch null, auch dann, wenn von außen eine Spannung angelegt wird (z. B. durch eine noch unverschattete Solarzelle). Die Solarzelle wirkt dann wie ein nahezu unendlich großer Widerstand für diese Stromrichtung. Die Abschattung von nur einer Zelle in einer Reihenschaltung macht daher die Leistung aller anderen Zellen zunichte.
2. In der Gegenrichtung kann nahezu beliebig viel Strom durch die Zelle fließen, vorausgesetzt, dass die Spannung, die welche angelegt wird, größer als deren von der momentanen Einstrahlung abhängigen Leerlaufspannung ist. Für diese Stromrichtung wirkt die Solarzelle im Dunkeln wie ein sehr kleiner Widerstand. In einer Parallelschaltung wirkt die Abschattung nur einer Zelle wie ein Kurzschluss, durch den der Solarstrom aus den übrigen Zellen nutzlos abgeleitet wird.
3. Im Dunkeln verhält sich eine Solarzelle wie das elektronische Bauteil „Diode“: In der einen Richtung wird Strom durchgelassen, in der anderen Richtung gesperrt.
4. Ein paradox erscheinendes Ergebnis des Versuchs ist: Die Erweiterung einer Solaranlage durch eine zusätzliche, aber ungünstig platzierte Zelle ist möglicherweise nicht nur nutzlos, sondern sogar schädlich. In PV-Anlagen, bei denen eine größere Anzahl von Zellen sowohl in Reihe als auch parallel geschaltet sind, muss durch geeignete Maßnahmen (Einbau von Dioden) verhindert werden, dass auf Grund von Verschattung einzelner Zellen (z. B. durch Schornsteine, Bäume etc.) die Leistung der Gesamtanlage zu stark beeinträchtigt wird.

4: BIOMASSE I: HOLZ ENTWÄSSERN

Lernziele:

1. Frisches Holz enthält viel Wasser, Nadelholz bis 60 %, Laubholz bis 50 %.
2. Der Heizwert von trockenem Holz ist höher als von frischem.

5. BIOMASSE II: HOLZVERGASER

Lernziele:

1. Wenn Holz erhitzt wird, entstehen brennbare Gase.
2. Nachdem das Gas entwichen ist, verbleibt Holzkohle. Sie wurde früher von den Köhlern für die Schmiede hergestellt, da sie mit heißerer Flamme verbrannt werden kann.

Quelle: U. Wandrey, Kraftwerk Sonne, Rowohlt Taschenbuchverlag 2003

6. DAS AUFWINDKRAFTWERK - AUS SONNE ENTSTEHT WIND

Lernziele:

1. Von der Sonne erwärmte Luft steigt auf. Was im Versuch im Schornstein geschieht, geschieht in der Natur in so genannten Thermikschläuchen. Die Quellbewölkung (Kumuluswolken) entsteht aus solchen Thermikschläuchen. Bei Gewitterwolken reichen sie bis in sehr große Höhen.
2. Am Boden (sowohl im Versuch als auch in der Natur) wird von der aufsteigenden Luft nachströmende Luft angesaugt. Dies macht sich in der Natur als Wind bemerkbar. In Gewitternähe frischt er böig auf. Im globalen Maßstab steigt am Äquator wärmere Luft auf und an den Polen kalte Luft ab. Die von den kühlen Gebieten zum heißen Äquator nachströmende Luft sorgt für die überregionalen Winde.
3. In Aufwindkraftwerken kann Strom gewonnen werden, indem von der Windturbine im Aufwindturm ein Generator angetrieben wird.

7. EXPERIMENT: WÄRMEDÄMMUNG

Vorteile:

- Es wird kein Messinstrument benötigt.
- Die benötigten Materialien sind einfach zu beschaffen.

Lernziele:

Eine gute Wärmedämmung hat folgende Eigenschaften:

1. Das verwendete Wärmedämmmaterial leitet die Wärme schlecht (siehe Tabelle). Es ist typischerweise sehr leicht.
2. Es dürfen keine Wärmebrücken vorhanden sein. (Das sind Stellen, an denen, meist aus konstruktiven Gründen, die Wärmedämmung schlechter ist als an den übrigen Stellen.)
3. Je dicker eine wärmebrückenfreie Wärmedämmung ist, desto besser isoliert sie.