

Experimente für Smart Grid



Dieses Skript ist für den internen Gebrauch in der Arbeitsgruppe Didaktik der Physik gedacht und dient als Vor- und Nachbereitungsmaterial für die Lehre und weiterer Veranstaltungen. Es ist unvollständig und kann Fehler enthalten. Für die Folgen, die aus der Benutzung des Skriptes entstehen können, übernehmen wir in keinem Fall die Haftung.

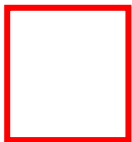


Inhalt

Erläuterungen zu den Versuchen	2
Solarkollektoren	3
Motorantrieb mit Hilfe von Solarzellen.....	4
Solarzellen mit Verbraucher.....	5
Windkraftanlage.....	6
Wasserkraft mit Windkraftanlage.....	7
Brennstoffzelle	8
Wärmepumpe	9
Glühlampe gegen Energiesparlampe	10
Längenausdehnung im Draht	11
Wärmeleitung in Metall	12
Verkopplung von zwei Spannungsquellen	13
Handgetriebener Generator DynaMot.....	14
Energieverluste auf Hochspannungsleitungen	15
Abhängigkeiten der Netzfrequenzstabilität – 50 Hz	16
Netzeinspeisung und Überlastung von Fernleitungen der Kraftwerke.....	17

Erläuterungen zu den Versuchen

Dieses Heft ist nach Verwendungsarten sortiert. Zu erkennen ist das stets an dem farbigen Rahmen, der die Seite einrahmt. Weiterhin **setzen sich diese Versuche aus verschiedenen Skripten zusammen**, zu erkennen an der obigen, mittigen Bezeichnung auf jeder Seite z. B. „SG Skript“. Die Rahmen haben folgende Bedeutung:



Rot:
Bei diesen Versuchen besteht eine Gefahr für den Benutzer.



Grün:
Diese Versuche sind gefahrlos bei üblichen Vorsichtsmaßnahmen durchzuführen.

Das in den einzelnen Versuchen behandelte Thema ist oben links auf jeder Seite in einem Kästchen angegeben. Die Versuche teilen sich in folgende Themenbereiche auf:

Solarenergie
Wasser- und Windenergie
Chemische Energie
Wärmeenergie
Wärmeleitung
Elektrizität

Solarkollektoren

Fragestellung

Wozu wird ein Solarkollektor benutzt?

Material

- Solarkollektor
- Rote Lampe
- Transformator
- Ausgleichsgefäß
- Destilliertes Wasser
- Wärmetauscher
- Stativmaterial
- 2 Schläuche
- Thermometer/Thermofühler
- Papierrolle

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Befüllen der Wasserkreisläufe mit destilliertem Wasser über das Ausgleichsgefäß links hinten. Dabei die Pumpe laufen lassen (Stufe 2). Temperatur des Wassers im Ausgleichsgefäß und Wärmetauscher bestimmen. Rotlichtlampe in 20 cm Entfernung vor den Kollektor stellen. Einschalten der Lampe. Ca. 10 Minuten warten und die Messung wiederholen. Wenn möglich, nach 20 Minuten noch einmal messen.

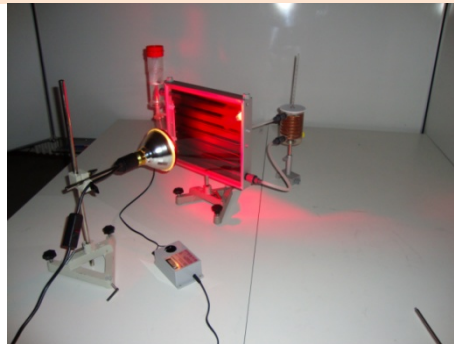


Abb.: Laborexperiment Solarkollektormit Wärmetauscher

Ergebnisse und Auswertung

Im Solarkollektor erwärmt sich das kalte Wasser. Mit Hilfe der Pumpe fließt das erwärmte Wasser zum Wärmetauscher und gibt die Wärmeenergie an den kälteren Brauchwasserkreislauf ab. Das abgekühlte Wasser strömt wieder in den Kollektor zurück, um neu erhitzt zu werden.

Auf dem rechten Bild ist noch eine dritte Möglichkeit der Warmwassernutzung gezeigt: Ein Heizungskreislauf für die Raumheizung wird erwärmt. Der Abgriff des Brauchwassers liegt im oberen Teil des Behälters, weil das erwärmte Wasser nach oben steigt.

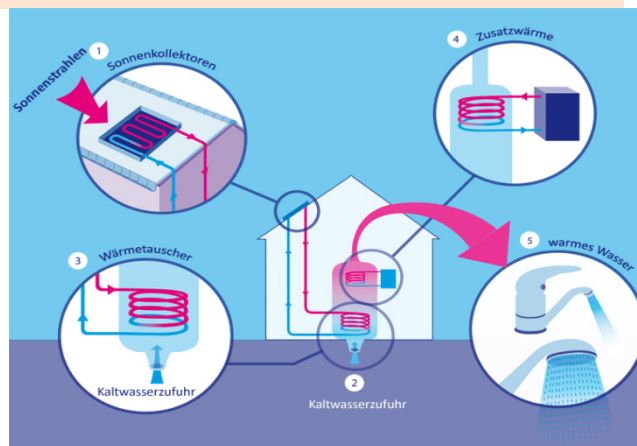


Abb.: Mit Sonnenenergie warmes Wasser bereitstellen
Quelle: <http://www.sonnentaler.net>

Anmerkungen

Die rote Lampe wird heiß! Die rote Lampe kann auch durch einen Halogenstrahler ersetzt werden. Im Cornelsen-Koffer „Solarthermische Energieübertragung“ ist standardmäßig nur eine Rotlichtlampe enthalten. Das rote, sichtbare Licht reicht aus, um durch Absorption im Kollektor Wärme zu erzeugen.

Zeit

Kamera

Anwendung/Alltag

Einleitung: 5 min
Durchführung: 25 min
Auswertung: 5 min

Brauchwassererzeugung

Motorantrieb mit Hilfe von Solarzellen

Fragestellung

Wie wirkt sich eine Parallelschaltung von zusätzlichen Solarzellen auf den Betrieb des Motors aus?

Material

- 3 Solarzellen (1 V)
- Halogenstrahler (160 W)
- Längenmaßstab
- Ventilator(6 V)
- 2 Multimeter
- 4 Stecker für Parallelschaltung

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Eine Solarzelle in einer Entfernung von 15 cm zum Scheinwerfer an den Motor anschließen.

Halogenscheinwerfer anschalten. Drehzahl beobachten. Strom- und Spannungswerte registrieren.

Zusätzlich zwei weitere Solarzellen (je 1 V) – bei dem gleichen Abstand zum Scheinwerfer – zur ersten Zelle parallelschalten und wieder die Drehzahl, die Spannung und den Strom beobachten.

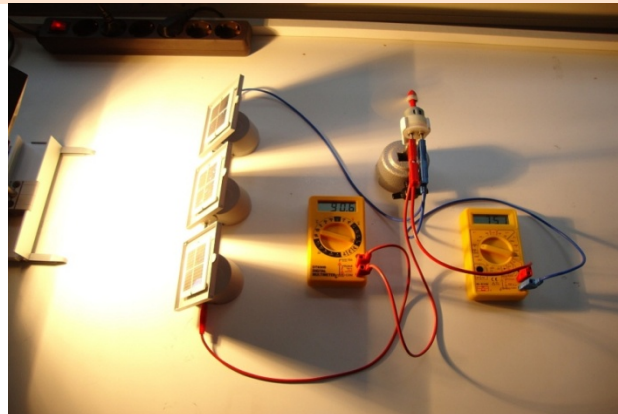


Abb.: Solarzellen treiben einen Ventilator an.

Ergebnisse und Auswertung

Bei einem Solarmodul wird der erreichbare Strom nur zu einer geringen Drehzahl führen. Über $P = UI$ kann die abzugebende Leistung der Module ermittelt werden. Entsprechend steigt die Leistungsabgabe bei drei Modulen. Da die Solarzelle ein nichtlineares Halbleiterbauteil ist, stellt man fest, dass die Spannung konstant bleibt, wenn der Strom verändert wird.

Anmerkungen

Die Entfernung des Halogenstrahlers variieren, um einen optimalen Leistungsertrag der Solarzellen zu erreichen, aber nicht näher als 15 cm. Cornelsen-Koffer „Fotovoltaik“ benutzen.

Zeit	Kamera	Anwendung/Alltag
Einleitung: 5 min Durchführung: 10 min Auswertung: 5 min		Stromerzeugung

Solarzellen mit Verbraucher

Fragestellung

Wie verändern sich Stromstärke und Spannung an den Solarzellen bei Belastung durch einen elektrischen Verbraucher (z. B. einen Ohm'schen Widerstand)? Welche Auswirkungen hat der Verbraucher auf den Leistungsertrag?

Material

- Potentiometer 500 Ω
- Halogenscheinwerfer
- 2 Multimeter
- 2 Stecker für Serienschaltung
- Steckbrett

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Drei Solarzellen in Serie zusammenschalten – in einer Entfernung von 15 cm zum Scheinwerfer. Die Zellen mit dem Potentiometer verbinden. Halogenscheinwerfer anschalten. Strommesswert bei der Veränderung des Widerstandswertes registrieren und gleichzeitig mit einem Spannungsmesser die Zellenspannung überprüfen. Mehrere Widerstandseinstellungen verwenden.

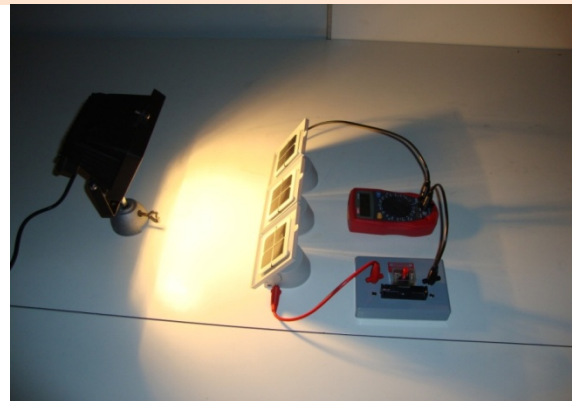


Abb.: Experiment mit Halogenstrahler. Die Solarzellen sind mit einem Verbraucher (Belastungswiderstand) verbunden ($P = U I$).

Ergebnisse und Auswertung

Die Strommesswerte vergrößern/verkleinern sich, wenn der Widerstand verändert wird. Die Verringerung des Widerstands ist ein Modell für mehr Stromentnahme aus dem Versorgungsnetz des Stromanbieters. Wird zu viel Strom aus der Zelle entnommen, bricht die Zellenspannung zusammen, ohne Schaden anzurichten. Es kann auch der Kurzschluss-Strom gemessen werden.

Anmerkungen

Halogenstrahler wird heiß!

Die Entfernung des Halogenstrahlers variieren, um einen optimalen Leistungsertrag der Solarzellen zu erreichen, aber nicht näher als 15 cm. Cornelsen-Koffer „Fotovoltaik“ benutzen. Da die Solarzelle ein nicht lineares Halbleiterbauteil ist, stellt man fest, dass die Spannung konstant bleibt, wenn der Strom verändert wird.

Zeit	Kamera	Anwendung/Alltag
Einleitung: 5 min Durchführung: 10 min Auswertung: 5 min		Stromerzeugung

Windkraftanlage

Fragestellung

Wie kann man erreichen, dass die Glühlampe weiterhin leuchtet, wenn der Windgenerator abgetrennt wird oder kein Wind mehr weht?

Material

- Generator (4 Flügel)
- Motor (4 Flügel)
- Spannungsversorgung
- Schiene für den Aufbau
- 2 Multimeter
- Steckbrett mit Akku
- Glühlampe (1,5 V)

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Ventilator und Windenergieanlage werden zueinander ausgerichtet. Windrichtung und Polung des Generators testen. Beim Laden des Akkumulators ebenfalls auf die richtige Polung achten. Stromversorgung auf Stellung 3 stellen und auf beiden Spannungsmessgeräten die Spannung ablesen. Beide Messgeräte als Strommesser in den jeweiligen Stromkreis einbauen und den Strom ablesen. Netzgerät ausschalten.

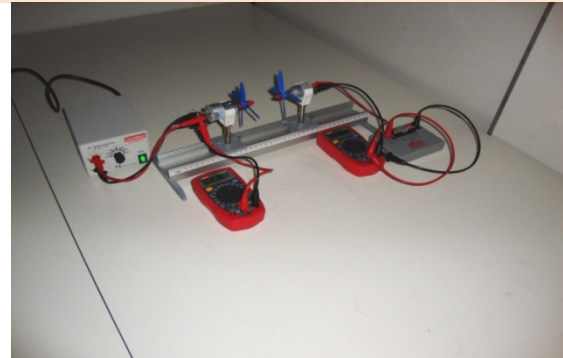


Abb.: Der linke Ventilator simuliert den Wind für die rechte Windkraftanlage. Ein Akkumulator speichert die Energie und gibt sie bei Windmangel wieder ab.

Als Option eine 1,5-V-Glühlampe parallel zum Akkumulator schalten. Beobachtungen notieren.

Ergebnisse und Auswertung

Je genauer beide Rotoren zueinander ausgerichtet sind, desto größer wird der Wirkungsgrad der Windenergieübertragung. Der Akkumulator begrenzt durch seinen geringen Innenwiderstand und der Zellenspannung die abgegebene Generatorspannung auf ca. 1,5 V. Entfällt der Generatorstrom, wird die Glühlampe durch den geladenen Akkumulator gespeist.

Anmerkungen

Leistungsberechnung $P = U I$, Wirkungsgrad $= P_{\text{primär}}/P_{\text{sekundär}}$
 Cornelsen-Koffer „Windenergie“ benutzen

Zeit

Kamera

Anwendung/Alltag

Einleitung: 5 min
 Durchführung: 15 min
 Auswertung: 5 min

Windkraftanlage

Wasserkraft mit Windkraftanlage

Fragestellung

Wie kann Windenergie mit Hilfe von Wasser gespeichert werden?

Material

- Generator (4 Flügel)
- Motor (4 Flügel)
- Spannungsversorgung
- Multimeter
- Förderpumpe
- Wasserbehälter
- Ansaugspritze

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Ventilator und Windenergieanlage werden zueinander ausgerichtet. Windrichtung testen. Die Polung des Generators mit Hilfe des Spannungsmessers prüfen. Stromversorgung auf Stellung 3 (evtl. höher) drehen. Die gleiche Messung mit dem Spannungsmesser auf der Windgeneratorseite durchführen (Polung) und dabei den Ausrichtungswinkel verändern und optimieren, so dass die Höhe der erzeugten Spannung maximal ist. Pumprichtung prüfen und Pumpe mit der richtigen Polung anschließen.

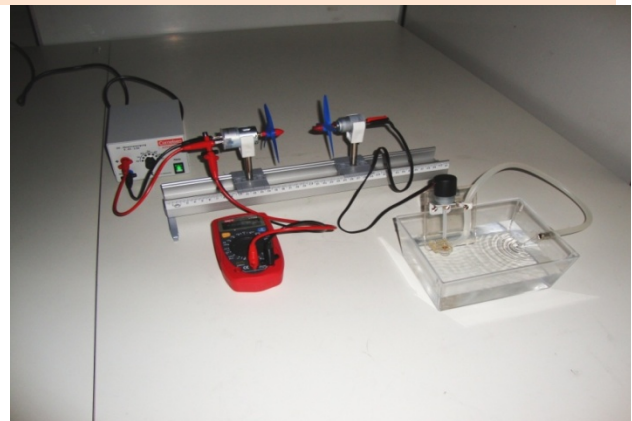


Abb.: Der linke Ventilator simuliert den Wind für das rechte Windrad.

Im nächsten Schritt die Entfernung der beiden Rotoren variieren und die Stärke des Wasserzuflusses beobachten.

Ergebnisse und Auswertung

Bei optimaler Ausrichtung des Winkels und geringem Abstand beider Rotoren zueinander ist eine maximale Energieübertragung möglich. Unter diesen Bedingungen wird von der Pumpe die größte Wassermenge gefördert.

In der Realität überwindet die Pumpe die Höhendifferenz z. B. aus dem Tal in das höhergelegene Speicherbecken. Der Strom zum Betrieb der Pumpe stammt aus der nicht benötigten Windenergie, die nicht in das öffentliche Stromnetz eingespeist wird. Die gespeicherte Energie im Becken entspricht einer potentiellen Energie. Bei Bedarf kann das Wasser eine Turbine antreiben, die zusätzlichen Strom in das Stromnetz einspeist.

Anmerkungen

Je genauer beide Rotoren zueinander ausgerichtet sind, desto größer wird der Wirkungsgrad der Windenergieübertragung. Zur Vereinfachung wurde im Versuch nur ein Wasserbecken verwendet. Cornelsen-Koffer „Windenergie“ benutzen.

Zeit

Kamera

Anwendung/Alltag

Einleitung: 5 min
 Durchführung: 10 min
 Auswertung: 5 min

Talsperre, Speicherbecken

Brennstoffzelle

Fragestellung

Wie kann ein Motor mit Wasser zum Laufen gebracht werden?

Material

- Netzgerät
- Mess- und Motorbox
- Destilliertes Wasser
- 2 Röhrchen
- Brennstoffzelle
- Halogenstrahler (ca. 1000 W)

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Schläuche an den richtigen Gasanschluss (O_2 / H_2) anschließen. O_2 - und H_2 -Röhrchen (nach innen einsetzen) mit etwas destilliertem Wasser füllen. Solarzellen für die Elektrolyse anschließen. Gasentwicklung in beiden Röhrchen sowie Motor beobachten (links). Motor separat durch Umstecken umschalten.

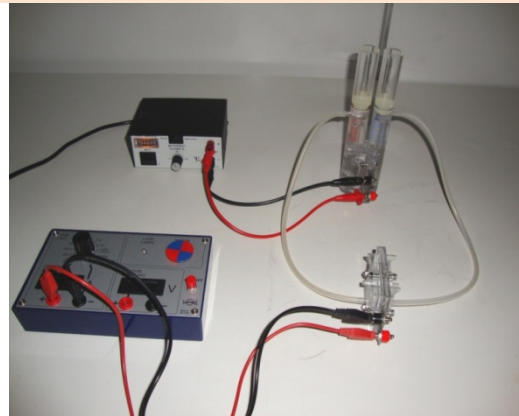


Abb.: Elektrolyse (hinten rechts) und Brennstoffzelle (vorne rechts)

Ergebnisse und Auswertung

Mit der Elektrolyse wird Wasser in Wasserstoff und Sauerstoff aufgespaltet (hinten rechts). Führt man Wasserstoff und Sauerstoff in einer Brennstoffzelle zusammen (Bild vorne rechts), wird Strom erzeugt. Der Verbrauch und die Produktion von Wasser sind so gering, dass es in dem Versuch nicht zu erkennen ist.

Elektrolyse: Durch das Anlegen einer Gleichspannung an beide Elektroden tritt die Wasserzerersetzung ein. An beiden Elektroden wird Gas erzeugt: an der Kathode Wasserstoff (H_2) und an der Anode Sauerstoff (O_2).

Brennstoffzelle: Nur die Protonen vom H_2 können die Membran (Diaphragma) von der Anode zur Kathode passieren, die Elektronen werden über ein Kupferkabel zum Motor (Antrieb) und von dort zur Kathode geleitet. Hier treffen Elektronen, H_2 und zugeführtes O_2 aufeinander und verbinden sich zu H_2O ($2 H_2 + O_2 \rightarrow 2 H_2O$).

Anmerkungen

Unbedingt destilliertes Wasser verwenden! Vorsicht: Sauerstoff + Wasserstoff = Knallgas!

Zeit

Kamera

Anwendung/Alltag

Einleitung: 5 min

Durchführung: 10 min

Auswertung: 5 min

Stromerzeugung

Wärmepumpe

Fragestellung

Wie funktioniert eine Wärmepumpe?

Material

- Wärmepumpe (Inv.-Nr. 02127)
- Thermometer (berührungslos)
- Wärmebildkamera

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Den linken Netzschalter betätigen. Auf dem linken Manometer wird der Druck des Verdampfers dargestellt, auf dem rechten der Druck des Kondensators. Der Überdruckwächter (Überdruckventil) schützt den Kreislauf. Es müssen keine Einstellungen vorgenommen werden.



Abb. 8: Wärmepumpe

Ergebnisse und Auswertung

Der Verdampfer (Fluid R12, ein Kältemittel) nimmt auf der linken Seite (Wendel) Umgebungswärme auf – das flüssige Medium verdampft. Wird das Gas in den Kompressor geleitet, steigt die Temperatur durch Kompression des Gases an. Das gasförmige Medium wird nun in den Kondensator geleitet. Dort gibt das gasförmige Medium seine Temperatur an die Umgebung ab und wird wieder flüssig. Über ein nachgeschaltetes Drosselventil wird das Fluid entspannt. Es entsteht erneut ein geringerer Druck. Der Kreislauf beginnt von Neuem. Auf dem Wärmebild ist in der Verdampferschlange (links) die Erwärmung des Fluids (unten) und darüber das zurückströmende, abgekühlte Kältemittel zu erkennen. In dem Kondensator sieht man im oberen Teil die Erwärmung. Die Kondensatorschlange entspricht z. B. einem Heizkörper.

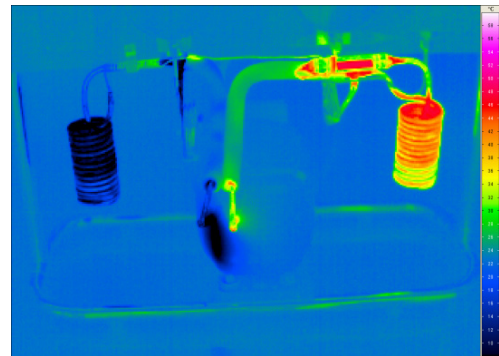


Abb. : Thermobild einer laufenden Wärmepumpe

Anmerkungen

Der Trockner soll Reste von Wasser in dem Fluid entfernen.

Zeit

Kamera

Anwendung/Alltag

Einleitung: 5 min
Durchführung: 10 min
Auswertung: 5 min

Grundlage zum Verständnis eines Kühlschranks und einer Wärmepumpe

Glühlampe gegen Energiesparlampe

Fragestellung

Welche Lampe wird wärmer?

Material

- DidCAM
- Notebook mit Software für Kamera
- Stoppuhr
- Glühlampe (40 W)
- Energiesparlampe (9 W)
- Temperaturmessgerät mit Messfühler

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Eine Sparlampe (9 W) und eine Glühlampe (40 W) werden nebeneinander aufgebaut und angeschaltet. Wärmebildkamera in Betrieb nehmen. Nach ca. 5 min eine Messung mit der Wärmebildkamera vornehmen und anschließend mit dem Messfühler an jeder Lampe von der Seite und dem obersten Punkt der Glühlampe die Messwerte ermitteln.

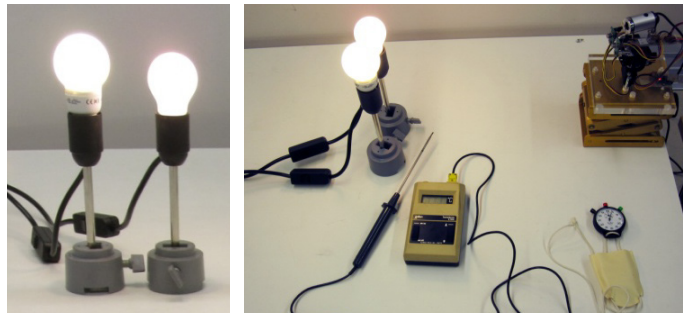


Abb. links: Sparlampe (9 W) und Glühlampe (40 W), rechts: Versuchsaufbau

Ergebnisse und Auswertung

Die Sparlampe verbraucht ca. 75-80 % weniger Strom als die Glühlampe – bei vergleichbarer Lichtleistung. Dies zeigt sich auch bei den von den Lampen erzeugten Temperaturen: Diese unterscheiden sich deutlich voneinander. Die Sparlampe wandelt wesentlich weniger Energie in Wärme (innere Energie) um.

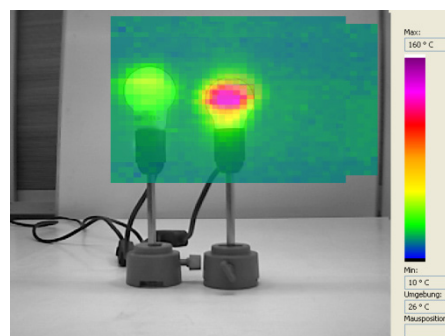


Abb. 11: Wärmebild von Sparlampe und Glühlampe

Anmerkungen

Nachteil der Sparlampe ist das enthaltene Quecksilber (alte Modelle).

Verbrennungsgefahr!

Zeit	Kamera	Anwendung/Alltag
Einleitung: 5 min	DidCAM	Einsatz von Lampen im Haushalt
Durchführung: 15 min	InfraTec	
Auswertung: 5 min	Flir	

Längenausdehnung im Draht

Fragestellung

Wie stark dehnt sich ein Draht bei Erwärmung aus?

Material

- Konstantendraht ($2,4 \Omega/m$ und $\varnothing = 0,5 \text{ mm}$)
- 2 Isolatoren
- Massestück (30 g)
- Spannungsquelle (bis 25 V/5 A)
- Lineal

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Auf einer optischen Bank werden zwei Isolatoren befestigt. Dazwischen ist ein Konstantendraht gespannt. Der kalte Draht (72 cm) wird mit einem Gewicht von 30 g belastet. Die Wärmebildkamera wird nun eingeschaltet. Am Netzgerät den Spannungsregler in Mittelstellung und den Stromregler auf 0 A bringen und das Gerät einschalten. Den Strom maximal auf 2,5 A einstellen und den Draht beobachten. Netzgerät ausschalten und den Draht weiterhin beobachten.

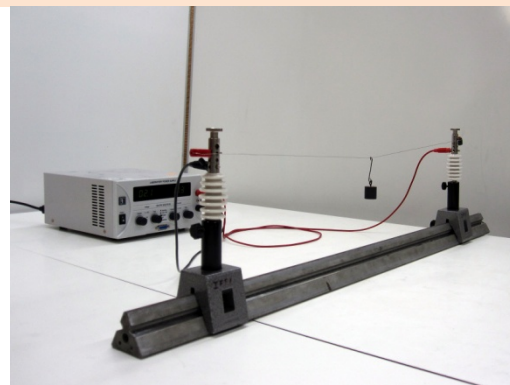


Abb.: Ein zwischen Isolierklemmen eingespannter Draht wird mit Massestücken belastet.

Ergebnisse und Auswertung

Die Leistung, die an dem Widerstandsdraht abfällt, wird in Wärme umgewandelt und führt zu einer Ausdehnung des Drahtes. Durch das Gewicht kann die Verlängerung des Drahtes als Hub dargestellt werden. Nach dem Abschalten des Netzgerätes kühlt der Widerstandsdraht ab und verkürzt sich wieder – das Gewicht wird nach oben gezogen.

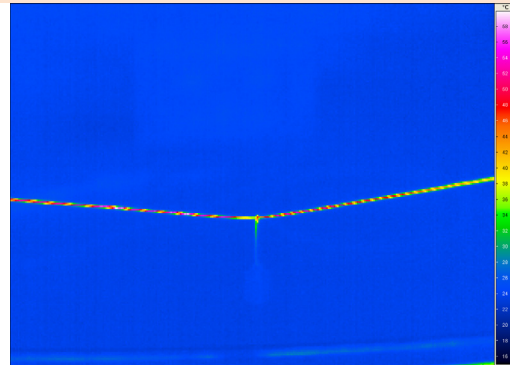


Abb.: Beim Anlegen der Spannung erhöht sich die Temperatur. Das Massestück zieht den Draht nach unten.

Anmerkungen

Erfolgt durch die Dehnung des Drahtes ein Überschreiten des Elastizitätsmoduls, wird der Draht dauerhaft verformt und kann nicht mehr seine ursprüngliche Länge erreichen. **Achtung**, der Draht kann heiß werden.

Zeit	Kamera	Anwendung/Alltag
Einleitung: 5 min	InfraTec	Ausdehnung von Bahnschienen
Durchführung: 10 min	Flir	
Auswertung: 5 min		

Wärmeleitung in Metall

Fragestellung

Welches Metall leitet schneller die Wärme?

Material

- Wärmeleitapparat aus drei verschiedenen Metallblechen (Inv.-Nr. 01879)
- Streichhölzer
- Stativ
- Bunsenbrenner

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Auf ein Metallkreuz, bestehend aus Kupfer, Messing und Eisen, werden Streichhölzer auf die Schenkelenden gelegt. Zentral, unter dem Kreuz, erhitzt ein Bunsenbrenner das Metallkreuz, bis alle drei Streichhölzer sich entzünden.



Abb.: Wärmeleitung in unterschiedlichen Metallen

Ergebnisse und Auswertung

Kupfer leitet die Wärme am besten. Dann folgen Messing und Eisen. Mit Erreichen der Zündtemperatur von Schwefel (300 °C) brennen die Streichhölzer ab.



Abb.: Metallkreuz aus Kupfer, Messing und Eisen

Anmerkungen

Verbrennungsgefahr! Vorsicht mit langen Haaren!

Zeit

Einleitung: 5 min
Durchführung: 5 min
Auswertung: 5 min

Kamera

Anwendung/Alltag

Kupfer ist als Stromleiter am besten geeignet.

Verkopplung von zwei Spannungsquellen

Fragestellung

Unter welchen Bedingungen fließt der Strom aus der Spannungsquelle zur Glühlampe?

Material

- 2 galvanisch getrennte Spannungsquellen
- 1 Multimeter
- Laborkabel
- 1 Steckbrett
- Glühlampe, 6 V/0,05 A
- 2 Leistungsleuchtdioden 50mA oder im Kurzzeitbetrieb mit LED 30 mA

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

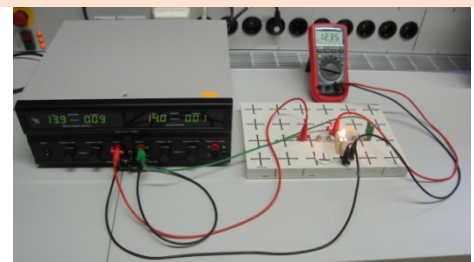
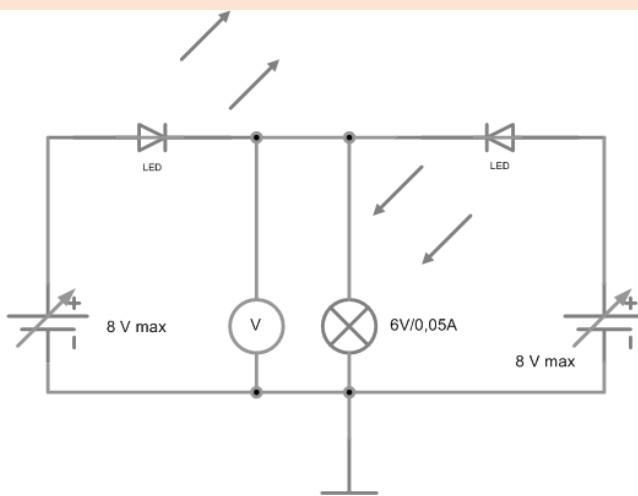


Abb.: Aufbau der beiden Spannungsquellen zur Versorgung von einem Verbraucher (Glühlampe).

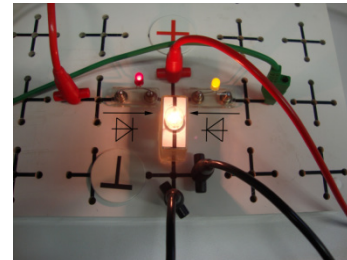


Abb.: Die Glühlampe ist mit beiden Spannungsquellen verbunden.

Beide Strombegrenzungen der Spannungsquellen auf 50 mA
 Eine der beiden Spannungsquellen wird auf 5 V eingestellt.
 Mit der zweiten wird die Spannung von 0 V auf 8 V hochge-
 regelt. Es soll das Verhalten der LEDs beobachtet werden. Bei
 Änderungen der LED-Helligkeit ist die Spannung zu notieren.
 An der durchgesteuerten LED fällt eine Spannung von ca. 2 V
 ab.

Ergebnisse und Auswertung

Beträgt die Spannung beider Spannungsquellen 5 V, fließt der Strom von beiden Spannungsquellen zur Glühlampe und beide LEDs leuchten. Liegt dagegen die Spannung der einen Spannungsquelle ca. 2 V unter der anderen, kann die LED nicht mehr durchgesteuert werden, da die Spannung nicht ausreicht. Die Diode sperrt. Erhöht man die Spannung dagegen auf 8 V, ist die LED durchgesteuert und es ergibt sich folgende Beispiel-Rechnung:

Linker Zweig: $8\text{ V} - 2\text{ V} = 6\text{ V}$ an der Glühlampe

Rechter Zweig: $5\text{ V} - 6\text{ V} = -1\text{ V}$ an der Diode. Sie sperrt.

Anmerkungen

8 Volt sollten nicht überschritten werden. Je nach LED ggf. nur für Kurzzeitbetrieb gedacht!

Zeit	Kamera	Anwendung/Alltag
Einleitung: 5 min		Kraftwerkskopplung
Durchführung: 5 min		
Auswertung: 5 min		

Handgetriebener Generator DynaMot

Fragestellung

Unter welcher Bedingung addieren sich die beiden Generatorspannungen?

Material

- 2 Dynamot Gleichspannungsgeneratoren (Handbetriebener Generator DynaMot)
- Stativmaterial
- Multimeter
- Laborkabel

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

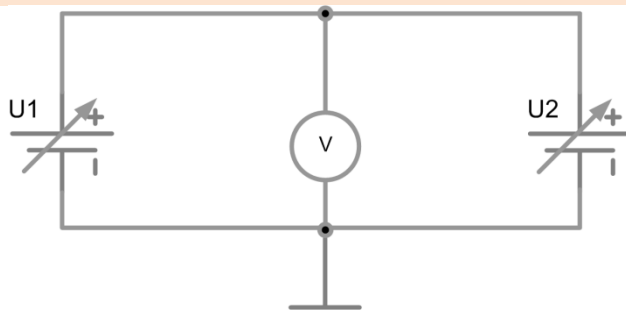


Abb.: Zwei miteinander verschaltete Handgeneratoren.

Konstante Drehungen an der Handkurbel des mechanischen Generators erzeugen eine konstante Spannung. Doch in der Realität schwankt diese Spannung. Durch Hinzuschalten eines zweiten Generators, der von einer zweiten Versuchsperson zu bedienen ist, verändert sich die resultierende Spannung und der Kraftaufwand. Es soll der Spannungsmesser beobachtet werden. Danach sollte eine der beiden Personen die Drehrichtung ändern. Was passiert?

Ergebnisse und Auswertung

Werden beide Generatoren gegeneinander verschaltet, werden auch die erzeugten Drehmomente gegensätzlich sein und das Drehen erschweren. Die erzeugten Spannungen werden subtrahiert. In umgekehrter Verschaltung addieren sich die Spannungen.

Anmerkungen

Handgenerator Dynamot – Information:

http://shop.corex.de/Sekundarstufe/Physik/Sch%C3%BClerversuchs_Ger%C3%A4te/Energie/54853-SEG_DynaMot

Zeit	Kamera	Anwendung/Alltag
Einleitung: 5 min Durchführung: 10 min Auswertung: 5 min		Kraftwerkskopplung

Energieverluste auf Hochspannungsleitungen

Fragestellung

Unter welcher Bedingung kann die Glühlampe zum Leuchten gebracht werden?

Material

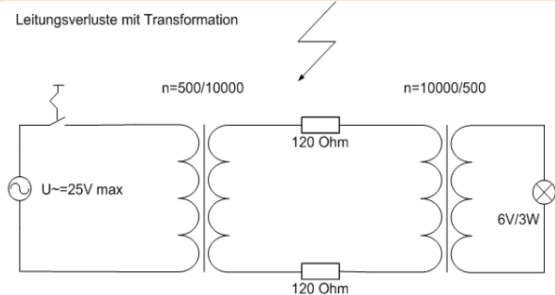
- Stelltrafo bis 25 V (AC)
- 2 Trafo-U-Kerne mit Joch und Spannvorrichtung
- 4 Isolatoren
- Laborkabel
- 2 Widerstände 120 Ω/3 W (Module)
- 1 Glühlampe 6 V/3 W mit Halterung

Siehe: <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar/>

Durchführung

Versuch 1:

Je nach Transformatorspannung (Einstellung am Regler) wird die Primärspannung auf einige 100 V hochtransformiert ($\dot{u} = 500/10000$). Die transformierte Spannung treibt einen Strom durch die beiden Widerstände. Abzüglich der Spannungsabfälle wird nachfolgend die resultierende Spannung am 2. Transformator (rechts) zurücktransformiert ($\dot{u} = 10000/500$).



Versuch 2:

Die gleiche Eingangsspannung wie im Versuch 1 wird nun ohne Transformatoren eingespeist. Welche Veränderungen treten auf und weshalb?

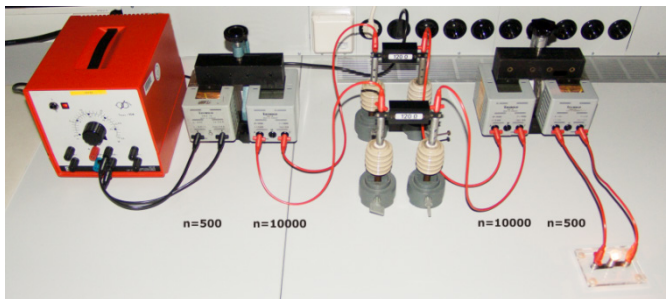
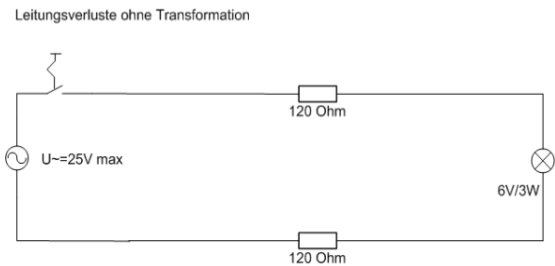


Abb. oben: Simulation einer Hochspannungsleitung zur Energieübertragung. Unten: Betrieb der Glühlampen ohne Transformation. Links: Aufbau der Transformationsstrecke

Ergebnisse und Auswertung

Durch die Transformation wird eine höhere Spannung erzeugt und der Strombedarf entsprechend dem Übersetzungsverhältnis und dem Spannungsbedarf der Glühlampe reduziert. Dadurch sind die Spannungsabfälle und damit Leistungsverluste an den Widerständen reduziert. Bei der Rücktransformation steht dadurch eine höhere Spannung für die Glühlampe zur Verfügung.

Anmerkungen

Die Transformation kann eine Leerlaufspannung von ca. 500 V erzeugen Die Schaltung darf im Betrieb nicht berührt werden.

Zeit

Kamera

Anwendung/Alltag

Einleitung: 5 min
Durchführung: 10 min
Auswertung: 5 min

Hochspannungsleitungen zur Energieübertragung

Abhängigkeiten der Netzfrequenzstabilität – 50 Hz

Fragestellung

Wodurch wird die Netzfrequenz erhöht bzw. erniedrigt?

Material

- 2 Gleichspannungsnetzgeräte
- Strommesser
- Spannungsmesser
- Stroboskop
- Laborkabel
- Steckbrett
- 2 Schalter
- 2 Glühlampen 6V/3W
- Motor-Generator-Kombi. (Johnson HC 677 LG 51 W)

<http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar>

Durchführung

Erklärung:

Zwei Spannungsquellen werden in Reihe geschaltet und treiben einen Gleichstrommotor an. Sie simulieren zwei Kraftwerke, die gemeinsam Energie in das Versorgungsnetz (Turbine) einspeisen. Auf der Generatorseite sind zwei Verbraucher über je einen Schalter (Glühlampen) angeschlossen.

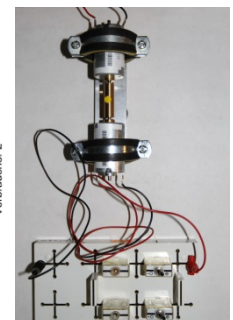
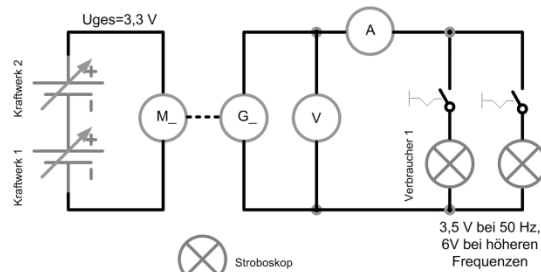
Durchführung:

Vor Inbetriebnahme des Motors die Spannungsquellen auf eine **addierte** Gesamtspannung von **3,3 V** und den Strombedarf auf ca. 2 A einstellen. Netzgeräte und Stroboskop in Betrieb nehmen. Eine Glühlampe einschalten und die Erzeugerspannung so abgleichen, dass die Rotationsfrequenz des Motors 50 Hz beträgt. Kupplungsdrehrichtung (Messmarke) beobachten. Strom und Spannung sekundärseitig vom Messinstrument ablesen. Nun die zweite Glühlampe hinzuschalten und Drehzahl (Messmarke) beobachten. Dann beide Lampen ausschalten und wieder die Drehzahl beobachten.



Abb. oben: Aufbau eines Netzwerkes mit einer Motor-Generator Kombination. Unten rechts: Linke Seite Motor Einspeisung, rechte Generator. Dazwischen liegt die Kupplung mit einer Messmarke.

Unten links: Schaltbild für den Aufbau



Ergebnisse und Auswertung

Steigt die Drehzahl, wandert die Messmarke auf der Kupplung scheinbar nach oben (Abb. rechts), wird sie geringer, bewegt sie sich nach unten. Gleichstrommotoren erhöhen die Drehzahl und das Drehmoment durch ansteigende Betriebsspannung. Auf der Generatorseite führt eine erhöhte Stromentnahme/Leistungsentnahme zu einer Abnahme der Drehzahl und der Generatorspannung mit direkten Auswirkungen auf den Motor, der seine Drehzahl/Spannung ebenfalls vermindern muss. Dadurch erhöht sich auch der primäre Strombedarf. Um sekundärseitig die Drehzahl wieder zu erhöhen, muss primärseitig mehr Strom zur Verfügung gestellt werden.

Anmerkungen

Mini-Motor/Generator Johnson HC 677 LG (10 V / 51 W)

Zeit

Durchführung: 10 min

Kamera

Anwendung/Alltag

Kraftwerk zur Stromerzeugung

Simulation des Versorgungsnetzes der Kraftwerke bei Überlastung

Fragestellung

Wie verhalten sich Freileitungen bei Überlastung und wie kann der Überlastfall vermieden werden?

Material

- 2 Gleichspannungsnetzgeräte, var. 12 V / 5 A
 - 1 Strommesser
 - 1 Spannungsmesser
 - 4 Glühlampen 6 V / 3 W
 - 1 Halogenlampe Labor 12 V / 35 W
 - Laborkabel
 - Steckbrett
 - 2 x 15 cm Konstantan- oder Stahldraht $d=0,2$ mm brennt durch; Chrom/Nickel $d=0,3$ mm glüht dauerhaft
 - 4 Isolatoren
 - 3 Schalter
- <http://didaktik.physik.fu-berlin.de/inventar>

Durchführung

Modell: Jedes Netzgerät stellt ein Kraftwerk dar, das Spannung in das Versorgungsnetz einspeist. Die beiden Drähte sind die Freileitungen vom Kraftwerk zum Verbraucher (6V Lampe normaler Haushalt, 12 V Lampe Industrie).

Experiment Phase 1: Zuerst wird das rechte Netzgerät eingeschaltet. Durch Zuschalten von einzelnen Verbrauchern (erst die beiden 6V Zweige) wird das Netzgerät belastet (Stromanzeige Netzgerät beobachten und Werte notieren).

Phase 2: Die Halogenlampe wird hinzugeschaltet. Die beiden Drähte glühen (warum? Stromanzeige Netzgerät beobachten und Werte notieren).

Phase 3: Wird die linke Spannungsquelle hinzugeschaltet, kühlen sich die Drähte wieder ab (warum? Stromanzeige Netzgerät beobachten und Werte notieren).

Phase 4: Wird die linke Spannungsversorgung wieder abgeschaltet, glühen die Drähte wieder und werden zerstört.

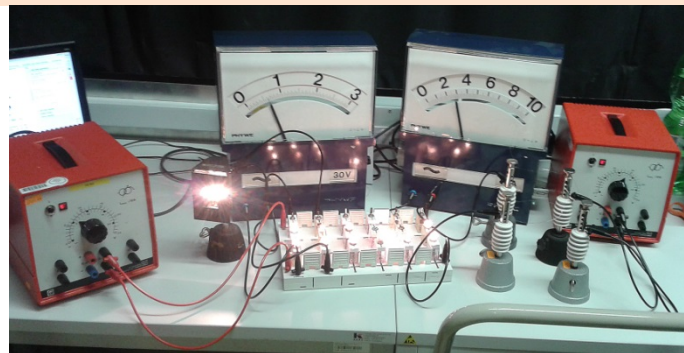
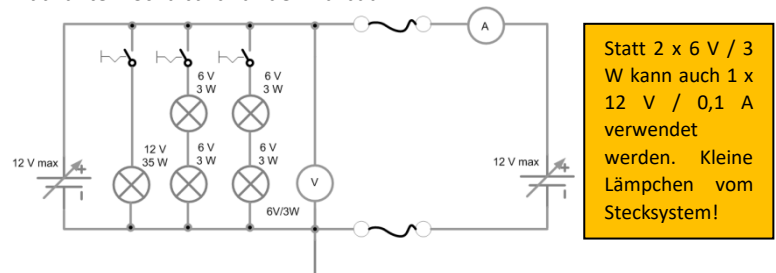


Abb. oben: Rechte Spannungsquelle wird zuerst eingeschaltet. Daneben sind die Freileitungen als Draht zu sehen. In der Mitte befinden sich die Verbraucher und links die zweite Spannungsquelle. (Quelle ursprünglicher Versuch und Foto: Felix Träger)

Abb. unten: Schaltbild für den Aufbau



Ergebnisse und Auswertung

Der Energieversorger versorgt die Verbraucher. Durch Zuschalten von Verbrauchern steigt der Stromverbrauch (Stromspitzen – Anzeige Netzgerät) bis es zur Überlastung der „Freileitungen“ im realen Stromnetz kommt. Im Extremfall, wenn keine Freileitungssicherung vorgesehen wäre, werden die Leitungen thermisch zerstört. – Wird das linke Netzgerät hinzugeschaltet, fließt mehr Strom vom der linken Netzgerät zu den Verbrauchern, weil der Zuleitungswiderstand geringer ist. Damit erfolgt eine Entlastung für das rechte Netzgerät und die Freileitung.

Anmerkungen

Achtung – Draht wird heiß!

Der Einfachheit halber wird Gleichspannung für den Versuch verwendet. Für die Simulation wurde statt Kupferleitung Konstantan oder ... verwendet, damit ein höherer Leistungsabfall an den „Freileitungen“ entsteht (Spezifischer Widerstand).

Zeit

Kamera

Anwendung/Alltag

Durchführung: 10 min

Kraftwerk zur Energieerzeugung