



**Station 1a: Messungen an der Fotovoltaikanlage des Ratsgymnasiums**

1a

- Starte die Datei „Sunny Data“. Bei angeschlossenem Modul zur Erfassung der Daten werden die aktuell erreichten elektrischen Größen angezeigt.

**Aufgabe 1:** Fülle die Lücken aus.

Die Fotovoltaikanlage wandelt die ..... in ..... Energie um. Solarzellen können aber nur Gleichstrom erzeugen.

Die erzeugte Spannung wird mit einem so genannten Wechselrichter in eine sinusförmige Wechselspannung umgewandelt, damit die elektrische Energie ins Netz eingespeist werden kann.

Erzeugte Gleichspannung:  $U =$

Erzeugter Gleichstrom:  $I =$

Erzeugte Leistung:  $P =$

Erzeugte Wechselspannung:  $U =$

Erzeugter Wechselstrom:  $I =$

Erzeugte Leistung:  $P =$

Das sind ..... % der maximal erzeugten Leistung in Höhe von 1000 W.

Ursachen der relativ geringen Leistung:

.....

.....

.....

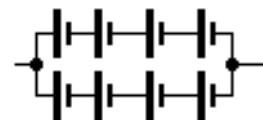
Die Stromstärke „vor“ dem Wechselrichter ist wesentlich größer als „hinter“ ihm, weil

.....

.....

- Fotovoltaikanlagen bestehen aus Solarmodulen. Zu einem Solarmodul werden zunächst Solarzellen in Reihe geschaltet, um eine große Spannung erzeugen zu können. Damit die Leitung groß genug ist, müssen mehrere in Reihe geschaltete Zellen parallel geschaltet werden. Dadurch wird die Stromstärke vervielfacht.

**Aufgabe 2:** In der Abbildung erzeugt *eine* Solarzelle maximal die Spannung 0,5V und die Stromstärke 1 A. Mit der Schaltung kann daher die Spannung  $U =$  ....., die Stromstärke  $I =$  ..... und die elektrische Leistung  $P =$  ..... erzeugt werden.



Bei der Anlage des Ratsgymnasiums werden unter günstigen Bedingungen die Spannung 168V und die Stromstärke 6A. erreicht. Dazu müssen (mindestens) ..... Solarzellen in Reihe und ..... dieser Reihenschaltungen parallel geschaltet werden.

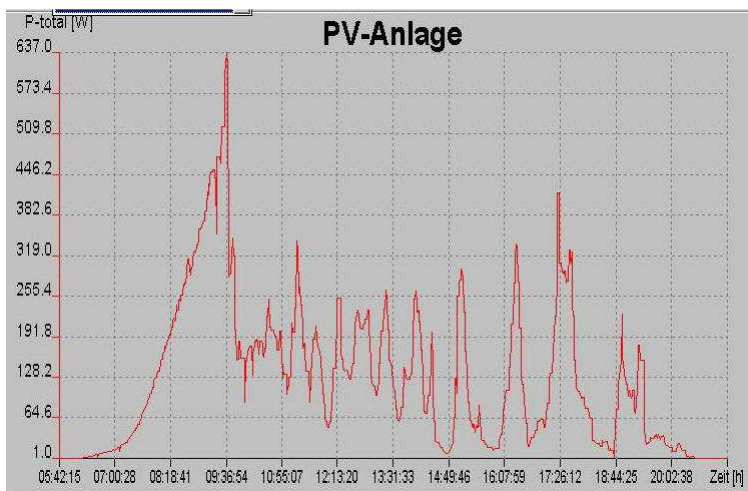
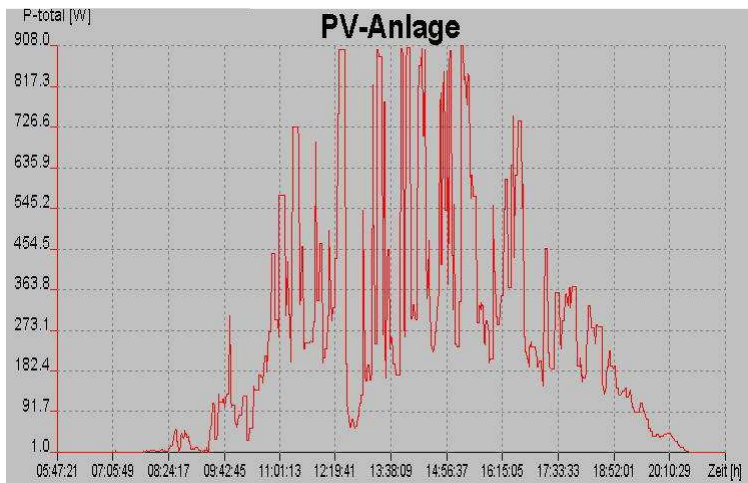
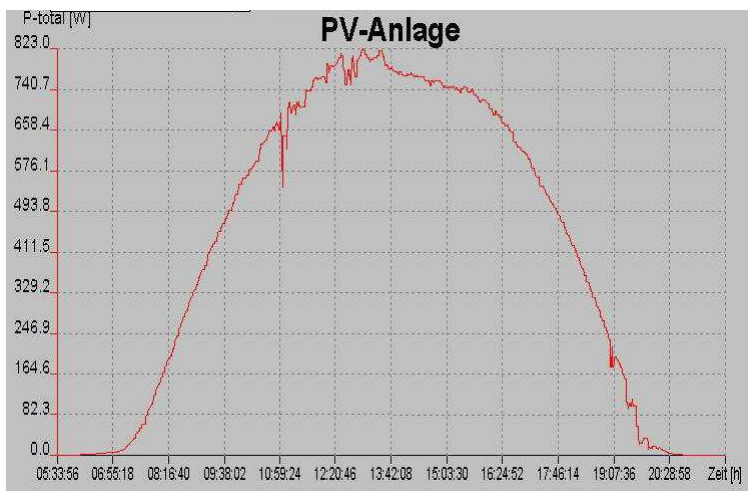
**Aufgabe 3:** Die Fotovoltaikanlage des Ratsgymnasiums besteht aus Solarmodulen mit der Gesamtfläche  $A = 11\text{m}^2$ . Bei optimalen Wetterverhältnissen beträgt die genutzte elektrische Leistung bis zu 1000 Watt, die pro Sekunde genutzte Energie 1000 Joule.

Die Leistungsdichte der Sonnenstrahlung beträgt außerhalb der Atmosphäre  $1368\text{ W/m}^2$ , am Boden je nach Luftverschmutzung etc. ca.  $600 - 800\text{ W/m}^2$ . Berechne aus den Angaben den Wirkungsgrad  $\eta$  der Solarzellen (Quotient aus Nutzenergie und zugeführter Energie).  $\eta =$  .....

- Die Abbildungen zeigen den zeitlichen Verlauf der elektrischen Leistung an verschiedenen Tagen.

**Aufgabe 4:** Beschreibe und deute jeweils den Verlauf.

1a





## Station 1b: Abhängigkeit der Kurzschlussstromstärke vom Einfallswinkel des Lichts

1b

den Klemmhalter.

- Schließe das Digitalmultimeter direkt an die Solarzellen an (Messbereich zunächst 2 A=; Anschlüsse A und COM). Sie sind dann über das Messgerät kurzgeschlossen (der Innenwiderstand des Multimeters ist bei Messungen der Stromstärke extrem klein).
- Stelle den Halter zunächst **so** auf die Winkelskala, dass der Halogenscheinwerfer die Solarzellen senkrecht bestrahlt. Der Einfallswinkel beträgt dann  $0^\circ$ .
- Die Kurzschlussstromstärke ist ein Maß für die umgewandelte Energie. Miss sie bei den in der Tabelle angegebenen Winkeln und trage sie ein.
- Rechne die Kurzschlussströme in Prozent um. Die maximale Kurzschlussstromstärke soll 100% betragen.

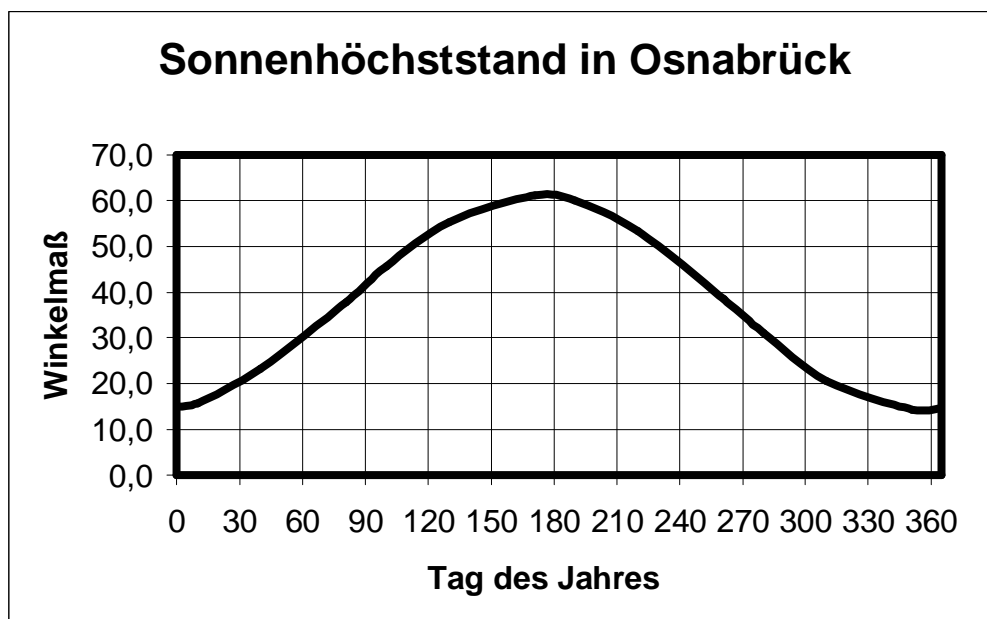
**Aufgabe 1:** Stelle die Prozentsätze über dem Winkelmaß graphisch dar.

Winkelmaß $\alpha$	$0^\circ$	$15^\circ$	$30^\circ$	$45^\circ$	$60^\circ$	$75^\circ$
I in mA						
I in %	100					

- Die Abbildung stellt dar, wie hoch die Sonne über Osnabrück an den 365 Tagen des Jahres maximal steht. Dazu wurde der Winkel zwischen den Sonnenstrahlen und der Horizontalen gemessen.

**Aufgabe 2:** Unter welchem Winkel zur Horizontalen (geschätzt) würdest du Solarzellen anbringen? Begründe die Antwort ausführlich, argumentiere auch mit den aufgenommenen Messwerten!

**Aufgabe 3:** Wie kann man es erreichen, dass eine Fotovoltaikanlage die Sonnenenergie optimal nutzt?

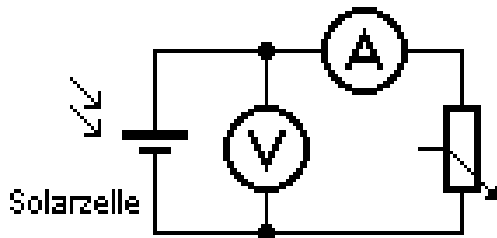


**Zusatzaufgabe:** Nach der Theorie ist  $I(\alpha) = I(0^\circ) \cdot [\cos(\alpha)]^2$ . Vergleiche Theorie und Messreihe.



### Station 1c: Kennlinien von Solarzellen

- Schließe die beiden Solarzellen mit dem Kurzschlussstecker in Reihe und stecke die Platte in den Klemmhalter.
- Schalte Solarzelle, regelbaren Widerstand und Amperemeter in Reihe (Digitalmultimeter, Anschlüsse COM und A, Messbereich zunächst 2A=).
- Schließe das Voltmeter parallel zur Solarzelle ((Digitalmultimeter, Anschlüsse COM und V/ $\Omega$ , Messbereich zunächst 2A=).
- Stecke die Platte mit den Solarzellen in einen Klemmhalter und stelle sie **so** im Abstand von ca. 30 cm vor den Halogenscheinwerfer, dass sie senkrecht bestrahlt wird.  
*Abstand und Ausrichtung dürfen während der Aufnahme der Messreihe nicht verändert werden!*
- Variiere nun den Widerstand und miss jeweils Spannung und Stromstärke. Schließe für die letzte Messung den Widerstand kurz.



Wähle die Widerstände 150  $\Omega$ , 100  $\Omega$ , 80  $\Omega$ , 60  $\Omega$ , 40  $\Omega$ , 30  $\Omega$ , 20  $\Omega$ , 10  $\Omega$ , 5  $\Omega$  und 0  $\Omega$ !

**Aufgabe 1:** Berechne die erzeugte elektrische Leistung ( $P = U \cdot I$ ) und den Widerstand ( $R = U/I$ ). Beachte, dass zum angeschlossenen Widerstand der „Innenwiderstand“ der Solarzelle hinzukommt, so dass der Gesamtwiderstand *berechnet* werden muss.

U in V										
I in mA										
P in mW										
R in k $\Omega$										

**Aufgabe 2:** Stelle die Stromstärke I über der von der Solarzelle erzeugten Spannung U dar. Die Abbildung stellt die **Ausgangskennlinie** dar.

**Aufgabe 3:** Wähle drei verschiedene Punkte der Ausgangskennlinie und zeichne (dünn) Parallelen zu den Achsen durch sie hindurch. Du erhältst drei Rechtecke, deren Flächeninhalte jeweils die elektrische Leistung  $P = U \cdot I$  darstellen. Was stellst du beim Betrachten der Rechteckflächen fest?

**Aufgabe 4:** Stelle die Leistung P über der Spannung U graphisch dar. Die Abbildung stellt die **Leistungskennlinie** dar. Wie groß ist der Widerstand, bei dem die Solarzelle optimal Sonnenenergie in elektrische Energie umwandelt?

**Zusatzaufgabe:** Schließe statt des Widerstands einen Motor an die Solarzelle an und bremse ihn mit der Hand. Beobachte die Messgeräte. Beschreibe und erkläre ihr Verhalten. (Tipp: Lenz'sche Regel!)



## Station 1d: Messung der Solarkonstanten

1d

- Außerhalb der Erdatmosphäre wird jede Fläche  $A = 1 \text{ m}^2$ , die senkrecht zur Sonnenstrahlung steht, in der Zeit  $t = 1 \text{ s}$  von der Energie  $W = 1368 \text{ J}$  durchsetzt.
- Die Strahlungsleistung beträgt also  $P = W/t = 1368 \text{ W}$ , die Leistungsdichte  $S = P/A = 1368 \text{ W/m}^2$ . Dieser Wert heißt **Solarkonstante**.
- (Eine anspruchsvolle, aber nachvollziehbare Herleitung des angegebenen Wertes findest du im Internet unter <http://www.schulphysik.de/java/physlet/planck/stefan.html>.)
- Der Einfluss der Atmosphäre führt zu einem deutlich kleineren Wert, der von dir gemessen werden soll.

- Halte den Aluminiumzylinder  $t = 5 \text{ min} =$  s lang in die Sonne (senkrecht zur Sonnenstrahlung) und miss die Temperaturerhöhung.

- Miss die Masse des Zylinders.

- Miss den Radius der geschwärzten Zylinderfläche.

$\Delta T =$	K.
$m =$	g
$r =$	m

- Berechne die Kreisfläche.

$$A = \pi \cdot r^2 =$$

- Berechne mit der Gleichung  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  (dabei ist  $c = 0,9 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$  die spezifische Wärmekapazität von Aluminium) die vom Zylinder in 5 Minuten aufgenommene Wärme.

$$Q =$$

- Berechne aus den Ergebnissen die Leistungsdichte der Sonnenstrahlung.

$$S =$$

- Vergleiche den Wert mit der Solarkonstanten und gib Gründe für die Abweichung an.

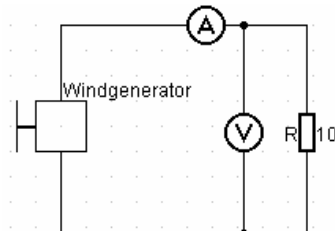


## Station 2a: Elektrische Energie aus dem Wind

- Eine so genannte Windkraftanlage wandelt die Energie der bewegten Luft (Wind) in elektrische Energie um.
- An dieser Lernstation soll der Zusammenhang zwischen der Windgeschwindigkeit  $v$  und der elektrischen Leistung  $P$  untersucht werden.

### Versuchsaufbau:

- Baue die abgebildete Schaltung auf (Amperemeter: Messbereich zunächst 2A=, Anschlüsse COM und A; Voltmeter: Messbereich 20V=, Anschlüsse COM und V/ $\Omega$ ).
- Wähle als Abstand  $a$  zwischen dem Fön und dem „Windgenerator“  $a=25\text{cm}$ .
- Stelle mit dem Drehregler die maximale Windgeschwindigkeit  $v$  ein.
- Miss die vom Generator erzeugte Spannung  $U$  und die Stromstärke  $I$ .
- Miss die Windgeschwindigkeit  $v$  mit dem Windgeschwindigkeitsmessgerät (Anemometer).
- Rechne sie in die Einheit m/s um ( $v$  in km/h : 3,6 ergibt  $v$  in m/s).
- Wiederhole den Versuch mit 3 oder 4 anderen Windgeschwindigkeiten zwischen 15 km/h und 30 km/h.



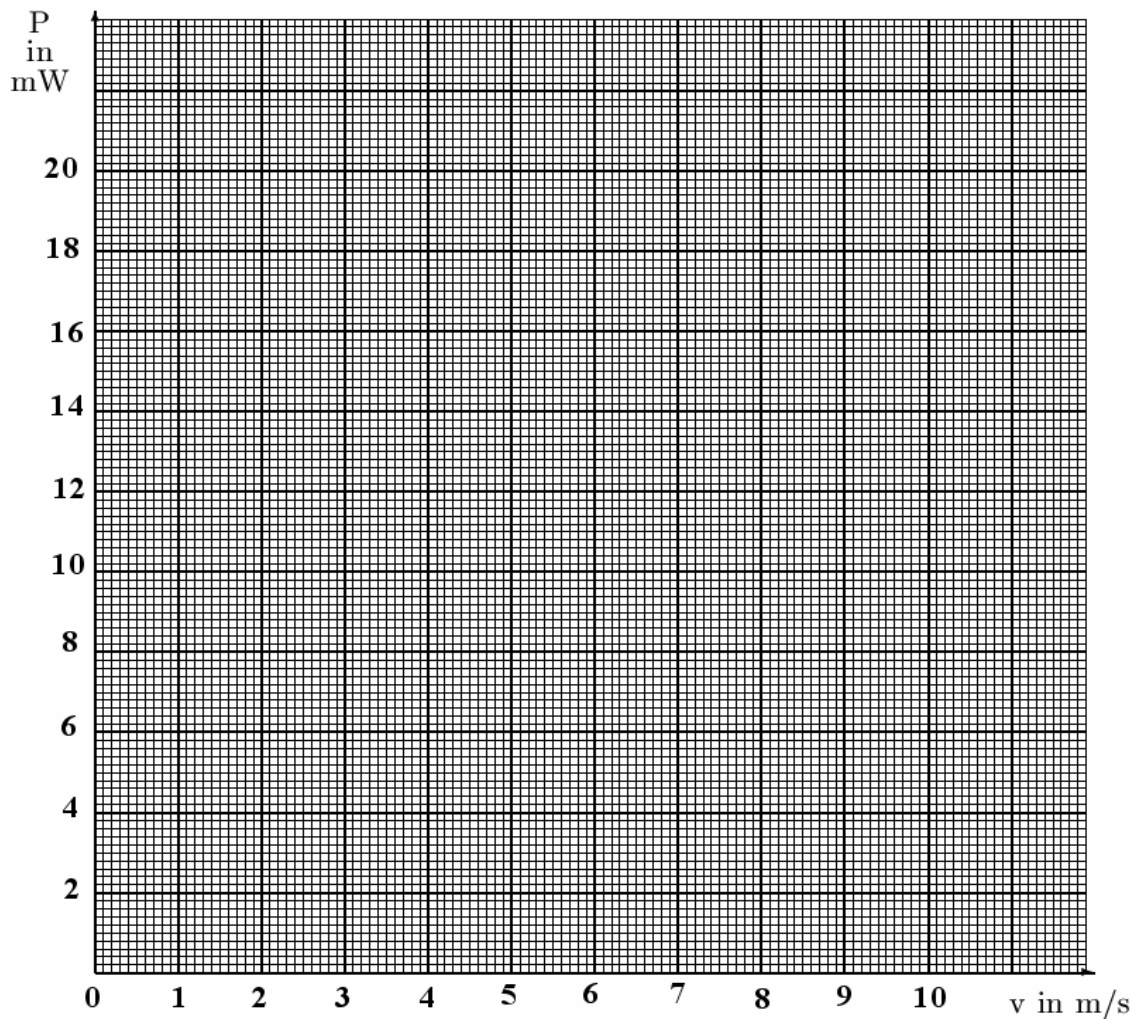
v in km/h					
v in m/s					
U in V					
I in mA					
P in mW					

### Aufgaben:

1. Trage die Ergebnisse der Messung in das Diagramm auf der folgenden Seite ein.



2. Erläutere an Hand deiner Ergebnisse, warum sich Windenergieanlagen nur für Orte eignen, an denen die mittlere Windgeschwindigkeit  $v$  einen Mindestwert überschreitet.
3. Ermittle mit Hilfe deines Taschenrechners eine Ausgleichskurve, die zu den Messwerten passt.
4. Üblicherweise stellt man fest, dass  $P$  proportional zu  $v^3$  ist. Vergleiche diesen Zusammenhang mit deinem Ergebnis von Aufgabe 4.



2a

#### Hilfestellung:

So kann man mit dem Taschenrechner TI83 eine Ausgleichskurve zeichnen und die Funktionsgleichung erhalten:

1. Gib die Werte von  $v$  und  $P$  in die Listen **L1** und **L2** ein.
2. Die Messwerte lassen sich mit **STAT PLOT** graphisch darstellen. Dazu muss aber das Fenster (**WINDOW**) passend eingestellt sein.
3. Mit **STAT CALC A (PwrReg)** kann man nun die Ausgleichskurve bestimmen lassen, indem man nach Auswahl von PwrReg folgendes eingibt bzw. auswählt:  
**L1, L2, VARS Y-VARS FUNCTION Y1** und zum Abschluss die **ENTER**-Taste drückt.

In der Graphik wird die Ausgleichskurve nun eingezeichnet und in Y1 ist der zugehörige Funktionsterm gespeichert.



## Station 2b: Simulation einer Windenergieanlage

2b

- An dieser Lernstation soll mit Hilfe eines Simulationsprogramms untersucht werden, wie die erzeugte elektrische Leistung  $P$  von der Windgeschwindigkeit  $v$  abhängt.
- Wähle dazu folgende Menüpunkte der Reihe nach an:
  - Winfrieds Windkurs (<http://www.windpower.org/de/kids/index.htm>)
  - Aufgaben
  - Windgeschwindigkeit und Stromerzeugung
  - Aufgabe Nr. 4



- Dann zeigt der Bildschirm folgende Ansicht:



- Nun muss du eine Anlage auswählen (Vestas 850 kW). Anschließend kannst du mit der Maus die Windgeschwindigkeit verändern. Dabei wird die jeweils erzeugte elektrische Leistung in kW angezeigt.

### Aufgaben:

- Wähle die Option Zeichenpapier aus und folge den Anweisungen auf dem Bildschirm. Gib die Zahlenwerte für  $v$  und  $P$  zusätzlich in die Listen L1 und L2 eures Taschenrechners ein und lass dir die Messwerte graphisch anzeigen.
- Beschreibe den Zusammenhang zwischen erzeugter Leistung  $P$  und Windgeschwindigkeit  $v$  mit Hilfe dieser Graphik. Treffe eine begründete Aussage über den Windgeschwindigkeitsbereich, der dieser Anlage am besten angepasst ist.





Station 3a: Wirkungsgrad einer DynamoTaschenLampe

1. Nur zum Üben der Digital-Waagen-Bedienung:

- a) Bestimme die Masse der DyTaLa:  
b) Das ergibt umgerechnet die Gewichtskraft:

$$m = \underline{\hspace{2cm}} \text{ g}$$
$$F_G = \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$

2. Bestimmung einiger DyTaLa-Eigenschaften:

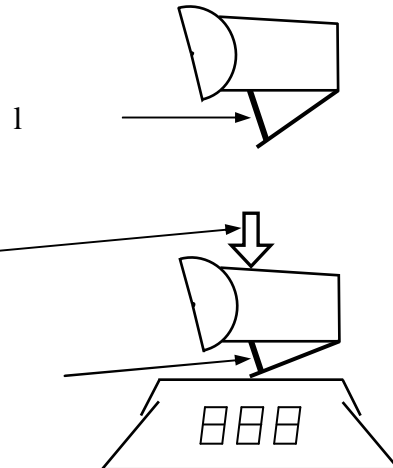
- a) Betätigungsweg l des Antriebsgriffes:

$$l = \underline{\hspace{2cm}} \text{ cm} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$$

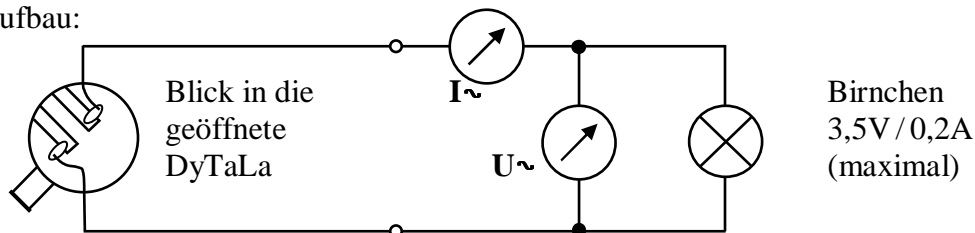
- b) Bestimme mit der Digital-Waage die ungefähre Betätigungskraft F in der Mitte des Betätigungsweges l, indem die DyTaLa langsam so senkrecht von oben mitten auf den Waagenteller gedrückt wird, bis 1/2 erreicht ist.

Anzeige dabei:

$$m \approx \underline{\hspace{2cm}} \text{ g} \Rightarrow F \approx \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$$



3. a) Aufbau:



DyTaLa-Kontakte mit Krokodilklemmen abgreifen

2 analoge Metrawatt-Vielfach-Messgeräte für  $I=500\text{mA}$  und  $U=5\text{V}$  (obere Skala!)

- b) Beginne langsam und gleichmäßig mit dem Betätigen des Dynamohebels; Ziel sind etwa konstante **20... MAXIMAL 30** Betätigungen in 10 Sekunden.

Stoppe dann ein 10s-Intervall ab

und zähle darin die genaue Betätigungsanzahl n

und lies dabei gleichzeitig die mittlere Spannung U

und die mittlere Stromstärke I ab .

Ergebnisse:

$$n = \underline{\hspace{2cm}} \quad U \approx \underline{\hspace{2cm}} \text{ V} \quad I \approx \underline{\hspace{2cm}} \text{ mA} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ A}$$

4. a) Auswertung des 10s-Intervalles:

(Energie-Einheiten-Angabe als Hilfe:  $\text{N} \cdot \text{m} = \text{J} = \text{W} \cdot \text{s} = \text{V} \cdot \text{A} \cdot \text{s}$ )

Bestimme die ungefähr aufgebrauchte mechanische Arbeit(=Energie)  $E_{\text{mech}}$  .

(Nicht den Faktor n vergessen!)

Bestimme die ungefähr erzeugte elektrische Energie  $E_{\text{el}}$  .

$$E_{\text{mech}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$E_{\text{el}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

- b) Bestimme den ungefähren Wirkungsgrad  $\eta$  in Prozent der DyTaLa als "Energiewandlersystem":

$$\eta \approx \underline{\hspace{2cm}} \%$$



### Station 3b: Die InduktionsTaschenLampe

0. + Kopie der Bedienungsanleitung der **SUNARTIS-InTaLa**.  
+ Kopie aus einem Elektronik-Katalog zur LED und zum Gold-Cap.  
+ Kopie aus einem Elektronik-Kompendium zum Gold-Cap.
1. Nimm die InTaLa gemäß Bedienungsanleitung in Betrieb (leuchten und laden).  
Erkläre den Aufladevorgang:

---

---

---

---

2. Zeige unter Verwendung der passenden Daten, dass die InTaLa  
 $E_{el} \approx 35 \text{ Ws}$  Energie für einen Leuchtzyklus benötigt:

$$E_{el} = U \cdot I \cdot t =$$

3. Zeige unter Verwendung der passenden Daten, dass der Gold-Cap–  
Energiespeicher in der InTaLa  $I \approx 0,32 \text{ A}$  Ladestrom  
für einen nachfolgenden Ladezyklus benötigt:

---

---

4. Schreibe die Vorteile einer weißen LED gegenüber einer Glühlampe auf!

---

---

---



### Station 4a: Das Peltierelement als Wärmestrommesser

- Beim Kontakt zweier verschiedener Körper aus verschiedenen Stoffen treten Elektronen über. Dabei lädt sich der eine Körper negativ, der andere positiv auf. Es baut sich eine **Kontaktspannung** auf.
- Die Kontaktspannung nimmt bei höherer Temperatur zu, weil sich die Elektronen schneller bewegen und mehr Elektronen übertreten. Dieser Effekt wird bei **Thermoelementen** (elektronische Temperaturfühler) genutzt.
- Ein **Peltierelement** besteht aus vielen in Reihe geschalteten Thermoelementen. Die einzelnen Kontaktspannungen addieren sich zu einer relativ großen, von der Temperatur abhängigen Spannung.

#### Vorversuch: Das PELTIER-ELEMENT als Spannungsquelle

1. Schließe das Peltier-Element an den Elektromotor an.
2. Lege es mit der unteren Seite auf einen Aluminiumwürfel (Zimmertemperatur).
3. Erwärme den zweiten Würfel mit einem Fön oder mit der Hand auf etwa 30 °C.
4. Lege ihn auf die obere Fläche des Peltier-Elements und beobachte den Motor.
5. Ersetze nun den oberen Würfel durch einen Aluminiumbecher, in dem sich einige Stücke Eis befinden. Beobachte wieder den Motor.

**Achtung! Es darf kein Wasser in das Peltier-Element gelangen!**

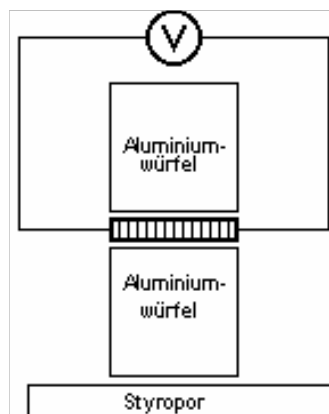
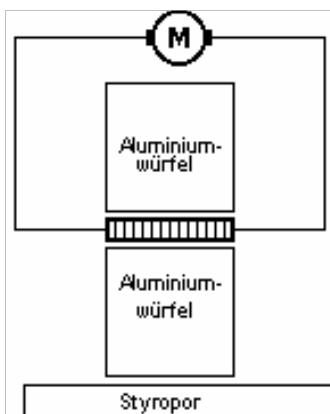
6. Schreibe die Beobachtungen auf!

#### Hauptversuch: Das Peltierelement als Wärmestrom-Messgerät

1. Schließe das Peltier-Element an das Voltmeter an (Buchsen V/Ω und COM, Messbereich 2V=).
2. Lege das Element mit der unteren Seite auf einen Aluminiumwürfel (Zimmertemperatur).
3. Erwärme den zweiten Würfel mit einem Fön oder mit der Hand auf etwa 30 °C.
4. Lege ihn auf die obere Fläche des Peltier-Elements.
5. Miss die Masse *eines* Würfels, die vom Peltier-Element erzeugte Spannung sowie die in der Zeit  $t = 1 \text{ min} = \quad \text{s}$  erfolgte Temperaturänderung des kälteren Würfels.

$m = \quad \text{g} \quad U = \quad \text{V} \quad \Delta T = \quad \text{K}$

6. Berechne mit  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  die in dieser Minute durch das Peltier-Element geflossene Wärme (dabei ist  $c = 0,9 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$  die spezifische Wärmekapazität von Aluminium):  $W =$
7. Berechne den Energiestrom  $P$  der durch das Peltierelement geflossenen Wärme:  $P = Q/t =$
8. Berechne den Energiestrom, der die Spannung  $U = 1 \text{ V}$  erzeugen würde (es gilt:  $P \sim U$ ).





### Station 4b: Das Peltierelement als Wärmepumpe

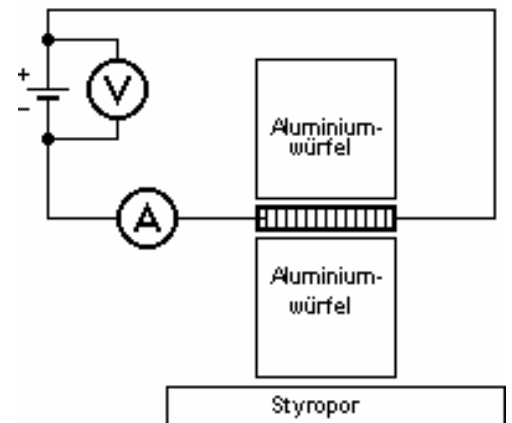
- Der Aufbau des Peltierelements ist in der Anleitung zu Station 4a beschrieben.
- Fließt durch das Element ein Strom, so wird der dort beschriebene Effekt umgekehrt: Es wird Wärmeenergie von einem Würfel zum anderen transportiert. Die Innere Energie eines Würfels nimmt ab, die des anderen nimmt zu.
- Dieser Effekt wird für Kältemaschinen (Kühlschrank im PKW, PC-Kühler) und Wärmepumpen (zum Heizen) genutzt.
- Bei diesem Versuch sollst du die Wärmepumpe untersuchen.

#### Versuch

1. Miss die Masse eines Würfels und trage sie ein.
2. Lege auf die Styroporplatte einen Aluminiumwürfel, darauf das Peltier-Element und darauf den zweiten Aluminiumwürfel. Stecke die Temperaturfühler in die Bohrlöcher der Würfel, so dass sie Kontakt zum Aluminium haben.

**Bei diesem Versuch müssen beide Würfel vollständigen Kontakt mit den quadratischen Flächen des Peltier-Elements haben!**

3. Verbinde die rote Buchse des Peltier-Elements über das Amperemeter mit dem Minuspol der Spannungsquelle, die schwarze Buchse direkt mit ihrem Pluspol. Stelle das Amperemeter auf den Messbereich 2A= (Buchsen A und COM).
4. Schließe das Voltmeter an die Spannungsquelle an und wähle den Messbereich 20 V= (Buchsen V/ $\Omega$  und COM)
5. Überprüfe, ob das Peltier-Element genau zwischen den Würfeln liegt.
6. Schreibe die beiden Anfangstemperaturen auf.
7. Schalte die Spannungsquelle ein und regle die Spannung auf genau 4V. Schreibe die Stromstärke auf.
8. Starte die Stoppuhr, sobald sich die Anzeige eines der Thermometer verändert. Lies nach 120 Sekunden die Temperaturen und die Stromstärke ab und schreibe sie auf.
9. Regle nach dem letzten Messwert die Spannung auf Null, schalte die Geräte aus und stelle die Messgeräte auf hohe Messbereiche ein.



#### Auswertung

1. Berechne mit  $E_{el} = U \cdot I \cdot t$  die in 120 Sekunden zugeführte elektrische Energie. Für I ist der Mittelwert vom Anfangswert und Wert nach 120 Sekunden einzusetzen.
2. Berechne mit  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  die in 120 Sekunden genutzte Wärmeenergie.  
Dabei ist  $c = 0,9 \frac{J}{g \cdot K}$  die spezifische Wärmekapazität von Aluminium und  $\Delta T$  der Temperaturunterschied zum Anfangswert beim erwärmten Würfel.
3. Berechne den Wirkungsgrad  $\eta$  der Wärmepumpe (Quotient aus Nutzenergie und zugeführter Energie). Das Ergebnis müsste dich überraschen. Erkläre, wie es möglich ist, dass der Wirkungsgrad über 100% liegt.
4. Überprüfe durch eine geeignete Rechnung, wo die gewonnene Energie herkommt. Gib mögliche Ursachen für Abweichungen an.



## Hausaufgabe: Der Treibhauseffekt

- Informiere dich zu den Themen und beantworte die Aufgaben schriftlich!

### Aufgaben

1. Was versteht man unter dem „natürlichen Treibhauseffekt“? Welche Auswirkungen hat er auf das Leben auf dem Planet Erde?
2. Was versteht man unter dem anthropogenen (künstlichen) Treibhauseffekt? Welche möglichen Folgen hat er für die Erde?
3. Zu den Verursachern des anthropogenen Treibhauseffekts gehören z.B. Kohlekraftwerke und Autos.
  - a) Wie viel Energie pro Jahr wird pro Einwohner („pro Kopf“) in Deutschland, in den USA, in Indien „verbraucht“?
  - b) Stelle dir vor, diese Energie würde von Radsportlern mit Ergometern erzeugt. Wie viele Radfahrer müssten für jeden Deutschen arbeiten? (Leistung ca. 300 Watt, 8-Stunden-Tag).
  - c) Wie viel CO<sub>2</sub> pro Jahr „pro Kopf“ wird in Deutschland, den USA, in Italien produziert? (Würde das CO<sub>2</sub> in Deutschland in Mülltonnen gefüllt, müssten neben jeder grauen Tonne weitere 35 Tonnen für CO<sub>2</sub> stehen!).
  - d) Auch bei der Verbrennung von Biodiesel und Holz wird CO<sub>2</sub> ausgestoßen. Warum gilt die Verbrennung dieser Stoffe für die Umwelt als weniger schädlich?
4. In einem Zeitungsartikel steht, dass die Erde von der Sonne soviel Energie erhält, dass bei 100%iger Umwandlung der gesamte Energiebedarf pro Jahr in 20 Minuten gedeckt werden könnte. Überprüfe diese Aussage!  
Stelle dir dazu die Erde ausnahmsweise als Kreisscheibe mit dem Radius 6370 km vor. Die Strahlungsleistung der Sonne beträgt über der Atmosphäre 1368 W/m<sup>2</sup>, am Erdboden bis zu 1000 W/m<sup>2</sup>.  
(Warum ist es sinnvoll, sich die Erde als Scheibe vorzustellen?)
5. Informiere dich über den Anteil der regenerativen Energien am Gesamtenergieverbrauch in Deutschland (Tabelle und Tortendiagramm für alle Energieformen! Möglichst aktuelle Werte, evtl. Vergleich mit älteren Werten und im Vergleich mit anderen Ländern)!