



## 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:
  - a) Winfrieds Windkurs
  - b) Aufgaben
  - c) Windgeschwindigkeit und Stromerzeugung
  - d) Aufgabe Nr. 4
- Dann zeigt der Bildschirm folgende Ansicht:

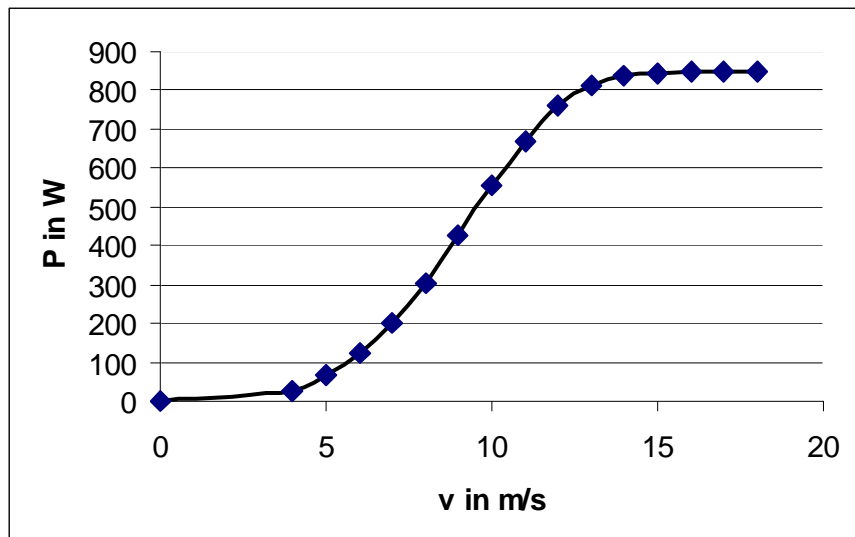


- Nun muss du eine Anlage auswählen (Vestas 850 kW). Anschließend kannst du mit der Maus die Windgeschwindigkeit verändern. Dabei wird die jeweils erzeugte elektrische Leistung in kW angezeigt.

### 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.

*Zu 1.:*



2b

*Zu 2.: Die elektrische Leistung ist bei kleiner Windgeschwindigkeit gering. Wenn die Windgeschwindigkeit zunimmt, wird die elektrische Leistung größer.*

*Sie steigt bis etwa 10 m/s immer stärker an, die Zunahme wird aber ab ca. 10 m/s wieder schwächer.*

*Über 14 m/s bleibt die Leistung konstant 850W.*

*Am besten geeignet sind Windgeschwindigkeiten zwischen 12m/s (Windstärke 6) und 15m/s, da hier die elektrische Leistung besonders groß ist.*

*Bei zu großer Windgeschwindigkeit müssen die Windräder abgestellt werden, damit sie nicht zerstört werden.*



### 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:

$$m = \underline{133 \text{ g}}$$

$$F_G = \underline{1,33 \text{ N}}$$

2. Bestimmung einiger DyTaLa-Eigenschaften:

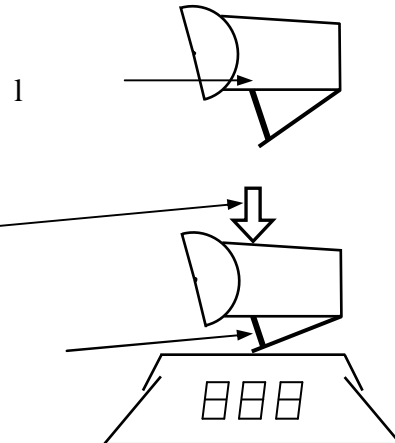
- a) Betätigungsweg l des Antriebsgriffes:

$$s = \underline{2 \text{ cm}} = \underline{0,02 \text{ m}}$$

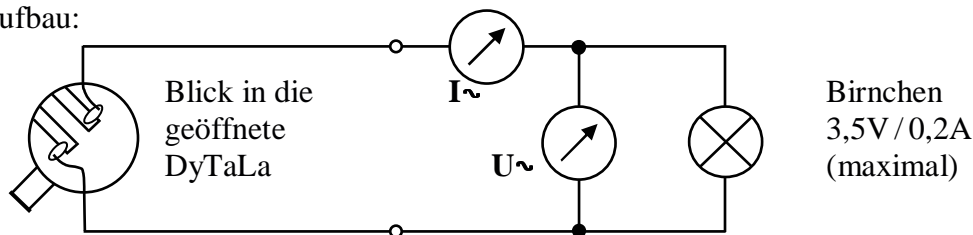
- b) Bestimme mit der Digital-Waage die ungefähre Betätigungskraft F in der Mitte des Betätigungsweges l, indem die DyTaLa langsam so senkrecht von oben mitten auf den Waagenteller gedrückt wird, bis 1/2 erreicht ist.

Anzeige dabei:

$$m \approx \underline{650 \text{ g}} \Rightarrow F \approx \underline{6,5 \text{ N}}$$



3. a) Aufbau:



DyTaLa-Kontakte mit Krokodilsklemmen 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 den mittleren Strom I ab.

Ergebnisse:

$$n = \underline{25}$$

$$U \approx \underline{2,2 \text{ V}} \quad I \approx \underline{120 \text{ mA}} = \underline{0,12 \text{ A}}$$

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  $E_{\text{el}}$ .

$$E_{\text{mech}} = n \cdot F \cdot s = 25 \cdot 6,5 \text{ N} \cdot 0,02 \text{ m} = 3,25 \text{ Nm} = 3,25 \text{ J}$$

$$E_{\text{el}} = U \cdot I \cdot t = 2,2 \text{ V} \cdot 0,12 \text{ A} \cdot 10 \text{ s} = 0,264 \text{ W} \cdot 10 \text{ s} = 2,64 \text{ J}$$

- b) Bestimme den ungefähren Wirkungsgrad  $\eta$  in Prozent

der DyTaLa als "Energiewandlersystem":  $\eta = E_{\text{el}} / E_{\text{mech}} \approx 80\%$



### 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:

Ein Magnet wird durch eine (Induktions-)Spule (hin und her) bewegt.

$U_{ind} \sim \text{Magnet(feld)stärke}$  und

$U_{ind} \sim \text{Magnetfeld-Änderungsgeschwindigkeit (in der Spule)}.$

$U_{ind}$  lädt Gold-Cap als Kurzzeitspeicher auf.

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

$$E_{el} = U \cdot I \cdot t = \underline{3,6V \cdot 0,02A \cdot 8min = 0,072W \cdot 480s = 34,56Ws}$$

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:

$$E_{el} = U \cdot I \cdot t \Leftrightarrow I = E_{el} / (U \cdot t) \Leftrightarrow$$

$$\underline{I \approx 35Ws : (3,6V \cdot 30s) = 35Ws : 108Vs = 0,324A}$$

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

– Sie hat eine niedrige Stromaufnahme, d.h. sie benötigt für die gleiche Leuchtstärke bzw. Helligkeit in der gleichen Zeit viel weniger Energie.

(Beachte, dass eine Glühlampe den Wirkungsgrad 5%, eine Halogenlampe 10% hat, der wesentlich größere Anteil der zugeführten Energie wird in unsichtbare Infrarotstrahlung umgewandelt, mit der man nur die Umgebung erwärmen kann.)

– Sie ist erschütterungsfest, d.h.

– sie hält wesentlich länger (bei der Glühlampe kann der Glühdraht bei Erschütterung durchbrennen).

– Sie ist vielseitig einsetzbar.



### 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

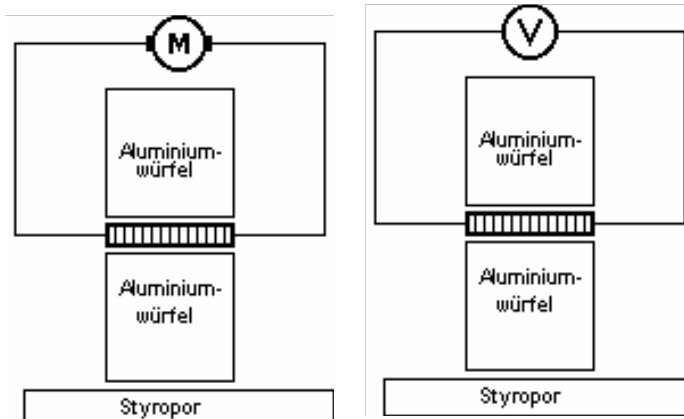
1. Schließe das Peltier-Element an das Voltmeter an (Buchsen V/Ω und COM, Messbereich 2V=).
2. Lege das Element mit der unteren Seite auf einen Aluminiumwürfel (Zimmertemperatur).
3. Erwärme den zweiten Würfel mit einem Fön oder mit der Hand auf etwa 30 °C.
4. Lege ihn auf die obere Fläche des Peltier-Elements.
5. Miss die Masse *eines* Würfels, die mittlere vom Peltier-Element erzeugte Spannung sowie die in der Zeit  $t = 1 \text{ min} = 60 \text{ s}$  erfolgte Temperaturänderung des kälteren Würfels.

$$m = 170 \text{ g} \quad U = 0,36 \text{ V} \quad \Delta T = 0,7 \text{ K}$$

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):  $Q = 107 \text{ J}$ .

7. Berechne den Energiestrom  $P$  der durch das Peltierelement geflossenen Wärme:  $P = Q/t$   
 $\Rightarrow P = 1,8 \text{ W}$ .

8. Berechne den Energiestrom, der die Spannung  $U = 1 \text{ V}$  erzeugen würde (es gilt:  $P \sim U$ ).



$1,8 \text{ W} / 0,36 \text{ V} = 5 \text{ W/V}$   
(der Energiestrom 5W ruft die Spannung 1V hervor.)

Beobachtungen beim Vorversuch: Der Motor läuft jeweils, und zwar je nachdem, ob die obere Seite erwärmt oder abgekühlt wird, links oder rechts herum. Je größer der Temperaturunterschied zwischen den Seitenflächen des Peltierelements ist, desto schneller läuft der Motor.



## Station 4b: Das Peltierelement als Wärmepumpe

4b

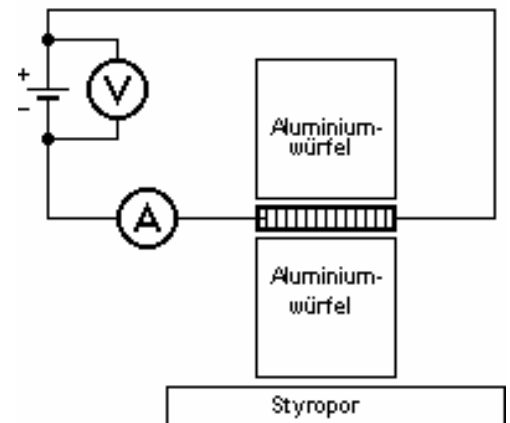
- Der Aufbau des Peltierelements ist in der Anleitung zu Station 4a beschrieben.
- Fließt durch das Element ein Strom, so wird der dort beschriebene Effekt umgekehrt: Es wird Wärmeenergie von einem Würfel zum anderen transportiert. Die Innere Energie eines Würfels nimmt ab, die des anderen nimmt zu.
- 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

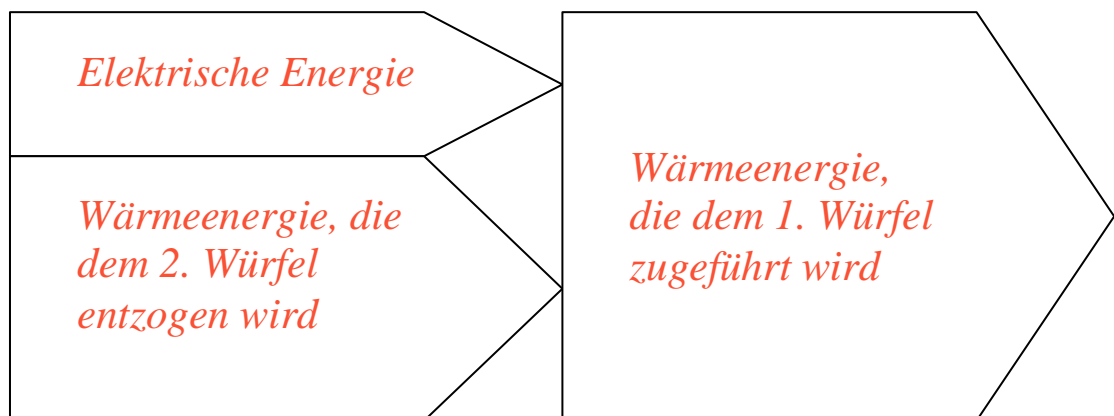
1. Berechne mit  $E_{el} = U \cdot I \cdot t$  die in 120 Sekunden zugeführte elektrische Energie. Für I ist der Mittelwert vom Anfangswert und Wert nach 120 Sekunden einzusetzen.
2. Berechne mit  $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$  die in 120 Sekunden genutzte Wärmeenergie.  
Dabei ist  $c = 0,9 \frac{\text{J}}{\text{g} \cdot \text{K}}$  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.

$$1. E_{el} = U \cdot I \cdot t \approx 4V \cdot 1A \cdot 120s = 480J$$

$$2. Q = c \cdot m \cdot \Delta T \approx 0,9J/(g \cdot K) \cdot 176g \cdot 7,8K \approx 1236J$$

$$3. \eta = Q / E_{el} = 1236J / 480J \approx 256\%$$

*Der Wirkungsgrad liegt über 100%, weil die genutzte Energie nur teilweise als elektrische Energie zugeführt wurde, zum anderen Teil aber dem anderen Aluminiumwürfel beim Abkühlen entzogen wurde. Es findet ein Energietransport von der Spannungsquelle und dem zweiten Würfel zum 1. Würfel statt!*



4. Für die dem 2. Würfel entzogene Energie gilt

$$Q_1 = c \cdot m \cdot \Delta T \approx 0,9J/(g \cdot K) \cdot 176g \cdot 4,8K \approx 760J$$

$$E_{el} + Q_1 = 480J + 760J = 1240J \approx 1236J$$

*(Die Messwerte wurden mit dem PC-Interface aufgenommen und stimmen daher sehr genau mit der Theorie überein.*

*Generell sollte erwartet werden, dass die Summe aus der elektrischen Energie und der dem 2. Würfel entzogenen Energie kleiner als die dem 1. Würfel zugeführte Energie ist, weil ein Teil der Energie an die Umgebung abgegeben wird und nicht den 1. Würfel erwärmt.)*



*Messergebnisse bei Temperaturmessung mit dem S-CASSY der Firma  
Leybold-Didactic*

$m = 176 \text{ g}$

$U = 4 \text{ V}$

$t \text{ in s}$	$I \text{ in A}$	$T_1 \text{ in Grad C.}$	$T_2 \text{ in Grad C.}$	$Q_1 \text{ in J}$	$Q_2 \text{ in J}$	$E_{el} \text{ in J}$	$Q_2 + E_{el} \text{ in J}$	$\eta$
0	1,15	20,6	20,7	0,0	0,0	0,0	0,0	-
10	1,02	21,1	20,6	79,2	15,8	43,3	59,1	1,8
20	1,00	21,8	20,3	190,1	63,4	84,4	147,8	2,3
30	0,99	22,5	19,7	301,0	158,4	124,7	283,1	2,4
40	0,97	23,4	19,2	443,5	237,6	164,1	401,7	2,7
50	0,97	24,1	18,6	554,4	332,6	203,1	535,8	2,7
60	0,95	24,7	18,2	649,4	396,0	241,6	637,6	2,7
70	0,94	25,5	17,7	776,2	475,2	279,7	754,9	2,8
80	0,93	26,0	17,3	855,4	538,6	317,3	855,8	2,7
90	0,92	26,7	17,0	966,2	586,1	354,5	940,5	2,7
100	0,91	27,3	16,6	1061,3	649,4	391,3	1040,7	2,7
110	0,91	27,9	16,2	1156,3	712,8	427,7	1140,5	2,7
120	0,90	28,4	15,9	1235,5	760,3	463,8	1224,1	2,7
130	0,89	28,7	15,7	1283,0	792,0	499,5	1291,5	2,6
140	0,88	29,3	15,4	1378,1	839,5	535,0	1374,5	2,6
150	0,87	29,8	14,9	1457,3	918,7	570,1	1488,8	2,6
160	0,87	30,2	14,7	1520,6	950,4	605,0	1555,4	2,5
170	0,86	30,7	14,5	1599,8	982,1	639,4	1621,5	2,5
180	0,85	31,2	14,1	1679,0	1045,4	673,7	1719,1	2,5
190	0,84	31,5	14,0	1726,6	1061,3	707,6	1768,9	2,4
200	0,84	31,9	13,8	1789,9	1093,0	741,3	1834,3	2,4
210	0,83	32,2	13,5	1837,4	1140,5	774,9	1915,3	2,4
220	0,83	32,6	13,4	1900,8	1156,3	808,2	1964,5	2,4
230	0,82	32,9	13,2	1948,3	1188,0	841,3	2029,3	2,3
240	0,82	33,2	13,1	1995,8	1203,8	874,2	2078,1	2,3

## Diagramme zur Messreihe

### Station 4B: Wärmepumpe (Peltierelement)

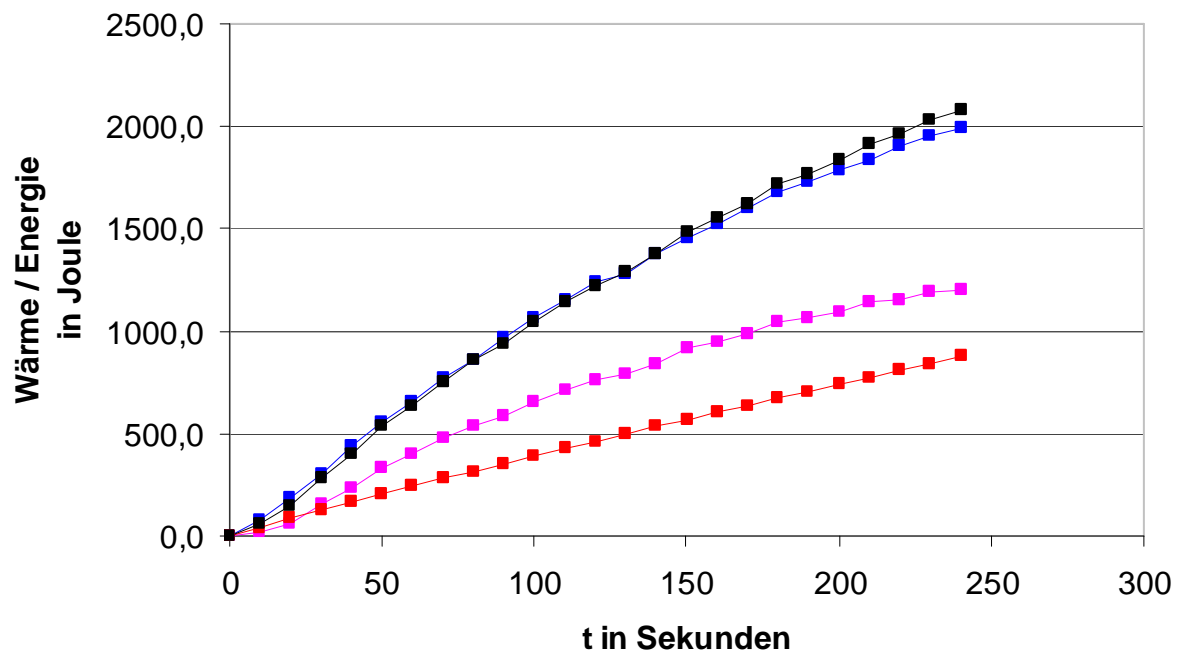
(Temperaturmessung mit dem S-CASSY der Firma Leybold-Didactic)

Rot: Zugeführte elektrische Energie

Pink: Zugeführte Wärme Q2

Schwarz: Gesamte zugeführte Energie

Blau: Gewonnene Wärme Q1





## 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)!