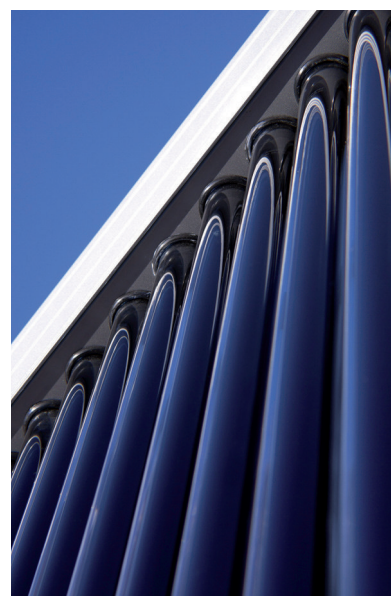
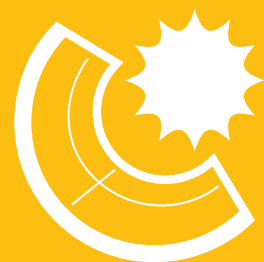


leXsolar-ThermalEnergy Ready-to-go



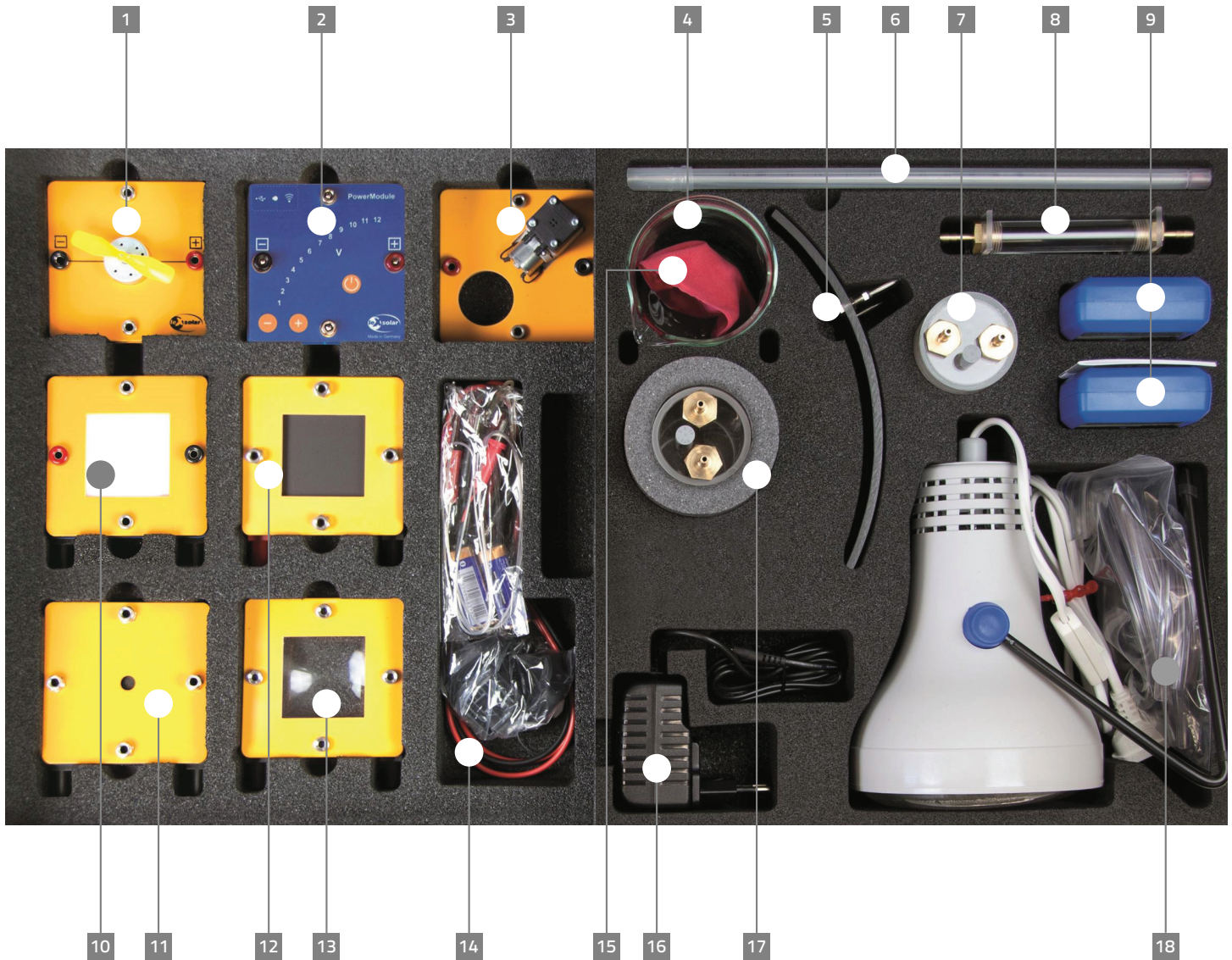
Anleitungsheft

Layout diagram leXsolar-ThermalEnergy Ready-to-go 2.0

Item-No.1304

Bestückungsplan leXsolar-ThermalEnergy Ready-to-go 2.0

Art.-Nr.1304



- 1** 1100-27 Motor module
1100-27 Motormodul
L2-02-017 Yellow propeller
L2-02-017 Luftschraube (Propeller) gelb
- 2** 9100-05 PowerModul with **16**
9100-05 PowerModul mit **16**
- 3** 1300-09 Pump module with **22**
1300-09 Pumpenmodul mit **22**
- 4** L2-06-082 Beaker 250 ml
L2-06-082 Becherglas 250 ml

- 5** 1300-04 Parabolic reflector
1300-04 Parabolspiegel-Kollektor
- 6** L2-06-016 Laboratory thermometer
L2-06-016 Laborthermometer
- 7** 1300-12 Heat exchanger paraffin
1300-12 Wärmetauscher Paraffin
- 8** 1300-05 Absorber tube
1300-05 Absorberrohr
- 9** 2xL2-06-011 Digital multimeter
2xL2-06-011 Digitalmultimeter
- 10** 1300-08 Absorber B/W
1300-08 Absorber S/W
- 11** 1300-07 Absorber module for lens
1300-07 Absorbermodul für Linse

- 12** 1300-10 Peltier module
1300-10 Peltiermodul
- 13** 1300-06 Lens module
1300-06 Linsenmodul
- 14** 2xL2-06-014/015 Test leads black/red
2xL2-06-014/015 Messleitung schwarz/rot
- 15** L2-06-125 Cooling pad
L2-06-125 Kühlkissen
- 16** Power supply for **2**
Stromversorgung für **2**
- 17** 1300-11 Heat exchanger water
1300-11 Wärmetauscher Wasser
- 18** 1300-13 Hose set
1300-13 Schläuche-Set

Version number
Versionsnummer

II-01.24_L3-03-138_10.01.2018

Layout diagram leXsolar-ThermalEnergy Ready-to-go 2.0

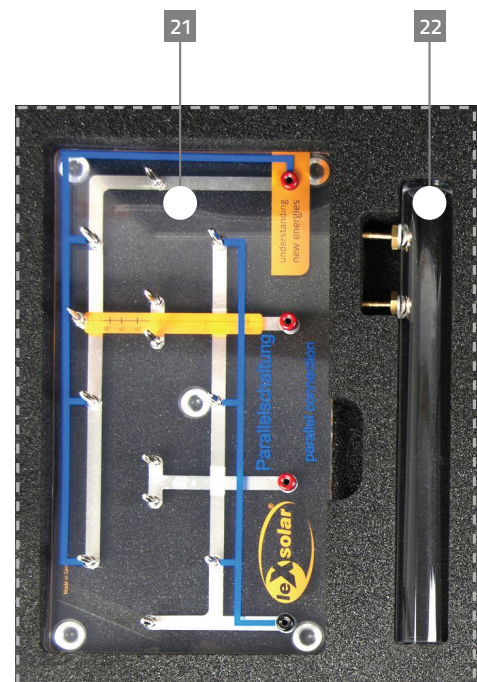
Item-No.1304

Bestückungsplan leXsolar-ThermalEnergy Ready-to-go 2.0

Art.-Nr.1304



- 19** 1300-03 Solar colector
1300-03 Solar-Kollektor
- 20** L2-04-200 Illuminant infrared 230V with
L2-04-080 Lamp housing
L2-04-200 Leuchtmittel infrarot 230V mit
L2-04-080 Lampengehäuse
- 21** 1100-19 leXsolar-basic unit
1100-19 Grundeinheit groß
- 22** Balancing container with **3**
Ausgleichsgefäß mit **3**



leXsolar-ThermalEnergy

Anleitungsheft

Inhalt

1. Absorptions- und Reflexionsvermögen unterschiedlicher Materialien	5
2. Konzentration von Licht mit Fresnel-Linse.....	8
3. Wärmeströmung und Wärmeschichtung.....	11
4. Wärmeleitung	13
5. Wärmedämmung	15
6. Solarkollektor mit Pumpenumlauf	18
7. Solarkollektor mit Thermosiphonumlauf	21
8. Variation der Durchflussgeschwindigkeit	24
9. Kollektorumlauf mit Wärmetauscher.....	27
10. Kollektorumlauf mit Paraffinwärmespeicher.....	33
11. Parabolrinnenkollektor mit Pumpenumlauf	39
12. Defokussierung.....	43
13. Funktionsweise eines Peltierelements.....	47
14. Untersuchung des Thermoelektrischen Generators	49
15. Quantitative Bestimmung der elektrischen Leistung.....	52
16. Bestimmung des Massenstroms durch den Kollektor	55
17. Bestimmung des Kollektorwirkungsgrads	57
18. Vergleich einer High-Flow und einer Low-Flow-Anlage	60



1. Absorptions- und Reflexionsvermögen unterschiedlicher Materialien

Aufgabe

Ermittle die Unterschiede im Absorptions- und Reflexionsverhalten von Wärmestrahlung bei einer Kupferplatte mit weißer und schwarzer Beschichtung.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Strahler
- Digitalmessgerät
- Absorbermodul Schwarz/weiß
- Messleitungen

Durchführung

1. Stecke das Absorbermodul schwarz/weiß mit der weißen Seite zum Strahler zeigend auf die Grundeinheit (Abstand zum Strahler 15cm)
2. Verbinde das Digitalmessgerät mit dem Absorbermodul schwarz/weiß, wie in der Abbildung ersichtlich.
3. Stelle am Digitalmessgerät das Symbol °C ein, um die Temperaturmessung zu starten. Lege außerdem eine Uhr bereit, um während des Experiments die Zeit zu messen.
4. Notiere die Anfangstemperatur $T(0)$ und starte die Messung, indem du den Strahler einschaltest. Notiere im Minutenabstand die Temperaturwerte, welche elektrisch direkt an der Metalloberfläche gemessen werden.
5. Schalte den Strahler ab und lasse das Absorbermodul schwarz/weiß abkühlen, bis es wieder ungefähr die Ausgangstemperatur erreicht hat.
6. Wiederhole die Messung mit der schwarzen Seite des Absorbermoduls. Achte darauf, dass der Abstand zum Strahler unverändert 15 cm beträgt.

Messwerte

Tabelle 1.1 – Temperaturentwicklung auf der weißen Seite

Zeit in Minuten	0	1	2	3	4	5	6	...
Temperatur								



1. Absorptions- und Reflexionsvermögen unterschiedlicher Materialien

Messwerte

Tabelle 2.1 – Temperaturentwicklung auf der schwarzen Seite

Zeit in Minuten	0	1	2	3	4	5	6	...
Temperatur								

Auswertung

1. Trage deine Ergebnisse in das abgebildete Diagramm ein.
2. Vergleiche die Ergebnisse aus den beiden Teilerperimenten und erkläre die beobachteten Unterschiede.
3. Erläutere welche Rückschlüsse aus dieser Erkenntnis auf die Konstruktion von Solarkollektoren zu ziehen sind.

Diagramm

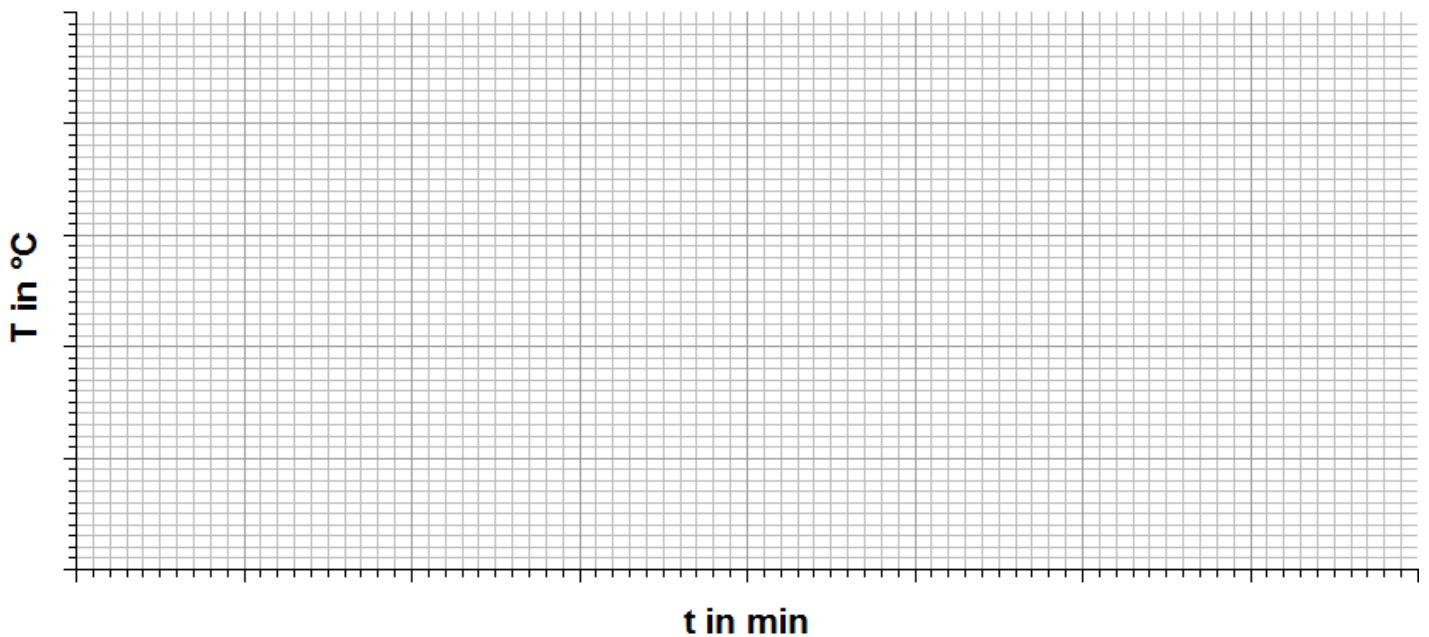


Diagramm 1.1 – Temperaturverlauf am Absorbermodul schwarz/weiß

Auswertung

2.



1. Absorptions- und Reflexionsvermögen unterschiedlicher Materialien

Auswertung

2.

3.



2. Konzentration von Licht mit Fresnel-Linse

Aufgabe

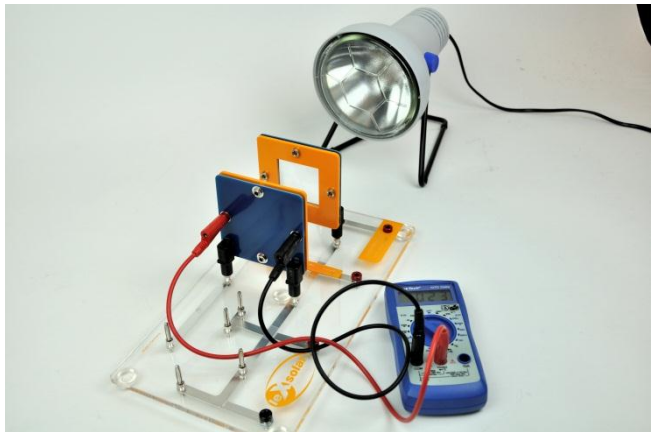
Demonstriere den Einfluss der Konzentration von Sonnenlicht auf die Erhitzung eines Absorbermaterials.

Aufbau

2.1 Erwärmung ohne Fresnellinse



2.2 Erwärmung mit Fresnellinse



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Strahler
- Digitalmessgerät
- Linsenmodul
- Absorbermodul Linse
- Messleitungen

Durchführung

1. Stecke das Absorbermodul Linse mit der Öffnung zum Strahler zeigend mittig auf die Grundeinheit. Den Abstand zum Strahler stellst du auf ca. 25cm ein.
2. Verbinde daraufhin das Digitalmessgerät mit dem Absorbermodul Linse, wie in Abbildung 2.1 ersichtlich.
3. Stelle am Digitalmessgerät das Symbol °C ein, um die Temperaturmessung zu starten. Lege außerdem eine Uhr bereit, um während des Experiments die Zeit zu messen.
4. Notiere die Anfangstemperatur $T(0)$ und starte die Messung, indem du den Strahler einschaltest. Notiere im Minutenabstand die Temperaturwerte, welche elektrisch direkt an der Metallfläche gemessen werden.
5. Schalte den Strahler ab und lass das Absorbermodul Linse abkühlen, bis es wieder ungefähr die Ausgangstemperatur erreicht hat.
6. Stecke nun, wie in Abbildung 2 dargestellt, zwischen Strahler und Absorber das Linsenmodul. Achte darauf, dass der Abstand vom Absorbermodul zum Strahler unverändert 25 cm beträgt.
7. Notiere die Anfangstemperatur $T(0)$ und starte die Messung, indem du den Strahler einschaltest. Notiere im Minutenabstand die Temperaturwerte, welche direkt an der Metallfläche gemessen werden.



2. Konzentration von Licht mit Fresnel-Linse

Messwerte

Tabelle 2.1 – Temperaturentwicklung ohne Linsenmodul

Zeit in Minuten	0	1	2	3	4	5	6	...
Temperatur in C°								

Tabelle 2.2 – Temperaturentwicklung mit Linsenmodul

Zeit in Minuten	0	1	2	3	4	5	6	...
Temperatur in C°								

Auswertung

1. Trage deine Ergebnisse in das abgebildete Diagramm ein.
2. Vergleiche die Ergebnisse aus den beiden Teilexperimenten und erkläre die beobachteten Unterschiede.
3. Erläutere welche Rückschlüsse aus dieser Erkenntnis auf die Konstruktion von Solarkollektoren zu ziehen sind.
4. Nenne, neben der Verwendung von Linsen, eine weitere Möglichkeit zur Konzentration von Licht, welche auch zur solarthermischen Energieumwandlung genutzt wird.

Diagramm

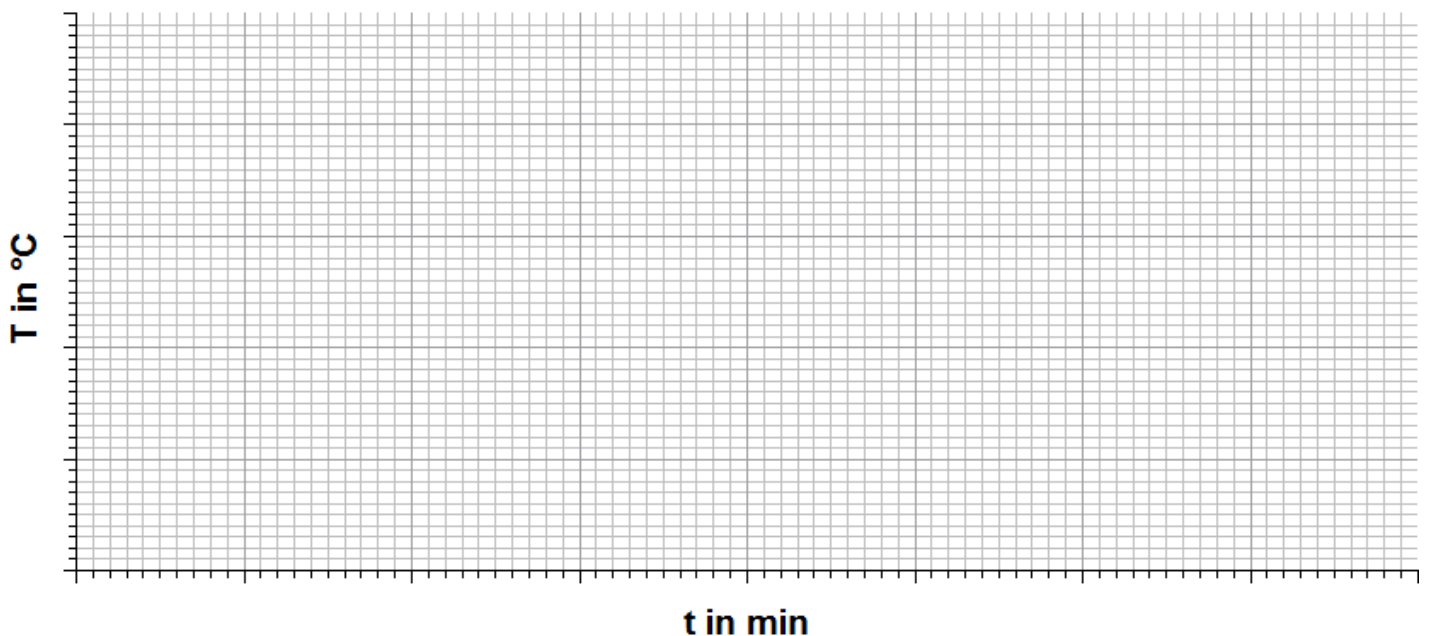


Diagramm 2.1 – Temperaturverlauf am Absorbermodul Linse



3. Wärmeströmung und Wärmeschichtung

Aufgabe

Bestimme die Temperatur von Wasser in unterschiedlichen Höhen eines Gefäßes.

Aufbau



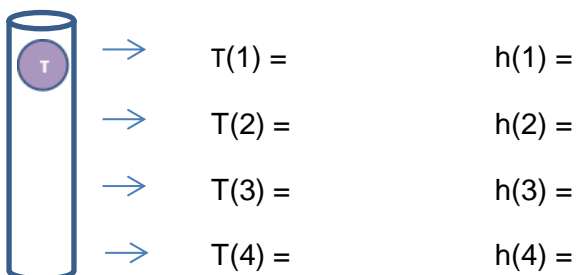
Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß
- Flüssigthermometer
- Stöpsel oder kurzer Schlauch
- Warmwasser aus der Leitung im Becherglas bzw. Warmwassererzeugung mit Solarkollektor (siehe Experiment 4)
- zusätzlich benötigt:**
- Lineal

Durchführung

1. Stecke das Pumpenmodul mit integriertem Ausgleichsgefäß auf eine beliebige Position der Grundeinheit.
2. Stecke die beiden Stöpsel auf die Anschlüsse des Ausgleichsgefäßes. Dazu ist es alternativ auch möglich, beide Schlauchtüllen mit einem kurzen Schlauch zu verbinden.
3. Fülle mit Hilfe des Becherglases das Ausgleichsgefäß mit etwa 75ml von ca. 40°C heißem Wasser. Das Wasser kann direkt einem Warmwasseranschluss im Haus entnommen werden oder mit Hilfe des Kollektors (Experiment 4) erhitzt werden.
4. Stelle das gefüllte Ausgleichsgefäß nun einige Minuten in eine ruhige Position.
5. Miss anschließend die Temperatur in 4 verschiedenen, gleichmäßig verteilten Höhen und trage deine Messwerte in die Abbildung ein.

Messwerte





3. Wärmeströmung und Wärmeschichtung

Auswertung

1. Beschreibe deine Beobachtungen
2. Erläutere, wie es möglich ist, dass sich im gleichen Gefäß unterschiedliche Temperaturwerte messen lassen. Worauf lässt sich diese Beobachtung zurückführen und wie lässt sich dies für die Verwendung solarthermischer Anlagen nutzen?
3. Notiere zudem, welchen Einfluss die Wärmedämmung durch das Gefäßmaterial auf dieses Experiment hat.

1.

2.

3.



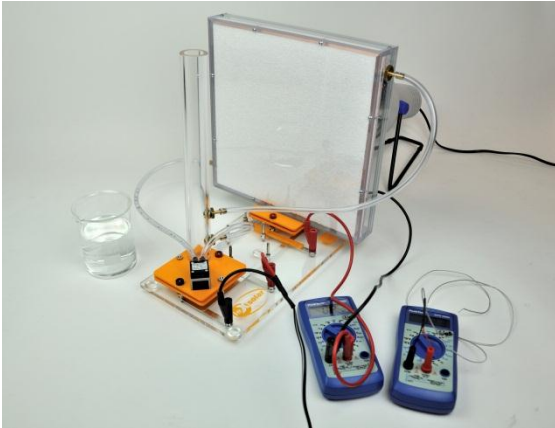
4. Wärmeleitung

Aufgabe

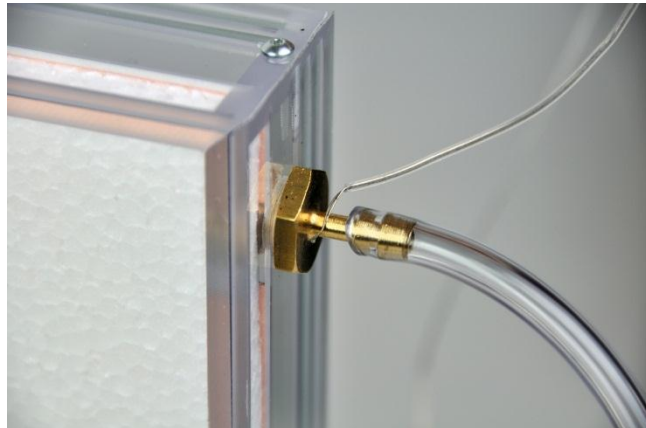
Demonstriere die thermische Leitfähigkeit unterschiedlicher Materialien am Beispiel des Solarkollektors.

Aufbau

4.1 Versuchsaufbau



4.2 Temperaturmessung



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Pumpenmodul
- 2x Digitalmessgerät mit Temperaturmessfühler
- Solarkollektor
- Messleitungen
- Schläuche
- Ausgleichsgefäß
- Solarkollektor
- Strahler
- Becherglas
- PowerModul

zusätzlich benötigt:

- Lineal, Uhr

Durchführung

1. Stecke den Solarkollektor und das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß wie in der Abbildung ersichtlich, auf die Grundeinheit und verbinde die Module mit den beiliegenden Schläuchen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass der linke Pumpenanschluss mit dem unteren Anschluss des Kollektors und der rechte Anschluss mit dem unteren Ausgang des Ausgleichsgefäßes verbunden werden. Der obere Anschluss des Ausgleichsgefäßes wird anschließend mit dem oberen Anschluss des Kollektors verbunden, um den Wasserkreislauf zu schließen.
2. Fülle nun Wasser in das Ausgleichsgefäß und schließe das PowerModul an die Pumpe an (8V).

Hinweis: Gegebenenfalls muss mit dem Messbecher noch einmal Wasser nachgefüllt werden, bis sich ein stabiler Wasserkreislauf mit ca. 200ml Flüssigkeit eingestellt hat. Um restliche Lufteinschlüsse aus dem Kollektor zu bekommen, kannst du ihn vorsichtig schwenken.

3. Stelle an den Digitalmessgeräten das Symbol °C ein, um die Temperaturmessung zu starten. Verbinde außerdem den beiliegenden Temperaturmessfühler mit einem der Geräte.



4. Wärmeleitung

Durchführung

4. Das zweite Messgerät wird direkt mit dem Kollektor verbunden, um den internen Temperatursensor abzugreifen. Achte dabei auf die Polarität der Anschlüsse.
5. Positioniere den Strahler vor dem Kollektor (15cm Abstand) und schalte ihn an. Miss nun mit dem Temperaturmessfühler die Temperatur an den metallischen Anschlüssen und am Kunststoffrand des Kollektors (siehe Abbildung 4.2), während du auch den Temperaturverlauf im Inneren beobachtest.
6. Trage die entsprechenden Messwerte in die Tabelle ein.
7. Wiederhole die Messung zweimal im Abstand von jeweils ca. 5 Minuten.

Messwerte

	Messung 1	Messung 2	Messung 3
Temperatur im Kollektor in °C			
Temperatur am Kunststoff in °C			
Temperatur am Metall in °C			

Auswertung

1. Beschreibe deine Beobachtungen. Nenne jeweils zwei gut und zwei schlecht wärmeleitende Materialien.
2. Erläutere, welche Rückschlüsse daraus auf die Konstruktion von Solarkollektoren zu ziehen sind.

1.

2.



5. Wärmedämmung

Aufgabe

Untersuche die Auswirkung der Wärmedämmung auf die thermischen Verluste am Wärmetauscher.

Aufbau

5.1 Temperaturmessung ohne Wärmedämmung



5.2 Temperaturmessung mit Wärmedämmung



Benötigte Geräte

- Wärmetauschergefäß mit Deckel
- Wärmedämmung
- Flüssigkeitsthermometer

zusätzlich benötigt:

- Warmwasser aus der Leitung im Becherglas bzw. Warmwassererzeugung mit Solarkollektor

Durchführung

1. Fülle mit Hilfe des Becherglases das Wärmetauschergefäß mit ca. 40°C warmem Wasser. Das Wasser kann direkt einem Warmwasseranschluss im Haus entnommen werden oder mit Hilfe des Solarkollektors erhitzt werden (siehe Experiment 9).

Hinweis: Das Experiment sollte auf einem festen Untergrund durchgeführt werden.

2. Miss nun die Temperatur im Gefäß im Abstand von zwei Minuten, während sich das Wasser abkühlt. Achte dabei darauf, dass die Spitze des Thermometers in mittlerer Höhe im Gefäß platziert wird.
3. Wiederhole die Messung mit der Isolierung um das Wärmetauschergefäß. Achte darauf, dass du alle Temperaturmessungen an derselben Stelle im Gefäß durchführst.

Messwerte

Messung 1: Abkühlung ohne Isolation

Zeit in Minuten	0	2	4	6	8	10	12	...
Temperatur in C°								



5. Wärmedämmung

Messwerte

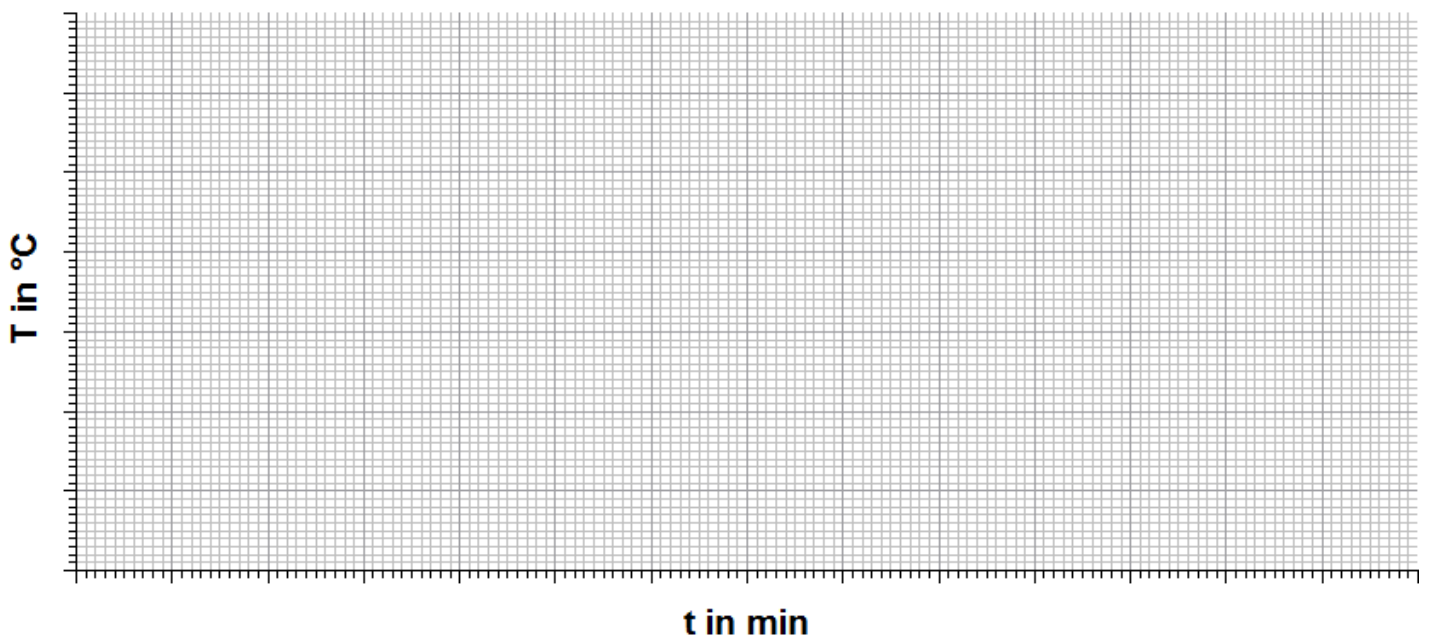
Messung 2: Abkühlung mit Isolation

Zeit in Minuten	0	2	4	6	8	10	12	...
Temperatur in C°								

Auswertung

1. Übertrage deine Ergebnisse in das abgebildete Diagramm.
2. Vergleiche die Ergebnisse aus den beiden Telexperimenten und erkläre die beobachteten Werte anhand deiner Kenntnisse über Wärmeleitung, Wärmeströmung und Wärmestrahlung.
3. Erläutere, welche Rückschlüsse aus dieser Erkenntnis auf die Konstruktion von solarthermischen Anlagen zu ziehen sind.
4. Nenne zwei weitere Lebensbereiche oder technische Anwendungen, in denen eine gute Wärmedämmung besonders wichtig ist.

Diagramm



Auswertung

2.

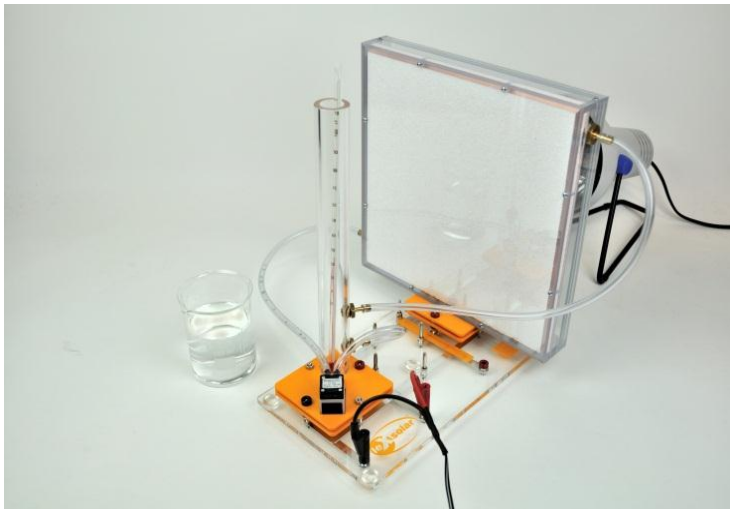


6. Solarkollektor mit Pumpenumlauf

Aufgabe

Stelle den Temperaturverlauf bei der Erwärmung des Solarkollektors mit Pumpenumlauf grafisch dar.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Strahler
- Pumpenmodul
- Ausgleichsgefäß
- Solarkollektor
- Schläuche
- Flüssigkeitsthermometer
- PowerModul
- Becherglas

zusätzlich benötigt:

- Lineal, Uhr

Durchführung

1. Stecke den Solarkollektor und das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß wie in der Abbildung auf die Grundeinheit und verbinde die Module mit den beiliegenden Schläuchen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass der linke Pumpenanschluss mit dem unteren Anschluss des Kollektors und der rechte Anschluss mit dem unteren Ausgang des Ausgleichsgefäßes verbunden werden. Der obere Anschluss des Ausgleichsgefäßes wird anschließend mit dem oberen Anschluss des Kollektors verbunden, um den Wasserkreislauf zu schließen.
2. Fülle nun Wasser in das Ausgleichsgefäß und schließe das PowerModul an die Pumpe an (9V). Diese befördert nun das Wasser in den Kreislauf, gegebenenfalls füllst du mit dem Messbecher noch einmal Wasser nach, bis sich ein stabiler Wasserkreislauf mit ca. 200ml Flüssigkeit eingestellt hat. Um restliche Lufteinschlüsse aus dem Kollektor zu bekommen, solltest du diesen vorsichtig schwenken.
3. Stelle das Flüssigkeitsthermometer in das Ausgleichsgefäß und lege eine Uhr zur Zeitmessung bereit. Positioniere nun den Strahler vor dem Kollektor (Abstand 15cm) und schalte ihn an. Miss den Temperaturverlauf und trage die entsprechenden Werte in die Tabelle ein.

Messwerte

Zeit in Minuten	0	5	10	15	20	25	30	...
Temperatur in C°								

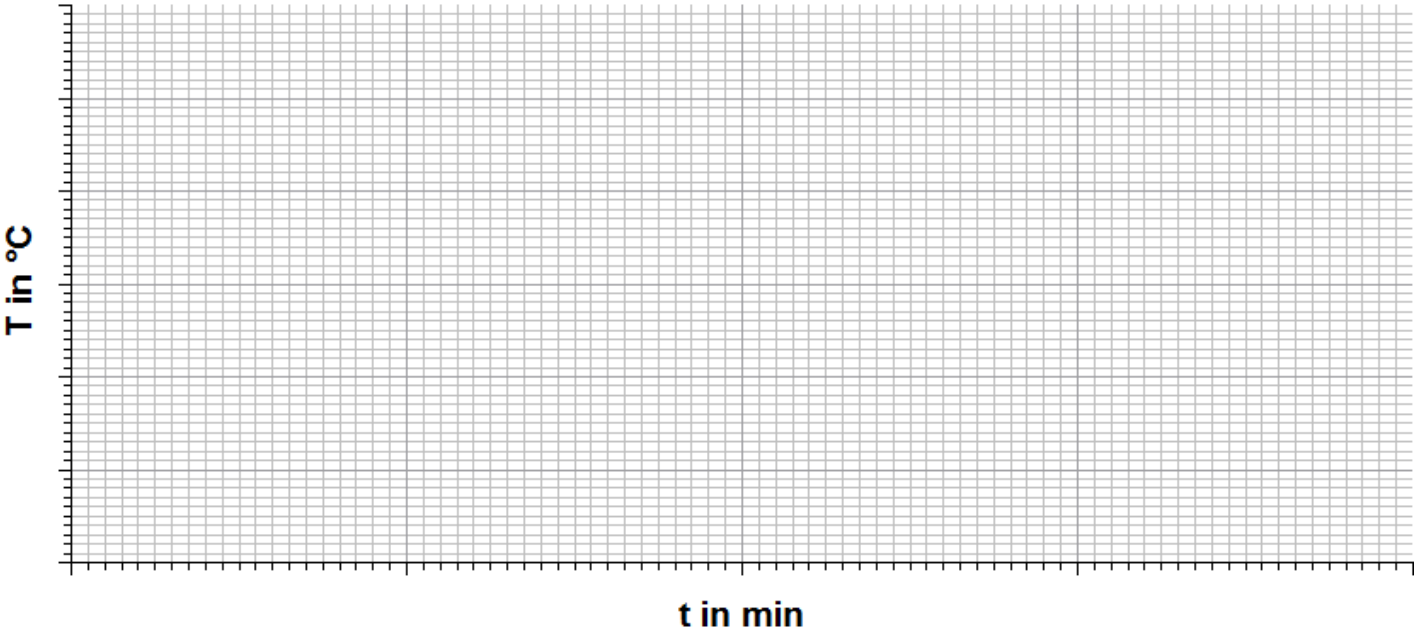


6. Solarkollektor mit Pumpenumlauf

Auswertung

1. Übertrage deine Ergebnisse aus der Tabelle in das abgebildete Diagramm.
2. Beschreibe, auf welche Art und Weise sich das Wasser mit Hilfe des Solarkollektors erwärmt.
3. Erläutere alle Energieumwandlungsprozesse am Solarkollektor, gehe dabei auch auf energetische Verluste ein.
4. Zeichne zur Veranschaulichung ein qualitatives Energieflussdiagramm.

Diagramm



Auswertung

2.



6. Solarkollektor mit Pumpenumlauf

Auswertung

3.

4.



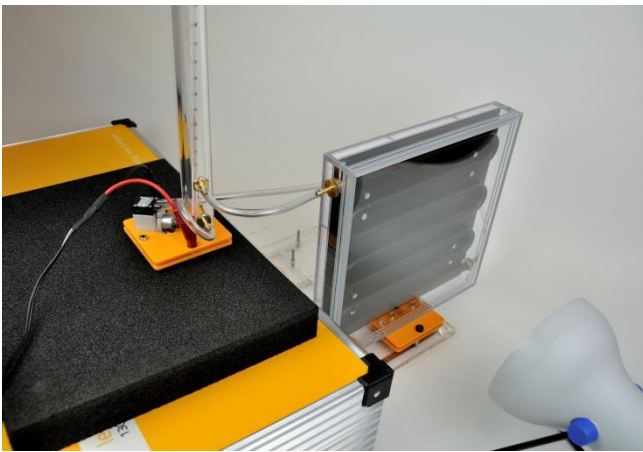
7. Solarkollektor mit Thermosiphonumlauf

Aufgabe

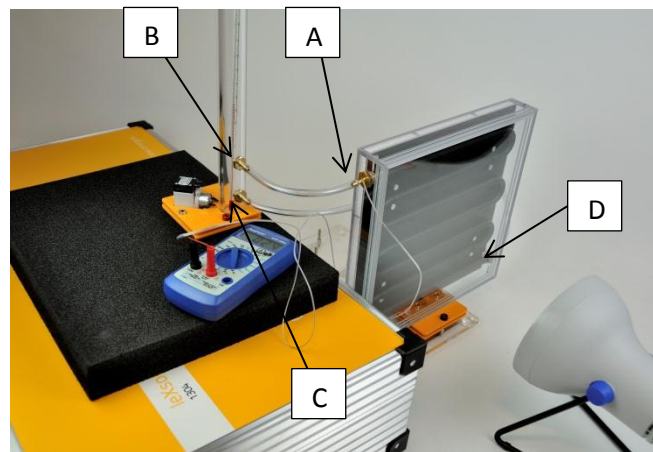
Zeige anhand verschiedener Temperaturmesspunkte, dass sich auch ohne aktive Pumpe ein Wasserumlauf in der Kollektoranlage einstellt.

Aufbau

7.1 Befüllung des Wasserkreislaufs



7.2 Thermosiphonumlauf



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Pumpenmodul
- Ausgleichsgefäß
- Solarkollektor
- Digitalmessgerät mit Temperaturmessfühler
- Strahler
- Schläuche
- Flüssigkeitsthermometer
- PowerModul
- Becherglas

Durchführung

1. Stecke den Solarkollektor auf die Grundeinheit und stelle das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß gegenüber dem Kollektor erhöht auf. Als Material zur Erhöhung der Position des Pumpenmoduls kannst du beispielsweise den Experimentierkoffer verwenden. Je höher das Ausgleichsgefäß positioniert ist, desto besser funktioniert der Versuch.
2. Verbinde die Bestandteile mit den beiliegenden Schläuchen. Dabei musst du darauf achten, dass der linke Pumpenanschluss über den langen Schlauch mit dem unteren Anschluss des Kollektors und der rechte Anschluss mit dem Ausgleichsgefäß verbunden werden.
3. Ausgleichsgefäß und Kollektor werden dann mit einem weiteren kurzen Schlauch verbunden, um den Wasserkreislauf zu schließen.
4. Fülle nun Wasser in das Ausgleichsgefäß und schließe das auf 9V eingestellte PowerModul an die Pumpe an. Diese befördert nun das Wasser in den Kreislauf, gegebenenfalls füllst du mit dem Messbecher noch einmal Wasser nach, bis sich ein stabiler Wasserkreislauf mit ca. 200ml Flüssigkeit eingestellt hat. Um restliche Lufteinschlüsse aus dem Kollektor zu bekommen, solltest du diesen vorsichtig schwenken.



7. Solarkollektor mit Thermosiphonumlauf

Durchführung

5. Wenn der Kollektor ohne Lufteinschlüsse mit Wasser gefüllt ist, wird die Pumpe dem Kreislauf entnommen. Der fertige Aufbau für den Thermosiphonumlauf ist in Abbildung 7.2 dargestellt. Achte darauf, dass der Wasserstand im Ausgleichsgefäß nur kurz oberhalb des oberen Anschlusses steht.
6. Stelle das Flüssigkeitsthermometer in das Ausgleichsgefäß und lege eine Uhr zur Zeitmessung bereit. Positioniere nun den Strahler vor dem Kollektor (Abstand 15cm) und schalte ihn an.
7. Miss nun den Temperaturverlauf an den in der Abbildung 7.2 bezeichneten Messstellen mit Hilfe des Digitalmessgeräts und dem angeschlossenen Temperaturmessfühler.

Hinweis: Mit Hilfe des Flüssigkeitsthermometers kannst du während des Versuchs überprüfen, ob die von außen gemessenen Werte an den Anschlüssen auch repräsentativ für die jeweiligen Wassertemperaturen gewertet werden können.

8. Trage die entsprechenden Werte anschließend in die Tabelle ein.

Messwerte

Zeit in Minuten	0	5	10	15	20	25	30	...
Temperatur A in °C								
Temperatur B in °C								
Temperatur C in °C								
Temperatur D in °C								
Mittlere Temperatur in °C								

Auswertung

1. Erläutere den Zusammenhang zwischen der Temperatur und der Dichte von Wasser.
2. Vergleiche die ermittelten Werte und erkläre anhand der Ergebnisse, warum sich im Kollektorkreislauf ein Wasserstrom bewegt, auch wenn keine Pumpe angeschlossen wurde.
3. Nenne mögliche Anwendungsmöglichkeiten für das Thermosiphonprinzip und schätze auch mögliche Vorteile und Probleme bei der Konstruktion solcher Anlagen ab.



7. Solarkollektor mit Thermosiphonumlauf

Auswertung

1.

2.

3.

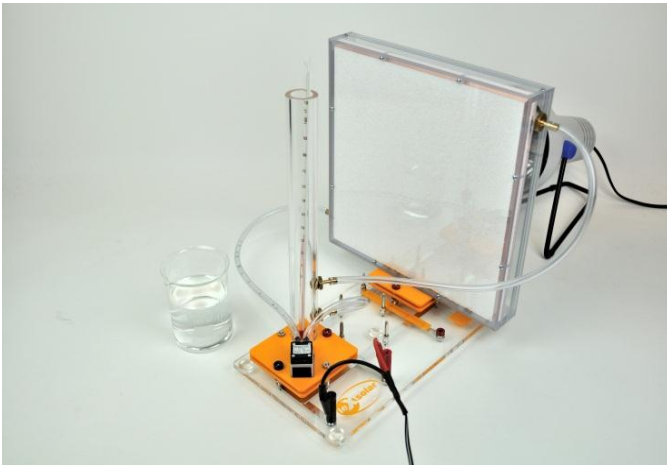


8. Variation der Durchflussgeschwindigkeit

Aufgabe

Finde heraus mit welcher Durchflussgeschwindigkeit durch den solarthermischen Kreislauf der Solarkollektor am effektivsten arbeitet.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Pumpenmodul
- Ausgleichsgefäß
- Solarkollektor
- Digitalmessgerät mit Messleitungen und Strahler
- Schläuche
- Flüssigkeitsthermometer
- PowerModul
- Becherglas
- Temperaturmessfühler

Durchführung

1. Stecke den Solarkollektor und das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß wie in der Abbildung auf die Grundeinheit und verbinde die Module mit den beiliegenden Schläuchen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass der linke Pumpenanschluss mit dem unteren Anschluss des Kollektors und der rechte Anschluss mit dem unteren Ausgang des Ausgleichsgefäßes verbunden werden. Der obere Anschluss des Ausgleichsgefäßes wird anschließend mit dem oberen Anschluss des Kollektors verbunden, um den Wasserkreislauf zu schließen.
2. Fülle nun Wasser in das Ausgleichsgefäß und schließe das PowerModul an die Pumpe an (9V). Diese befördert nun das Wasser in den Kreislauf, gegebenenfalls füllst du mit dem Messbecher noch einmal Wasser nach, bis sich ein stabiler Wasserkreislauf mit ca. 200ml Flüssigkeit eingestellt hat. Um restliche Luft einschüsse aus dem Kollektor zu bekommen, solltest du diesen vorsichtig schwenken.
3. Um den Versuch zu beginnen, stellst du das Flüssigkeitsthermometer in das Ausgleichsgefäß und legst eine Uhr zur Zeitmessung bereit. An der Pumpe wird nun eine Spannung von 5V eingestellt.
4. Positioniere den Strahler vor dem Kollektor (Abstand 15cm) und schalte ihn an. Miss die Temperatur im Ausgleichsgefäß während der Erwärmung des Kollektors und trage die entsprechenden Werte in die Tabelle ein. Leere den Wasserkreislauf und fülle ihn erneut mit kaltem Wasser.
5. Wiederhole den Versuch mit einer Spannung von 9V. Halte auch diese Werte in der Tabelle fest.



8. Variation der Durchflussgeschwindigkeit

Messwerte

Tabelle 8.1 – Erwärmung bei 5V

Zeit in Minuten	0	2	4	6	8	10	12	...
Temperatur in C°								

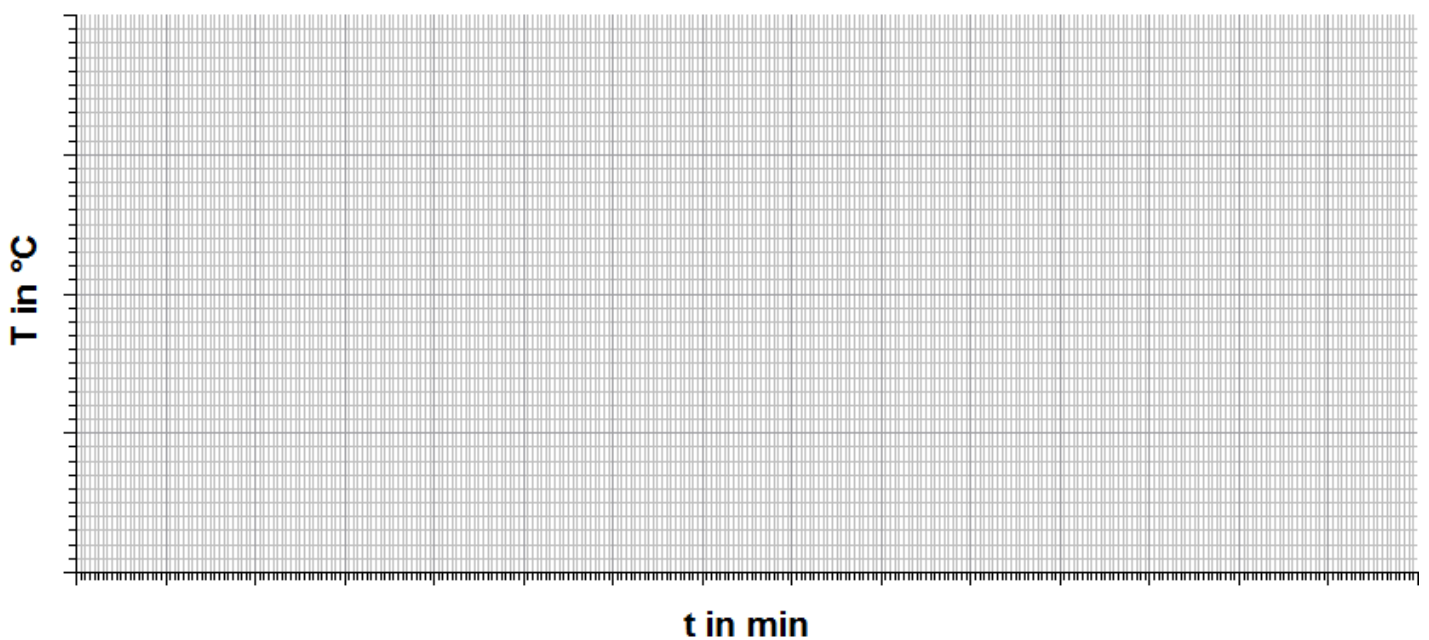
Tabelle 8.2 – Erwärmung bei 9V

Zeit in Minuten	0	2	4	6	8	10	12	...
Temperatur in C°								

Auswertung

1. Übertrage deine Ergebnisse in das abgebildete Diagramm.
2. Vergleiche die Ergebnisse aus den beiden Teilexperimenten, indem du die Entwicklung der Temperatur für beide Fälle beschreibst.
3. Erkläre, weshalb die Variation der Durchflussgeschwindigkeit einen Einfluss auf die Erwärmung des Kollektorkreislaufs hat.
4. Nenne mögliche Verbesserungen an Kollektoranlagen, um die Erkenntnisse aus diesem Versuch in reale Anlagen zu integrieren.

Diagramm





8. Variation der Durchflussgeschwindigkeit

Auswertung

2.

3.

4.



9. Kollektorumlauf mit Wärmetauscher

Aufgabe

Zeige, dass sich mit Hilfe des Wärmetauschers auch Wasser außerhalb des Kreislaufs erwärmen lässt und wie schnell die Wärmeübergänge im System realisiert werden.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Pumpenmodul
- Solarkollektor
- Schläuche
- 2x Digitalmessgerät mit Messleitungen
- Temperaturmessfühler
- Flüssigkeitsthermometer
- Strahler
- PowerModul
- Wärmetauscher mit Wärmedämmung

Durchführung

1. Stecke den Solarkollektor und das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß wie in der Abbildung ersichtlich, auf die Grundeinheit und verbinde die Module mit den beiliegenden Schläuchen.

Hinweis: Dabei muss darauf geachtet werden, dass der linke Pumpenanschluss mit dem unteren Anschluss des Kollektors und der rechte Anschluss mit dem Ausgleichsgefäß verbunden werden.

2. Füge zwischen dem oberem Anschluss des Kollektors und dem Ausgleichsgefäß den Wärmetauscher ein, um den Wasserkreislauf zu schließen. Verwende den Wärmetauscher mit der beigefügten Isolierung, um thermische Verluste zu minimieren.
3. Fülle nun Wasser in das Ausgleichsgefäß und schließe das PowerModul an die Pumpe an (9V). Diese befördert nun das Wasser in den Kreislauf

Hinweis: Gegebenenfalls muss mit dem Messbecher noch einmal Wasser nachgefüllt werden, bis sich ein stabiler Wasserkreislauf mit ca. 200ml Flüssigkeit eingestellt hat. Um restliche Lufteinschlüsse aus dem Kollektor zu bekommen, solltest du diesen vorsichtig schwenken.

4. Fülle nun auch den Wärmetauscher mit Wasser und notiere dir mit Hilfe der Skale am Messbecher für beide Wassersysteme das Gewicht des Wassers, welches du zum Befüllen benötigst hast.
5. Stelle das Flüssigkeitsthermometer in das Ausgleichsgefäß und lege eine Uhr zur Zeitmessung bereit. Stelle an den Digitalmessgeräten das Symbol °C ein, um die Temperaturmessung zu starten.
6. Verbinde außerdem den beiliegenden Temperaturmessfühler mit einem der Geräte. Das andere Messgerät verbindest du über zwei Kabel direkt mit dem Kollektor, um den internen Temperatursensor abzugreifen. Positioniere nun den Strahler vor dem Kollektor (Abstand 15cm) und schalte ihn an.



9. Kollektorumlauf mit Wärmetauscher

Durchführung

- Stecke den Messfühler in den Wärmetauscher und verschließe diesen mit dem mitgelieferten Stöpsel. Achte darauf, dass der Messfühler nicht am Kupfer anliegt und mittig im Wärmetauscher positioniert ist. Miss nun den Temperaturverlauf an allen drei Messstellen parallel und trage die entsprechenden Werte in die Tabelle ein.

Messwerte

Gewicht des Wasser im Ausgleichsgefäß: $m_{Au} =$ _____

Gewicht des Wasser im Ausgleichsgefäß: $m_{Wä} =$ _____

Zeit in Minuten	Temperatur Kollektor T_1 in $^{\circ}\text{C}$	Temperatur Wärmetauscher T_3 in $^{\circ}\text{C}$	Temperatur Ausgleichsgefäß T_2 in $^{\circ}\text{C}$	Temperaturdifferenz Ausgleichsgefäß-Wärmetauscher $T_2 - T_3$ in K	Temperaturdifferenz Kollektor – Ausgleichsgefäß $T_1 - T_2$ in K
0					
2					
4					
6					
8					
10					
12					
14					
16					
18					
20					
22					
24					
26					
28					
30					

Auswertung

- Trage deine Ergebnisse in das abgebildete Diagramm ein.
- Vergleiche die Ergebnisse an den verschiedenen Messstellen. Nimm dabei insbesondere Stellung zu den gemessenen Temperaturdifferenzen zwischen dem Kollektor und dem Wasserkreislauf bzw. zwischen dem Wasserkreislauf und dem Wärmetauscher.

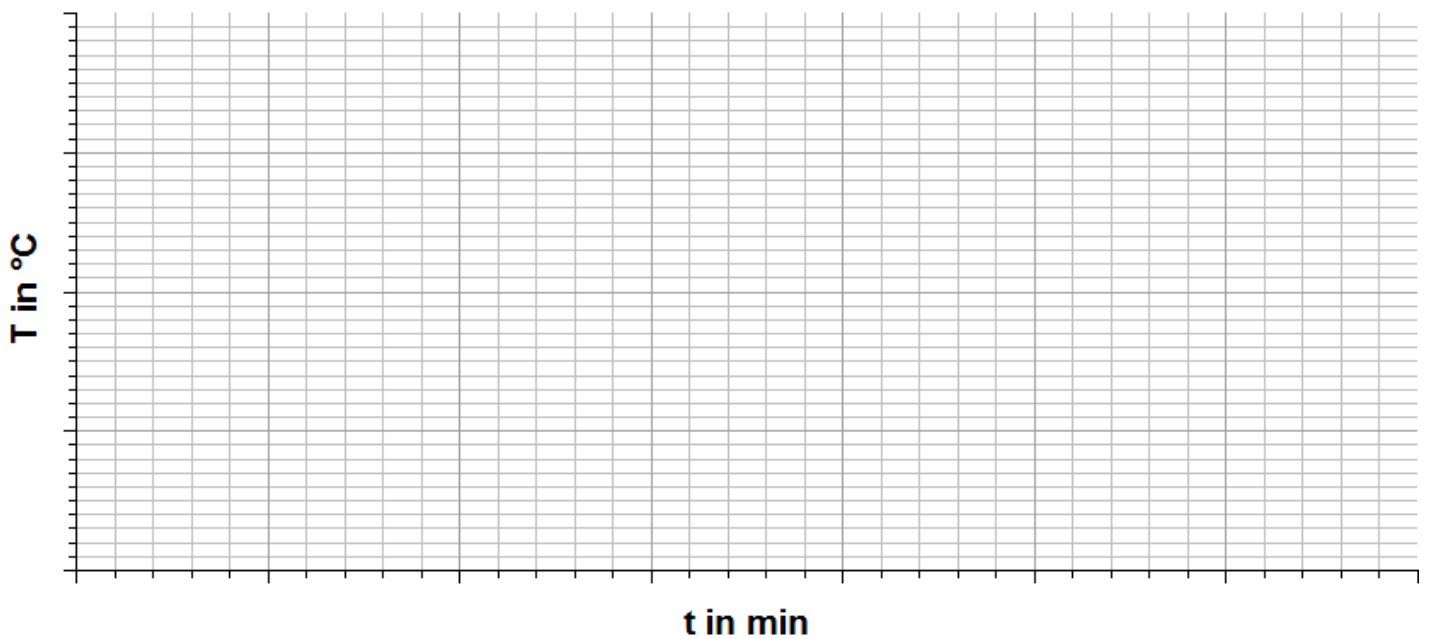


9. Kollektorumlauf mit Wärmetauscher

Auswertung

3. Bestimme mit Hilfe der ermittelten Werte und der Gesamtdauer die übertragene Wärmemenge im System.
4. Bestimme die relevanten Wärmeströme an den thermischen Übergängen der Anlage und berechne den entsprechenden Wärmeübergangswiderstand.
5. Vergleiche die ermittelten Wärmeübergangswiderstände und diskutiere, welche technischen Maßnahmen zur Minimierung dieses Widerstandswertes ergriffen werden können.

Diagramm



Auswertung

2.

3.

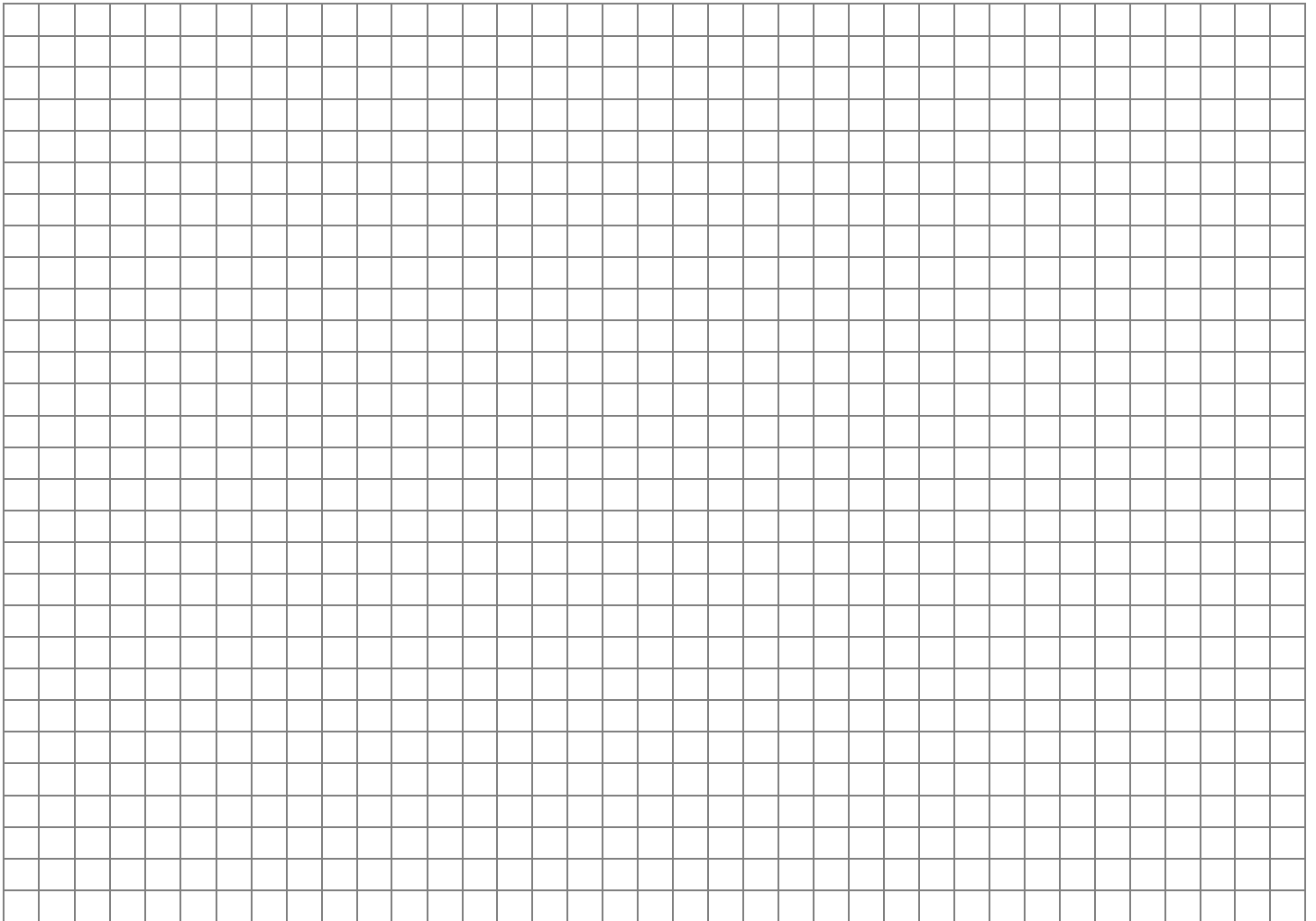
Temperaturdifferenz Ausgleichsgefäß-Wärmetauscher $T_2 - T_3 =$ _____

Temperaturdifferenz Kollektor – Ausgleichsgefäß $T_1 - T_2 =$ _____



9. Kollektorumlauf mit Wärmetauscher

Auswertung

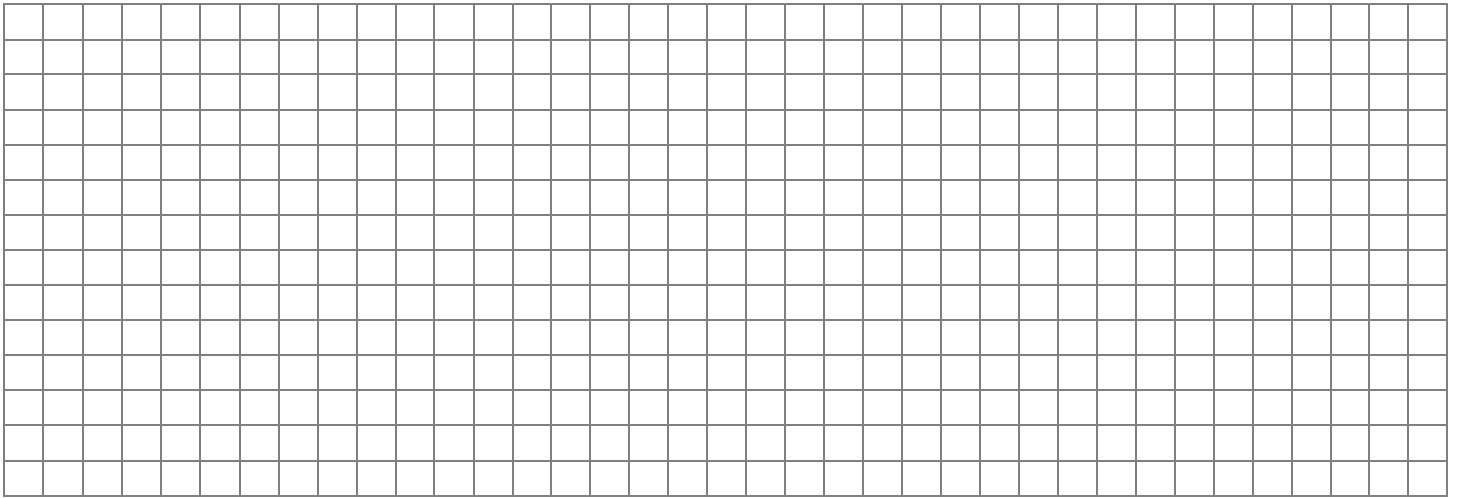


6.



9. Kollektorumlauf mit Wärmetauscher

Auswertung





10. Kollektorumlauf mit Paraffinwärmespeicher

Aufgabe

Zeige, dass sich mit Hilfe des Paraffinwärmespeichers thermische Energie im Übergang vom festem zum flüssigen Aggregatzustand speichern lässt.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Pumpenmodul
- Ausgleichsgefäß
- Solarkollektor
- Schläuche
- 2x Digitalmessgerät mit Messleitungen
- Temperaturmessfühler
- Flüssigkeitsthermometer
- Strahler
- PowerModul
- Wärmespeichermodul
- Stöpsel

Durchführung

1. Stecke den Solarkollektor und das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß, wie in der Abbildung ersichtlich auf die Grundeinheit und verbinde die Module mit den beiliegenden Schläuchen

Hinweis: Dabei musst du darauf achten dass, der linke Pumpenanschluss mit dem unteren Anschluss des Kollektors und der rechte Anschluss mit dem Ausgleichsgefäß verbunden werden. Füge zwischen dem oberem Anschluss des Kollektors und dem Ausgleichsgefäß den Wärmespeicher ein, um den Wasserkreislauf zu schließen.

2. Fülle nun Wasser in das Ausgleichsgefäß und schließe das PowerModul an die Pumpe (9V) an. Diese befördert nun das Wasser in den Kreislauf.

Hinweis: Gegebenenfalls füllst du mit dem Messbecher noch einmal Wasser nach, bis sich ein stabiler Wasserkreislauf mit ca. 200ml Flüssigkeit eingestellt hat. Um restliche Lufteinschlüsse aus dem Kollektor zu bekommen, solltest du diesen vorsichtig schwenken.

3. Stecke den Messfühler des Digitalmessgeräts - soweit möglich - in den Paraffinbehälter und schließe die Öffnung mit dem beiliegenden Stöpsel. Achte darauf, dass der Messfühler nicht am Kupfer anliegt und mittig im Wärmespeicher positioniert ist. Lege eine Uhr zur Zeitmessung bereit.
4. Stelle an den Digitalmessgeräten das Symbol °C ein, um die Temperaturmessung zu starten. Verbinde den Temperaturmessfühler mit einem der Geräte. Das andere Messgerät verbindest du über zwei Kabel direkt mit dem Kollektor, um den internen Temperatursensor abzugreifen. Positioniere nun den Strahler vor dem Kollektor (Abstand 15cm) und schalte ihn an.
5. Miss nun den Temperaturverlauf an allen Messstellen parallel und trage die entsprechenden Werte in die Tabelle ein.



10. Kollektorumlauf mit Paraffinwärmespeicher

Durchführung

6. Schalte nach 80 Minuten die Lampe ab und beobachte weiterhin den Temperaturverlauf. Um das Experiment zu beschleunigen kannst du auch mit Hilfe des Becherglases am Beginn des Versuchs vorgewärmtes Wasser aus dem Warmwasseranschluss am Waschbecken einfüllen.

Messwerte

Zeit in Minuten	Temperatur Kollektor in C°	Temperatur Wärmespeicher in C°	Temperatur Ausgleichsgefäß in C°
0			
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
16			
18			
20			
22			
24			
26			
28			
30			
32			
34			
36			
38			
40			
42			
44			
46			
48			
50			
52			
54			
56			
58			
60			
62			
64			



10. Kollektorumlauf mit Paraffinwärmespeicher

Messwerte

66			
68			
70			
72			
74			
76			
78			
80			
82			
84			
86			
88			
90			
92			
94			
96			
98			
100			
102			
104			
106			
108			
110			
112			
114			
116			
118			
120			

Auswertung

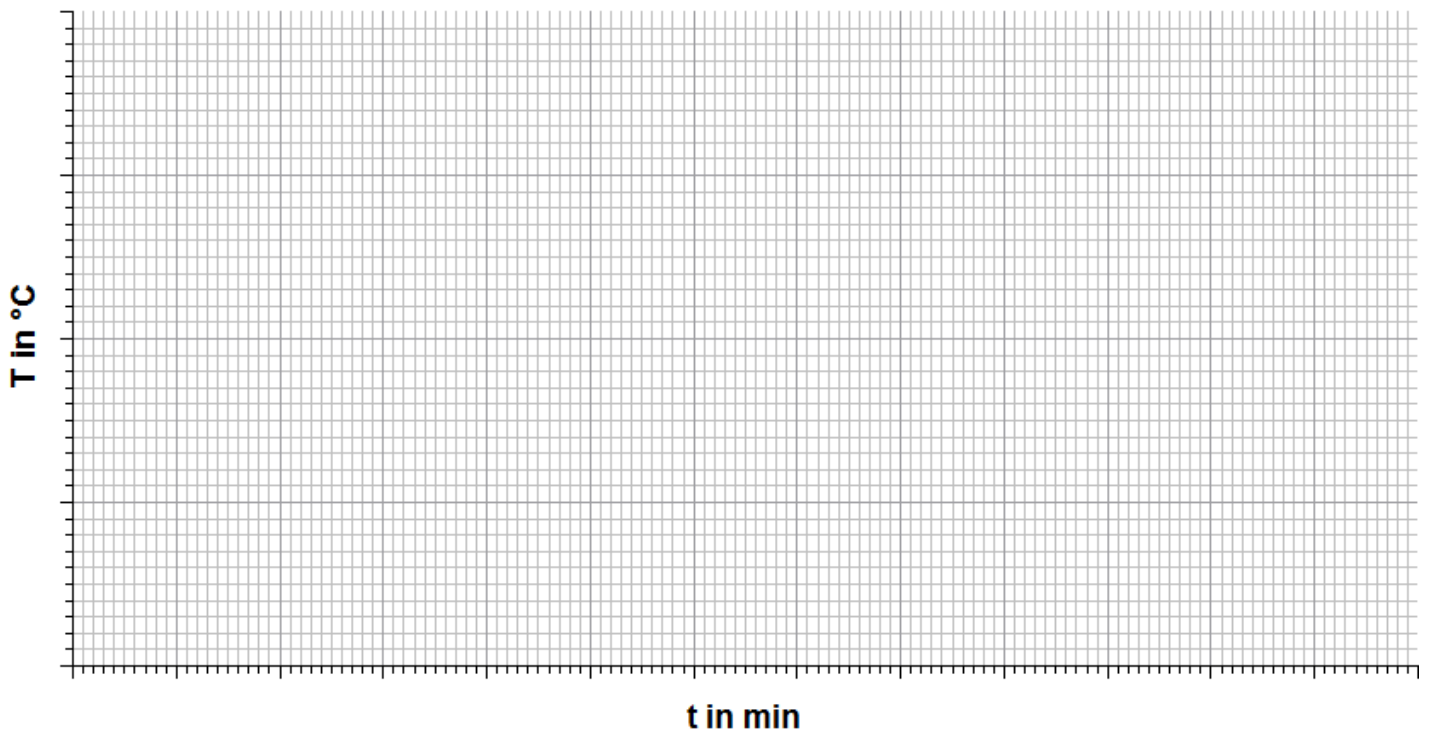
1. Trage deine Werte in das abgebildete Diagramm ein.
2. Vergleiche die Ergebnisse an den verschiedenen Messstellen. Beschreibe deine Beobachtung beim Abkühlen des Systems.
3. Erkläre deine Beobachtung am Wärmespeicher anhand deiner Kenntnisse über Aggregatzustandsänderungen.
4. Berechne welche Menge an Energie man im Volumen von $0,1\text{dm}^3$ Wasser bzw. in $0,1\text{dm}^3$ Paraffin speichern kann, wenn man das Material von 20°C auf 60°C erhitzt und dabei den Schmelzpunkt des Paraffins überschreitet. Diskutiere das Ergebnis und schlussfolgere daraus auf die Einsatzmöglichkeiten von Paraffinwärmespeichern.

(Dichte: $\rho_{\text{Wasser}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, $\rho_{\text{Paraffin}} = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, Spezifische Wärmekapazität: $c_{\text{Wasser}} = 4,18 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$,
 $c_{\text{Paraffin}} = 2,89 \frac{\text{kJ}}{\text{kgK}}$, Spezifische Schmelzwärme: $h_{\text{Paraffin}} = 220 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$)



10. Kollektorumlauf mit Paraffinwärmespeicher

Diagramm



Auswertung

2.

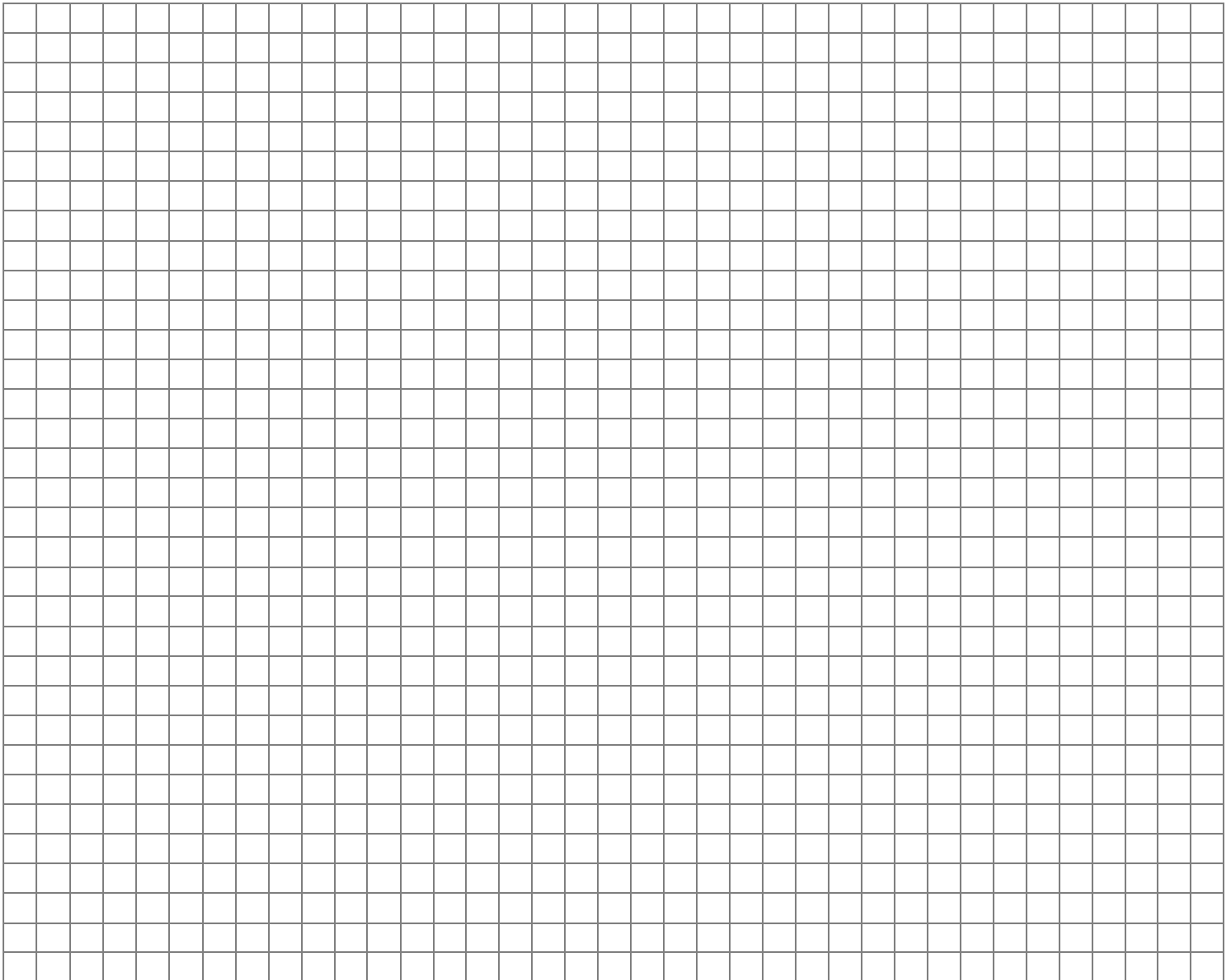
3.



10. Kollektorumlauf mit Paraffinwärmespeicher

Auswertung

4.





10. Kollektorlauf mit Paraffinwärmespeicher

Auswertung



11. Parabolrinnenkollektor mit Pumpenumlauf

Aufgabe

Stelle den Temperaturverlauf bei der Erwärmung des Solarkollektors mit Pumpenumlauf grafisch dar. Zeige, dass sich mit Hilfe der Konzentration des Lichts die Funktionsweise des Kollektors verbessern lässt.

Aufbau

11.1 Messung ohne Parabolspiegel



11.2 Messung mit Parabolspiegel



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Pumpenmodul
- Ausgleichsgefäß
- Absorbermodul für Linse
- Strahler
- Schläuche
- Flüssigkeitsthermometer
- PowerModul
- Parabolspiegel

Durchführung

1. Stecke das Absorberröhrchen und das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß, wie in der Abbildung 11.1 ersichtlich, auf die Grundeinheit und verbinde die Module mit den beiliegenden Schläuchen.

Hinweis: Achte beim Aufbau darauf, einen ununterbrochenen Kreislauf zwischen Pumpe, Ausgleichsgefäß und Absorber zu gewährleisten. Stecke nun zwischen die beiden Komponenten das Absorbermodul Linse, sodass es mit der blauen Seite in Richtung Pumpe gedreht ist.

2. Befülle das Ausgleichsgefäß nun mit 50ml Wasser und pumpe es durch den Anschluss des PowerModuls (9V) in den Wasserkreislauf.
3. Stelle das Flüssigkeitsthermometer in das Ausgleichsgefäß und achte darauf dass es sich zur Temperaturmessung immer auf gleicher Höhe befindet.
4. Lege eine Uhr zur Zeitmessung bereit und schalte den Strahler (Abstand 15cm) entfernt, an. Miss den Temperaturverlauf und trage die entsprechenden Werte in die Tabelle ein.



11. Parabolrinnenkollektor mit Pumpenumlauf

Durchführung

- Leere den Kollektor, lass ihn einige Minuten abkühlen und befülle den Wasserkreislauf erneut mit der gleichen Menge an Wasser. Wiederhole die Messung nachdem du den Parabolspiegel in den Versuchsaufbau, wie in der Abbildung 11.2 dargestellt, integriert hast.

Messwerte

Messung 1: Erwärmung ohne Spiegel

Zeit in Minuten	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Temperatur in C°											

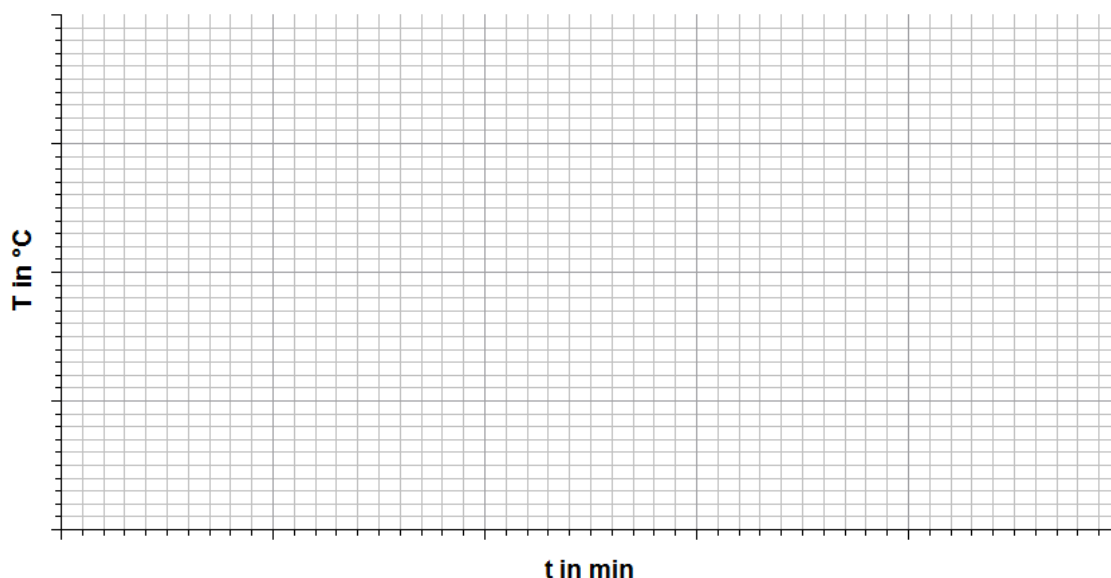
Messung 2: Erwärmung mit Spiegel

Zeit in Minuten	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Temperatur in C°											

Auswertung

- Übertrage deine Ergebnisse in das abgebildete Diagramm.
- Vergleiche die beiden Temperaturverläufe und beschreibe die Bedeutung der Ergebnisse für die Installation großer solarthermischer Anlagen.
- Schätze jeweils für jeden der beiden Fälle den Wirkungsgrad des Kollektors ab und ermittle damit die Effizienzsteigerung durch die Konzentration des Sonnenlichts. Vergleiche dazu die aufgewandte elektrische Leistung von Pumpe (1W) und Strahler (120W) mit der ermittelten thermischen Leistung des Systems. Gehe auch auf mögliche Störfaktoren im Versuchsaufbau ein

Diagramm





11. Parabolrinnenkollektor mit Pumpenumlauf

Auswertung



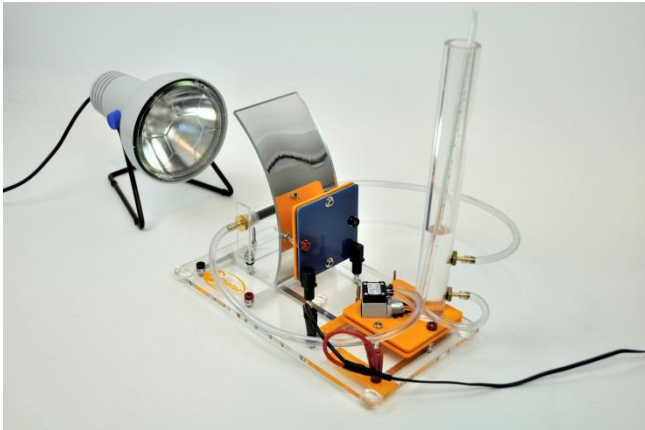
12. Defokussierung

Aufgabe

Stelle den Temperaturverlauf bei der Erwärmung des Solarkollektors mit Pumpenumlauf grafisch dar. Zeige, dass sich mit Hilfe der Fokussierung des Lichts die Effektivität des Spiegelkollektors steigern lässt.

Aufbau

12.1 Defokussierte Position des Parabolspiegels



12.2 Fokussierte Position des Parabolspiegels



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Pumpenmodul
- Ausgleichsgefäß
- Absorbermodul für Linse
- Strahler
- Schläuche
- Flüssigkeitsthermometer
- PowerModul
- Parabolspiegel

Durchführung

1. Stecke das Absorberröhrchen und das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß, wie in der Abbildung 12.1 ersichtlich, auf die Grundeinheit und verbinde die Module mit den beiliegenden Schläuchen.

Hinweis: Achte beim Aufbau darauf, einen ununterbrochenen Kreislauf zwischen Pumpe, Ausgleichsgefäß und Absorber vorzubereiten.

2. Stecke nun zwischen die beiden Komponenten das Absorbermodul für die Linse, sodass es mit der gelben Seite in Richtung Absorberröhrchen gedreht ist. Stecke außerdem den Parabolspiegel in Richtung Kollektor gerichtet auf das Absorbermodul für die Linse.
3. Befülle das Ausgleichsgefäß nun mit 50ml Wasser, sodass es knapp oberhalb des oberen Wasseranschlusses im Ausgleichsgefäß steht und pumpe es durch den Anschluss des PowerModuls (9V) in den Kreislauf. Stelle das Flüssigkeitsthermometer in das Ausgleichsgefäß.

Hinweis: Achte darauf, dass sich das Thermometer während der Messung immer auf gleicher Höhe befindet.



12. Defokussierung

Durchführung

4. Lege eine Uhr zur Zeitmessung bereit und schalte den Strahler ein (Abstand zum Absorberröhrchen 15cm). Miss den Temperaturverlauf und trage die entsprechenden Werte in die Tabelle ein.
5. Leere den Kollektor, lass ihn einige Minuten abkühlen und befülle ihn erneut mit der gleichen Menge an Wasser. Wiederhole die Messung, nachdem du das Absorbermodul für die Linse mit der gelben Seite in Richtung Pumpe gedreht hast und den Spiegel damit wieder auf das Absorberröhrchen fokussierst (Abbildung 12.2).

Messwerte

Messung 1: Erwärmung defokussiert:

Zeit in Minuten	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Temperatur in C°											

Messung 2: Erwärmung fokussiert

Zeit in Minuten	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20
Temperatur in C°											

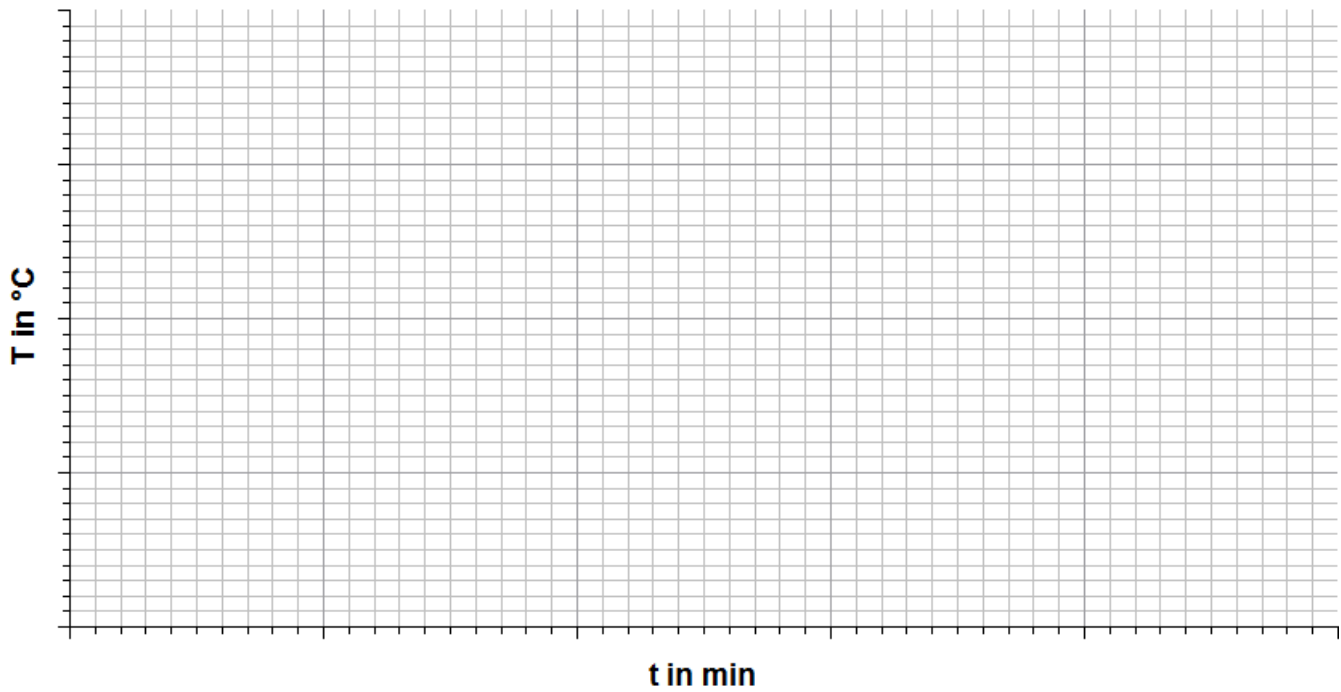
Auswertung

1. Übertrage deine Ergebnisse in das abgebildete Diagramm.
2. Vergleiche die beiden Temperaturverläufe und beschreibe unter Verwendung konkreter Messergebnisse die Bedeutung des Ergebnisses für die Installation großer solarthermischer Anlagen.
3. Ergänze die Bezeichnungen des abgebildeten Strahlengangs und stelle eine allgemeine Gleichung zur Berechnung des Brennpunkts von sphärischen Hohlspiegeln auf. Gehe dabei vereinfacht von achsnahen Strahlen aus. Berechne auch die Brennweite des Hohlspiegels mit einem Radius von 12cm.



12. Defokussierung

Diagramm



Auswertung

2.

3.

A: _____

F: _____

 α : _____

M: _____

f: _____

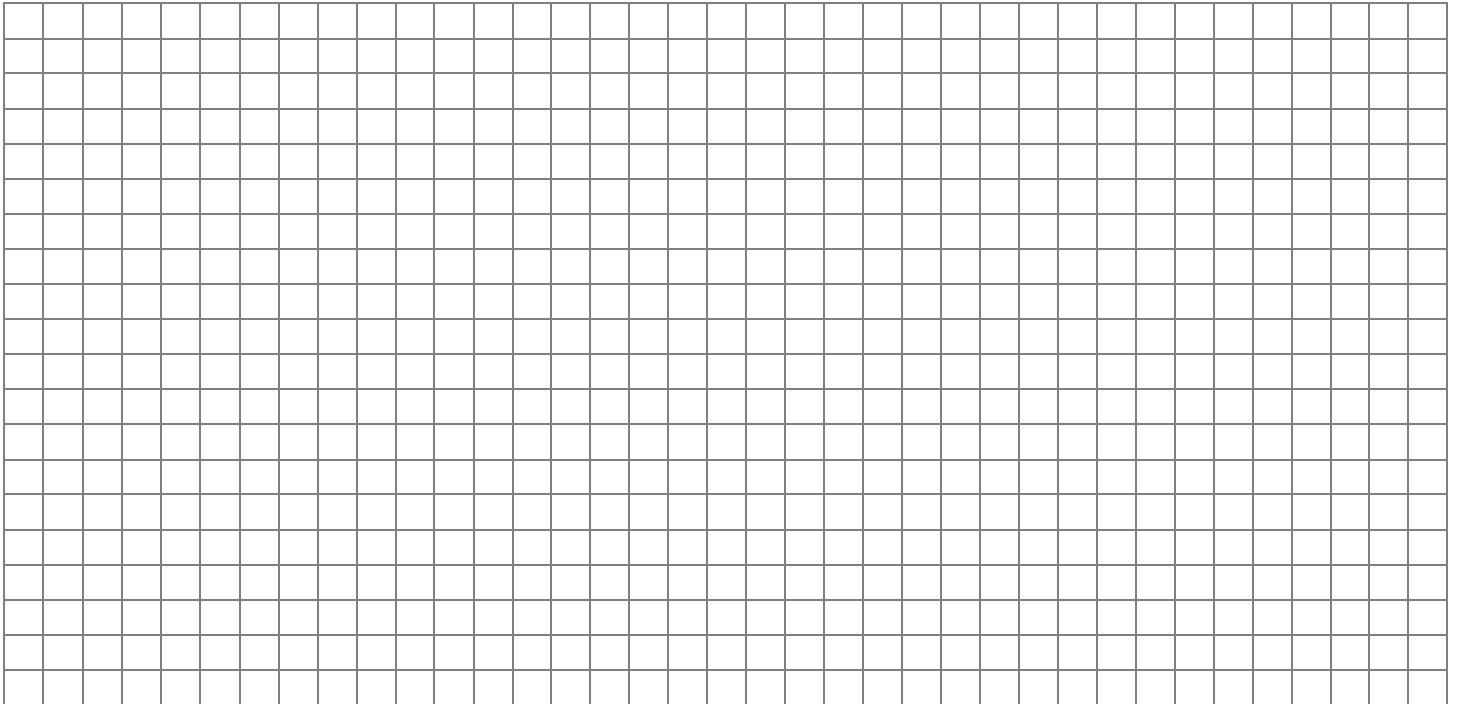
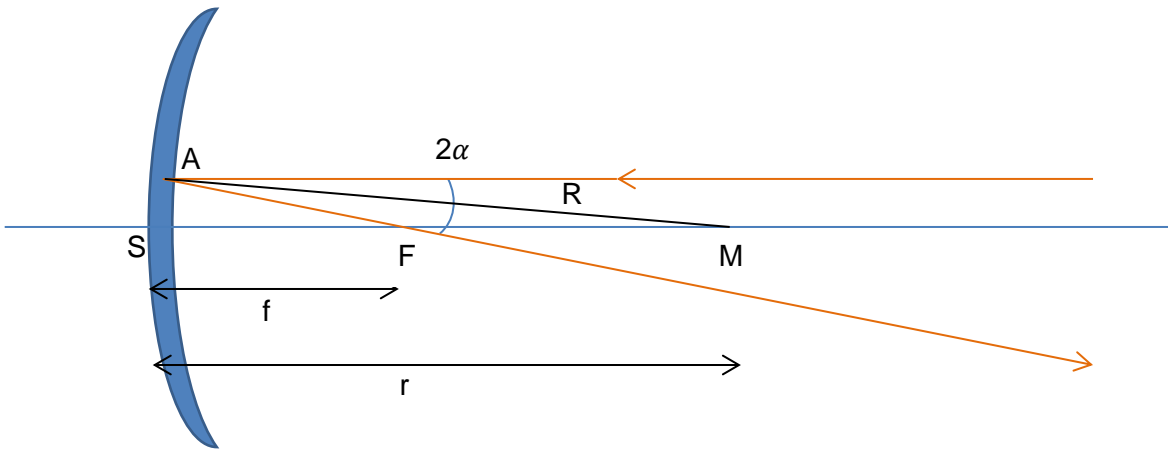
S: _____

r: _____



12. Defokussierung

Auswertung



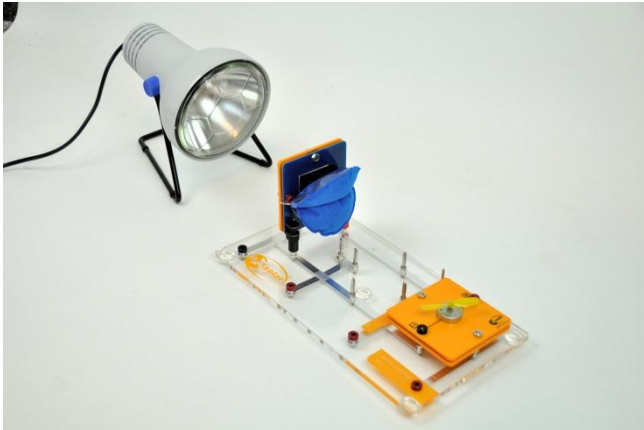


13. Funktionsweise eines Peltierelements

Aufgabe

Zeige, dass durch die Temperaturdifferenz an einem Peltierelement eine Spannung generiert wird, welche zum Betrieb eines Kleinstverbrauchers nutzbar gemacht werden kann.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Peltiermodul
- Motormodul
- Strahler
- gefrorenes Kühlpad
- Gummi

Durchführung

1. Lege das Kühlpad für mindestens 2 Stunden in den Gefrierschrank, damit es für das Experiment einsatzbereit ist.
2. Stecke das Peltiermodul und das Motormodul wie abgebildet auf die Grundeinheit.
3. Lege eine Uhr zur Zeitmessung bereit. Stelle den Strahler im Abstand von 15cm zum Peltiermodul auf und schalte ihn an.
4. Heize das Peltierelement 5 Minuten lang auf und befestige das gefrorene Kühlpad mit Hilfe des beiliegenden Gummis an den Kühlrippen auf der gegenüberliegenden Seite des Peltiermoduls.
5. Beobachte den Motor und notiere deine Beobachtungen.
6. Entferne anschließend das Kühlpad und beobachte weiterhin das Verhalten des Motors.

Beobachtungen

Auswertung

1. Erkläre welche Bedingung erfüllt sein muss, damit sich der Motor zu drehen beginnt und begründe darauf aufbauend warum der Motor nach einigen Minuten wieder aufhört sich zu drehen.
2. Beschreibe Möglichkeiten, um diesen Prozess auch ohne Kühlpad zu optimieren. Nenne mögliche Anwendungsmöglichkeiten für diese Technologie.



13. Funktionsweise eines Peltierelements

Auswertung

1.

2.



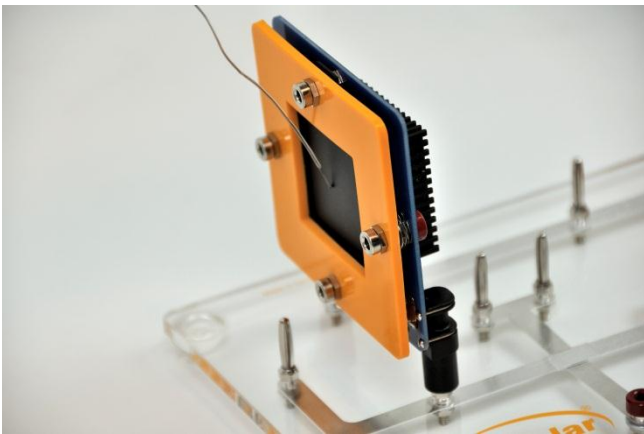
14. Untersuchung des Thermoelektrischen Generators

Aufgabe

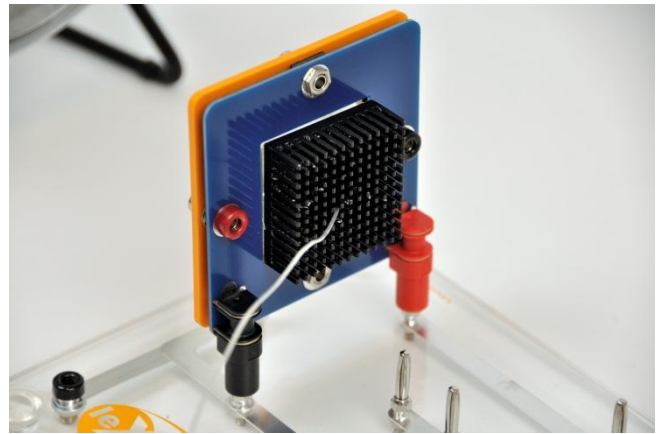
Untersuche die Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit eines thermoelektrischen Generators von der Temperaturdifferenz.

Aufbau

14.1 Temperaturmessung an der Vorderseite



14.2 Temperaturmessung am Kühlkörper



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Peltiermodul
- Digitalmessgerät mit Temperaturmessfühler
- Strahler

Durchführung

1. Stecke das Peltiermodul und das Motormodul wie abgebildet auf die Grundeinheit
2. Verbinde das Digitalmessgerät mit dem Temperaturfühler. Halte den Temperaturmessfühler an die schwarze Oberfläche um die Oberflächentemperatur zu messen (Abb. 14.1). Schiebe diesen zwischen die Kühlrippen, um die Temperatur des Kühlkörpers zu messen (Abb. 14.2).
3. Stelle den Strahler in einem Abstand von 15cm zum Peltiermodul auf und beginne die Messung. Trage dabei den Verlauf der Temperaturen in die abgebildete Tabelle ein.



14. Untersuchung des Thermoelektrischen Generators

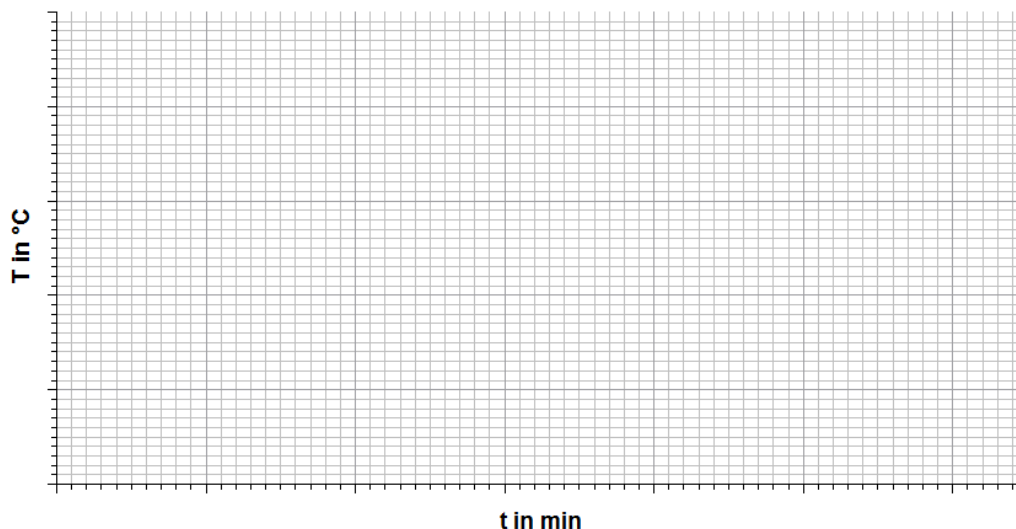
Messwerte

Zeit in Minuten	Oberflächentemperatur in °C	Temperatur Kühlkörper in °C	Temperaturdifferenz in °C
0			
0,5			
1			
1,5			
2			
2,5			
3			
3,5			
4			
4,5			
5			
5,5			
6			

Auswertung

1. Berechne die Entwicklung der Temperaturdifferenz zwischen Vorder- und Rückseite im Verlauf des Experiments und trage die Werte in die Tabelle ein.
2. Trage deine Messwerte in die abgebildeten Diagramme ein.
3. Beschreibe deine Beobachtungen und erläutere welche Einflüsse Wärmeleitung und Wärmestrahlung auf das Experiment hat.

Diagramm





15. Quantitative Bestimmung der elektrischen Leistung

Aufgabe

Zeige quantitativ, dass durch die Erwärmung von einer Seite eines Peltierelements eine Spannung generiert wird, welche zum Betrieb eines Kleinstverbrauchers nutzbar gemacht werden kann.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Peltiermodul
- 2x Digitalmessgerät
- Messleitungen
- Strahler
- Motormodul

Durchführung

1. Stecke das Peltiermodul wie abgebildet auf die Grundeinheit.
2. Verbinde außerdem die beiden Digitalmessgeräte mit der Grundeinheit und dem Peltiermodul wie abgebildet.

Hinweis: Das Digitalmessgerät am Peltierelement wird zur Temperaturmessung verwendet. Mit dem zweiten Messgerät werden dazu Spannung und Stromstärke bestimmt.

3. Stelle den Strahler in einem Abstand von 15cm zum Peltiermodul auf und beginne die Messung.
4. Beobachte den Verlauf von Temperatur, Spannung und Stromstärke und trage deine Messwerte in die Tabelle ein.

Messwerte

Zeit in Minuten	Stromstärke in mA	Spannung in mV	Leistung in mW	Temperatur Peltierelement in °C



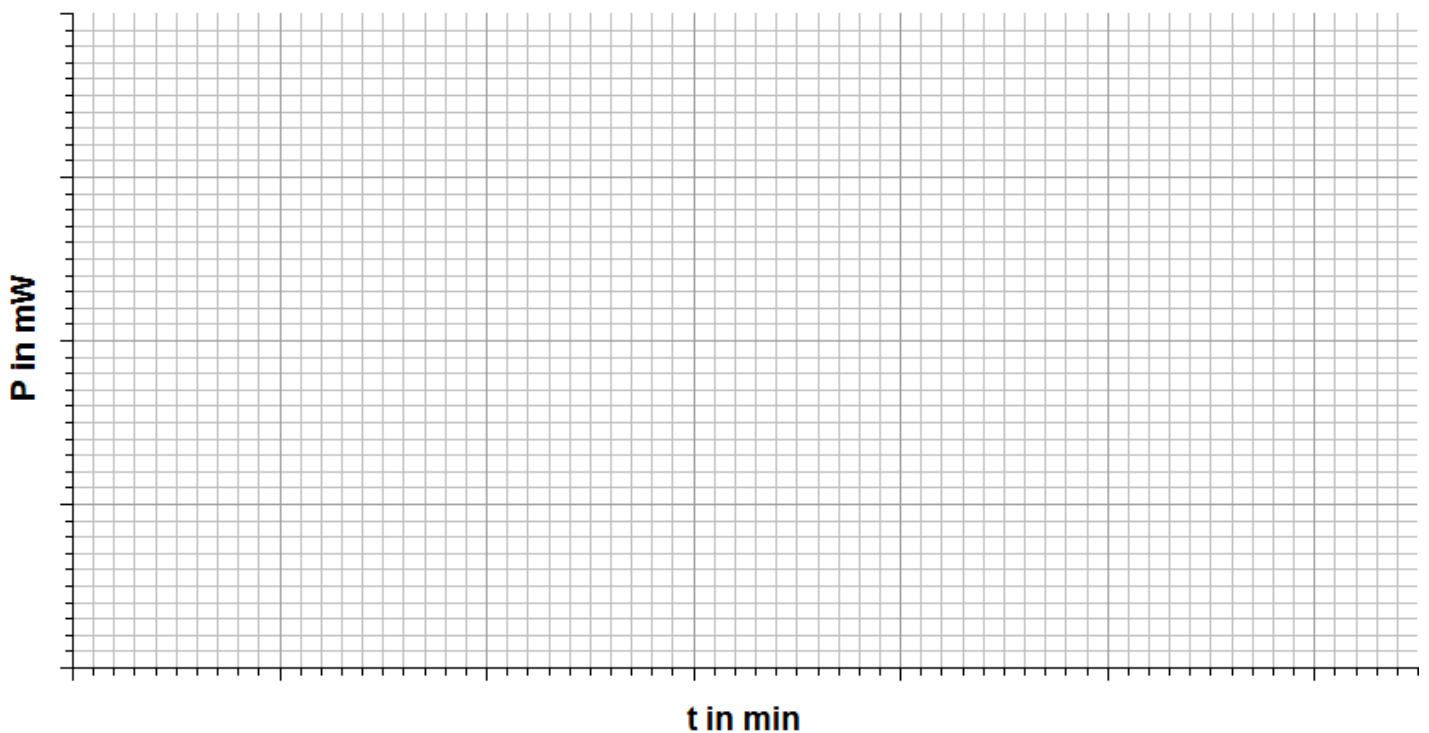
15. Quantitative Bestimmung der elektrischen Leistung

Messwerte

Auswertung

1. Berechne dabei die Leistung für jede Messwertreihe und notiere Sie ebenfalls in der Vorlage.
2. Trage deine Ergebnisse in das abgebildete Diagramm ein.
3. Schätze anhand der Messung die dauerhafte Leistung des thermoelektrischen Generators ab und berechne darauf aufbauend den Wirkungsgrad des Versuchsaufbaus.
4. Nenne eine Möglichkeit die Technologie des thermoelektrischen Generators trotz geringem Wirkungsgrad nutzbringend einzusetzen.

Diagramm





15. Quantitative Bestimmung der elektrischen Leistung

Auswertung

3.

4.

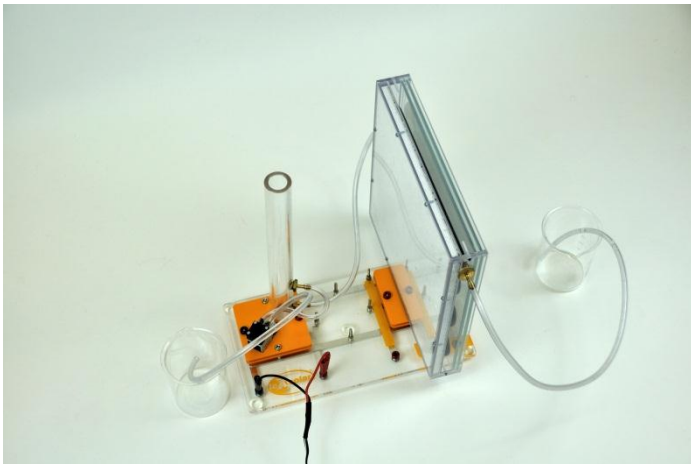


16. Bestimmung des Massenstroms durch den Kollektor

Aufgabe

Bestimme den Massenstrom durch den Kollektor in Abhängigkeit von der Pumpenleistung.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Wasserreservoir
- Pumpe mit PowerModul
- Kollektor
- Becherglas mit Volumenmaß
- Schläuche
- Stoppuhr

Durchführung

1. Baue den Versuch wie oben abgebildet auf. Der Kollektor sollte für den Versuch vollständig mit Wasser gefüllt sein. Schließe dazu das auf 9V eingestellte PowerModul an die Pumpe an. Diese befördert nun das Wasser in den Kreislauf. Um restliche Lufteinschlüsse aus dem Kollektor zu bekommen, solltest du diesen vorsichtig schwenken.
2. Stelle anschließend an der Pumpe eine Spannung U_P von 5V ein.
3. Schalte die Pumpe ein und miss die Zeit, bis zu der 100g Wasser durch den Kollektor geströmt sind.
4. Wiederhole den Versuch für weitere Spannungen an der Pumpe und trage Deine Messwerte in die Tabelle ein.

Messwerte

U_P in V	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8
$t(100\text{ml})$ in s							
\dot{m} in g/s							

U_P in V	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12
$t(100\text{ml})$ in s								
\dot{m} in g/s								

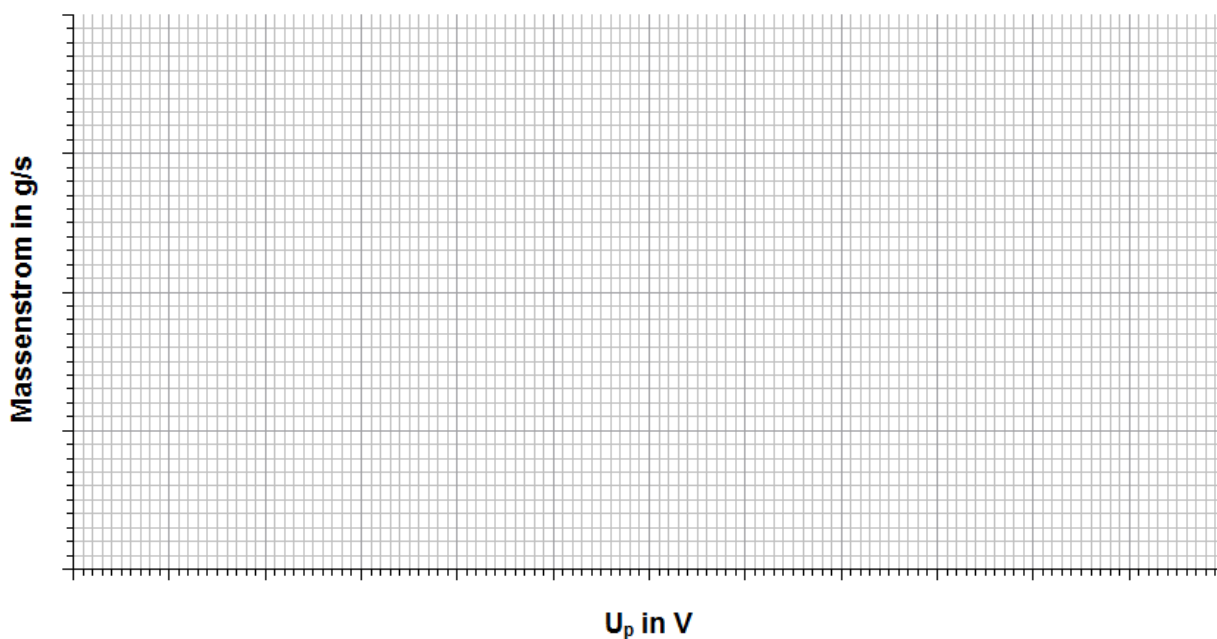


16. Bestimmung des Massenstroms durch den Kollektor

Auswertung

1. Berechne aus den gegebenen Messwerten den Massenstrom \dot{m} durch den Kollektor und trage Deine Ergebnisse in die Tabelle ein.
2. Übertrage Deine Ergebnisse in das beigefügte Diagramm.

Diagramm



Auswertung

1. Der Massenstrom \dot{m} wird mithilfe folgender Formel berechnet: $\dot{m} = \frac{100g}{t(100ml)}$

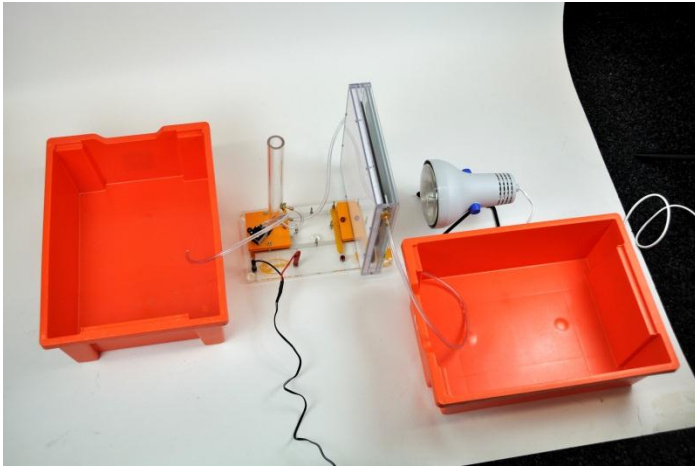


17. Bestimmung des Kollektorwirkungsgrads

Aufgabe

Bestimme den Kollektorwirkungsgrad in Abhängigkeit von der Pumpenleistung.

Aufbau



Benötigte Geräte

- 2x Wasserreservoir (Eimer o.ä.)
- Pumpe
- Kollektor
- Temperaturmessfühler
- Multimeter
- Schläuche

Durchführung

1. Stecke den Solarkollektor und das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß wie in der Abbildung auf die Grundeinheit und verbinde die Module mit den beiliegenden Schläuchen. Dabei sollte darauf geachtet werden, dass der linke Pumpenanschluss mit dem unteren Anschluss des Ausgleichsgefäßes und der rechte Anschluss mit dem linken Wasserreservoir verbunden werden. Der untere Anschluss des Ausgleichsgefäßes wird anschließend mit dem oberen Anschluss des Kollektors und der obere Anschluss des Kollektors mit dem rechten Wasserreservoir verbunden.
2. Fülle nun Wasser in das Ausgleichsgefäß und schließe das PowerModul an die Pumpe an (9V). Diese befördert nun das Wasser in den Kreislauf, gegebenenfalls füllst du mit dem Messbecher noch einmal Wasser nach, bis sich ein stabiler Wasserkreislauf mit ca. 200ml Flüssigkeit eingestellt hat. Um restliche Luftpneinschlüsse aus dem Kollektor zu bekommen, solltest du diesen vorsichtig schwenken.
3. Positioniere die Lampe in einem Abstand von 20cm vor dem Kollektor und stelle an der Pumpe eine Spannung U_P von 5V ein.
4. Miss die Temperatur am unteren Abschluss des Kollektors, in welchem das Wasser einströmt (T_{in}).
5. Warte 5min und miss anschließend die Temperatur am oberen Anschluss des Kollektors, aus dem das Wasser heraus strömt (T_{out}).
6. Wiederhole den Versuch für zwei weitere Spannungen an der Pumpe U_P und trage Deine Messwerte in die Tabelle ein.

Messwerte

U_P in V			
\dot{m} in g/s			
T_{in} in C°			
T_{out} in C°			
ΔT in K			



17. Bestimmung des Kollektorwirkungsgrads

Auswertung

1. Entnimm aus dem ersten Teilversuch den zur jeweiligen Pumpenleistung gehörigen Massenstrom \dot{m} und trage den Wert in die Tabelle ein.
2. Berechne die Differenz ΔT zwischen Eingangstemperatur T_{in} und Ausgangstemperatur T_{out} und trage den Wert ebenfalls in die Tabelle ein.
3. Bestimme die Kollektorfläche A_K .
4. Berechne den Kollektorwirkungsgrad η_K in Abhängigkeit von der Pumpenleistung U_P .

Hinweis: Der Wirkungsgrad des Kollektors kann mit Hilfe der folgenden Formel berechnet werden.

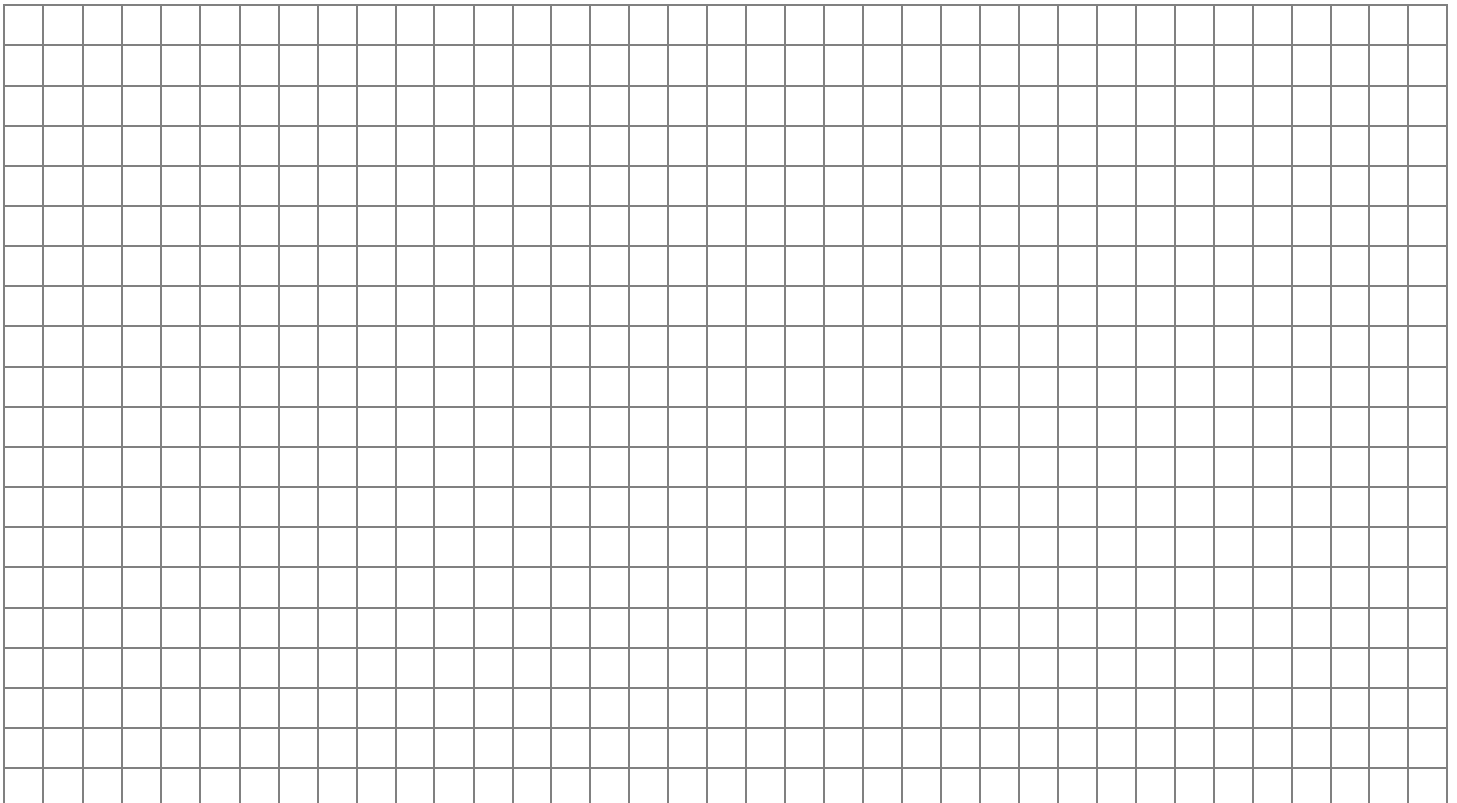
$$\eta_K = \frac{\dot{Q}_{KN}}{E \cdot A_K} \quad \text{mit} \quad \dot{Q}_{KN} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T \quad \text{und} \quad E = 800 \text{ W/m}^2$$

5. Welchen Einfluss hat die Durchflussgeschwindigkeit auf den Kollektorwirkungsgrad?
6. Welche Faktoren beeinflussen die Leistung und den Wirkungsgrad eines Solarkollektors?
7. Wie lassen sich die oben genannten Faktoren positiv beeinflussen, um den Wirkungsgrad des Kollektors zu verbessern?

Auswertung

3. $A_K =$ _____

4.





17. Bestimmung des Kollektorwirkungsgrads

Auswertung

5.

6.

7.



18. Vergleich einer High-Flow und einer Low-Flow-Anlage

Aufgabe

Vergleiche den Wirkungsgrad einer High-Flow-Anlage mit dem einer Low-Flow-Anlage.

Aufbau



Benötigte Geräte

- Grundeinheit
- Pumpenmodul
- Solarkollektor
- Schläuche
- 2x Digitalmessgerät mit Messleitungen
- Temperaturmessfühler
- Flüssigkeitsthermometer
- Strahler
- PowerModul
- Wärmetauscher mit Wärmedämmung
- Becherglas

Durchführung

1. Stecke den Solarkollektor und das Pumpenmodul mit Ausgleichsgefäß wie in der Abbildung ersichtlich, auf die Grundeinheit und verbinde die Module mit den beiliegenden Schläuchen. Dabei muss darauf geachtet werden, dass der linke Pumpenanschluss mit dem unteren Anschluss des Kollektors und der rechte Anschluss mit dem Ausgleichsgefäß verbunden werden.
2. Füge zwischen dem oberem Anschluss des Kollektors und dem Ausgleichsgefäß den Wärmetauscher ein, um den Wasserkreislauf zu schließen. Verwende den Wärmetauscher mit der beigefügten Isolierung, um thermische Verluste zu minimieren.
3. Fülle nun Wasser in das Ausgleichsgefäß und den Wärmetauscher. Miss jeweils die Wassermenge im Kreislauf und im Wärmetauschergefäß ab.
4. Der Kollektor sollte für den Versuch vollständig mit Wasser gefüllt sein. Schließe dazu das auf 9V eingestellte PowerModul an die Pumpe an. Diese befördert nun das Wasser in den Kreislauf. Um restliche Lufteinschlüsse aus dem Kollektor zu bekommen, solltest du diesen vorsichtig schwenken.
5. Positioniere die Lampe in einem Abstand von 20cm vor dem Kollektor.
6. Stelle das Flüssigkeitsthermometer in das Ausgleichsgefäß und lege eine Uhr zur Zeitmessung bereit. Verbinde außerdem den beiliegenden Temperaturmessfühler mit einem der Messgeräte und stelle an diesem das Symbol °C ein.
8. Stelle an der Pumpe eine Spannung U_P von 5V ein (Low-Flow-System). Miss zusätzlich die Stromstärke am Pumpenmodul.
9. Im Versuch werden nun im Abstand von 5min folgende Temperaturen gemessen:
 - Temperatur $T_{A,unten}$ am unteren Anschluss des Ausgleichsgefäß (Flüssigkeitsthermometer)
 - Temperatur $T_{A,oben}$ am oberen Anschluss des Ausgleichsgefäß (Flüssigkeitsthermometer)
 - Temperatur T_S im Wärmetauschergefäß (Flüssigkeitsthermometer)
 - Temperatur $T_{C,unten}$ am unteren Anschluss des Kollektors (Temp.-Messfühler + Digitalmultimeter)
 - Temperatur $T_{C,oben}$ am oberen Anschluss des Kollektors (Temp.-Messfühler + Digitalmultimeter)



18. Vergleich einer High-Flow und einer Low-Flow-Anlage

Durchführung

10. Wiederhole den Versuch für eine Pumpen-Spannung von 10V (High-Flow-System).
 11. Nach Beendigung des Versuchs wird das Wasser aus dem Speicher und aus dem Kreis jeweils entnommen, umgerührt und die mittlere Temperatur bestimmt.

Messwerte

Wassermenge Gesamtsystem: _____

Wassermenge Speicher (Wärmetauschergefäß): _____

1) Pumpenspannung $U_P=5V$, Stromstärke $I_P=$ _____

Zeit t in min	$T_{A,oben}$ in °C	$T_{A,unten}$ in °C	ΔT_A in K	T_S in °C	$T_{C,oben}$ in °C	$T_{C,unten}$ in °C	ΔT_C in K
0							
5							
10							
15							
20							
25							
30							

Endtemperatur Gesamtsystem (nach Durchmischen): _____

Endtemperatur Speicher (nach Durchmischen): _____

2) Pumpenspannung $U_P=10V$, Stromstärke $I_P=$ _____

Zeit t in min	$T_{A,oben}$ in °C	$T_{A,unten}$ in °C	ΔT_A in K	T_S in °C	$T_{C,oben}$ in °C	$T_{C,unten}$ in °C	ΔT_C in K
0							
5							
10							
15							
20							
25							
30							

Endtemperatur Gesamtsystem (nach Durchmischen): _____

Endtemperatur Speicher (nach Durchmischen): _____

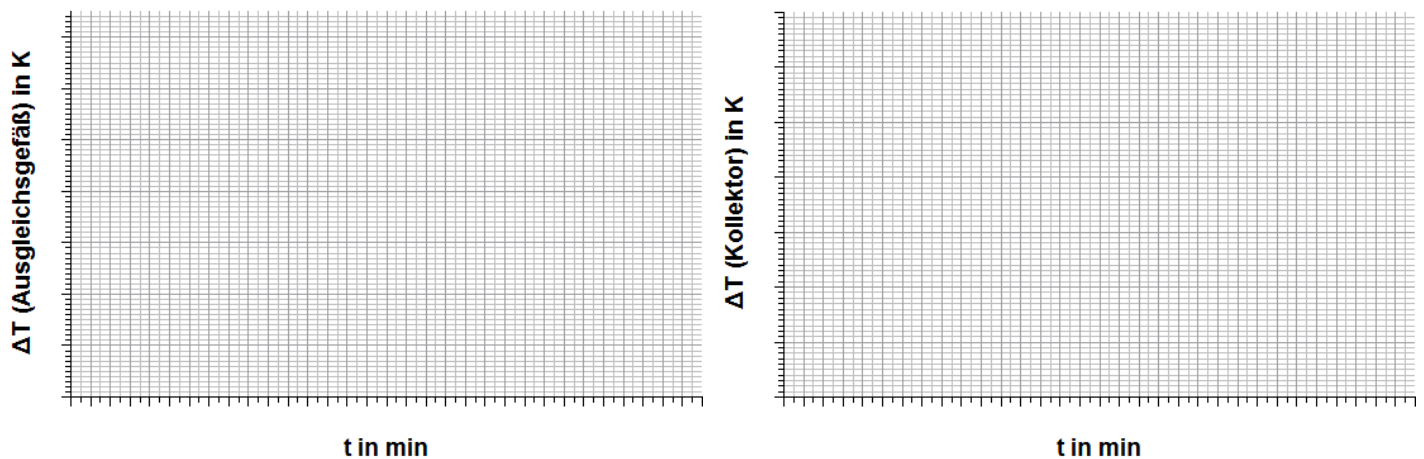


18. Vergleich einer High-Flow und einer Low-Flow-Anlage

Auswertung

1. Berechne die Temperaturdifferenzen im Ausgleichsgefäß sowie Solarkollektor und trage die Werte in die Tabelle ein.
2. Übertrage deine Ergebnisse in die abgebildeten Diagramme.
3. Welche Aussage kannst du bezüglich einer Temperaturschichtung (im Ausgleichsgefäß und Kollektor) für den Low-Flow- und den High-Flow-Betrieb machen? Wie könnte dieser Aspekt in der Praxis genutzt werden?
4. Bestimme für beide Teilversuche jeweils die Wärmemenge, welche vom System in den Speicher (Wärmetauschergefäß) übergegangen ist.
5. Berechne die Energieänderung des Wassers im System (Q_{System}) und die zugeführte thermische und elektrische Energie (Q_{Lampe}, W_{Pumpe}). Berechne anschließend für beide Anlagensysteme jeweils den Wirkungsgrad η . Bestimme hierfür zusätzlich zu den ermittelten Größen die Kollektorfläche A_K .
6. Nenne Vor- und Nachteile beider Anlagensysteme. Wie könnten die Vorteile beider Systeme vereint werden?

Diagramme



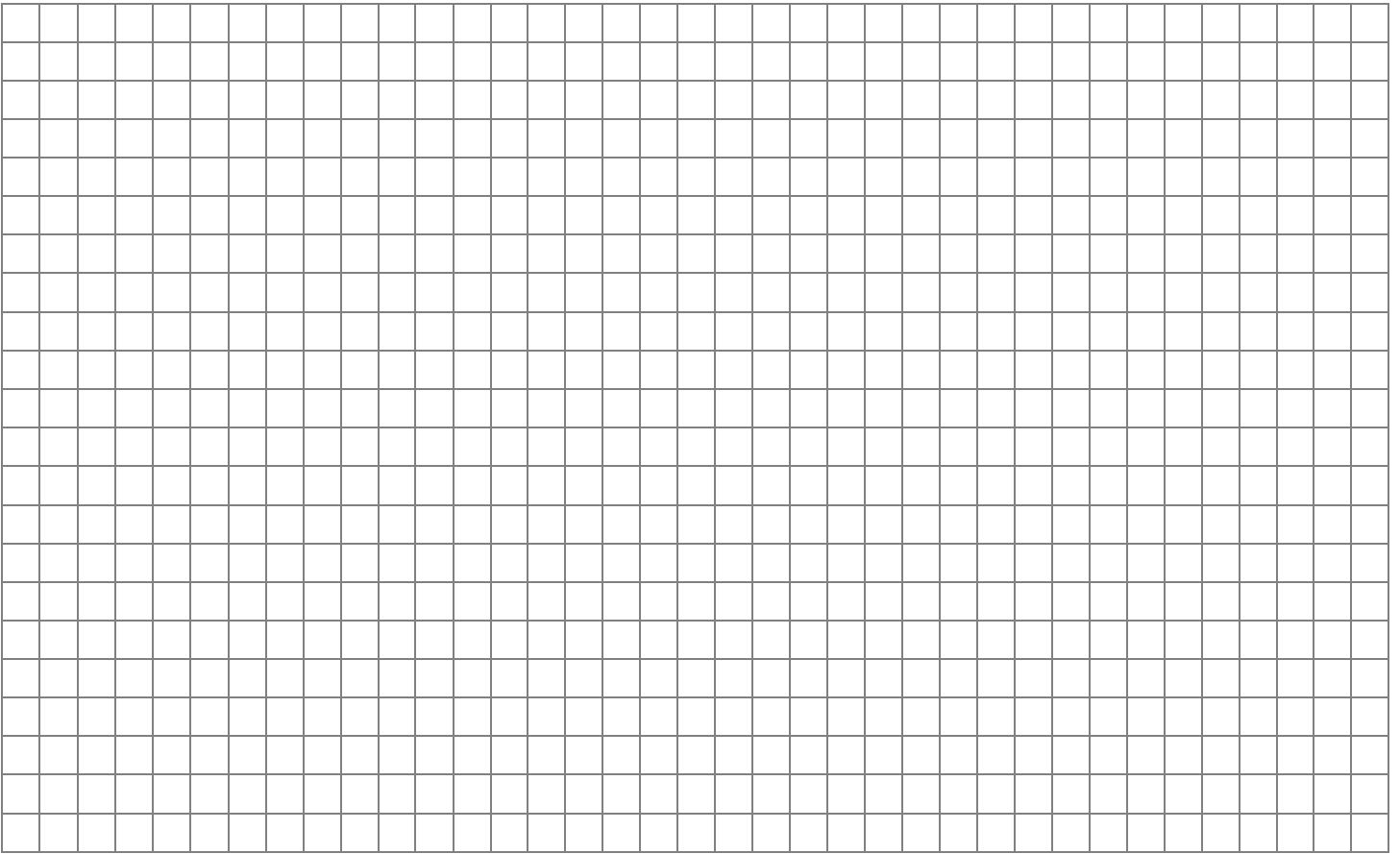
Auswertung

3.



18. Vergleich einer High-Flow und einer Low-Flow-Anlage

Auswertung



6.

leXsolar GmbH
Strehleener Straße 12-14
01069 Dresden / Germany

Telefon: +49 (0) 351 - 47 96 56 0
Fax: +49 (0) 351 - 47 96 56 - 111
E-Mail: info@lexsolar.de
Web: www.lexsolar.de