



Klima Kompetenz Camps für Zukunftsberufe

Thema: Experimentieranleitung
– Messung der Solarstrahlung

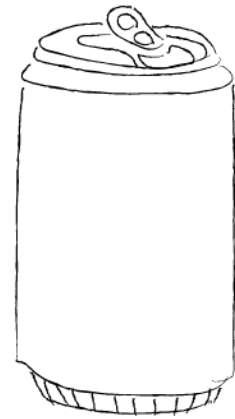


Einleitung

Es soll die Solarstrahlung gemessen werden, indem man Sonnenenergie nutzt, um das Wasser in einer Getränkedose zu erwärmen. Mit Hilfe der spezifischen Wärmekapazität lässt sich aus der Temperaturdifferenz die Energiemenge bestimmen. Kennt man die Zeit und die Größe der beschienenen Oberfläche, so kann man die Solarstrahlung berechnen.

Anhand des Experiments kann man den Aufbau und Eigenschaften von Sonnenkollektoren für die Solarthermie erläutern.

Das hier beschriebene Experiment kann durch ein weiteres Experiment, die Messung der Wärmekapazität von Wasser, vorbereitet werden. Es kann aber auch einfach der Literaturwert verwendet werden.



Grafik „Getränkedose“, von Michelle Bruce, lizenziert unter [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Experiment: Bestimmung der Solarstrahlung durch Erwärmung einer Getränkedose

Grundidee

In einem geeigneten Gefäß (Cola-Dose) soll Wasser durch Sonnenenergie erhitzt werden. Durch die Messung der Temperaturerhöhung kann man die aufgenommene Energie berechnen. Wenn man die Dauer der Einstrahlung und die Größe der Oberfläche kennt, kann damit die Solarkonstante berechnet werden.

Anzuwendende Kenntnisse und neue Lerninhalte

1. Planung, Durchführung und Protokollierung von Experimenten

Optimale Ausrichtung zur Sonne: Die bestrahlte Oberfläche sollte senkrecht zum Lichteinfall ausgerichtet werden, damit die Größe dieser Fläche leicht berechnet werden kann.

Schwärzung der Oberfläche: Die Oberfläche muss die Strahlung möglichst vollständig absorbieren, Reflexionsverluste müssen minimiert werden.

Thermischer Kontakt zwischen Oberfläche und Flüssigkeit: Stellt man eine geschlossene Dose in die Sonne, so ist dieser Kontakt durch die Füllhöhe des Herstellers gegeben.

Wärmeverluste der Dose müssen minimiert werden: Verluste durch Wärmeleitung können durch eine Wärmedämmung verringert werden. Verluste durch Konvektion können durch ein weiteres Gefäß mit aufgesetzter Glasscheibe (mit Reflexionsverlusten!) verringert werden. Verluste durch Wärmestrahlung („schwarzer Strahler“) müssen zumindest in der Auswertung als Fehler berücksichtigt werden.

Stellt man die geschlossene Dose für eine längere Zeit in einen Raum mit fester Temperatur, kennt man die Temperatur zu Beginn der Messung, ohne die Dose öffnen zu müssen. Am Ende der Versuchszeit kann die Temperatur der Flüssigkeit direkt gemessen werden.

2. Anwendung mathematischer Gleichungen und physikalischer Gesetze

$$Q = c_{H_2O} \cdot m \cdot \Delta T$$

$$A = \pi r^2$$

$$P_{solar} = \frac{Q}{A \cdot t} \quad \text{entspricht der solaren Strahlungsleistung}$$

(Wegen $E = P \cdot t$ gilt für die solare Strahlungsenergie: $E_{solar} = \frac{Q}{A}$)

(Winkelfunktionen werden benötigt, wenn die bestrahlte Oberfläche nicht senkrecht zum Lichteinfall ausgerichtet ist.)

3. Fehlerbetrachtung

Um den im Experiment bestimmten Wert der Solarstrahlung mit Literaturwerten der Solarkonstanten (Solarstrahlung außerhalb der Erdatmosphäre) zu vergleichen, müssen atmosphärische Einflüsse (Absorption durch Gase, Wolken usw.), die geographische Lage („Airmass“) und Verluste bei der Energieumwandlung berücksichtigt werden.

Laut wikipedia.org wurde die Solarkonstante im Jahr 2015 von der Internationalen Astronomischen Union (IAU) nach neuen Messergebnissen auf den folgenden Wert festgelegt (Resolution B3):

$$E_0 = 1361 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 1361 \frac{\text{J}}{\text{m}^2 \text{ s}} = 1361 \frac{\text{kg}}{\text{s}^3}$$

Der bis dahin gültige Wert von 1367 W/m² wurde 1982 von der Weltorganisation für Meteorologie in Genf festgelegt. Bei klarem Wetter kommen davon in Meereshöhe drei Viertel der eingestrahnten Sonnenenergie an, da ein Teil von der Atmosphäre reflektiert und absorbiert wird. Die am Boden ankommende Sonnenenergie sinkt daher selbst bei klarem Wetter auf etwa 1000 W/m². Schon leichte Cirruswolken lassen diesen Wert weiter, auf etwa die Hälfte des Ausgangswertes, und damit unter 700 W/m² fallen.

(Quelle: wikipedia.org)

Aufgabenstellung

1. Berechnen Sie die der Solarstrahlung ausgesetzte Fläche einer schwarzen Cola-Dose!
2. Füllen Sie eine leere Cola-Dose mit Leitungswasser und messen Sie dessen Anfangstemperatur!
3. Stellen Sie die Cola-Dose eine Stunde lang in die Sonne und messen Sie anschließend die Endtemperatur des Wassers!
4. Berechnen Sie die während des Experiments gespeicherte Solarenergie und die durchschnittliche solare Strahlungsleistung!
5. Vergleichen Sie diesen Wert mit der Solarkonstante und diskutieren Sie die Abweichung!
 - a. Welche Eigenschaften sollte das Gefäß besitzen, mit dem das Wasser durch Sonnenenergie erwärmt wird?
 - b. Welche Faktoren beeinflussen diese Erwärmung?
6. Erstellen Sie ein Versuchsprotokoll zu dem Experiment!



Arbeits- / Lernmaterial ‚Experimentieranleitung: Messung der Solarstrahlung‘ von Sören Sellin und Hartmut Oswald - [KlimaKompetenz-Camps](#), lizenziert unter [CC-BY-SA \(4.0\)](#) - sofern nicht anders angegeben. Dargestellte Logos unterliegen dem Markenrecht, bleiben weiterhin geschützt und dürfen nicht verändert werden.