

B5 Wir bauen ein thermisches Sonnenkraftwerk – Mit Brennglas und Spiegel

Hinweis: Auf die Auswertungen zu den einzelnen Teilerperimenten wird nachfolgend nur dann eingegangen, wenn sich dabei erfahrungsgemäß besondere Schwierigkeiten ergeben könnten.

1 Entzünden eines Papierstreifens mit der Lupe als Brennglas

1.5 Auswertung

- d) Errechne die Energieverstärkung, wenn das Brennglas einen Durchmesser von 5,5 cm hat und der Brennpunkt eine angenommene Fläche von 5 mm^2 besitzt.

Hinweis: Als „Energieverstärkung“ bezeichnen wir hier die Konzentration der auf das Brennglas einfallenden Strahlungsenergie im Brennfleck. Wir errechnen den Wert aus dem Quotienten der Fläche des Brennflecks und der Fläche des Brennglases. Der Wert liegt in unserem Fall über 400-fach.

1.6 Fragen

- a) Wovon hängt die Entzündungstemperatur fester, brennbarer Stoffe ab?

Antwort: Für das Entzünden fester Substanzen ist Voraussetzung, dass die Temperatur so hoch ist, dass sich durch Verdampfen oder Zersetzen des Stoffes brennbare Gase entwickeln und mit dem Luftsauerstoff vermischen. In diesem Luft-Gas-Gemisch über der Oberfläche des Stoffes haben dann die kleinsten Teilchen (Moleküle) bei dieser Temperatur genug Bewegungsenergie, dass sie beim Aufeinanderprallen miteinander reagieren können. Es kommt zur Entzündung.

- b) Wenn du Internet-Anschluss hast, dann recherchiere im Internet die Bedeutung des Temperaturpunkts „Fahrenheit 451“. Tipp: Ein gleichnamiger Roman und Film sorgten in der 50er- bzw. 60er-Jahren des letzten Jahrhunderts weltweit für Furore.

Antwort: Die Schülerinnen und Schüler können die Links verwenden, die in der Linkliste zum Experiment auf dem Medienportal der Siemens Stiftung vorhanden sind. Fahrenheit 451 bzw. 232 °C ist die durchschnittliche Entzündungstemperatur von Papier. (Daher rührt auch der Name des Romans bzw. des Films, in dem es um die systematische Verbrennung aller Bücher geht). Je nach Papiersorte kann die Entzündungstemperatur von Papier auch bis zu ca. 50 °C tiefer und bis zu 200 °C höher liegen. Die für trockenes Zeitungspapier oder Schreibpapier charakteristische Entzündungstemperatur ist mit dem Brennglas leicht zu erreichen.

2 Wir erwärmen Wasser mit der Sonne

2.6 Fragen

Hinweis: Weiterführende Medien zu den nachfolgenden Fragestellungen findet man z. B. auf dem Medienportal der Siemens Stiftung in den Medienpaketen „Experimento | 10+: B5 Wir bauen ein thermisches Sonnenkraftwerk“ und „Solarthermie und Photovoltaik – Energien mit Zukunft“. Die Lehrkraft kann diese Medien herunterladen und den Schülerinnen und Schülern für eine offline-Recherche zur Verfügung stellen.

- a) Die Bündelung der Sonnenenergie erfolgt nach den Gesetzmäßigkeiten der Optik. Wie müsste man ein Solarkraftwerk im großen Maßstab konstruieren? Fertige eine Skizze dazu an.

Antwort: Foto und Skizze zu großen Parabolrinnen-Solarkraftwerken findet man im Medienpaket „Experimento | 10+: B5 Wir bauen ein thermisches Sonnenkraftwerk“.

- b) Erkläre, warum das Reagenzglas mit Ruß geschwärzt werden musste.

Antwort: Schwarze Körper sind ideale Strahler und Absorber. Da das Reagenzglas und das Wasser in ihm für viele Wellenlängenbereiche des Sonnenlichts durchlässig sind, würde ohne Schwärzung viel Licht ungehindert durch das Glas gehen und das Wasser würde nicht so schnell und stark erwärmt werden. Der schwarze Ruß ist für das Sonnenlicht undurchlässig und wandelt daher das Sonnenlicht in Wärme um. Die Wärme wird dann an das Reagenzglas und anschließend an das Wasser weitergegeben.

Wenn du Internet-Anschluss hast:

- c) Recherchiere im Internet, wo die größten Solarkraftwerke der Welt stehen und begründe ihren Standort.

Antwort: Geeignet für große Solarthermiekraftwerke sind nur Gegenden, in denen die Intensität der Sonnenstrahlung und die Dauer der Sonneneinstrahlung (Sonnenscheintage) groß sind und wo gleichzeitig die Verbraucher nicht zu weit entfernt sind. Beispiele sind u. a. Südspanien und Kalifornien. Größere Kraftwerke sind auch in Nordafrika (Projekt „Desertec“) in Planung. Eine Übersicht im Internet findet man unter dem Suchbegriff „list solar thermal power stations“.

- d) Was ist die Idee beim sog. „Desertec-Projekt“? Recherchiere!

Antwort: Unter dem Suchbegriff „Desertec“ findet man die Website der Desertec Foundation sowie zahlreiche weitere Informationen.

- e) Recherchiere, wie groß die Solarkonstante ist. Berechne damit die Spiegelfläche eines Solarkraftwerks zur Erzeugung von 20 MW Leistung bei einem Wirkungsgrad von 80 %.

Antwort: Die Solarkonstante ist $E_0 = 1,367 \text{ MW/m}^2$. Wenn das Kraftwerk 80 % davon benutzt, um 20 MW zu produzieren, dann gilt $0,8 \times E_0 \times A = 20 \text{ MW}$, wobei A die Spiegelfläche ist. Umgestellt ergibt das $A = 20 / (0,8 \times 1,367) \text{ m}^2 = 18,29 \text{ m}^2$.

Die Lehrkraft muss darauf hinweisen, dass dies nur der Wirkungsgrad der vom Spiegel gesammelten Strahlungsleistung ist. Was davon in Strom umwandelbar ist, hängt von den Leitungsverlusten und dem Wirkungsgrad der Dampfturbine ab (2. Hauptsatz der Thermodynamik). Die Wirkungsgrade von Parabolrinnenkraftwerken liegt derzeit bei gut 20 %, die der sog. Solartürme bei ca. 30 %.