



**Physik im Kontext**

# **Strom von der Sonne- sauber und umsonst?**

Bausteine zum Thema  
elektrische Energie und Leistung

Klasse 9  
Gymnasium

Schulset Hamburg

Hamburg im Mai 2008



Freie und Hansestadt Hamburg  
Behörde für Bildung und Sport

## Impressum

### **Herausgeber:**

Freie und Hansestadt Hamburg  
Behörde für Bildung und Sport  
Amt für Bildung - B 22 -  
Hamburger Straße 31, 22083 Hamburg  
Referat: Math.-naturwissenschaftlich-technischer  
Unterricht  
Referatsleitung: Werner Renz, B 22-2

IPN – Leibniz-Institut für die Pädagogik  
der Naturwissenschaften  
Olshausenstraße 62, 44098 Kiel  
Projekt *Physik im Kontext*

### **Redaktion:**

Ingrid Denecke  
Tobias Kirsch  
Dirk Schütt  
Alle: Gymnasium Lohbrügge, [www.gyloh.de](http://www.gyloh.de)

Hamburg 2008

## „Physik im Kontext“ (piko)

ist ein Programm\*, das die naturwissenschaftliche Grundbildung von Schülerinnen und Schülern durch Physikunterricht fördern will. Dabei arbeiten erfahrene Lehrkräfte und Fachdidaktiker gemeinsam in sogenannten „Schulsets“ an der Entwicklung von neuen Unterrichtskonzepten und Materialien, die sich an drei Leitlinien orientieren:

- 1. Entwicklung einer neuen Lehr-Lern-Kultur:** Ein methodisch vielfältiger und auf die Lernziele abgestimmter Unterricht bietet Schülerinnen und Schülern unterschiedliche Zugänge zu einem Thema, hilft bei der Überwindung von Lernschwierigkeiten und kann selbstgesteuertes Lernen ermöglichen. Die Anbindung an Alltagskontexte fördert Interesse und Motivation.
- 2. Förderung des naturwissenschaftlichen Denkens, Arbeitens und Anwendens:** Ein grundlegendes Verständnis naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen kann Schülerinnen und Schüler zu eigenständiger Arbeit befähigen sowie die Anwendung schulischen Wissens in der Auseinandersetzung mit Problemen aus Alltag und Lebenswelt fördern.
- 3. Integration von Themen aus dem Bereich moderne Physik/Technologien:** Moderne Themen können als Anwendungskontexte das Interesse von Schülerinnen und Schülern fördern. In höheren Jahrgangsstufen kann darüber hinaus ein Grundverständnis für moderne theoretische Perspektiven entwickelt werden.

Die vorliegende Handreichung ist ein Produkt der piko-Arbeit im Schulset Schleswig-Holstein.

\* Das Programm wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert und vom Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel in Kooperation mit den Universitäten Kassel und Paderborn, der Humboldt-Universität zu Berlin und der Pädagogischen Hochschule in Ludwigsburg durchgeführt.

# Inhaltsverzeichnis

Allgemeine Erläuterungen zu den Zielen und Inhalten der UE .....	3
Übersicht über den Unterrichtsgang .....	5
Baustein Strom von der Sonne - sauber und umsonst? .....	6
Material zum Baustein „Strom von der Sonne – sauber und umsonst?“ .....	8
Baustein Solarspringbrunnen.....	12
Material zum Baustein „Solarspringbrunnen“ .....	14
Baustein: So zapfen wir die Sonne an – Eine Leistungs- und Energieabschätzung.....	16
Material zum Baustein „So zapfen wir die Sonne an – Eine Leistungs- und Energieabschätzung“ .....	18

## Allgemeine Erläuterungen zu Zielen und Inhalten der UE

Unser gesamter Unterrichtsgang in Klasse 9 zu den Hamburger Rahmenplanthemen Energie in den Bereichen Mechanik, Elektrik und Wärme besteht aus mehreren Unterrichtseinheiten (UE), die z.T. in der Reihenfolge austauschbar sind.

Die Unterrichtseinheiten sind:

- UE 1: Der Mensch im Mittelpunkt (fertig und veröffentlicht)
- UE 2: Mechanische Energie und Leistung (fertig und veröffentlicht)
- UE 3: Elektrische Energie und Leistung (fertig).
- UE 4: Wärmeenergie (fertig und veröffentlicht)
- UE 5: Wirkungsgrade messen (in Erprobung).

Diese UEs haben wir (Ingrid Denecke, Tobias Kirsch, Dirk Schütt) im Rahmen von piko am Gymnasium Lohbrügge entworfen. Wir haben sie jeweils in mehreren 9. Klassen parallel erprobt.

In dieser Ausarbeitung stellen wir Elemente der UE 3 Elektrische Energie und Leistung vor.

Allgemeine Ziele unserer Unterrichtsentwicklung sind - auch geprägt durch unsere Arbeit bei piko - :

- selbständigeres Arbeiten der Schüler
- weg vom fragend-entwickelnden Unterricht
- anknüpfen an Interessen der Schüler
- ausgehen von Unterrichtsmöglichkeiten, nicht von der Fachsystematik
- Zeit für Schüleraktivitäten
- Bezug zum Menschen

Der Unterricht ist in Doppelstunden organisiert. Unserer Meinung nach ist das erforderlich für selbstständigere Arbeitsformen.

In der UE 3 Elektrische Energie und Leistung gehen wir folgendermaßen vor:

- Leistung von Haushaltsgeräten. Messung der Stromstärke bei Haushaltsglühlampen liefert die Gleichungen für Leistung und Energie
- Leistungsmessung an vielen Geräten wie Mikrowelle, Wasserkocher, Ladegerät, Computer, Kochplatte, mit Energie- und Leistungsmessern
- „Verbrauch“ elektrischer Energie im Haushalt
- Problematik des Standby-Betriebs von Geräten
- Auswertung einer Stromrechnung
- Genauere Festlegung des Spannungsbegriffs mit Dynamots wie im Schulbuch Cornelsen
- Übung des Spannungsbegriffs nach „Physics by Inquiry“ mit einfachem Versuchsmaterial
- Vertiefung der Begriffe mit Solarzellen
- Induktion mit Einstieg über die Schütteltaschenlampe nach dem Artikel in der Praxis der Physik 1/55 Januar 2006 Seite 26ff.
- Anwendungen der Induktion mit Generator und Transformator.

Wir stellen hier den Teil *Solarzellen* des 22stündigen Unterrichtsgangs vor. Spannung, Schaltung von Spannungsquellen, Stromstärke, elektrische Energie und Leistung müssen vorher behandelt sein.

Es geht dabei nicht um den atomaren Aufbau der Solarzellen und um Halbleiter, sondern vor allem um die Solarzelle als Energiewandler. An passender Stelle z.B. im ersten Baustein kann erklärt werden, dass durch das Licht in der Solarzelle Elektronen aus den Atomen ausgelöst werden, die durch den Aufbau der Solarzelle auf die eine Seite der Solarzelle gebracht werden.

Die Schüler sollen die Zusammenhänge zwischen Beleuchtungsstärke und Spannung und Stromstärke kennen lernen. Sie sollen (mit Vorgaben) selbstständig die grundlegenden Eigenschaften von Solarzellen erforschen.

Angewendet werden die Kenntnisse dann auf die Planung der Schaltung eines mit Solarzellen betriebenen Springbrunnens und auf die Abschätzung des Jahresertrags einer großen Solaranlage.

Die Schüler sollen so grundsätzliches Wissen über die Einsatzmöglichkeiten von Solarzellen und die Probleme dabei bekommen.

<b>Strom von der Sonne – sauber und umsonst?</b>	
<b>Klasse 9</b>	
<b>Bezug zum Lehrplan</b>	<b>Dauer</b>
Elektrische Energie und Leistung	4 Doppelstunden
<b>Ziele der Unterrichtseinheit</b>	
<b>Inhaltliche Schwerpunkte</b>	<b>Methodische Schwerpunkte</b>
<p>Solarzelle als Energiewandler, Zusammenhang zwischen Beleuchtungsstärke und Spannung und Stromstärke.</p> <p>Planung einer Schaltung von Solarzellen für einen Solarspringbrunnen.</p> <p>Abschätzung der Leistung und des Energieertrags einer großen Solarzellenanlage.</p>	<p>Gruppenarbeit, Schülerversuche, forschendes Lernen, lehrerzentrierter Unterricht.</p>
<b>Stunde</b>	<b>Unterrichtsbaustein</b>
1./2./3./4	Strom von der Sonne – sauber und umsonst? Untersuchung von Solarzellen.
5./6	Solarspringbrunnen. Planung und Ausführung der Schaltung
7./8.	Eine Leistungs- und Energieabschätzung einer großen Solaranlage

<b>Strom von der Sonne – sauber und umsonst?</b>	
<b>Bezug zum Rahmenplan:</b>	<b>Dauer</b>
<b>Elektrische Energie und Leistung</b>	2 Doppelstunden
<b>Leitende Fragestellung, Kontext, Problem</b>	
Strom aus der Sonne ist umsonst - Warum haben nicht alle Leute Fotovoltaikanlagen auf dem Dach? Welche grundlegenden Eigenschaften haben Solarzellen?	
<b>Methodische Vorschläge</b>	
<p><b>Einstieg:</b> Bilder von Fotovoltaikanlagen zeigen. (Aus dem Internet.) Frage: Warum haben nicht alle Leute eine Fotovoltaik-Anlage auf dem Dach?</p> <p><b>Erarbeitung</b> Diskussion der physikalischen und nichtphysikalischen Gründe Halboffene Schülerversuche mit Anteilen forschenden Lernens zur Erarbeitung der Eigenschaften von Solarzellen</p> <p><b>Festigung</b> Vorstellung, Diskussion und Zusammenfassung der Ergebnisse.</p>	
<b>Material</b>	
<p><b>Material:</b> Bilder von Fotovoltaikanlagen, Schülerversuchsmaterial zu Solarzellen (z.B. CVK), Halogenleuchten, Multimeter, Luxmeter, Kabel, Stativmaterial.</p> <p><b>Weitere Informationen z.B.:</b> Bei Sonne können die Schüler statt mit den Halogenleuchten draußen die Versuche durchführen.</p>	
<b>Anhang</b>	
Die Arbeitsblätter finden sich im Anschluss an die Übersicht über diesen Baustein.	



## Baustein 1: Strom von der Sonne – sauber und umsonst (Stunde 1-4)

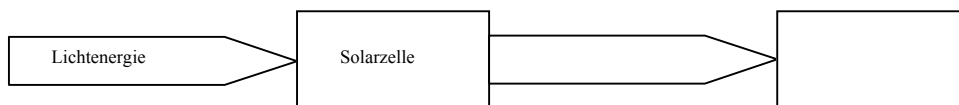
Unterrichtsschritte	Ablauf / Sachaspekte Schüler- und Lehrertätigkeiten	Sozialform / Handlungsmuster / Methoden	Materialien	Didaktischer Kommentar	BS
1.) Einstieg	<p>Der Lehrer zeigt Fotos von Fotovoltaikanlagen. Warum hat nicht jeder eine Fotovoltaikanlage auf dem Dach?</p> <p>Es werden im Gespräch die finanziellen, ästhetischen, technischen, physikalischen Gründe und Einstrahlungsfaktoren gesammelt.</p> <p>→ Es sollen im Folgenden die physikalischen Faktoren untersucht werden. Die physikalischen Fragen werden von den Schülern angegeben: Funktionsweise, Effizienz, Leistung, Energieausbeute.</p>	<p>Lehrer stellt vor.</p> <p>Diskussion</p>	Bilder von Fotovoltaikanlagen	<p>Es sollen auch die nichtphysikalischen Gesichtspunkte genannt, aber nicht weiter untersucht werden.</p> <p>Eine mögliche Hausaufgabe ist, sich über Arten und Wirkungsgrad von Solarzellen zu informieren.</p>	<p>B1, B2</p> <p>K3</p>
2.) Erarbeitung	<p>Schüler bearbeiten in Gruppen das Arbeitsblatt und machen einfache Versuche. Anschließend werden die Ergebnisse besprochen.</p>	<p>Gruppenarbeit</p> <p>Experimente der Schüler</p>	Arbeitsblatt Teil Vorübungen, Schülerversuchsmaterial zu Solarzellen.	<p>Einige haben Probleme bei dem Betrieb des Propellers. Mehrere Solarzellen müssen in Reihe geschaltet werden.</p>	<p>F3, E7</p>
3.) Erarbeitung (evt. gemeinsam mit 2)	<p>Schüler stellen zu Fragestellungen mit Mehrfachauswahl Vermutungen an und überprüfen ihre Entscheidung durch ein kleines Experiment, für das es keine Vorgaben gibt. Anschließend werden die Ergebnisse besprochen.</p>	<p>Gruppenarbeit</p> <p>Experimente der Schüler</p>	Arbeitsblatt zu Solarzellen Hauptteil. Schülerversuchsmaterial zu Solarzellen	<p>Schwierigkeiten kann es bei der Benutzung der Messinstrumente geben.</p>	<p>F3, E6, E8, K5</p>
4) Erarbeitung	<p>Schüler untersuchen ein bis zwei der erweiterten Problemstellungen aus dem Arbeitsblatt. Das Experiment entwickeln sie selbst.</p>	<p>Gruppenarbeit</p> <p>Experimente der Schüler</p>	Arbeitsblatt zu Solarzellen Teil erweiterte Problemstellungen Schülerversuchsmaterial zu Solarzellen	<p>Schwierigkeiten kann es bei der Benutzung der Messinstrumente geben.</p>	<p>F4, E4, E8, K5</p>
5) Zusammenfassung	<p>Die Schüler stellen die Ergebnisse der erweiterten Problemstellungen vor. Der Lehrer ergänzt.</p>	<p>Klassengespräch</p>		<p>Wichtig sind vor allem die Ergebnisse der ersten beiden Problemstellungen</p>	<p>K6</p>

**Vorübungen:**

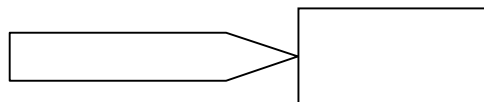
**V1.** Bringe den Elektromotor (mit aufgesetztem Propeller) mit Hilfe einer Solarzelle zum Laufen. Vertausche anschließend die Anschlüsse an den Kontaktstiften des Elektromotors.

a) Welche Veränderungen stellst du fest?

b) Welche Energieumwandlungen finden hier statt?  
Setze die Energieumwandlungskette fort:



Fortsetzung:



**V2.** Bringe die kleine Lampe (Leuchtemitterdiode) zum Leuchten.  
(Hinweis: Denke an eine Stab-Taschenlampe)  
Beschreibe, was du tun musst, damit die Lampe leuchtet.

## Hauptteil:

**Stelle zunächst für alle folgenden Test-Aufgaben eine Hypothese (Vermutung) auf. Überprüfe sie dann jeweils durch ein kleines Experiment.**

**Dokumentiere alle Experimente in folgender Weise:**

- Fertige eine Schaltskizze der jeweils verwendeten Schaltung an.
- Beschreibe in knapper Form die Durchführung des Experiments.
- Notiere deine Beobachtungen bzw. Messergebnisse.

**1. Wie groß ist die (Leerlauf-)Spannung einer Solarzelle?**

- etwa 5 V
- etwa 1 V
- etwa 0,5 V

**2. Die Fläche einer Solarzelle wird auf ein Drittel reduziert. Wie ändert sich dadurch die (Leerlauf-)Spannung?**

- die Spannung ändert sich nicht
- die Spannung geht auf 1/3 des ursprünglichen Wertes zurück
- die Spannung steigt auf den dreifachen Wert

**3. Die Fläche einer Solarzelle wird auf ein Drittel reduziert. Wie ändert sich dadurch die (Kurzschluss-)Stromstärke?**

- die Stromstärke ändert sich nicht
- die Stromstärke sinkt auf 1/3 des ursprünglichen Wertes
- die Stromstärke steigt auf den dreifachen Wert

**4. Wie verändert sich bei wolkenlosem Himmel die (Leerlauf-)Spannung einer Solarzelle im Zeitraum nach dem Sonnenaufgang bis 12 Uhr Mittag, wenn die Solarzelle flach auf dem Boden liegt?**

- die Spannung steigt stark an
- die Spannung fällt stark ab
- die Spannung ändert sich nur geringfügig

**5. Wie verändert sich die (Kurzschluss-)Stromstärke einer Solarzelle bei wolkenlosem Himmel im Zeitraum von 12 Uhr Mittag bis Sonnenuntergang, wenn die Solarzelle flach auf dem Boden liegt?**

- die Stromstärke fällt stark ab
- die Stromstärke ändert sich nur geringfügig
- die Stromstärke steigt stark an

## **Erweiterte Problemstellungen:**

### **Problemstellung 1: Finde heraus, wie man 3 Solarzellen verschalten muss, um die maximale Stromstärke bzw. Spannung zu erhalten.**

- Schritt 1: Ermittle den maximalen (Kurzschluss-)Strom, den du mit Hilfe von drei Solarzellen erzeugen kannst.  
Erstelle für jede untersuchte Schaltung eine Schaltskizze und notiere den Messwert der Stromstärke.  
Wie nennt man die Schaltung, die zum Erfolg führte? Formuliere dein Ergebnis in einem Satz.
- Schritt 2: Ermittle die maximale (Leerlauf-)Spannung, die du mit Hilfe von drei Solarzellen erzeugen kannst.  
Erstelle für jede untersuchte Schaltung eine Schaltskizze und notiere den Messwert der Spannung.  
Wie nennt man die Schaltung, die zum Erfolg führte? Formuliere dein Ergebnis in einem Satz.
- Schritt 3: Wie muss man 6 Solarzellen schalten, um eine Spannung von mindestens 1,2 V und eine maximale Stromstärke zu erhalten?  
Überprüfe deine Überlegung, erstelle eine Schaltskizze und formuliere dein Ergebnis in eigenen Worten.

### **Problemstellung 2: Was passiert, wenn keine Sonne scheint? Welchen Einfluss hat die Beleuchtungsstärke der Lichtquelle auf die (Leerlauf-)Spannung und die (Kurzschluss-)Stromstärke einer Solarzelle?**

Hinweis: Um zu wissen, wie stark eine Solarzelle beleuchtet wird, kannst du die Beleuchtungsstärke mit einem Luxmeter bestimmen.

- Schritt 1: Formuliere eine Hypothese (Vermutung) für den Zusammenhang von der Beleuchtungsstärke und den an der Solarzelle gemessenen Werten von (Leerlauf-)Spannung und (Kurzschluss-)Stromstärke.
- Schritt 2: Plane selbstständig ein Experiment zur Überprüfung deiner Hypothesen:
- Skizziere die Versuchsanordnung
  - Welche Geräte und Materialien benötigst du?
  - Wie kann man die Beleuchtungsstärke verändern? Schlage experimentelle Varianten vor.
  - Führe dein Experiment durch und notiere deine Messreihen in Form von Tabellen.
  - Stelle deine Messergebnisse grafisch dar.
- Schritt 3: Vergleiche deine experimentellen Ergebnisse mit deiner Hypothese.  
Formuliere deine Ergebnisse mit eigenen Worten.

**Problemstellung 3: Wie wichtig ist die Ausrichtung der Solarzelle zur Sonne?**

- Schritt 1: Plane ein Experiment zur Messung der (Leerlauf-)Spannung und der (Kurzschluss-)Stromstärke bei verschiedener Ausrichtung der Solarzelle zur Lichtquelle.
- Schritt 2: Führe dein Experiment durch und notiere deine Messreihen in Form von Tabellen.  
Stelle deine Messergebnisse grafisch dar.
- Schritt 3: Formuliere deine Ergebnisse mit eigenen Worten.  
Formuliere Empfehlungen zur sinnvollen Ausrichtung von Solaranlagen.

<b>Solarspringbrunnen</b>	
<b>Bezug zum Rahmenplan:</b>	<b>Dauer</b>
Elektrische Energie, Spannung	1 Doppelstunde
<b>Leitende Fragestellung, Kontext, Problem</b>	
<p>Ein Solarspringbrunnen soll durch 36 gegebene Solarzellen betrieben werden. Dazu soll die Schaltung erstellt werden.</p> <p>Da die Solarzellen eine zu geringe Spannung und Stromstärke liefern, müssen sie in Reihe und parallel geschaltet werden.</p>	
<b>Methodische Vorschläge</b>	
<p><b>Einstieg</b>            Demonstration des Springbrunnens, betrieben durch einen Trafo.            Als Solarspringbrunnen soll er durch die vorhandenen 36 Solarzellen betrieben werden.</p> <p><b>Erarbeitung</b>            Die Schüler erstellen Vorschläge für die Schaltung.</p> <p><b>Festigung</b>            Die Vorschläge werden diskutiert. Die Schaltung wird erprobt.</p>	
<b>Material</b>	
<p><b>Material:</b>            Solarspringbrunnen mit Pumpe (Conrad)  <i>Techn. Daten der Pumpe:    Typ SXT 500</i>  <i>   Strom: ca. 650 mA</i>  <i>   Anlaufstrom: ca. 100 mA</i>  <i>   Elektron. Anlauf: ca. 2,5 V DC</i>  <i>   Höchstzulässige Spannung: 17 V DC</i>  <i>   Versorgungsspannung: 12 V DC</i></p> <p>36 Solarzellen 200mA 0,5V            4 Platten zur Halterung der Solarzellen mit Stecktafeln zur Verschaltung, große Plastikschüssel, Kabel, Tischklemmen, Stativstangen.</p> <p><b>Weitere Informationen z.B.:</b>            1000W – Fotoleuchte als Ersatzsonne, falls die Sonne nicht scheint.</p>	
<b>Anhang</b>	
Bilder vom Aufbau befinden sich hinter der Übersicht über den Baustein.	

## Baustein 2: .Solarspringbrunnen (Stunde 5-6)

Unterrichtsschritte	Ablauf / Sachaspekte Schüler- und Lehrertätigkeiten	Sozialform / Handlungsmuster / Methoden	Materialien	Didaktischer Kommentar	BS
1.) Einstieg	Der Lehrer demonstriert den Solarspringbrunnen. Er wird mit dem Trafo betrieben. Die Kennwerte des Springbrunnens und der Solarzellen werden angegeben.	Klassengespräch	Solarspringbrunnen, große Schüssel mit Wasser, Trafo, Solarzellen.		
2.) Erarbeitung	Die Schüler erarbeiten Schaltungsvorschläge, um den Springbrunnen mit den Solarzellen zu betreiben.	Partnerarbeit		Die Erarbeitung der Schaltung ist auch als Hausaufgabe möglich. Man kann den Schülern auch schon die 4 aufgebauten Platten mit den Solarzellen zeigen.	F3, K1
3.) Erprobung	Die Schaltungen werden diskutiert. Eine wird erprobt.	Klassengespräch.	Solarspringbrunnen, große Schüssel mit Wasser, Solarzellen, Platten für die Solarzellen (siehe Anhang), Kabel. Es ist sinnvoll, die 4 Paneele schon aufzubauen und als ganzes zu verschalten.		K7

## Solarspringbrunnen mit Pumpe



*Techn. Daten der Pumpe:*    *Typ SXT 500*  
*Strom: ca. 650 mA*  
*Anlaufstrom: ca. 100 mA*  
*Elektron. Anlauf: ca. 2,5 V DC*  
*Höchstzulässige Spannung: 17 V DC*  
*Versorgungsspannung: 12 V DC*



## Bilder der Solarpaneele

Im Ausschnitt der Platte ist ein U-Profil aus Plastik vom Baumarkt angebracht, in das die Solarzellen eingesteckt werden.

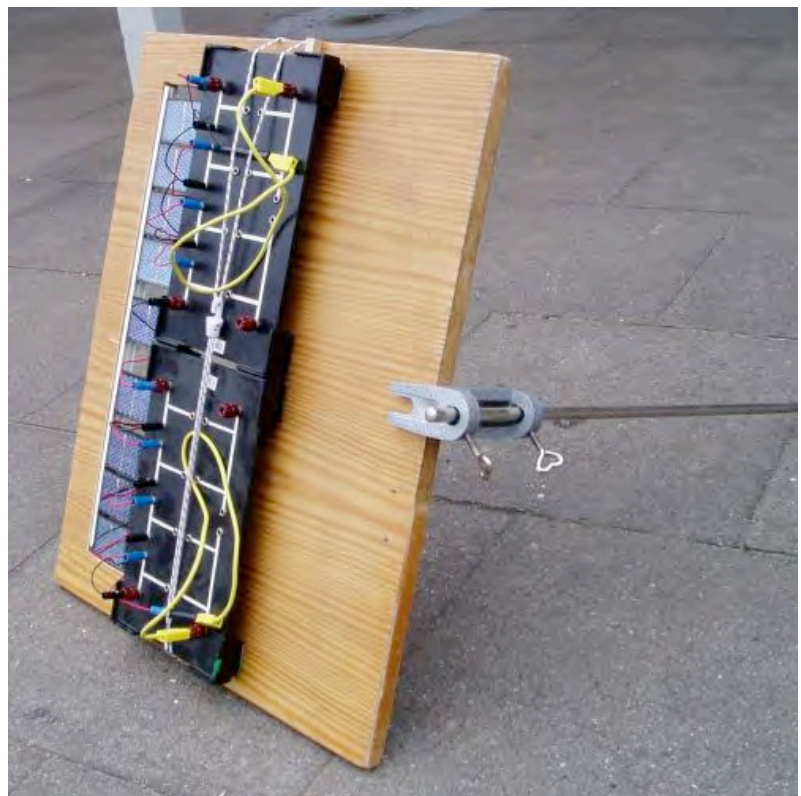
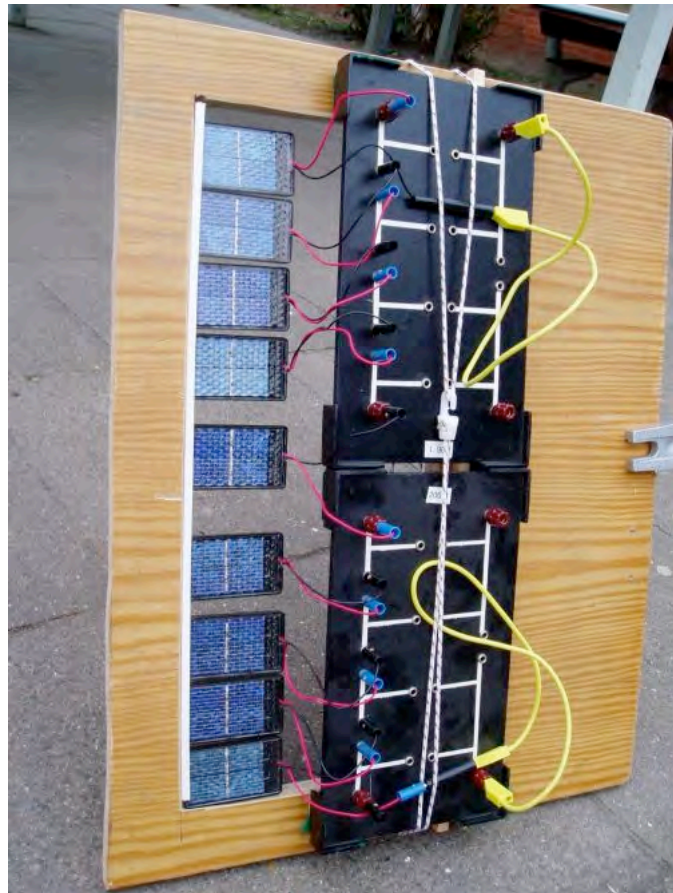
Die Verschaltung in Reihe erfolgt über Stecktafeln, ist aber auch anders möglich.

Die Stecktafeln sind mit einem Gummiseil befestigt. (Zeisig für die Segel eines Segelboots.)

Mit Hilfe von Stativmaterial lassen sich die Platten schräg aufstellen.

Von den 4 Platten werden je zwei in Reihe geschaltet. Beide Reihenschaltungen werden dann parallel geschaltet.

Wenn die Sonne nicht scheint, dient eine 1000W-Fotoleuchte als Ersatz. Die Platten müssen sich dann beim Aufstellen teilweise überlappen, damit alle Solarzellen beleuchtet werden.



## So zapfen wir die Sonne an- eine Leistungs- und Energieabschätzung einer großen Solaranlage

Bezug zum Rahmenplan:	Dauer
Elektrische Energie, Leistung im Stromkreis, Wirkungsgrad	1 Doppelstunde
Leitende Fragestellung, Kontext, Problem	
Die Leistung und Energieausbeute einer großen Solarzellenanlage in der Nähe der Schule soll abgeschätzt werden.	
Methodische Vorschläge	
<p><b>Einstieg</b> Hinweis auf die Solarzellen auf den Pyramidenhochhäusern. (In der Nähe unserer Schule). Welche Energie liefern sie?</p> <p><b>Erarbeitung</b> Die Schüler schätzen die Leistung und den Energieertrag ab.</p> <p><b>Festigung</b> Diskussion der Ergebnisse</p>	
Material	
<p><b>Material:</b> Arbeitsblatt mit Fotos und Informationen</p> <p><b>Weitere Informationen z.B.:</b> Auf der dritten Seite des Arbeitsauftrags steht für den Lehrer der Erwartungshorizont.</p>	
Anhang	
Das Arbeitsblatt mit findet sich nach der Übersicht über den Baustein.	

### Baustein 3: So zapfen wir die Sonne an: Eine Leistungs- und Energieabschätzung einer Solaranlage (Stunde 7-8)

Unterrichtsschritte	Ablauf / Sachaspekte Schüler- und Lehrertätigkeiten	Sozialform / Handlungsmuster / Methoden	Materialien	Didaktischer Kommentar	BS
1) Einstieg	Lehrer: Hinweis auf die Solarzellen auf den Pyramidenhochhäusern. (In der Nähe unserer Schule). Welche Leistung haben sie? Welche Energie liefern sie im Jahr?	Klassengespräch			
2.) Erarbeitung	Die Schüler bearbeiten die Fragestellung mit Hilfen und Informationen des Arbeitsauftrags	Gruppen- oder Partnerarbeit	Arbeitsblatt Schulbuch für die Solarkonstante. Folien für die Ergebnisse, Folienstifte	Es geht hier um eine Reihe von Abschätzungen, die zu einem Gesamtergebnis zusammengefügt werden müssen. Die Teilprobleme sind im Arbeitsblatt angegeben, da es für Schüler dieser Jahrgangsstufe u.E. zu schwer ist, diese selbst zu finden.	F2, F4, E1, K3, K5
3.) Zusammenfassung	Vergleich und Diskussion der Ergebnisse	Klassengespräch	Folien mit den Gruppenergebnissen	Es kommt vor allem auf die richtige Größenordnung des Ergebnisses an.	B2, K7

## So zapfen wie die Sonne an

### Eine Leistungs- und Energieabschätzung für die Solaranlage der Pyramidendachhochhäuser



Das Haus ist 22 m breit.

#### Arbeitsauftrag:

Erstellt durch sinnvolle Annahmen eine Abschätzung für die maximale Leistung sowie die jährliche Energiemenge der Solarmodule auf den Pyramidendächern.

Stellt alle Teilergebnisse, Überlegungen und Daten übersichtlich auf einer Folie dar.

Hilfreiche Teilfragen:

- Wie viel Sonnenenergie fällt bei senkrechter Bestrahlung pro Sekunde auf einen Quadratmeter Fläche? (  $\square$  Solarkonstante )
- Wie ändert sich die Strahlungsleistung bei nicht senkrechtem Einfall? Überlegt euch, mit welcher durchschnittlichen prozentualen Strahlungsleistung man kalkulieren kann. Beachtet dabei auch, dass Solarzellen meist unter einem Winkel von  $45^\circ$  gegenüber dem Horizont nach Süden ausgerichtet werden.
- Wie lange scheint die Sonne in Hamburg durchschnittlich?
- Wie groß ist die Solarzellenfläche?
- Welchen Wirkungsgrad haben Solarzellen?

#### Zusatzfrage:

Wie viel Geld lässt sich mit der Anlage jährlich einnehmen?

Info:

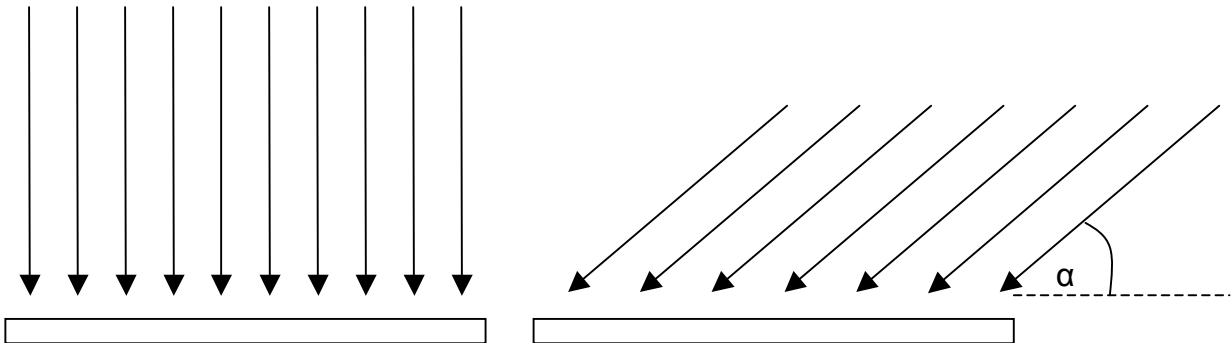
Einspeisevergütung von 40,60 ct bis zu 56,80 ct pro erzeugte kWh (Stand 2006, basierend auf dem EEG 2004, in den Folgejahren je minus 5 %) je nach Größe und Anlagentyp.

## Wie ändert sich die Strahlungsleistung, wenn die Einstrahlung nicht senkrecht erfolgt?

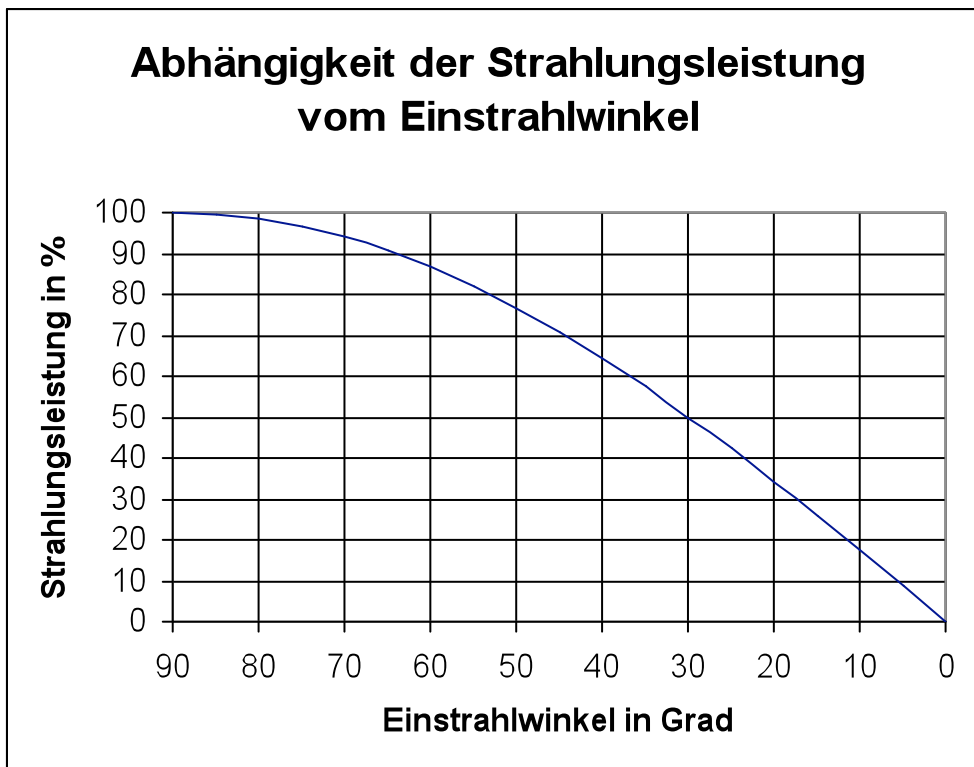
### Informationen

1) Bestrahlt man eine Fläche nicht senkrecht, sondern unter einem kleineren Winkel  $\alpha$ , so verringert sich die Strahlungsleistung, da weniger Licht auf die Fläche fällt.

Siehe dazu auch folgende Abbildung:



2)



3) **Sonnenhöchststände im Verlauf eines Jahres in Hamburg (53,5° nördl. Breite)**

Datum	21. März	21. Juni	23. September	21. Dezember
Höchster Sonnenstand gegenüber dem Horizont	36,5°	60°	36,5°	13,0°

## Erwartungshorizont:

Vorbereitende Teilergebnisse:

- Bei senkrechtem Einfall strahlt die Sonne einen Energiestrom von 1368 W pro Quadratmeter auf die Atmosphäre. Davon werden etwa 50% von der Atmosphäre reflektiert bzw. absorbiert.  $\square$  ca. 700 W/ m<sup>2</sup>  
Quelle: Physikbuch: Physik für Gymnasien, S. 255, Cornelsen
- Geht man aufgrund der Graphiken davon aus, dass die Einstrahlrichtung durchschnittlich ca. 30° bis 40° von der Senkrechten abweicht, kann man von einer prozentualen Strahlungsleistung von durchschnittlich 75 – 85 % ausgehen.
- Durch Überlegungen gelangt man zu einer durchschnittlichen täglichen Sonnendauer von 4 bis 6 Stunden.  
Tatsächlich ca. 1500 h pro Jahr bzw. ca. 4,1 h täglich ,  
Quelle:  
[http://www.statistik-nord.de/fileadmin/download/faltblaetter/Faltblatt2004\\_d.pdf](http://www.statistik-nord.de/fileadmin/download/faltblaetter/Faltblatt2004_d.pdf)
- Größe der Solarzellenfläche: das betrachtete Gebäude hat ca. 40 m<sup>2</sup> Solarzellen.  
(Auswertung eines Fotos bei Angabe des Maßstabes)
- Wirkungsgrad ca. 12 bis 15 %

## Maximale Leistung:

Eingestrahelte Leistung:  $P_{\text{Einfall}} = 700 \text{ W/m}^2 \square 40 \text{ m}^2 \square 80\% = 22400 \text{ W}$

Elektrische Nutzleistung:  $P_{\text{Elektrisch}} = 22400 \text{ W} \square 13\% = 2912 \text{ W} \square \mathbf{2,9 \text{ kW}}$

## Jährliche Energiemenge:

$W = P_{\text{Elektrisch}} \square t = 2,9 \text{ kW} \square 1500 \text{ h} = \mathbf{4350 \text{ kWh}}$

Zusatzfrage:

Ertrag: 4350 kWh  $\square$  45 ct  $\square$  **1950 Euro**