

# Energieertrag einer Schul-Solaranlage

## 1. Einleitung

### a. Lernziele

Im Sommer 2011 wurde auf unserem Schulgrundstück durch die Stadtwerke eine Photovoltaik-Anlage errichtet. Das Solarzellen-Modul war an einem Mast befestigt und konnte nachgeführt werden. Über Wechselrichter wird die gewonnene Energie in das Stromnetz eingespeist. Die Daten der Anlage konnten von Kollegen im Internet abgerufen werden.

Am Beispiel eines Tages soll nun die Interpretation der Diagramme sowie die Auswertung der Daten durch das Arbeiten mit einer Tabelle exemplarisch dargestellt werden.

### b. Wissenschaftlicher Hintergrund

Der physikalische Kernpunkt ist die Gewinnung von elektrischer Energie aus Solarenergie, wobei es hier nicht auf die Prozesse in den Solarzellen ankommt, sondern auf die Maximierung der Energieausbeute. Das Solarmodul ist so aufgebaut, dass es sich durch Drehen und Kippen stets optimal zur Sonneneinstrahlung ausrichten kann. Man erhält also eine durch Technik optimierte Energieausbeute.

Die so von der Anlage gelieferten Werte sollen nun mit Methoden der Mathematik ausgewertet werden. Diese Art des Umganges mit Tabellendaten bildet den mathematischen Kernpunkt.

### c. Zusammenhang mit den Entwicklungszielen der Nachhaltigkeit der UNO

Hier geht es hauptsächlich um das Ziel 7, saubere und bezahlbare Energie.

## 2. Die Aufgabe

Im Sommer 2011 wurde auf unserem Schulgrundstück eine Photovoltaik-Anlage errichtet. Das Solarzellen-Modul war an einem Mast befestigt und konnte nachgeführt (gedreht und gekippt) werden (Bild 1). Es hatte eine Fläche von 51 m<sup>2</sup> und eine Spitzenleistung von 7,35 kW. Die Anlage war so aufgebaut, das nur in den Wintermonaten Dezember und Januar zeitweise eine leichte Abschattung durch einen Gebäudeteil erfolgte. Über Wechselrichter wurde die gewonnene Energie in das Stromnetz eingespeist und vergütet. Dieser Ertrag kam aber der Schule nicht zugute, da die Stadtwerke Bad Pymont die Anlage errichten ließen und auch betrieben. Die Anlage ist mittlerweile wieder entfernt worden, um einen Neubau der Schule zu ermöglichen.

Seit Januar 2012 konnten die Daten der Anlage von Lehrkräften im Internet abgerufen werden, wo sie sehr übersichtlich präsentiert wurden (Bild 2).



Bild 1

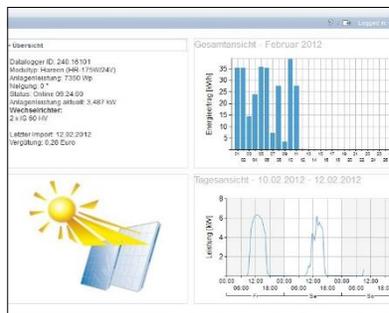


Bild 2

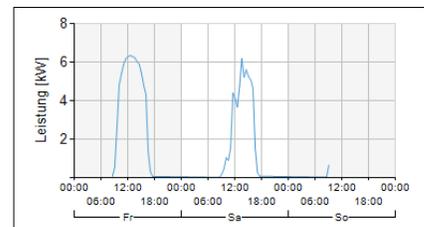


Bild 3

Bild 3 zeigt den zeitlichen Verlauf der elektrischen Leistung für 2 Wochentage (Freitag, den 10.02.2012, und Sonnabend, den 11.02.2012). Am Sonnabend war der Himmel zeitweise leicht bewölkt; am Freitag hingegen schien die Sonne ungestört den ganzen Tag. Diesen Tag soll ich nun näher untersucht werden.

Die Anlage übertrug halbstündlich den aktuellen Wert der Leistung und erstellte daraus das Diagramm P(t), einen Polygonzug, aus dem man die Messwerte übernehmen konnte (Bild 4 und Tabelle 1). Dem Säulendiagramm im Bild 2 oben rechts kann man entnehmen, dass am Freitag etwa 40 kWh elektrische Energie E in das Stromnetz eingespeist wurden. Der genaue Wert ist 39,29 kWh.



Bild 4

Zeit	8.00	8.30	9.00	9.30	10.00	10.30	11.00	11.30	12.00	12.30	13.00
P/kW	0,00	0,08	0,55	2,60	4,82	5,38	5,90	6,19	6,29	6,35	6,30
Zeit	13.30	14.00	14.30	15.00	15.30	16.00	16.30	17.00	17.30	18.00	
P/kW	6,23	6,03	5,91	5,42	4,81	4,33	1,34	0,32	0,08	0,00	

Tabelle 1

### 3. Aufgaben und Fragen

- a. Stelle die Tabellendaten grafisch als verbundenes Streudiagramm auf dem Taschenrechner dar (Rechtsachse: Zeit t, Hochachse: Leistung P)

Wie kann man den Verlauf der Kurve erklären?

-----

-----

-----

Warum hat die Kurve rechts eine kleine Einbuchtung?

-----

-----

- b. Für die Leistung P während eines Zeitraums  $\Delta t$  gilt:  $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$ .

Wie erhält man aus der Leistung die Energie?

-----

-----

Wie erhält man die gesamte Energie, die an einem Tag erzeugt wurde?

-----

-----

- c. Die Energie soll nun grafisch veranschaulicht werden. Dazu soll zunächst nur das Intervall von 9.30 Uhr bis 10.00 Uhr betrachtet werden.

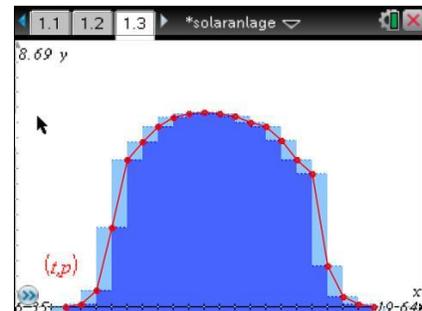
Überlege, wie man die für diesen Zeitraum erzeugte elektrische Energie im Diagramm grafisch darstellen müsste (Skizze oder Text)!

-----  
-----  
-----

Begründe, warum man nicht nur das linke oder das rechte Ende des Intervalls bei dieser Darstellung verwenden sollte!

-----  
-----

- d. Nun soll das gesamte Diagramm betrachtet werden (s. Bild). Die erzeugte elektrische Energie wird ja durch die Fläche unterhalb des roten Polygonzuges dargestellt. Diese Fläche lässt sich näherungsweise berechnen – durch die Untersumme (dunkelblau) oder durch die Obersumme (hellblau). Dazu müssen zwei weitere Spalten in der Tabelle ausgefüllt werden.



Überlege, welche Werte in diese Spalten gehören, so dass man in der Grafik Unter- und Obersumme darstellen kann!

Berechne nun für Ober- und Untersumme den Energieertrag eines Tages! Beachte, dass die Messungen im Halbstundentakt erfolgt sind! (Zur Vereinfachung der Berechnung kann man den Befehl *cumsum()* verwenden).

Warum liegt der tatsächliche Wert von 39,29 kWh zwischen diesen Werten?

-----  
-----

Überlege eine Verbesserung und führe sie durch!

-----  
-----

(Hinweis: Eine bessere Näherung ist zu erwarten, wenn man die Fläche unter dem Polygonzug genauer berechnet. Sie setzt sich aus Trapezen zusammen, die sich mit den schon erzeugten Daten leicht errechnen lassen, indem man in einer weiteren Spalte e5 den Mittelwert aus e3 und e4 bildet. Damit erhält man die Näherung  $E = 39,465$  kWh. Da die Abweichung zum tatsächlichen Wert lediglich ca. 0,5% beträgt, liegt hier eine sehr gute Annäherung vor, die sich mit dem vorliegenden Datenmaterial auch nicht weiter verbessern lässt. Die geringe Abweichung lässt sich wohl dadurch erklären, dass in der Realität  $\Delta t$  sicher wesentlich kleiner ist als 30 Minuten.)