

Neues aus dem Energiegarten...

Solarer Leistungsmesser (Schattenlänge, Konzentrische Kreise)



Die Länge des Schattens eines senkrechten Stabes wird bestimmt durch die "Höhe" der Sonne, also von ihrem Winkelabstand zum Horizont. Der Horizontwinkel hängt wiederum von der Tages- und Jahreszeit ab. Morgens und abends wirft die Sonne lange Schatten, mittags sind sie am kürzesten. Im Winter sind die Schatten auch zur Mittagszeit lang um dann im Frühling immer kürzer und zum Sommeranfang wieder länger zu werden. So und durch die unterschiedlichen Tageslängen entstehen die kalten und die warmen Jahreszeiten denn je höher und je länger die Sonne über dem Horizont steht desto mehr Energie bringt sie auf den Erdboden.

Aus der Schattenlänge kann auf die "Höhe" der Sonne und aus dem Horizontwinkel auf die Leistung und Energie geschlossen werden.

Der im Energiegarten des Schulbiologiezentrums aufgestellte "solare Leistungsmesser" besteht aus einer 1 Quadratmeter großen horizontal liegenden Platte (die Ecken sind abgerundet). In der Mitte steht ein 10 cm hoher Stab. Der Abstand der in die Platte eingravierten Kreise ist so berechnet, dass man die aktuelle eingestrahlte Leistung (W/m^2) direkt an der Länge des vom Stab geworfenen Schattens ablesen kann. Grundlage ist das Lambertsche Gesetz:

Die maximale Leistung, die das Sonnenlicht auf einen (horizontal liegenden) Quadratmeter unserer Erde bringt, ist abhängig vom Horizontwinkel (α) der Sonne. Je höher die Sonne steht, desto mehr Leistung "fällt vom Himmel". Bei senkrechter Einstrahlung sind das rund 1000 Watt (W), in einer Stunde also 1000 Wattstunden (Wh) oder eine Kilowattstunde (kWh).

Das Messgerät fußt auf der Formel

$$\text{Leistung}/\text{m}^2 (\text{max}) = 1000\text{W}/\text{m}^2 \times \text{Sinus des Horizontwinkels } \alpha$$

oder

$$P_{\text{max}} = 1000\text{W}/\text{m}^2 \times \sin \alpha$$

Der Taschenrechner zeigt an: Der Sinus eines 90° Winkels beträgt 1, der Sinus des Winkels 0° ist 0. Je tiefer die Sonne am Himmel, d.h. je kleiner der Horizontwinkel, desto kleiner auch die Zahl, mit der ich die maximale Leistung bei senkrechter Einstrahlung malnehmen muss. In Europa steht die Sonne nie (!) senkrecht am Himmel, auch wenn manche Menschen das felsenfest glauben und ohne Widerspruch zu ernten behaupten. Das ist nur in den Tropen der Fall. In Hannover, das auf $52,4^\circ$ nördlicher Breite liegt, steht die Sonne im Sommer (21.06.) $61,1^\circ$ und im Winter (21.12.) $16,1^\circ$ hoch.

Zum Winterbeginn am 21.12. erreicht die Sonne, die dann mittags senkrecht über dem südlichen Wendekreis ($23,5^\circ$ südliche Breite) steht, in Hannover ($52,4^\circ$ nördliche Breite) nur $90^\circ - 52,4^\circ - 23,5^\circ = 14,1^\circ$ Höhe. Am 21. März, wenn die Mittagssonne senkrecht über dem Äquator (0°) steht, sind es $90^\circ - 52,4^\circ - 0^\circ = 37,6^\circ$. Bei Sommerbeginn am 21.6. steht sie mittags senkrecht über dem nördlichen Wendekreis ($23,5^\circ$ nördliche Breite) und kommt bei uns auf $90^\circ - 52,4^\circ + 23,5^\circ = 61,1^\circ$ Höhe. Am 23. September haben wir die gleichen Verhältnisse wie im März (nur mit sinkender Tendenz): $90^\circ - 52,4^\circ - 0^\circ = 37,6^\circ$.

Daraus folgt:

$$\sin 61,1 = 0,875 \text{ (Sommer)} \text{ und } \sin 16,1 = 0,277 \text{ (Winter)}$$

Die in Hannover auf eine horizontale Fläche fallenden Einstrahlungswerte schwanken also zwischen maximal 277 W/m^2 im Winter und 875 W/m^2 im Sommer. Das ist nur mittags der Fall, wenn die Sonne ihren höchsten Stand erreicht.

Der Abstand der Kreise beim "solaren Leistungsmesser" sind durch die Umkehrung der Lambertschen Formel $\alpha = \sin^{-1}(P_{\max}/1000)$ und durch Beziehung $L_{\text{Schatten}} = L_{\text{Schattenstab}} / \tan \alpha$ definiert.

Ein Beispiel: Länge des Schattens eines 10 cm langen senkrechten Stabes bei $P_{\max} = 800 \text{ W/m}^2$:

$$\alpha = \sin^{-1}(800 \text{ W}/1000) = 53,13^\circ$$

$$L_{\text{Schatten}} = 10 \text{ cm} / \tan 53,13 = 7,5 \text{ cm}$$

Beide Formeln lassen miteinander kombinieren:

$$L_{\text{Schatten}} = L_{\text{Schattenstab}} / \tan(\sin^{-1}(P_{\max}/1000))$$

Achtung

Ein Kilowatt wird erst zur Kilowattstunde, wenn diese Leistung eine Stunde lang "durchhält".

Erst dann ist das Geld verdient!

Dieser Text ist Teil einer zur Zeit in Entstehung befindlichen Arbeitshilfe

Ingo Mennerich, Schulbiologiezentrum Hannover, Juni 2012



So viel Leistung bringt die Sonne auf die Erde

- Lege das Blatt waagrecht auf den Boden
- Stelle den Schattenstab senkrecht auf den Mittelpunkt der Kreise
- Das Ende des Schattens zeigt an, welche Leistung auf 1 m^2 eingestrahlt wird