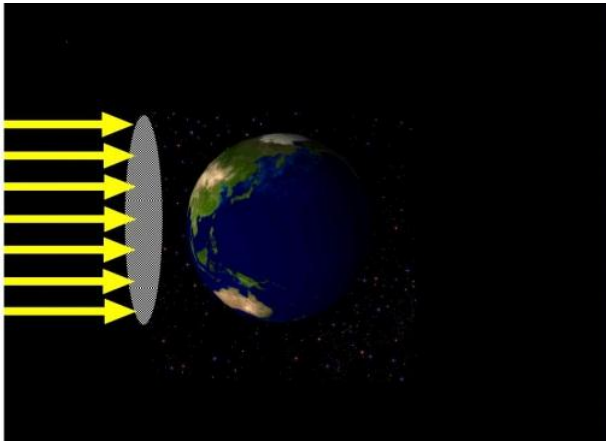


## Neues aus dem Energiegarten...

### Wie viel Geld lässt die Sonne vom Himmel fallen?

Dass man mit Sonnenlicht Strom erzeugen kann und dass man durch den Verkauf dieses Stroms Geld verdienen kann hat sich herumgesprochen. Zwar sind die sogenannten Einspeisevergütungen in den letzten Jahren gesunken - im Jahre 2000 lagen sie bei über 50 Cent pro kWh, 2012 nur noch bei 24 ct/kWh mit weiter sinkender Tendenz, dennoch kann man mit der Sonne für das Konto auffüllen.

Was wäre, wenn wir die Sonne selbst anzapfen könnten, d.h. ihre gesamte abgestrahlte Leistung in elektrischen Strom verwandeln könnten?



Grafik: Schulbiologiezentrum Hannover

Nehmen wir mal an, man könnte im Sonne-Erde-Abstand und rund um die Sonne herum lückenlos Solarzellen installieren. Das ergäbe eine gigantische Fläche von mehr als  $7 \times 10^{22} \text{ m}^2$ . Mit der Solarkonstanten ( $1367 \text{ W/m}^2$ ) multipliziert fielen  $9,6 \times 10^{22} \text{ kW}$  auf die Solarzellen. Nach einer Stunde läge der "Ertrag" bei  $9,6 \times 10^{22} \text{ kWh}$  Energie. Unter der (falschen, siehe unten!) Annahme, der Wirkungsgrad von Solarzellen betrüge 100%: Bei einem Einspeisepreis von 25 ct/kWh ergäbe das  $2,4 \times 10^{22}$  Euro stündlich, oder - obwohl sich so große Zahlen sowieso kaum einer vorstellen kann - pro Sekunde ( $1/3600$  einer Stunde)  $6,67 \times 10^{18}$  Euro. Das wäre genug um jeden der über 7 Milliarden ( $7 \times 10^9$ ) Erdenbürger innerhalb einer Sekunde zum Milliardär zu machen...

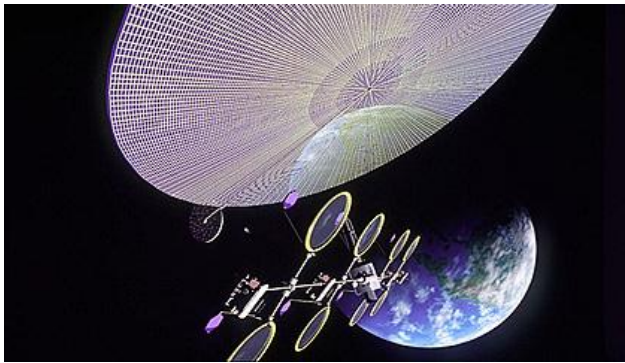
Nehmen wir - etwas bescheidener - an, es wäre möglich, einen Schirm aus PV-Modulen von der Querschnittsfläche der Erde im All zu stationieren, senkrecht zur Einstrahlung der Sonne. Dieser Schirm hätte die Fläche  $1,278 \times 10^{14} \text{ m}^2$ . Die einfallende Energie von  $1,747 \times 10^{14} \text{ kWh}$  würden dann die Kassen stündlich um über 43 Milliarden Euro entlasten. Ein "solarer Rettungsschirm" gegen verschuldete Haushalte?

Ökonomen werden widersprechen: Abgesehen von den technischen Schwierigkeiten und den immensen Investitionskosten sänke der Strompreis durch das Überangebot. Da so viel Strom überhaupt nicht notwendig wäre würde er bald zum Nulltarif zu haben sein. Lange vorher entfielen die Notwendigkeit, Solarmodule zu subventionieren. Bald würde bei fallenden Renditen keiner mehr in diese Technik investieren. Blicke ein gigantisches, von Staaten getragenes und durch Steuern und Abgaben finanziertes Großunternehmen. Der Nachteil wäre natürlich, dass der vor die Sonne gehängte Solar-Schirm eine Dauernacht zur Folge hätte.

Science oder Fiction? Ideen, den z.B. den Mond mit Solarmodulen zu überziehen und die gewonnene Energie mit Laserstrahlen auf die Erde zu bringen hat es immer wieder gegeben.

DAYLY GREEN (Tägliche News für eine bessere Umwelt" berichtete am 14.11.09:

### Japan plant Solar-Kraftwerk im Weltall



Japan will bis 2030 ein riesiges Solar-Kraftwerk mit einer Leistung von 1 GW im Weltall errichten.

Die japanische Raumfahrtagentur JAXA plant die Errichtung eines riesigen Solar-Kraftwerks im Weltall bis zum Jahr 2030. Zusammen mit zahlreichen japanischen Firmen wie Fujitsu, Mitsubishi, NEC oder Sharp soll das so genannte Space Solar Power System (SSPS) auf einer geostationären Umlaufbahn im All positioniert werden und hier eine Leistung von 1 Gigawatt erzielen.

Foto: JAXA

Welche Erträge sind realistisch?

Beispielsweise, wenn man ein Fußballfeld zu PV-Zwecken umrüsten würde? Ein FIFA-Feld ist 105 m lang und 68 m breit. Das sind 7140 m<sup>2</sup> Fläche...

Zur Beantwortung dieser Frage müssen zwei Dinge geklärt werden:

- Wie viel Leistung bringt die Sonne auf eine bestimmte Fläche?
- Wie viel davon lässt sich tatsächlich in Strom verwandeln?



Foto: Schulbiologiezentrum Hannover

Mit einem **Pyranometer** oder einem in W/m<sup>2</sup> geeichten Helligkeitsmesser lässt sich messen, welche Leistung auf die Erde fällt. Die mit dem Sensor erfasste **Globalstrahlung** ("Rundherumstrahlung") wird in Watt pro Quadratmeter angezeigt.

Die Globalstrahlung umfasst die direkte und die diffuse, durch Streuung und Reflektion entstandene indirekte Strahlung.

Eine kostengünstige und für Gruppenarbeit geeignete Alternative sind die Solarmessgeräte aus dem im Schulbiologiezentrum ausleihbaren "IKS-Solartrainer". Ein kleiner Sensor (Solarzelle) erzeugt eine Spannung von < 1V die auf einem auf DCV 2000mV eingestellten Multimeter als Strahlungsleistung "W/m<sup>2</sup>" dargestellt wird.

Es gibt auch "astronomische" Lösungen die ohne Technik auskommen und die die Tatsache ausnutzen, dass eine höher stehende Sonne mehr "Power" hat als eine tiefer stehende. Verluste durch Streuung und Absorption des Sonnenlichts bleiben dabei unberücksichtigt. Es geht eben nur um die maximal mögliche Leistung die aufgrund von Abschwächung (Extinktion) und Streuung (Refraktion) selbst bei blauem Himmel nicht ganz erreicht wird.

Ein Vergleich zwischen "elektrischen" und "astronomischen" Messgeräten zeigt, dass sich die einfache Methode nicht zu verstecken braucht.

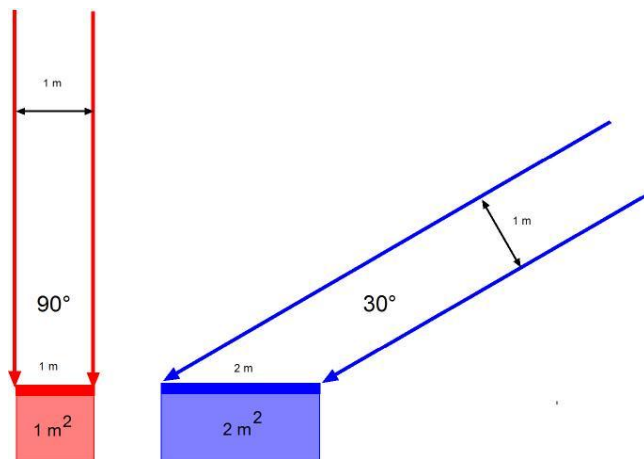
Alle Varianten zeigen, dass die auf einen Quadratmeter fallende Leistung bei senkrechter Einstrahlung (90°) um 1000 Watt liegt.

Wir stellen zwei im Schulbiologiezentrum erdachte, einfache und leicht nachzubauende Geräte zum Messen der "Sonnenergie", genauer der Leistung der auf die Erde fallenden Sonnenstrahlung vor:

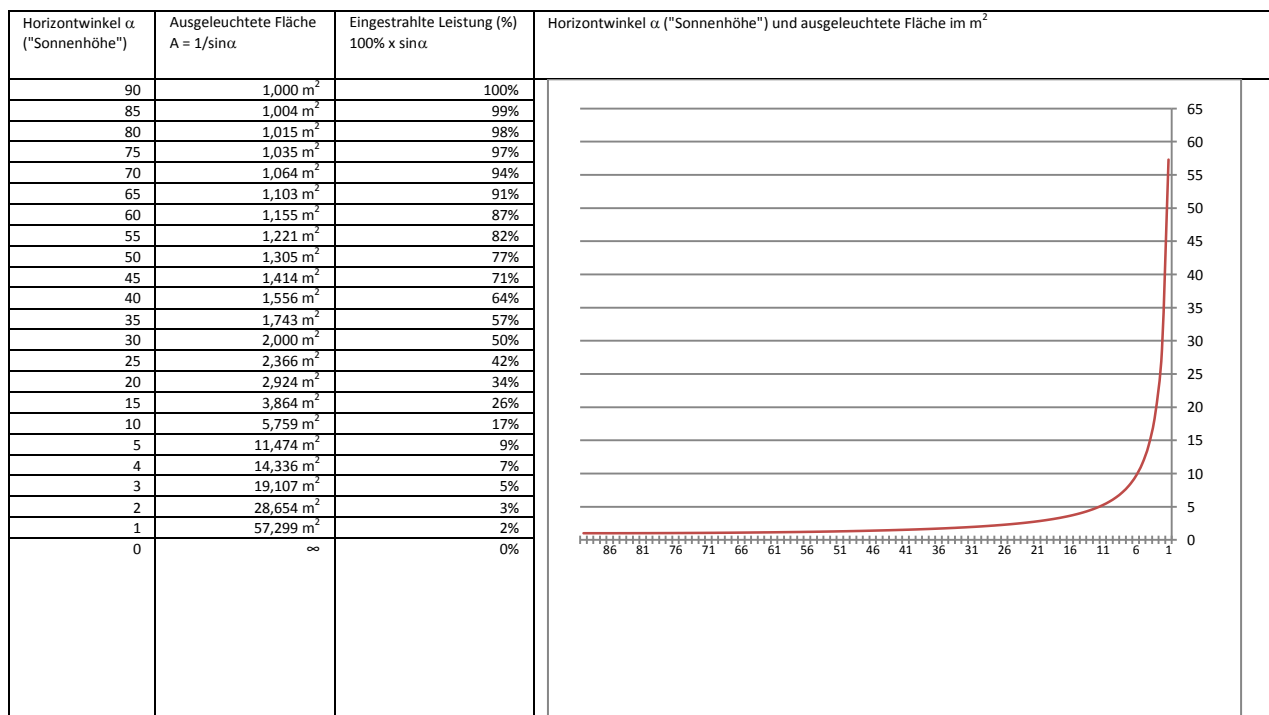
Beide Geräte beruhen auf dem so genannten "Lambertschen Gesetz" dass - vereinfachend - aussagt, dass die Strahlungsintensität mit flacher werdendem Einstrahlwinkel schwächer wird.

Beleuchtet ein 1 x 1 m breites Strahlenbündel bei senkrechtem Einfall (90°) einen Quadratmeter, so verteilt sich die gleiche Strahlungsleistung bei geringerem Einstrahlungswinkel auf eine immer größere Fläche. Bei 30° werden 2 m<sup>2</sup> ausgeleuchtet. In diesem Fall verdoppelt sich die Fläche, und halbiert sich die Strahlungsintensität.

Das ist eine Ursache warum es Jahreszeiten gibt: Im Sommer steht die Sonne hoch, im Winter tief über dem Horizont. Der zweite Grund liegt in den im Sommer langen, im Winter kurzen Tagen.



Grafik: Schulbiologiezentrum Hannover



Diese Darstellung zeigt nur die Abhängigkeit der Strahlungsleistung pro Quadratmeter von der Höhe der Sonne über dem Horizont.

- Nicht berücksichtigt sind die Verluste, die in der Atmosphäre durch Streuung (Refraktion) und Abschwächung (Extinktion) entstehen. Sie sind naturgemäß bei senkrechter Strahlung am geringsten. Bei Sonnenaufgang- und Sonnenuntergang legt das Sonnenlicht einen um das vierzigfache längeren Weg durch die Atmosphäre zurück. Dabei wird vor allem der kurzwellige (blaue) Spektralanteil gestreut mit der Folge, dass der Himmel intensiv blau und die Sonne dann rot erscheint (Dazu mehr in der Arbeitshilfe "Licht und Farbe"). Die tatsächlichen Verluste sind neben der Sonnenhöhe von vielen weiteren Faktoren abhängig (Wellenlänge, Strahlungsintensität pro Wellenlänge, Trübung, Luftdichte, Zusammensetzung der Luft...) und die Berechnung entsprechend kompliziert.
- Nicht berücksichtigt ist die aus allen Himmelsrichtungen einfallende diffuse indirekte Strahlung ("Globalstrahlung"). Weiße Wolken und blauer Himmel können Strahlungswerte deutlich mehr als  $1000\text{W}/\text{m}^2$  zur Folge haben

Dieser Text ist Teil einer zur Zeit in Entstehung befindlichen Arbeitshilfe

Ingo Mennerich, Schulbiologiezentrum Hannover, Juli 2012