

Übungsblatt zur Vorlesung Einführung und Grenzflächenaspekte der Photovoltaik

PD Dr. Thomas Dittrich, PD Dr. Thomas Hannappel,
Dipl.-Ing. Julian Tornow



Übungsblatt 1

Aufgabe 1 (3 Punkte):

Erläutere kurz die Begriffe Leerlaufspannung, Kurzschlussstrom, Füllfaktor, Wirkungsgrad, Parallel- und Serienwiderstand.

Aufgabe 2 (14 Punkte):

Das Sonnenspektrum kann gut durch das Spektrum eines Schwarzkörperstrahlers bei 5762 K beschrieben werden (vgl. Abb.1). Das Plank'sche Gesetz für den flächennormierten Photonstrom, der pro Energieintervall von einem schwarzen Strahler abgegeben wird, lautet:

$$n(E) = \frac{2\pi}{c^2 h^3} \cdot \frac{E^2}{\exp\left(\frac{E}{kT}\right) - 1}$$

c: Vakuumlichtgeschwindigkeit, h: Planckkonstante, k: Boltzmannkonstante, T: Temperatur, E: Energie

- Um welchen Faktor verringert sich der die Erde erreichende Photonstrom? (Sonnenradius: 696 Mm, Distanz Erde-Sonne: 150 Gm)
- Die von der Sonne abgestrahlte Leistung beträgt $6.248e7 \text{ W/m}^2$. Wie lässt sich das aus obiger Formel berechnen? Wie groß ist die mittlere Leistung, die am Erdäquator ohne Berücksichtigung der Atmosphäre pro Quadratmeter ankommt. (Erdradius: 6378 km)
- Wie groß wäre die mittlere Leistung, die in Deutschland (ca. 50. Breitengrad) pro Quadratmeter ankommt, wenn die Atmosphäre wieder nicht berücksichtigt wird? Zum Vergleich: Der Wert mit Berücksichtigung der Atmosphäre liegt bei etwa 115 W/m^2 .
- Solarzellen können nur Energie oberhalb einer Grenzenergie (sog. Bandlücke) aufnehmen. Da die Bandlücke aber gleichzeitig ein Limit für die zu erreichende Spannung der Solarzelle ist, kann eine Solarzelle niemals die ganze Leistung der Sonnenstrahlung ausnutzen. Die Bandlücke, die sich unter Benutzung der obigen Gleichung berechnet ist 1.08 eV . Wie kann man dieses Optimum aus obiger Gleichung finden? Warum ist dies nicht die auf der Erde optimale Bandlücke (1.3 eV).
- Das Shockley-Queisser-Limit gibt an, wie groß der Wirkungsgrad einer Solarzelle theoretisch sein kann. Die Solarzelle in Teil d würde pro Quadratmeter und Sekunde $1.58e26$ Photonen mit der Energie größer als 1.08 eV absorbieren. Wie groß ist ihr Wirkungsgrad, wenn jedes Photon ein Elektron erzeugt? Das tatsächliche Shockley-Queisser-Limit für Solarzellen auf der Erde liegt bei etwa 30%. Warum ist der reale Wert soviel kleiner als der hier berechnete?

- f) Deutschlands Jahresenergieverbrauch beträgt etwa $1e20$ J (davon ca. 20% Strom). Deutschlands besitzt eine ungefähre Dachfläche von 1000 km^2 . Angenommen es gäbe nur Flachdächer und es würde die gesamte Dachfläche mit Solarzellen (Wirkungsgrad: 30%) eingedeckt. Würde die gewonnene Energie ausreichen, um den Jahresstromverbrauch von Deutschland zu decken?
- g) Solarstrom kann oft nicht direkt verwendet werden und muss zwischengespeichert werden. Ein viel diskutierter Weg ist die Speicherung in Wasserstoff. Dazu wird Wasser in H_2 und O_2 zerlegt (Elektrolyse, Wirkungsgrad ca. 90%). Die Rückreaktion zur Stromgewinnung erfolgt dann in Brennstoffzellen (Effizienz: ca. 60%). Da sich gasförmiger Wasserstoff schlecht speichern lässt, soll er verflüssigt werden, wobei die Verflüssigung wieder mindestens 20% der gewonnenen Energie verbraucht. Wieviel Fläche müsste man unter Berücksichtigung der angegebenen Umwandlungsprozesse mit Solarzellen (30% Wirkungsgrad) eindecken, um Deutschlands Stromversorgung zu gewährleisten?

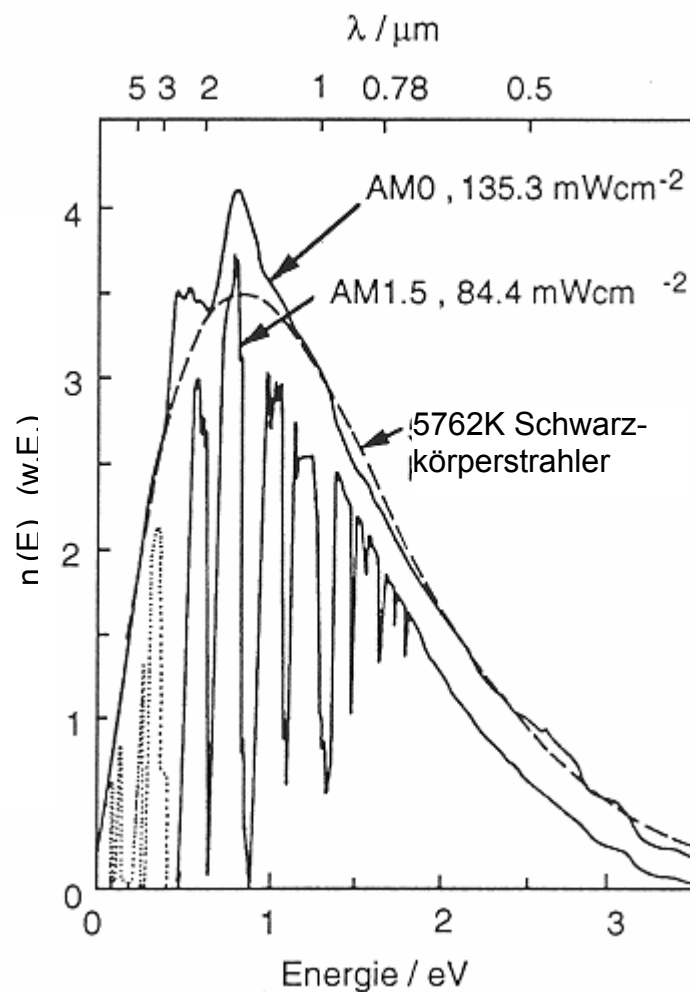


Abb.1: Sonnenspektrum und Spektrum des Schwarzkörperstrahlers