Aufgabe zum Photoeffekt vom 03.06.2020

Die **Bestrahlungsstärke** S ist definiert als Strahlungsleistung P pro Fläche A. Also gilt:

$$S = \frac{P}{A}$$

Die Bestrahlungsstärke der Sonne in Erdentfernung von ihr bezeichnet man auch als **Solarkonstante** S_0 mit einem Wert von $1367\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$. Das bedeutet, dass ein Sonnenkollektor im Weltraum (ohne Verluste durch die Atmosphäre) bei einer Größe von $1\,\mathrm{m}^2$ bei optimaler senkrechter Einstrahlung $1367\,\mathrm{W}$ an Lichtleistung über das gesamte Lichtspektrum bekommt. Am Erdboden sinkt dieser Wert selbst bei klarem Wetter auf ca. $1000\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$ und bei leichter Bewölkung schon unter $700\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$. Der Wert zeigt immerhin, welche gigantischen Energiemengen von der Sonne zur Erde transportiert werden.

Das dunkel adaptierte Auge nimmt eine Bestrahlungsstärke von $S = 10^{-10}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2}$ bei $\lambda = 600\,\mathrm{nm}$ noch wahr. Die in einer Sekunde das Auge treffende Lichtenergie W_{Gesamt} denken wir uns in Form von n Photonen mit einer Photonenenergie von hf.

Also gilt: $W_{\mathrm{Gesamt}} = n \cdot hf = n \cdot \frac{hc}{\lambda}$.

Die Pupille habe einen Durchmesser von $d = 6\,\mathrm{mm}$. Wie viele Photonen treffen je Sekunde die Pupillenöffnung?

Lösung:

Mit $P = \frac{W_{\mathrm{Gesamt}}}{t}$ ergibt sich

$$S = \frac{P}{A} = \frac{W_{\mathrm{Gesamt}}}{A \cdot t}.$$

Umgestellt nach W_{Gesamt} erhält man

$$W_{\mathrm{Gesamt}} = S \cdot A \cdot t.$$

Die Gesamtenergie ist in n Portionen der Größe hf gequantelt:

$$n \cdot hf = S \cdot A \cdot t$$

$$n \cdot \frac{hc}{\lambda} = S \cdot A \cdot t$$

$$\begin{aligned} n &= \frac{S \cdot A \cdot t \cdot \lambda}{hc} \\ &= \frac{S \cdot \pi \left(\frac{d}{2}\right) \cdot t \cdot \lambda}{hc} \\ &= \frac{1 \cdot 10^{-10}\,\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{m}^2} \cdot \pi \cdot (3 \cdot 10^{-3}\,\mathrm{m})^2 \cdot 1\,\mathrm{s} \cdot 600 \cdot 10^{-9}\,\mathrm{m}}{6{,}62 \cdot 10^{-34}\,\mathrm{Js} \cdot 3 \cdot 10^{8}\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} \\ &= 8542 \approx 8500 \end{aligned}$$