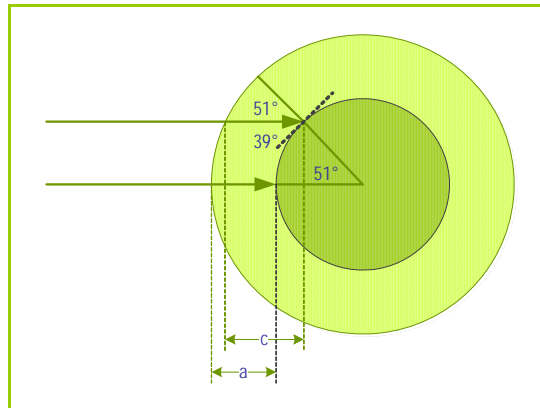


1.3.3 Ergänzung zur Musterlösung

Aufgrund der Formulierung der Aufgabenstellung sind zwei weitere mögliche Antworten denkbar und damit richtig:

Antwortmöglichkeit 1

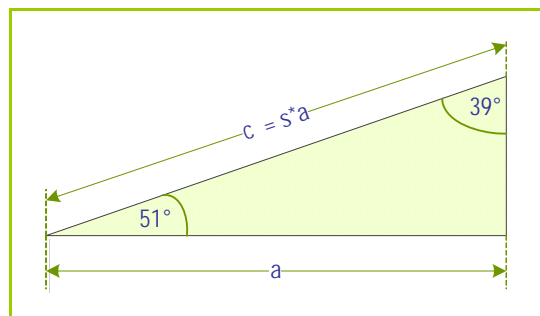
Zur Abschwächung des Sonnenlichtes kommt es, da die Strahlen weiter nördlich einen längeren Weg durch die Atmosphäre zurücklegen. Dies führt zu einer erhöhten Absorption.



Dabei gilt:

$$c = s \cdot a \text{ mit } c > a$$

Zur Bestimmung des Faktors s können die Erdoberfläche und auch die Atmosphäre als parallelen Geraden betrachtet werden. Die Sonnenstrahlen können nun nicht mehr als parallel gelten, sodass sich folgendes rechtwinkeliges Dreieck ergibt:



Mit der Kosinusfunktion kann s berechnet werden:

$$\cos(51^\circ) = \frac{a}{c}$$

$$\cos(51^\circ) = \frac{a}{s \cdot a}$$

$$\cos(51^\circ) = \frac{1}{s}$$

$$s = \frac{1}{\cos(51^\circ)}$$

Die Atmosphäre absorbiert s -Mal mehr Strahlen als es am Äquator der Fall ist. Die zur Verfügung stehende Energie ist nun um den Faktor s verringert:

$$l_1 = 100\% - s \cdot 20\%$$

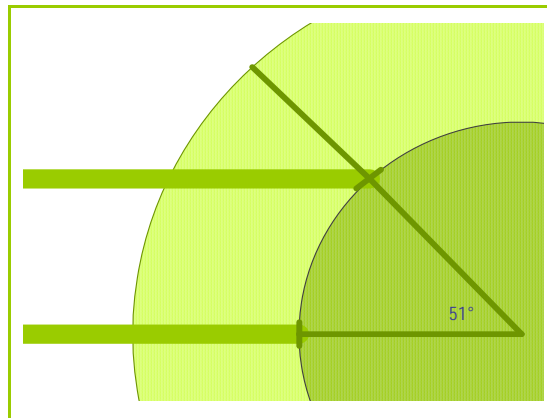
$$l_1 = 68,2\%$$

1.3.3 Ergänzung zur Musterlösung

Antwortmöglichkeit 2

Zur Abschwächung des Sonnenlichtes kommt es aber auch durch die Neigung der Erdoberfläche zum einfallenden Sonnenlicht.

Wenn nun hier berücksichtigt wird, dass die Sonnenstrahlen bei 51° Nord in einem Winkel von 39° auf die Erdoberfläche fallen, ergibt sich eine weitere Verringerung der Strahlungsleistung gegenüber dem Äquator, bei dem das Licht mit einem Winkel von 90° auftrifft:



Jeder Strahl hat die gleiche Energie. Die Fläche, auf die sich ein einzelner Strahl auswirkt, ist jedoch abhängig von dem Winkel. Bei 90° an den Polen ist die Fläche Null, bei 0° am Äquator ist die Fläche maximal. Die Abhängigkeit wird ebenfalls durch eine Kosinus-Funktion beschrieben, sodass die Flächenvergrößerung in Bezug zum Äquator wie folgt berechnet werden kann:

$$A_{51^\circ} = \frac{A_{0^\circ}}{\cos(51^\circ)}$$

Entsprechend verringert sich die Strahlungsleistung pro Fläche proportional zur Vergrößerung der Fläche:

$$l_2 = l_1 \cdot \cos(51^\circ)$$

$$l_2 = 68,2\% \cdot \cos(51^\circ)$$

$$l_2 = 42,9\%$$

Am Äquator kommen noch 80% der Strahlenleistung an. Bei 51° nord sind es hingegen nur noch 42,9%.

1.3.5 Ergänzung zur Musterlösung

Die Ergebnisse der Aufgabe 1.1.3 wirken sich auf die Aufgabe 1.1.5 aus, sodass hier ebenfalls zwei weitere mögliche Ergebnisse denkbar sind.

Der Wirkungsgrad stellt das Verhältnis zwischen der Menge der erzeugten Energie und der Menge der einfallenden Energie dar.

$$\eta = \frac{\text{erzeugte elektrische Energie}}{\text{auftreffende Energie}}$$

Die real auf die Solarmodule auftreffende Energie ist abhängig von der Dämpfung und bei beiden Typen gleich.

$$\text{auftreffende Energie} = \text{Dämpfung} \cdot \text{Solarkonstante}$$

Im Folgenden kann bereits mit der Leistung gearbeitet werden.

Antwortmöglichkeit 1

Die auftreffende Leistung ist bei beiden Modultypen der Solarzellen identisch:

$$\text{auftreffende Leistung} = 0,682 \cdot 1367 \frac{W}{m^2}$$

Die erzeugte el. Energie ist abhängig von den Modulen und der angegebenen Leistung in Watt peak. Watt Peak beziffert dabei die abgegebene Leistung der Solarmodule unter Standardbedingungen. Dabei werden die Module mit $1000 \frac{W}{m^2}$ bestrahlt. Um die erzeugte elektrische Leistung P_x zu berechnen, lassen sich nun folgende Verhältnissgleichungen aufstellen, wobei hier zwischen den beiden Modultypen unterschieden werden muss:

- Multikristallinmodule

$$\frac{130 \frac{W}{m^2}}{1000 \frac{W}{m^2}} = \frac{P_{Multi}}{932 \frac{W}{m^2}}$$

$$P_{Multi} = \frac{130 \frac{W}{m^2}}{1000 \frac{W}{m^2}} \cdot 932 \frac{W}{m^2}$$

$$P_{Multi} = 121 \frac{W}{m^2}$$

- Dünnschichtmodule

$$\frac{70 \frac{W}{m^2}}{1000 \frac{W}{m^2}} = \frac{P_{Duenschicht}}{932 \frac{W}{m^2}}$$

$$P_{Duenschicht} = \frac{70 \frac{W}{m^2}}{1000 \frac{W}{m^2}} \cdot 932 \frac{W}{m^2}$$

$$P_{Duenschicht} = 65 \frac{W}{m^2}$$

Mit dieser Information können nun die Wirkungsgrade der Module bestimmt werden:

- Multikristallinmodule

$$\eta_{Multi} = \frac{121 \frac{W}{m^2}}{1367 \frac{W}{m^2}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{Multi} = 8,87\%$$

1.3.5 Ergänzung zur Musterlösung

- Dünnschichtmodule

$$\eta_{Duenschicht} = \frac{65,3 \frac{W}{m^2}}{1367 \frac{W}{m^2}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{Duenschicht} = 4,78\%$$

Antwortmöglichkeit 2

Bei der zweiten Antwortmöglichkeit ist die Vorgehensweise identisch:

$$\text{auftreffende Leistung} = 0,429 \cdot 1367 \frac{W}{m^2}$$

$$\text{auftreffende Leistung} = 586 \frac{W}{m^2}$$

- Multikristallinmodule

$$\frac{130 \frac{W}{m^2}}{1000 \frac{W}{m^2}} = \frac{P_{Multi}}{586 \frac{W}{m^2}}$$

$$P_{Multi} = \frac{130 \frac{W}{m^2}}{1000 \frac{W}{m^2}} \cdot 586 \frac{W}{m^2}$$

$$P_{Multi} = 76,3 \frac{W}{m^2}$$

$$\eta_{Multi} = \frac{76,3 \frac{W}{m^2}}{1367 \frac{W}{m^2}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{Multi} = 5,6\%$$

- Dünnschichtmodule

$$\frac{70 \frac{W}{m^2}}{1000 \frac{W}{m^2}} = \frac{P_{Duenschicht}}{586 \frac{W}{m^2}}$$

$$P_{Duenschicht} = \frac{70 \frac{W}{m^2}}{1000 \frac{W}{m^2}} \cdot 586 \frac{W}{m^2}$$

$$P_{Duenschicht} = 41,1 \frac{W}{m^2}$$

$$\eta_{Duenschicht} = \frac{41,1 \frac{W}{m^2}}{1367 \frac{W}{m^2}} \cdot 100\%$$

$$\eta_{Duenschicht} = 3,0\%$$