

Physikaufgabe 44

[Home](#) | [Startseite](#) | [Impressum](#) | [Kontakt](#) | [Gästebuch](#)

Aufgabe: Klären Sie die Frage, ob und unter welchen Bedingungen ein Solarflug auf dem Mars möglich ist.

Lösung: Die Bestrahlungsstärken auf Erde und Mars, die sogenannten Solarkonstanten, lassen sich anhand der Strahlungsleistung der Sonne, $\Phi = 3,85 \cdot 10^{26}$ W, und mittels der Bahnradien $r_E = 1,50 \cdot 10^{11}$ m und $r_M = 2,28 \cdot 10^{11}$ m nach dem quadratischen Abstandsgesetz berechnen:

$$E_E = \frac{\Phi}{4\pi r_E^2} \quad \text{bzw.} \quad E_M = \frac{\Phi}{4\pi r_M^2}.$$

Die Bestrahlungsstärke auf dem Mars berechnen wir relativ zur Erde, indem wir die beiden Gleichungen durcheinander dividieren:

$$E_M = \frac{r_E^2}{r_M^2} E_E.$$

Die Erde sammelt diesen Fluß jedoch nicht gleichmäßig mit ihrer gesamten Oberfläche ein, sondern ausschließlich über ihre Querschnittsfläche. Da das Verhältnis aus Kugeloberfläche und Kreisfläche gleich 4 ist, reduziert sich die Solarkonstante empfängerseitig auf ein Viertel, und wir erhalten

$$E_E = \frac{1}{4} \cdot 1367 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 342 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \quad \text{bzw.} \quad E_M = \frac{1}{4} \cdot 589 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 147 \frac{\text{W}}{\text{m}^2}.$$

Die sphärische Albedo von Erde und Mars liegt bei

$$R_E = R_{E,a} + R_{E,g} = 31 \% \quad \text{bzw.} \quad R_M = R_{M,a} + R_{M,g} = 25 \%.$$

Entsprechendes gilt für die Absorptionen:

$$A_E = A_{E,a} + A_{E,g} = 69 \% \quad \text{bzw.} \quad A_M = A_{M,a} + A_{M,g} = 75 \%.$$

Aufgrund der Strahlungsbilanz der Erde (siehe Tab. 1) lassen sich die prozentualen Anteile der an der Erdatmosphäre und -oberfläche reflektierten Strahlung bestimmen:

$$R_{E,a} = \frac{77 \text{ W/m}^2}{342 \text{ W/m}^2} = 22,5 \% \quad \text{bzw.} \quad R_{E,g} = \frac{30 \text{ W/m}^2}{342 \text{ W/m}^2} = 8,8 \%.$$

Die absorbierten Anteile erhalten wir entsprechend aus den Beziehungen

$$A_{E,a} = A_E - A_{E,g} = \frac{67 \text{ W/m}^2}{342 \text{ W/m}^2} = 19,6 \%,$$
$$A_{E,g} = A_E - A_{E,a} = \frac{168 \text{ W/m}^2}{342 \text{ W/m}^2} = 49,1 \%.$$

Physikaufgabe 44

Insgesamt ergibt sich eine Strahlungsbilanz von

$$R_E E_E = R_{E,a} E_E + R_{E,g} E_E = 77 \text{ W/m}^2 + 30 \text{ W/m}^2 = 107 \text{ W/m}^2$$

und

$$A_E E_E = A_{E,a} E_E + A_{E,g} E_E = 67 \text{ W/m}^2 + 168 \text{ W/m}^2 = 235 \text{ W/m}^2.$$

Das macht zusammen

$$E_E = A_E E_E + R_E E_E = 235 \text{ W/m}^2 + 107 \text{ W/m}^2 = 342 \text{ W/m}^2.$$

Da das Reflexions- und Absorptionsvermögen auf der Marsoberfläche nicht wesentlich anders sein dürfte als auf der Erde, ergeben sich für die absorbierte und reflektierte Bestrahlungsstärke auf dem Mars die in den beiden rechten Spalten nachfolgender Tabelle angegebenen Werte:

	Erde [Wm ⁻²]	Erde [%]	Mars [Wm ⁻²]	Mars [%]
$A_a E$	67	19,6	38	25,9
$A_g E$	168	49,1	72	49,1
$R_a E$	77	22,5	24	16,2
$R_g E$	30	8,8	13	8,8
E	342	100	147	100

Tabelle 1. Strahlungsbilanz der Erde und die daraus berechnete Strahlungsbilanz des Mars

Die Absolutwerte der Strahlungsbilanz auf der Marsoberfläche berechnen sich dabei wie folgt:

$$R_{M,g} E_M = 0,088 \cdot 147 \text{ W/m}^2 = 13 \text{ W/m}^2,$$
$$A_{M,g} E_M = 0,491 \cdot 147 \text{ W/m}^2 = 72 \text{ W/m}^2.$$

Aus der sphärischen Albedo des Mars können wir das Reflexionsvermögen der Marsoberfläche bestimmen:

$$R_{M,a} = R_M - R_{M,g} \approx 25 \% - 8,8 \% = 16,2 \%.$$

In ähnlicher Weise ist die Absorption der Marsatmosphäre zu ermitteln:

$$A_{M,a} = A_M - A_{M,g} \approx 75 \% - 49,1 \% = 25,9 \%.$$

Für die Absolutwerte der Strahlungsbilanz der Marsatmosphäre berechnen sich daraus folgende Bestrahlungsstärken:

$$R_{M,a} E_M \approx 0,162 \cdot 147 \text{ W/m}^2 = 24 \text{ W/m}^2,$$
$$A_{M,a} E_M \approx 0,259 \cdot 147 \text{ W/m}^2 = 38 \text{ W/m}^2.$$

Physikaufgabe 44

Der reflektierte Anteil beträgt

$$R_M E_M = R_{M,a} E_M + R_{M,g} E_M = 24 \text{ W/m}^2 + 13 \text{ W/m}^2 = 37 \text{ W/m}^2,$$

der absorbierte

$$A_M E_M = A_{M,a} E_M + A_{M,g} E_M = 38 \text{ W/m}^2 + 72 \text{ W/m}^2 = 110 \text{ W/m}^2.$$

Das macht zusammen

$$E_M = A_M E_M + R_M E_M = 110 \text{ W/m}^2 + 37 \text{ W/m}^2 = 147 \text{ W/m}^2.$$

Der von der Marsoberfläche absorbierte Anteil $A_{M,g} E_M = 72 \text{ W/m}^2$ ist nur etwa halb so groß wie auf der Erde: $A_{E,g} E_E = 168 \text{ W/m}^2$. Die solarempfindliche Fläche unterscheidet sich auf beiden Planeten nicht, außer daß die Oberflächentemperatur stärker schwanken kann. Die niedrige Oberflächentemperatur auf dem Mars von durchschnittlich $-63 \text{ }^\circ\text{C}$ begünstigt indes die Leistungsausbeute der Solarzellen ungemein. Folglich muß man mit einer Verdopplung der solarempfindlichen Fläche auf dem Mars genausogut fliegen können wie auf der Erde. Da die Tragfläche ohnehin verdoppelt werden muß, um überhaupt den nötigen Auftrieb zu erreichen, stellt der Solarantrieb keine zusätzliche Herausforderung dar, um ein Solarflugzeug auf dem Mars zu betreiben. Dieses Solarflugzeug kann allerdings kein hochfliegender Pseudosatellit sein, sondern sollte sich möglichst nahe der Marsoberfläche aufhalten.