

2.4 Die Zustandsgrößen der Sonne

Aufgabe 1: Radius, Masse und mittlere Dichte

- Ermitteln Sie mithilfe des Tafelwerks oder Internets (z.B. <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/zustandsgroessen-der-sonne>) die Größen und vervollständigen Sie die Tabelle.
- Erklären Sie weshalb es sich bei Erde und Sonne jeweils um eine *mittlere* Dichte handelt.

Sowohl die Erde wie auch die Sonne sind inhomogen aufgebaute Himmelskörper. Die Dichten der einzelnen Schichten bzw. Schalen (wie z.B. Kern, Mantel, Kruste bei der Erde) unterscheiden sich. Deshalb wird eine mittlere Dichte angegeben.

	Sonne	Erde	Vergleich Sonne – Erde
Radius	696.000 km	6378 km	$R_S = 109 * R_E$
Masse	$1,989 * 10^{30}$ kg	$5,975 * 10^{24}$ kg	$M_S = 330000 * M_E$
mittl. Dichte	1,41 g/cm ³	5,52 g/cm ³	$\rho_S = 0,25 * \rho_E$

Die Sonne vereint 99,87 % der Masse aller Himmelskörper des Sonnensystems in sich. Die Sonne ist somit das Gravitationszentrum des Sonnensystems.

Aufgabe 2: Die Oberflächentemperatur der Sonne

- Geben Sie die Oberflächentemperatur der Sonne in Kelvin an: $T = 5780$ K
- Beschreiben Sie mithilfe des Internets (z.B. <https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/zustandsgroessen-der-sonne> → Kapitel „Die Oberflächentemperatur der Sonne“) die Vorgehensweise bei der Ermittlung der Oberflächentemperatur.

„Die Oberflächentemperatur erhält man aus Strahlungsmessungen unseres Zentralgestirns. Eine genaue Temperaturbestimmung eines strahlenden Körpers ist nur durchführbar, wenn der physikalische Zustand des Strahlers und die Gesetze zwischen seinem Zustand, der Temperatur und der emittierten Strahlung bekannt sind. Diese Kenntnisse besitzen wir von der Sonnenoberfläche nahezu vollständig. Man wendet das Modell des schwarzen Strahlers auf die Sonne an.“
Die Berechnung erfolgt nach dem Strahlungsgesetz von STEFAN und BOLTZMANN.

Aufgabe 3: Die Leuchtkraft der Sonne

1. Geben Sie eine *Definition für den Begriff Leuchtkraft* an (gleiche Internetquelle wie oben). Hinweis: Bei dem Begriff Leuchtkraft handelt es sich um einen historischen Begriff. Er hat nichts mit einer Kraft zu tun.

„Als Leuchtkraft eines Himmelskörpers wird die von ihm je Sekunde ins All abgestrahlte Energie bezeichnet. Im physikalischen Sinn ist also die Leuchtkraft eine Strahlungsleistung.“

2. Die Solarkonstante

Die Sonnenleuchtkraft kann nicht direkt gemessen werden. Sie wird über die *Solarkonstante* ermittelt. Definieren Sie mithilfe obiger Internetquelle den Begriff Solarkonstante und geben Sie den *Wert der Solarkonstante für die Erde* an: $S_{Erde} = 1367$ W/m²

Die Solarkonstante ist die von der Sonne abgestrahlte Energie pro Zeiteinheit, die in mittlerer Erdentfernung senkrecht auf einen Quadratmeter trifft. (Mittlere Erdentfernung deshalb, weil die Bahn der Erde um die Sonne keine exakte Kreisbahn ist.)

3. Der exakte Wert der Solarkonstante wird *extraterrestrisch*, d.h. mit einem Satelliten gemessen. Erläutern Sie weshalb eine Messung auf der Erdoberfläche die Messung verfälschen würde.

Die Erdatmosphäre absorbiert einen Teil der Sonnenstrahlung. Auf der Erdoberfläche würde man dementsprechend einen zu kleinen Wert messen. → LB S. 87 Abb.16.12

4. Die Berechnung der Leuchtkraft der Sonne aus der Solarkonstante der Erde ist auf der folgenden Internetseite beschrieben:

<https://www.leifiphysik.de/astronomie/sonne/grundwissen/solarkonstante-und-strahlungsleistung>

Notieren Sie die Rechenschritte.

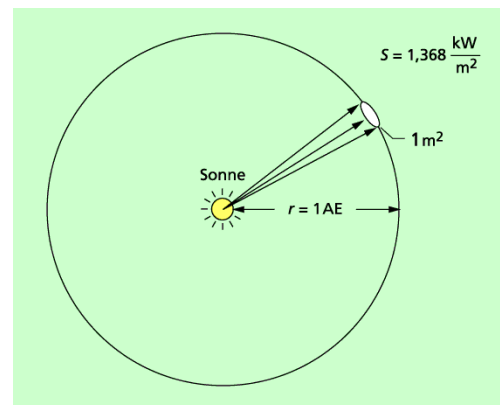
$L = \text{Oberfläche der Kugel mit mittlerem Abstand Erde – Sonne} * \text{Solarkonstante}$

$$L = A_{\text{Kugel}} * S \quad \text{mit } A_{\text{Kugel}} = 4 * \pi * r^2$$

$$L = 4 * \pi * r^2 * S$$

$$L = 4 * \pi * (1,496 * 10^{11} \text{ m})^2 * 1367 \text{ W/m}^2$$

$$\underline{L = 3,84 * 10^{26} \text{ W}}$$



5. Genau wie für die Erde lassen sich auch für die anderen Planeten des Sonnensystems Solarkonstanten angeben. Überlegen Sie, ob die **Solarkonstante des Merkur** kleiner oder größer als der Wert für die Erde sein muss. Begründen Sie ihre Überlegung.

Die Solarkonstante des Merkur muss deutlich größer sein als die Solarkonstante der Erde, da der Merkur sich wesentlich näher an der Sonne befindet. Deshalb empfängt er viel mehr Energie pro Sekunde von der Sonne als die Erde.

6. Berechnung der Solarkonstante des Merkur

Orientieren Sie sich bei der Berechnung an der obigen Aufgabe 3.4. Vergleichen Sie anschließend zur Selbstkontrolle ihr Ergebnis mit dem angegebenen Wert auf folgender Internetseite:

https://de.wikipedia.org/wiki/Solarkonstante#Solarkonstanten_der_Planeten

Mittlere Entfernung Sonne – Merkur: $58 * 10^9 \text{ m}$

$$L_{\text{Sonne}} = 3,84 * 10^{26} \text{ W}$$

$$L_{\text{Sonne}} = A * S_{\text{Merkur}} \quad \rightarrow S_{\text{Merkur}} = L_{\text{Sonne}} / A$$

$$S_{\text{Merkur}} = L_{\text{Sonne}} / (4 * \pi * r^2)$$

$$S_{\text{Merkur}} = 3,84 * 10^{26} \text{ W} / (4 * \pi * (58 * 10^9 \text{ m})^2)$$

$$\underline{S_{\text{Merkur}} = 9083 \text{ W/m}^2}$$

Der Vergleich mit dem angegebenen Wert in der Tabelle zeigt eine recht gute Übereinstimmung.