

## Sonnenstrahlung

Die Sonne strahlt elektromagnetische Wellen in allen Richtungen ab. Die Gesamtleistung dieser Strahlung beträgt  $P_s = 3.83 \cdot 10^{26}$  W.

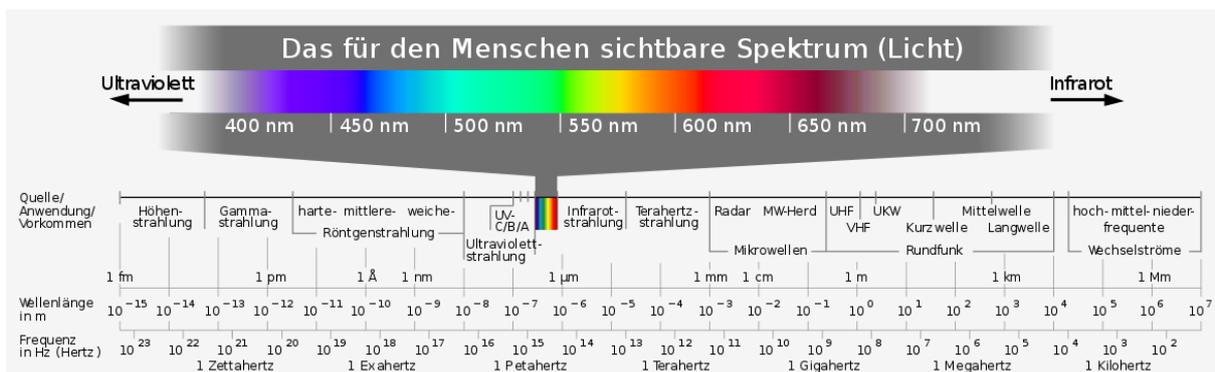
Elektromagnetische Strahlung besteht aus Wellen, die sich mit Lichtgeschwindigkeit in den Weltraum fortpflanzen und dadurch Energie durch das Vakuum transportieren (Licht ist übrigens auch elektromagnetische Strahlung). Trifft diese Strahlung auf **Materie**, so kann sie entweder:

- reflektiert** werden (Spiegel)
- absorbiert** werden. In diesem Fall wird die Energie der einfallenden Strahlung in Bewegungsenergie der Moleküle umgewandelt: die Materie erwärmt sich.
- transmittiert** werden, so als ob die Materie nicht vorhanden wäre (durchsichtig).

Elektromagnetische Wellen besitzen eine charakteristische **Wellenlänge**  $\lambda$ . und eine charakteristische Frequenz  $f$ . Wellenlänge und Frequenz sind durch die Beziehung

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad c = \text{Lichtgeschwindigkeit } 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$$

verknüpft. Die Masseinheit der Frequenz ist das Herz:  $1 \text{ Hz} = 1 \text{ s}^{-1}$  (1 Schwingung pro Sekunde)

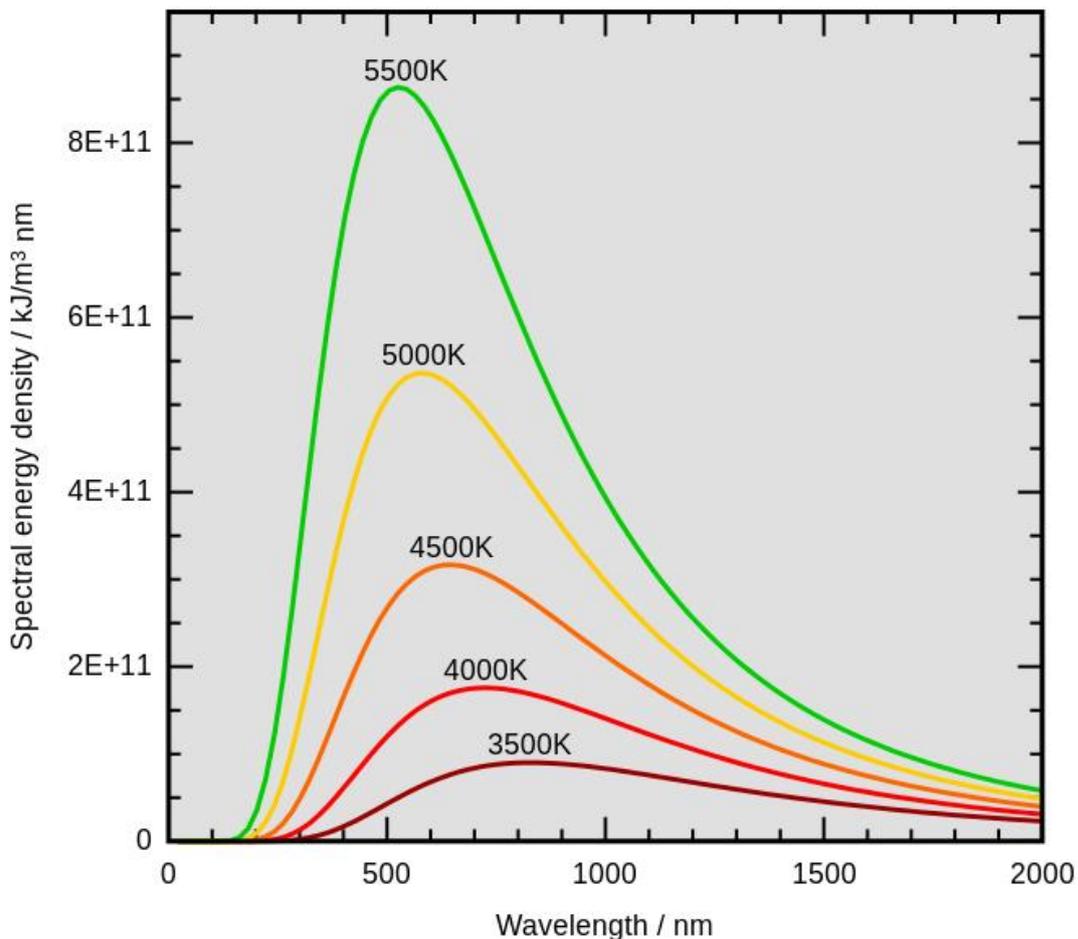


Man unterscheidet verschiedene Wellenlängenbereiche (od. Frequenzbereiche) Das sichtbare Licht stellt nur einen ganz winzigen Bereich der elektromagnetischen Strahlung dar. Die Wellenlängen des sichtbaren Lichts erstrecken sich von 400 nm bis 700 nm.

Nicht nur die Sonne, sondern jeder Körper, dessen Temperatur höher ist als  $-273 \text{ }^\circ\text{C}$  strahlt elektromagnetische Wellen ab und verliert dadurch Energie: seine Moleküle werden langsamer, der Körper kühlt sich ab. Dabei sind alle Wellenlängen beteiligt, aber nicht alle gleich stark. Bei einer für den Körper charakteristischen Wellenlänge  $\lambda_{\text{max}}$  ist die Strahlungsleistung maximal. Diese charakteristische Wellenlänge ist zur absoluten Temperatur  $T$  der Körperoberfläche umgekehrt proportional:

$$\lambda_{\text{max}} = \frac{k_w}{T} \quad \text{mit } k_w = 0.0029 \text{ Km (Kelvin mal Meter)}$$

Die Sonne weist an ihrer Oberfläche eine Temperatur von 5770 K auf und strahlt deshalb bei 502 nm am intensivsten. Das liegt im sichtbaren Bereich der elektromagnetischen Strahlung. Kein Wunder: unsere Augen haben sich so angepasst, dass sie vor allem bei diesen Wellenlängen arbeiten. Wie die Figur auf der nächsten Seite zeigt, ist das Maximum sehr breit. Das heisst, dass alle



Wellenlängen um  $\lambda_{\max}$  fast gleich stark beteiligt sind. Die Sonne strahlt also alle Wellenlängen des sichtbaren Spektrums praktisch gleich intensiv ab: ihr Licht ist weiss (und nicht etwa blaugrün). Sie strahlt aber auch im Ultraviolett und im Infrarot recht stark.

Die Erde hingegen hat eine durchschnittliche Oberflächentemperatur von 15 °C oder 288 K. Ihr Strahlungsmaximum liegt bei rund 10000 nm. Das ist im Infrarot.

Die Leistung  $P$ , mit der ein Körper elektromagnetische Wellen abstrahlt, nimmt mit der vierten Potenz seiner Oberflächentemperatur  $T$  (in Kelvin anzugeben!) zu und ist proportional zu Grösse seiner Oberfläche  $A$ .

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4 \quad \text{mit } \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$$

Für die Erde ergibt dies mit  $A = 5.1 \cdot 10^{14} \text{ m}^2$  und  $T = 288 \text{ K}$  :  $P = 2.0 \cdot 10^{17} \text{ W}$ .

Für die Sonne erhält man die  $3.83 \cdot 10^{26} \text{ W}$ , die am Anfang des Kapitels erwähnt wurden.

Ein kleiner Bruchteil der Sonnenstrahlung erreicht die Erde. Wiederum ein Teil davon wird in den Weltraum zurückreflektiert. Der Rest dieser einfallenden Strahlung wird entweder bereits in der Atmosphäre absorbiert oder von der Atmosphäre durchgelassen und erst an der Erdoberfläche absorbiert. Die Erde erwärmt sich dadurch auf. Würde die Erde nicht selbst elektromagnetische Wellen in den Raum abstrahlen, so würde ihre Temperatur ständig zunehmen. Es ergibt

sich ein Gleichgewicht aus einfallender Sonnenstrahlung und der von der Erde selbst abgestrahlten Energie.

Das heisst: die Sonne erwärmt die Erde mit einer Leistung von  $2.0 \cdot 10^{17}$  W. Und dies ununterbrochen! Weil ein Jahr  $3.15 \cdot 10^7$  s lang ist, erhält die Erde in einem Jahr von der Sonne die Energiemenge

$$W_{\text{ein}} = 2.0 \cdot 10^{17} \text{ W} \cdot 3.15 \cdot 10^7 \text{ s} = 6.3 \cdot 10^{24} \text{ Ws} = 1.75 \cdot 10^{18} \text{ kWh.}$$

Der Weltenergiebedarf der Menschheit betrug im Jahre 2014:  $WEB = 1.4 \cdot 10^{14}$  kWh (siehe Kapitel 1). Dies ist ungefähr ein Zahntausendstel von dem, was die Sonne uns schenkt. Auf das Klima der Erde hätte dieser Bruchteil kaum eine Wirkung, wenn nicht das Kohlendioxid mit seinem Treibhauseffekt wäre.

Die Sonne strahlt mit einer erstaunlich konstanten Leistung. Sie würde sich mit der Zeit abkühlen, falls nicht Kernfusionen im Sonneninneren für den Energienachschub sorgen würden. Falls der Nachschub stärker wird, so nimmt die Temperatur an der Sonnenoberfläche so lange zu, bis die Abstrahlung diesen höheren Nachschub wieder ausgleicht. Weil die Kernfusion im Inneren eines Sterns wie die Sonne über Jahrmilliarden mit gleichbleibender Intensität abläuft, so bleibt die Temperatur an der Oberfläche des Sterns und damit auch die Abstrahlungsleistung während dieser Zeit konstant. Erst wenn der Wasserstoffvorrat im inneren des Sterns zur Neige geht, ändert sich die Situation dramatisch. Dies wird aber bei der Sonne erst in ein Paar Milliarden Jahren eintreten.