

Die Wirkungsweise eines Solarkollektors

Von Dipl.-Phys. Wolfgang Schölkopf, München

Der Sonnenkollektor ist ein System, das die elektromagnetische Strahlungsenergie der Sonne in die nutzbare Wärme eines Trägermediums, meist Wasser oder Luft, umsetzt. Bevor wir auf die Vorgänge im Kollektor eingehen, einige Bemerkungen zum Charakter der elektromagnetischen Strahlung selbst und zur Klassifizierung der Strahlungsarten.

Ein Grundgesetz der Physik lautet: Jeder Körper mit einer Temperatur höher als der absolute Nullpunkt strahlt elektromagnetische Strahlung ab. Schon früh hat Kirchhoff gefunden, daß das Strahlungsemissionsvermögen eines Körpers gleich seinem Strahlungsabsorptionsvermögen ist, betrachtet man ein und denselben Wellenlängenbereich.

Stefan und Boltzmann leiteten ab, daß die von einem ideal-schwarzen Körper ausgesandte Temperaturstrahlung proportional zur vierten Potenz seiner absoluten Temperatur ist.

Bild 1 zeigt die spektrale Intensitätsverteilung der Temperaturstrahlung für einen schwarzen Körper bei 6000 K und 300 K.

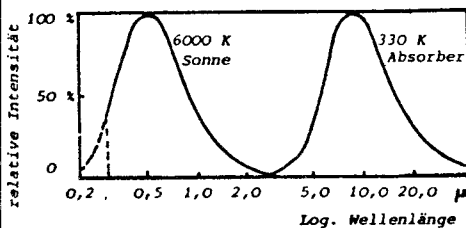


Bild 1: Strahlungsintensität nach Planck für Strahler von 6000K (Sonne) und 330 K (Absorberplatte eines Kollektors)

Die Sonne kann als ideal schwarzer Körper mit einer Temperatur von 6000 K betrachtet werden. Aufgrund der großen Entfernung strahlt sie zwar mit der geringen Dichte von $1,35 \text{ kW/m}^2$, jedoch unveränderter spektraler Verteilung auf die Erdatmosphäre. Bei mittleren Bedingungen läßt die Erdatmosphäre ungefähr zwei Drittel der auftreffenden Strahlung ungehindert durch. Das andere Drittel wird zum Teil an Luftmolekülen und Partikeln gestreut und zum Teil von der Atmosphäre absorbiert. Streuung bedeutet dabei: Die Lichtquanten verändern nur ihre Richtung, jedoch nicht ihre Energie. Absorption jedoch heißt, daß die Strahlungsenergie in thermische Energie der Luftmoleküle umgesetzt wird. Diese senden dann, entsprechend ihrer Temperatur, wieder langwellige Strahlung aus. Wir haben es also mit zwei grundsätzlichen

verschiedenen Strahlungsströmen, die auf unseren Kollektor treffen, zu tun; einmal mit dem kurzwelligen Strom der direkten und gestreuten Sonnenstrahlung, zum anderen mit dem langwelligen Strom der Temperaturstrahlung oder Gegenstrahlung der Atmosphäre.

Der nicht abgedichtete Kollektor

Betrachten wir zunächst den einfachsten Fall eines nicht abgedeckten Kollektors. An seiner geschwärzten Metallfläche, der Absorberplatte, werden die Strahlungsströme absorbiert und in fühlbare Wärme umgesetzt. Durch Wärmeleitung wird diese Wärme an das Trägermedium weitergegeben und kann als Nutzenergie aus dem Kollektor zum Verbraucher oder in einen Speicher transportiert werden.

Selbstverständlich hat dieser Kollektor Verluste, d.h. Energieströme, die nicht in das Trägermedium gelangen. An erster Stelle ist da der immer vorhandene, am Absorber reflektierte Anteil des einfallenden Energiestroms zu nennen. Da nun der Kollektor im Betrieb eine wesentlich höhere Temperatur als die ihn umgebende Luft hat, sind Abstrahlungs-, Wärmeleitungs- und Konvektionsverluste vorhanden. Konvektion beschreibt dabei den Vorgang, daß sich Luft an einer warmen Oberfläche durch Wärmeleitung erwärmt und wegen ihrer dadurch verminderten Dichte von kalter Luft verdrängt wird.

Die Abstrahlung

Entsprechende Isolation kann die Verluste an der Rückwand und den seitlichen Begrenzungen stark vermindern. Für die Frontseite brauchen wir jedoch ein Material, das den eingestrahlenen Energiestrom durchläßt, die Abstrahlungs-, Wärmeleitungs- und Konvektionsverluste aber reduziert.

Eine Glasplatte hat derartige Ventileneigenschaften. Sie läßt kurzwellige Strahlung fast ungeschwächt durch und absorbiert die langwellige Wärmeabstrahlung der Absorberplatte. Diese absorbierte Strahlung heizt die Glasplatte auf, zusätzlich tragen die vom Temperaturunterschied und der Kollektorgeometrie abhängigen Ströme der Konvektion und Wärmeleitung zur Erwärmung der Glasplatte bei. Gemäß ihrer Temperatur, die jedoch wesentlich niedriger ist als die Temperatur der Absorberplatte, strahlt die Glasplatte (und zwar zu gleichen Teilen) nach unten und oben ab.

Weitere Verluste

Der nach oben gerichtete Teil ist für unser System verloren und stellt den ersten Beitrag zu den Gesamtverlusten des Kollektors dar. Obwohl nun der Temperaturunterschied von der äußeren Glasplattenoberfläche zur Umgebungstemperatur wesentlich kleiner ist als im Fall des nicht abgedeckten Kollektors, treten auch hier als weitere Verlustanteile ein Wärmeleitungsstrom an die Umgebung und Konvektionsstrom auf. Dieser Konvektionsstrom kann im

(Fortsetzung auf S. 6)

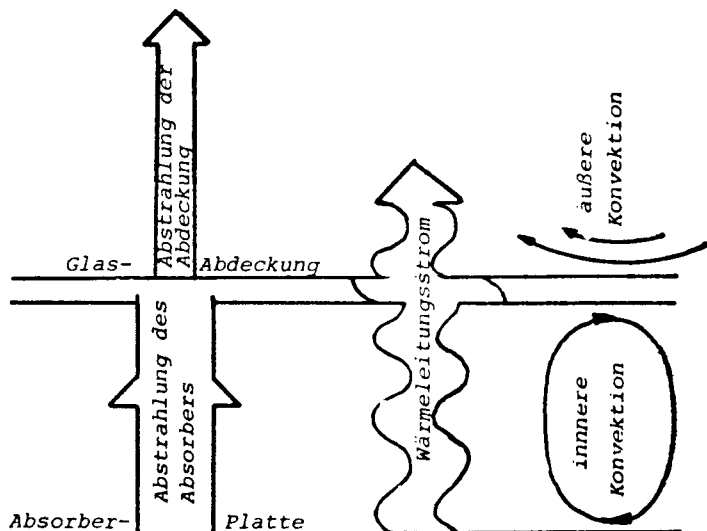


Bild 2: Verlustströme in einem Sonnenkollektor