

W5 Solarkollektor

Physikalische Grundlagen

Mit Hilfe eines Flachkollektors wird Strahlungsenergie in Wärmeenergie umgewandelt und kann so z.B. zur Brauchwassererwärmung genutzt werden. Dazu wird die Strahlungsenergie der Sonne großflächig absorbiert. Wärmeverluste werden durch Isolierung der Rück- und Seitenwände sowie durch eine durchsichtige Abdeckung auf der Vorderseite verhindert. Der Absorber besteht aus einer schwarz lackierten Edelstahlplatte, hinter der sich Rohrleitungen befinden, die von einem Wärmeträgermedium (Frostschutz/Wasser-Gemisch, nachfolgend Sole genannt) durchströmt werden. Diese Sole transportiert die Wärmeenergie zu einem Nutzungssystem, wobei in der Regel diese Wärme über einen Wärmetauscher an einen Wärmespeicher des Brauchwasserkreislaufes abgegeben wird.

Der Wirkungsgrad η eines Solarkollektors ist das Verhältnis von aufgenommener Wärmeleistung zur eingestrahnten Leistung.

$$\eta = \frac{P_{auf}}{P_{ein}} \quad (1)$$

Die eingestrahlte Leistung resultiert aus der senkrecht auf die Absorberfläche A treffenden Bestrahlungsstärke E .

$$P_{ein} = E \cdot A \quad (2)$$

Die aufgenommene Wärmeleistung, auch Nutzleistung des Kollektors, $P_{auf} = \Delta Q / \Delta t$ ist diejenige Wärmemenge ΔQ , die pro Zeiteinheit Δt durch die Sole aus dem Kollektor abgeführt wird. Mit $\Delta Q = \Delta m \cdot c \cdot \Delta T$ ergibt sich

$$P_{auf} = \frac{\Delta m}{\Delta t} c \cdot \Delta T \quad (3)$$

Dabei sind c_S die spezifische Wärmekapazität der Sole und $\Delta T = T_V - T_R$ die Differenz der Temperaturen von Vor- und Rücklauf. Dabei müssen stationäre Verhältnisse vorausgesetzt werden, d.h. diese Temperaturen müssen zeitlich annähernd konstant sein.

Der Massenstrom $\Delta m / \Delta t$ kann mit der Dichte $\rho_S = \Delta m / \Delta V$ der Sole auf den mit Hilfe des Durchflussmessers ermittelbaren Volumenstrom $\Delta V / \Delta t = \rho_S^{-1} \Delta m / \Delta t$ zurückgeführt werden.

Damit ergibt sich schließlich für den Wirkungsgrad des Kollektors

$$\eta_K = \frac{\Delta V \rho \cdot c \cdot (T_V - T_R)}{\Delta t \cdot E \cdot A} \quad (4)$$

In der Solarwärmetechnik ist der Anlagenwirkungsgrad η_A das Verhältnis der von der Sole in den Speicher eingetragenen Wärmeleistung $\Delta Q/\Delta t$ zu der auf die Kollektorfläche treffenden Strahlungsleistung. Dabei wird die eingetragene Wärme ΔQ aus der Temperaturerhöhung ΔT , des sich im Speicher befindenden Wassers und des Speichers selbst, mittels kalorischer Grundgleichung berechnet.

$$\eta_A = \frac{(m_W \cdot c_W + C_{Sp}) \cdot \Delta T}{E \cdot A \cdot \Delta t} \quad (5)$$

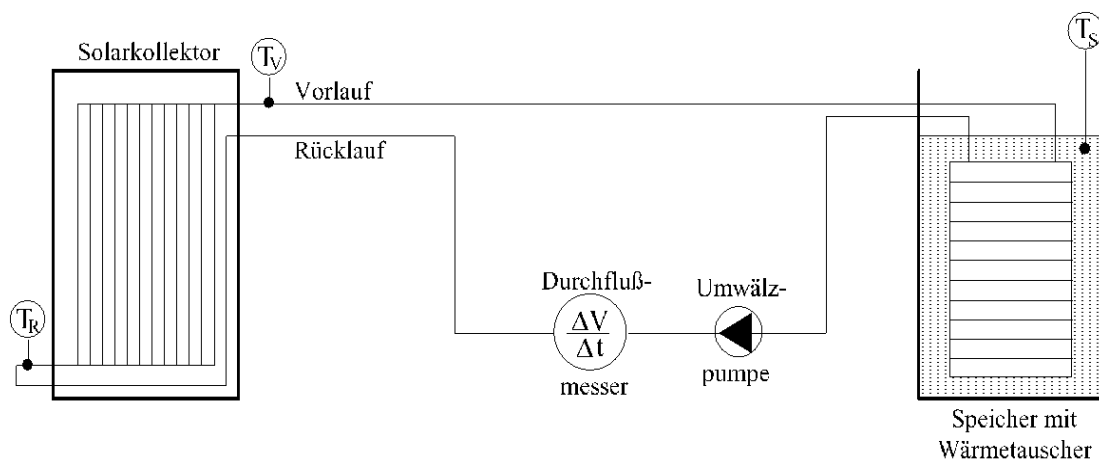


Abb.1 Aufbau des Solarkollektors

Versuchsvorbereitung

- Beschreiben Sie die drei Arten der Wärmeübertragung (Wärmeleitung, Wärmestrahlung, Konvektion)!
- Durch welche Größen wird elektromagnetische Strahlung beschrieben?
Wodurch unterscheidet sich Wärmestrahlung von sichtbarem Licht?
- Auf welche Art wird die Wärme von der Sonne auf den Speicher übertragen?
- Erklären Sie Ursachen und Folgen des Treibhauseffektes!
- Welchen Einfluss hat die Glasabdeckung des Kollektors auf den Wirkungsgrad?

Aufgaben

- Messen Sie die Vorlauf-, die Rücklauf- und die Speichertemperatur in Abhängigkeit von der Bestrahlungszeit. Die Messungen erfolgen zum einen am offenen Kollektor, d.h. ohne Glasabdeckung, zum anderen am geschlossenen Kollektor. Stellen Sie die Ergebnisse grafisch dar.
- Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Kollektors unter den beiden Versuchsbedingungen. Vergleichen und erklären Sie die Unterschiede.
- Berechnen Sie den Anlagenwirkungsgrad des geschlossenen Kollektors. Vergleichen Sie mit dem entsprechenden Kollektorwirkungsgrad. Wie lassen sich die Unterschiede erklären?
- Schätzen Sie die systematischen und zufälligen Fehler für den gemessenen Volumenstrom und die ermittelte Differenztemperatur. Berechnen Sie den Fehler (absolut und relativ) für den Kollektorwirkungsgrad des geschlossenen Kollektors.