

Thermosäule

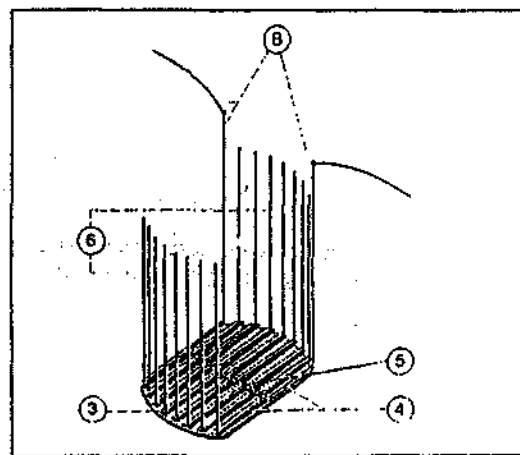
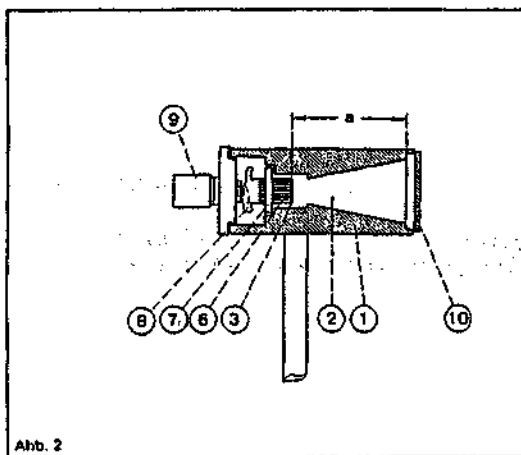
Die Thermosäule nach Moll dient zur Messung von Wärmestrahlung und besteht aus mehreren in Reihe geschalteten Thermoelementen. Bei Bestrahlung entsteht eine thermoelektrische Spannung, die mit einer spannungsempfindlichen Messapparatur gemessen wird.



1. Beschreibung:

1.1 Funktionsteile (siehe Abb. 2):

1. Metallgehäuse mit Stiel
2. Metalltrichter
3. Geschwärzte Scheibe, auf deren Rückseite sich auf dem senkrechten Flächendurchmesser die Messlötstellen (5) der in Reihe geschalteten Thermoelemente (4) befinden.
4. Thermoelemente
5. Messlötstellen (Thermoelementpaare)
6. Lackierte Kupferstäbe; dienen als Wärmeleiter zwischen Thermoelement (4) und Vergleichsmessstelle(7)
7. Vergleichsmessstelle; steht in direktem Wärmekontakt mit dem Gehäuse (1).
8. Elektrische Leitungen zum Messausgang
9. 4 - mm - Buchsen zum Anschließen einer empfindlichen Messapparatur



1.2 Funktionsweise:

Die in die Thermosäule einfallende Strahlung trifft zum Teil direkt und zum Teil nach Ablenkung durch den Metalltrichter (2) auf die geschwärzte Scheibe (3). Diese steht in direktem Wärmekontakt mit den Messlötstellen (5) der in Reihe geschalteten Thermoelemente (4). Die Vergleichsmessstelle (7) befindet sich auf der Temperatur des Gehäuses (1), d. h. praktisch auf Raumtemperatur.

Fällt keine Wärmestrahlung in die Thermosäule, so befinden sich die Messlötstelle (5) und Vergleichslötstelle (7) auf gleicher Temperatur, d. h. Raumtemperatur. Da keine Temperaturdifferenz vorhanden ist, tritt auch keine Thermospannung auf. Setzt man nun die Thermosäule der Wärmestrahlung eines Körpers aus, dessen Temperatur höher liegt als die der Vergleichsmessstelle (7) - (Gehäuse bzw. Raumtemperatur) -, so erwärmt sich die geschwärzte Scheibe (3) wegen ihrer geringen Wärmekapazität sehr rasch (in ca. 2 - 3 s), während das Gehäuse weiterhin auf Raumtemperatur bleibt. Dadurch entsteht ein Temperaturunterschied zwischen Messlötstelle (5) und Vergleichsmessstelle (7). Daraus resultiert eine Thermospannung, die an den Ausgangsbuchsen (9) abgegriffen werden kann. Die gemessene Thermospannung ist der eingefallenen Wärmestrahlungsleistung proportional.

Wird die Thermosäule aber nun der Wärmestrahlung eines Körpers ausgesetzt, dessen Temperatur unterhalb der Temperatur der Vergleichsmessstelle (7) liegt, so nimmt die geschwärzte Scheibe (3) eine niedrigere Temperatur als die Vergleichsmessstelle (bzw. Gehäuse) an. Wiederum tritt ein Temperaturunterschied auf, aus dem nun eine Thermospannung entgegengesetzter Polarität resultiert.

2. Hinweise zum Experimentieren:

Eine geeignete Messapparatur zur Thermosäule ist: ein spannungsempfindlicher Messverstärker (z.B. CL01062)

Fremdeinflüsse sind bei exakten Messungen zu vermeiden (Luftbewegung oder fremde Wärmestrahlung, wie z. B. von Sonne oder Heizung)

3. Versuchsbeispiele:

3.1 Abhängigkeit der Intensität der Wärmestrahlung von der Entfernung:

Die Abhängigkeit der Intensität der Wärmestrahlung von der Entfernung r wird mittels einer Lampe als Wärmequelle über eine Thermosäule untersucht.

Erforderliche Geräte:

- 1 Thermosäule nach Moll
- 1 Messverstärker
- 1 Fassung E27 mit Netzanschlußkabel
- 2 Tonnenfüße
- 1 Maßstab
- 1 Glühlampe 100 W

Versuchsaufbau:

Thermosäule und Glühlampe in ihrer Höhe und Richtung so einstellen, dass der fließende Strom ein Maximum erreicht.

Lampe bis auf 10 cm an die Thermosäule heranzuführen.

Versuchsdurchführung:

Man liest den Ausschlag des Instrumentes bei eingeschalteter Lampe ab und entfernt diese von der Thermosäule in Abständen von 10 cm. Instrument beobachten.

Die Intensität der Wärmestrahlung nimmt mit der Entfernung ab. Sie verhält sich dem Quadrat der Entfernung umgekehrt proportional ($s \cdot r^2 = \text{const}$).

3.2 Abhängigkeit der Wärmestrahlung von der Temperatur und der Oberflächenbeschaffenheit eines Körpers

Die Abhängigkeit der Wärmestrahlung eines mit heißem Wasser gefüllten Leslie - Würfels von der Wassertemperatur (= Oberflächentemperatur) und seinen verschiedenen belegten Seitenflächen wird mittels einer Thermosäule nach Moll demonstriert.

Erforderliche Geräte:

- 1 Leslie-Würfel
- 1 Thermometer 0° - 100°C
- 1 Messverstärker
- 1 Stativmaterial
- 1 Laborboy
- 1 Tauchsieder
- 1 Kunststoffbecher 1000ml
- 1 Kunststofftrichter

zusätzlich:

- 1 Bogen Zeichenkarton DIN A 3, weiß

Versuchsaufbau: (gemäß Abb. 4 vornehmen)

Aus dem Zeichenkarton entsprechend Abb. 4 mittels Klebeband einen Trichter fertigen (vordere Öffnung ca. 9 cm, hintere Öffnung ca. 3,5 cm).

Der Messbereich am spannungsempfindlichen Messverstärker ist bei 1 mV zu wählen.

Versuchsdurchführung:

Raumtemperatur messen.

Ca. 0,9 l Wasser mit dem Tauchsieder im Kunststoffbecher auf 100°C erhitzen.

Wasser über Trichter in Leslie - Würfel füllen und mittels Rührer umrühren.

Schwarze Seite des Würfels vor die große Trichteröffnung stellen und die Temperatur des Wassers sowie den genauen Zeigerausschlag am Drehspulinstrument als Maß für die Wärmestrahlung bestimmen.

Mit den anderen Würfelseiten ebenso verfahren.

Versuch zweimal bei niedrigeren Wassertemperaturen wiederholen.

Versuchsergebnisse: Messbeispiel: Raumtemperatur: 18°C

Wasser-temperatur	Differenz Wasser- Raumtemperatur	Würfeloberflächen			
		schwarz	weiß	matt	glänzend
81°C	63°C	9,0 Skt. 7,6	8,1 Skt.	1,9 Skt. 1,6	1,5 Skt. 1,3
72°C	54°C	Skt. 5,1 Skt.	7,0 Skt.	Skt. 1,0 Skt.	Skt. 0,7
59°C	41°C		4,7 Skt.		Skt.

Der Würfel strahlt Wärme ab.

Die Wärmestrahlung ist abhängig von der Beschaffenheit der Oberfläche des Körpers und ändert sich mit dieser.

Schwarze Oberflächen strahlen Wärme stärker aus als weiße und matte stärker als glänzende.

Je höher der Temperaturunterschied, desto stärker ist die Wärmestrahlung.

Hinweis:

Die Ursache, dass das Emissionsvermögen (Abstrahlungsvermögen) von der schwarzen und weißen Fläche des Leslie - Würfels sich nur gering unterscheidet, obwohl das Absorptionsvermögen stark unterschiedlich erscheint, liegt in den unterschiedlichen Wellenlängenbereichen, in denen Absorption und Emission untersucht werden. Während die Absorption visuell im sichtbaren Spektralbereich von 400 nm - 760 nm beurteilt wird, liegt die Emission bei den hier vorliegenden Temperaturen des Leslie - Würfels bei Wellenlängen von mehr als 5 µm. Somit ist aus den Messergebnissen zu schließen, dass die für das Auge weiß und schwarz erscheinenden Flächen für die langwellige Wärmestrahlung praktisch beide "schwarz" sind.

4. Technische Daten:

Innenwiderstand:	ca. 0,1 Ohm
Empfindlichkeit:	ca. 30 - 60 µV / W / m ²
Wellenlängenbereich:	0,2 bis 50 µm
Einstelldauer:	95 %: < 40 s
Absorberfläche:	15 x 15 mm
	Stiel: 100 mm lang; 10 mm Durchmesser

