

# ME30

## Schwarzer Flüssigkeits-Strahler

zur Kalibrierung von Strahlungsthermometern und Thermografiegeräten  
im Temperaturbereich von  $-20\text{ °C}$  bis  $350\text{ °C}$ <sup>1</sup>

**HEITRONICS**  
Infrarot Messtechnik



- Apertur:  $\varnothing 60\text{ mm}$
- Strahlrohrlänge:  $300\text{ mm}$
- Standard-Messunsicherheit:  
 $0,15\text{ °C} \dots 0,70\text{ °C}$
- Tragbar, Gewicht: ca.  $20\text{ kg}$
- Strahlrohr befindet sich in einem Bad
- Flüssigkeitsvolumen:  $1,35\text{ Liter}$
- Ausgezeichnete Temperaturhomogenität
- Präzisionsregler mit Programmgeber  
(8 Messpunkte)
- Hohe Stabilität, geringe Regelschwankungen
- Kurze Einstellzeit: ca.  $1\text{ h}$  für einen  
Temperaturwert
- Stickstoffspülung zur Taupunktunterdrückung
- Rückführung mit RTD-Pt100 (DAkKS kalibriert) oder
- Rückführung mit HEITRONICS Transfer-Strahlungs-  
Thermometer (TRT)
- Kalibrierung von Pt100 und Thermoelementen  
mit  $d = 3\text{ mm}$
- Eingebautes Kühlrohr für externen Kühler

Nach dem neuesten Stand der Technik muss ein Schwarzer Strahler verwendet werden, um Strahlungsthermometer und Thermografiegeräte mit Temperaturbereichen innerhalb von  $-20\text{ °C}$  bis  $350\text{ °C}$  zu kalibrieren.

Ein idealer Schwarzer Strahler sendet in einem definierten Wellenlängenbereich Strahlung aus, die nur von seiner Temperatur abhängt. Sein Emissionsgrad ist 1 (Plancksches Strahlungsgesetz). Eine Oberfläche, die solch einem Strahler sehr nahe kommt, ist eine Öffnung in einem Hohlraum, dessen innere Oberfläche geschwärzt und gleichmäßig temperiert ist. Wenn die Öffnung im Vergleich zur Größe des Hohlraums sehr klein ist, strahlt sie praktisch wie ein „Schwarzer Strahler“. Der Emissionsgrad ist nur we-

nig kleiner als 1. Diese Bedingung wird durch einen Zylinder (Rohr mit einem Boden) erfüllt, wenn das Verhältnis von Länge zu Durchmesser groß ist. Deshalb ist die Öffnung des Zylinders hervorragend geeignet, um Strahlungsthermometer und Thermografiegeräte zu kalibrieren.

### Kalibrierung

Zur Kalibrierung wird das Strahlungsthermometer bzw. das Thermografiegerät in einem bestimmten Abstand vor der Öffnung des Schwarzen Strahlers angebracht. Das jeweilige Ausgangssignal wird mit der Strahlungstemperatur  $T_{\text{rad}}$  des Schwarzen Strahlers verglichen.

Die Strahlungstemperatur  $T_{\text{rad}}$  kann mit

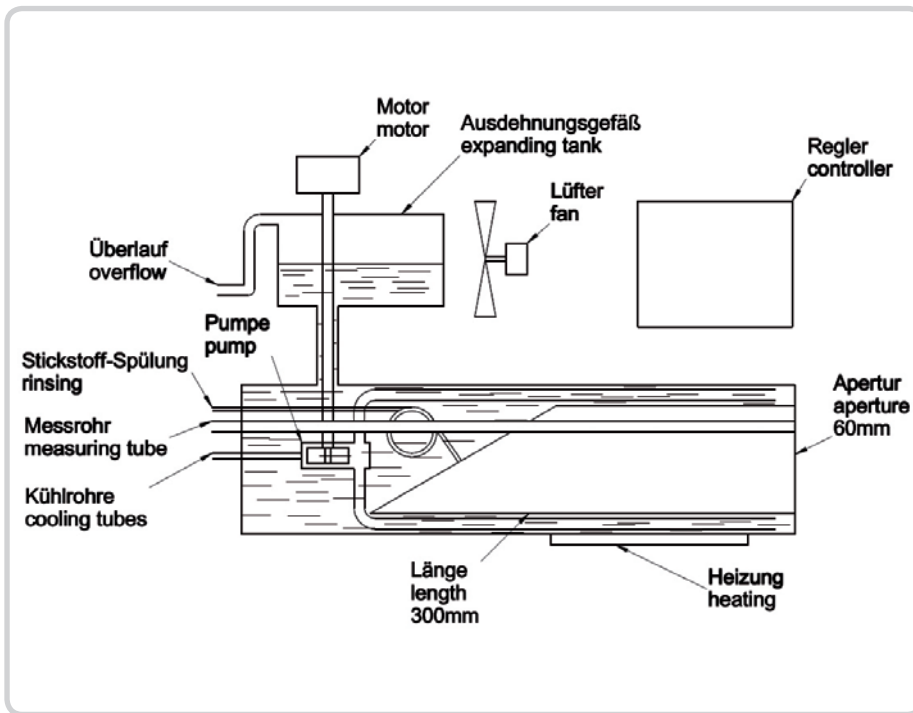
einem genauen HEITRONICS Transfer-Strahlungs-Thermometer (TRT), das die gleiche spektrale Empfindlichkeit wie das Strahlungsthermometer besitzen muss, für eine Kalibrierung direkt bestimmt werden. Sie kann aber auch mit Hilfe eines externen präzisen Widerstandsthermometers Pt100 und eines genauen Auswertegeräts berechnet werden.

### Historie

Um den immer anspruchsvolleren Anforderungen an eine zuverlässige und genaue Kalibrierungsquelle für den rasch expandierenden radiometrischen, wissenschaftlichen und industriellen Markt für niedrige Temperaturmessungen zu genügen, wurde vom Ingenieur-

<sup>1</sup>  $-20$  bis  $40\text{ °C}$  mit externem Kühler

## Schwarzer Flüssigkeits-Strahler ME30



**Bild 1:** Schwarzer Flüssigkeits-Strahler ME30 (schematisierte Darstellung)

büro Mester der Schwarze Flüssigkeits-Strahler ME20 entwickelt. Dies geschah 1998. Die Entwicklung wurde von dem deutschen VDI/VDE Ausschuss 2.51 „Angewandte Strahlungsthermometrie“ und von der „Arbeitsgruppe 7.32 Infrarot Strahlungsthermometrie“ der Physikalisch Technischen Bundesanstalt PTB in Berlin unterstützt.

Die Schwarzen Strahler der Serie ME20 erfüllen alle Bedingungen für die Justierung und Kalibrierung von Strahlungsthermometern nach den VDI/VDE-Richtlinien 3511, Temperaturmessung in der Industrie, *Strahlungsthermometrie Teil 4 und Kalibrierung von Strahlungsthermometern Teil 4.4.*

Ein hoher Emissionsgrad von  $\epsilon = 0,9994$  wird mit Hilfe eines geschwärzten Zylinders aus Messing mit einer Länge von 300 mm und einem Durchmesser von 60 mm erreicht. Dieser Zylinder ist in ein Flüssigkeitsbad eingetaucht. Die Flüssigkeit wird von einer starken Pumpe umgewälzt.

Deshalb besitzt die innere Oberfläche des Zylinders eine sehr gleichmäßige Temperatur.

In den Jahren 1999 bis 2009 wurden Schwarze Flüssigkeits-Strahler der ME20-Serie an mehrere metrologische Institute, an viele Hersteller von Strahlungsthermometern sowie an zahlreiche Kalibrierlabors und Unternehmen auf der ganzen Welt verkauft.

Im Jahr 2010 wurden die Entwicklung, die Herstellung und der Vertrieb von HEITRONICS Infrarot Messtechnik GmbH übernommen. Die ME20 Serie wurde komplett weiterentwickelt. Als Ergebnis dieses „Redesigns“ entstand der universelle Schwarze Flüssigkeits-Strahler ME30, der nicht nur alle wichtigen Daten Modelle der ME20 Serie vereint, sondern auch viele Verbesserungen aufweist. Dazu gehören neue Sicherheitseinrichtungen, eine bessere Bedienung und ein einfacher Ersatz von Verschleißteilen, ohne dass eine neue Justierung oder Kalibrierung erfolgen muss.

Der Strahler ME30 deckt den gesamten Temperaturbereich von  $-20\text{ °C}$  bis  $350\text{ °C}$  mit nur zwei verschiedenen Flüssigkeiten ab: ein spezielles Silikonöl für Temperaturen von  $90\text{ °C}$  bis  $350\text{ °C}$  und ein weiteres Silikonöl für Temperaturen von  $-20\text{ °C}$  bis  $180\text{ °C}$ .

Für Strahlertemperaturen  $< 40\text{ °C}$  ist ein externer Umlaufkühler erforderlich. In Bild 1 ist der Strahler ME30 in einer schematisierten Zeichnung dargestellt. Der Hohlraum besteht aus einem Messingrohr mit einem Innendurchmesser von 60 mm und einer Länge von 300 mm. Das Rohr ist mit einer um  $30^\circ$  gegen die Achse geneigten Bodenplatte abgeschlossen. Die innere Oberfläche ist mit einer hitzebeständigen Farbe geschwärzt.

Das Außenrohr hat einen Durchmesser von 90 mm und eine Länge von 400 mm. Im Raum zwischen den Rohren und im hinteren Teil befindet sich die Badflüssigkeit. Das Gesamtvolumen beträgt nur 1,35 Liter. Eine leistungsfähige Pumpe befindet sich hinter dem Strahlrohr. Der Ausgang der Pumpe ist mit sechs Rohren verbunden, die am Strahlrohr angelötet sind. Sie ermöglichen eine schnelle und gleichmäßige Umwälzung der Badflüssigkeit. Das Ergebnis ist eine gleichmäßig verteilte Temperatur im Hohlraum.

Da das Badvolumen sehr gering ist, beträgt die Aufheizzeit durchschnittlich nur 1 Stunde. Das zirkulierende Bad ist oben durch ein Rohr - in dem auch die Pumpenwelle geführt wird - mit einem Ausgleichsbehälter verbunden. In diesem ist genügend Platz für eine maximale Ausdehnung von ca. 30 % Volumen. Die Flüssigkeit im Ausgleichsbehälter nimmt nicht an der Umwälzung teil. Ein Lüfter kühlt den Ausgleichsbehälter, so dass selbst bei der höchsten Badtemperatur von  $350\text{ °C}$  die Temperatur im

Ausgleichsbehälter < 150 °C beträgt. Die heiße Flüssigkeit unterhalb des Ausgleichsbehälters kommt nicht mehr mit dem Luftsauerstoff in Berührung.

Die Ermittlung der Badtemperatur  $T_{\text{probe}}$  ist an einem dafür vorgesehenen Kupferrohr mit einem Innendurchmesser von 6 mm möglich. Dieses ist an der äußeren Oberfläche des Strahlrohrs mit einem sehr guten Wärmekontakt ange-

Die Regelung der Badtemperatur ist 15 °C oberhalb der Umgebungstemperatur stabil (ca. 40 °C). Für niedrige Temperaturen muss deshalb ein externer Kühler eingesetzt werden. Ein Kühlrohr befindet sich innerhalb des Bades. Zur Unterdrückung von Eisbildung bzw. des Taupunktes kann das Strahlrohr mit trockenem Stickstoff oder sauberer, trockener Luft gespült werden.

Schwarzen Strahler ME30 können die Kalibrierverfahren I und IIa angewandt werden.

## Kalibrierverfahren I

Mit einem Berührungsthermometer kann die Temperatur  $T_{\text{probe}}$  an einem klar definierten Ort gemessen werden und daraus die Strahlungstemperatur  $T_{\text{rad}}$  ermittelt werden. Dazu müssen die Temperaturdifferenz  $\Delta T_{\text{probe}}$  zwischen der Temperatur des Berührungsthermometers und der Oberflächentemperatur  $T_{\text{surf}}$  des Hohlraums sowie die durch den Emissionsgrad  $\epsilon_{\text{bb}}$  des Schwarzen Strahlers im Spektralbereich des zu kalibrierenden Strahlungsthermometers bedingte Temperaturkorrektur  $\Delta T_{\epsilon}$  bekannt sein. Dann kann die Strahlungstemperatur  $T_{\text{rad}}$  abhängig von der Temperatur  $T_{\text{probe}}$  errechnet werden.

$$T_{\text{rad}} = T_{\text{probe}} - \Delta T_{\text{cor}} ; \text{ mit } \Delta T_{\text{cor}} = \Delta T_{\text{probe}} + \Delta T_{\epsilon}$$

Weil der Emissionsgrad des Strahlers ME30 sehr groß ist ( $\epsilon_{\text{bb}} = 0,9994$ ) und weil die Temperaturdifferenz  $\Delta T_{\text{probe}}$  nur sehr gering ist, ist auch der Korrekturwert  $\Delta T_{\text{cor}}$  abhängig von der mit dem Berührungsthermometer gemessenen Temperatur  $T_{\text{probe}}$  sehr klein.

## Kalibrierverfahren IIa

Ein hochpräzises Strahlungsthermometer wie das HEITRONCS Transfer-Strahlungsthermometer (TRT) kann zur Kalibrierung des Schwarzen Flüssigkeits-Strahlers ME30 verwendet werden. Dazu wird die Abweichung  $\Delta T_{\text{cor}}$  der Temperaturanzeige  $T_{\text{probe}}$  eines externen Berührungsthermometers oder die Abweichung von der Istwertanzeige des Reglers abhängig von der jeweils angezeigten Temperatur  $T_{\text{probe}}$  festgestellt.

Die Spektrale Empfindlichkeit (effektive Wellenlänge  $\lambda_{\epsilon}$ ) vom TRT und dem zu kalibrierenden Strahlungsthermometer müssen übereinstimmen.

Weitere Angaben zu den beiden Verfahren befinden sich in der Bedienungsanleitung ME30.



**Bild 2:** Kalibrierung des ME30 mit Transfer-Strahlungs-Thermometer (TRT)

lötet. In dieses Messrohr kann ein externer Temperaturfühler (Widerstandsthermometer Pt100) geschoben werden. Er ermöglicht eine präzise Messung der Hohlraumoberfläche an verschiedenen Orten innerhalb des Bades. Ein Ort in der Nähe der Rückplatte wird zur Bestimmung der Temperatur  $T_{\text{probe}}$  mit einem externen Pt100 gewählt. In einem zusätzlichen Rohr befindet sich ein fest eingebauter Pt100 als Temperaturgeber für den Regler.

Das Spülrohr wird durch das Bad geführt und endet an der Rückseite des Strahlrohrs. Der Stickstoff bzw. die Luft nimmt die Badtemperatur an und beeinflusst deshalb nicht die innere Oberflächentemperatur des Strahlrohrs.

## Kalibrierverfahren

Mehrere Verfahren zur Kalibrierung von Strahlungsthermometern werden in der oben genannten VDI/VDE-Richtlinie beschrieben: I, IIa, IIb, IIc und III. Mit dem

## Technische Basisdaten ME30

<b>Temperaturbereich:</b>	-20 °C bis 350 °C	<b>Regler:</b>	Eurotherm 2408; 4 Digit-PID mit Programmer für 8 Temperaturen
<b>Emissionsgrad:</b>	0,9994 ± 0,0002	<b>Schnittstelle:</b>	RS 232 (opt. 485)
<b>Öffnung/Apertur:</b>	d = 60 mm	<b>Einstellschritt:</b>	0,1 °C
<b>Hohlraumlänge:</b>	300 mm	<b>Regelschwankungen:</b>	0,03 °C bis 0,1 °C
<b>Badflüssigkeit:</b>		<b>Umgebungstemperatur:</b>	15 °C bis 35 °C
Sil. Öl Korasilon M10:	-20 °C bis 180°C	<b>Einstellzeit für neue Temperatur:</b>	ca. 1 h
Sil. Öl Wacker AP 200 stab:	90 °C bis 350 °C	<b>Lagertemperatur:</b>	-40 °C bis 70 °C
<b>Badvolumen:</b>	1,35 Liter	<b>Rel. Feuchte:</b>	10 bis 90 % nicht kondens.
<b>Netzspannung:</b>	230 VAC ± 10%	<b>Max Heizleistung:</b>	1000 W
<b>Temperaturüberwachung:</b>	JUMO eTRON M	<b>Abmessungen:</b>	L470 x B210 x H430 mm
<b>Schutzklasse:</b>	IP 20	<b>zul. Einsatzhöhe:</b>	< 2000 m ü. NHN
		<b>Gewicht:</b>	ca. 20 kg

### Temperaturhomogenität $\Delta T$ in einer Hohlraumtiefe von 200 bis 300 mm

-20 °C bis 100 °C:  $\Delta T < 0,1$  °C; 100 °C bis 200 °C:  $\Delta T < 0,3$  °C; 200 °C bis 350 °C:  $\Delta T < 0,5$  °C

### Temperaturhomogenität $\Delta T$ in einer Hohlraumtiefe von 30 bis 300 mm

-20 °C bis 100 °C:  $\Delta T < 0,1$  °C; 100 °C bis 200 °C:  $\Delta T < 0,5$  °C; 200 °C bis 350 °C:  $\Delta T < 0,8$  °C

### Standard-Messunsicherheit $u$ der Strahlungstemperatur in einer Hohlraumtiefe von 200 bis 300 mm

Kalibrierung mit einem DAkkS-kalibrierten Widerstandsthermometer

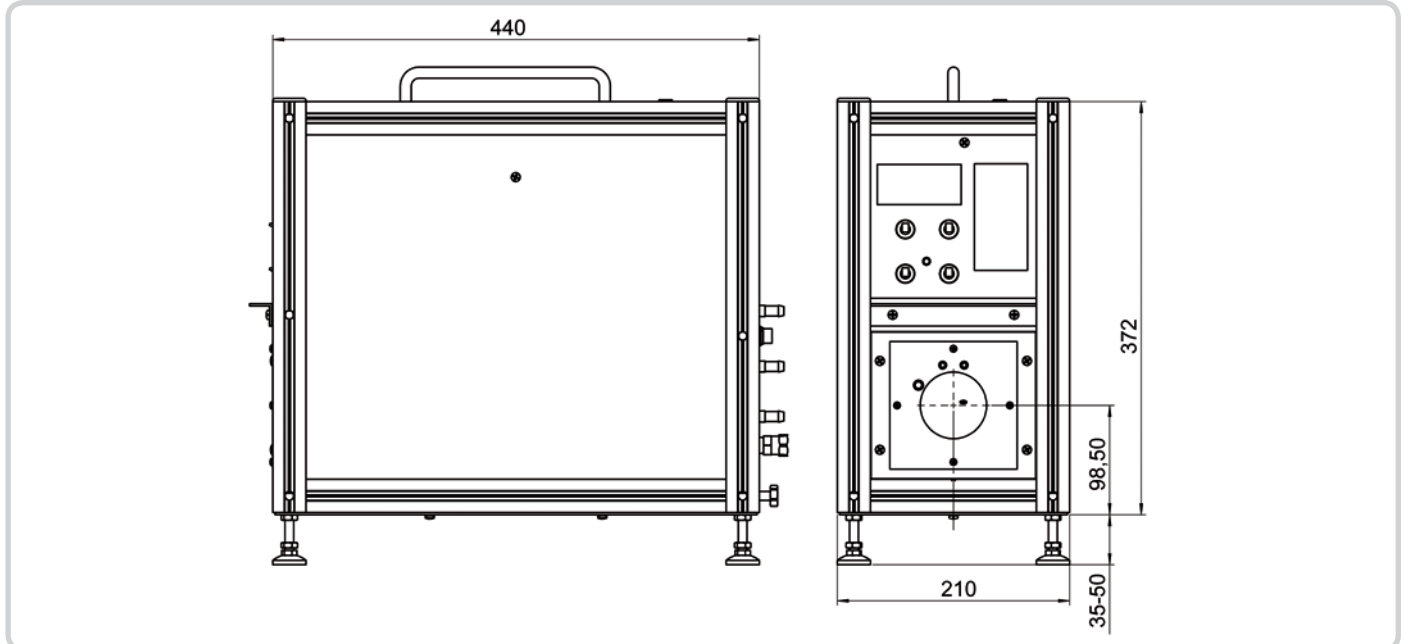
-20 °C bis 100 °C:  $u \leq 0,23$  °C; 100 °C bis 200 °C:  $u \leq 0,36$  °C; 200 °C bis 350 °C:  $u \leq 0,54$  °C

### Standard-Messunsicherheit $u$ der Strahlungstemperatur in einer Hohlraumtiefe von 200 bis 300 mm

Kalibrierung mit einem HEITRONICS Transfer-Strahlungsthermometer

-20 °C bis 100 °C:  $u \leq 0,11$  °C; 100 °C bis 200 °C:  $u \leq 0,16$  °C; 200 °C bis 350 °C:  $u \leq 0,21$  °C

Die Messunsicherheit erhöht sich, wenn bei der Kalibrierung auch Flächenelemente des Hohlraums im Bereich < 200 mm erfasst werden.



**Bild 3:** ME30 Abmessungen in mm

Weitere Informationen, interessante Fakten und Downloads rund um das Thema „Berührungslose Temperaturmessung von -100 °C bis 3000 °C“ halten wir auf unserer Webseite für Sie bereit.