

Messverfahren

Methods of measuring

Messverfahren *Methods of measuring*

Inhalt / *Table of Contents*Seite / *Page*

1. Einleitung <i>Introduction</i>	2
2. Temperaturmessung <i>Measurement of temperature</i>	2
2.1 Messungen mit Kontakt zum Messobjekt <i>Measurements with contact to the object</i>	2
2.1.1 Messfühler <i>Measuring sensors</i>	3
2.1.2 Messung der Lufttemperatur <i>Measurement of the air temperature</i>	4
2.1.3 Messung der Oberflächentemperatur <i>Measurement of the surface temperature</i>	5
2.1.4 Messung der Objektwandtemperatur <i>Measurement of the temperature on the object wall</i>	5
2.2 Berührungslose Messungen mittels Thermografie <i>Thermographical measurements without contact to the object</i>	6
2.2.1 Grundlagen der Thermografie <i>Principles of thermography</i>	6
2.2.2 Vorgehensweise bei der Messung <i>Procedure of measurement</i>	7
2.2.3 Auswertung <i>Evaluation</i>	8
2.2.4 Grenzen der Aussagen von Thermografiebildern <i>Limitations of information by thermographical pictures</i>	11
2.2.5 Vor- und Nachteile der Thermografie <i>Advantages and disadvantages of thermography</i>	12
2.3 Strahlungsipyrometer <i>Radiation pyrometer</i>	12
3. Wärmestrommessungen <i>Measurements of the heat flow rate</i>	13
3.1 Wärmestrommesser <i>Heat flow meters</i>	13
3.2 Messen der Wärmestromdichte <i>Measurement of the density of heat flow rate</i>	14
4. Messen von Luftgeschwindigkeit und relativer Feuchte <i>Measurement of air speed and relative humidity</i>	15
4.1 Luftgeschwindigkeit <i>Air speed</i>	15
4.2 Relative Luftfeuchte <i>Relative humidity</i>	16
5. Messung von Isolierschichtdicken bei Mineralwolle <i>Measurement of insulation layer thicknesses for mineral wool</i>	17
6. Schichtdickenmessungen <i>Measurements of plating thicknesses</i>	17

1. Einleitung

Bei der Durchführung ihrer Aufträge haben Isolierunternehmen häufig Tauwasserfreiheit auf der Isolieroberfläche oder physikalische Werte wie Wärmestromdichte oder Oberflächentemperatur zu gewährleisten. Diese Werte können nur erreicht werden, wenn die vertraglich festgelegten Randbedingungen, wie z. B. Mediumtemperatur, Umgebungstemperatur, relative Luftfeuchte und Windgeschwindigkeit, eingehalten sind.

Im Schiedsfall, aber auch zur eigenen Absicherung des Isolierunternehmens, kann es notwendig werden, diese Daten messtechnisch nachzuweisen.

Außerdem sind häufig Isolierschichtdicken und Schichtdicken zu messen.

Dieser Technische Brief behandelt deshalb die Messmittel sowie die entsprechenden Messverfahren.

2. Temperaturmessung

2.1 Messungen mit Kontakt zum Objekt

Für das Messen von Temperaturen an isolierten Objekten und von Umgebungstemperaturen stehen handelsübliche Handmessgeräte, bestehend aus Anzeigegerät und Messfühler zur Verfügung. Deren Messprinzip basiert auf der EMK (elektromotorischen Kraft) von Thermopaaren. Widerstandsthermometer sind für diese Zwecke nicht gebräuchlich.

Die Messfühler sind in unterschiedlichen Ausführungsarten erhältlich. Der Verwendungszweck bestimmt die erforderliche Bauart des Fühlers.

In nachstehenden Bildern sind einige Bauarten von Messfühlern gezeigt.

1. Introduction

In the execution of their assignments, insulation companies are frequently requested to accept liability for the absence of condensation on the insulation surface or for physical values, such as density of heat flow rate or surface temperature. These values can only be obtained if the contracted fringe conditions, e. g. temperature of the medium, ambient temperature, relative humidity and wind speed, are being maintained.

In case of conflict, but also to protect the interests of the insulation company, it can be required to prove these data by measurement.

Additionally, frequently insulation layer and coating thicknesses must be measured.

This Technical Letter, therefore, deals with devices for measurement and the associated methods.

2. Measurement of temperatures

2.1 Measurements with contact to the object

For the measurement of temperatures of insulated objects and of the ambient air, hand measuring devices are commercially available, which consist of a measuring sensor and a display. The principle of measuring is based on the e.m.f. (electromotive force) of thermocouples. Resistance thermometers are unusual for these purposes.

The measuring sensors are available in different configurations. The purpose determines the required design of the sensor.

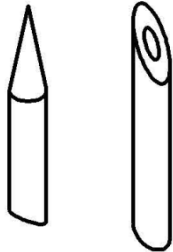
The figures below show some configurations of measuring sensors.

2.1.1 Messfühler

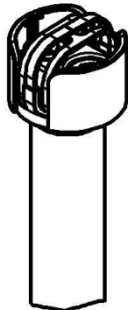
2.1.1 Measuring sensors

Messfühler mit HandgriffMeasuring sensors with handles

1a) Einsteckfühler
1a) Needle sensor



1b) Oberflächenfühler
1b) Surface sensor



federnder Fühlerkopf
yielding sensor head



Bändchenfühler
(auch abgewinkelt)
string sensor
(also angled)

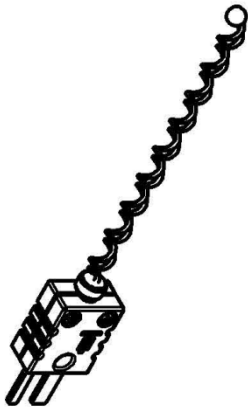
1c) Luftfühler
1c) Air sensor



geringe Trägheit;
Fühlerkopf
strahlungsgeschützt durch
Hohlrohr
low inertia;
sensor head radiation-
protected by pipe

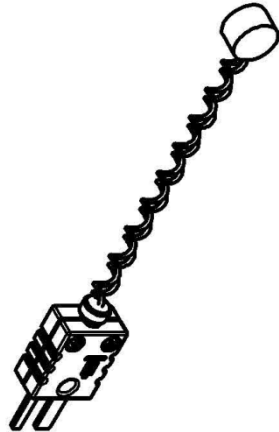
Messfühler zum Befestigen am ObjektSensors to be fastened on the object

2a) offener Messfühler
2a) open sensor

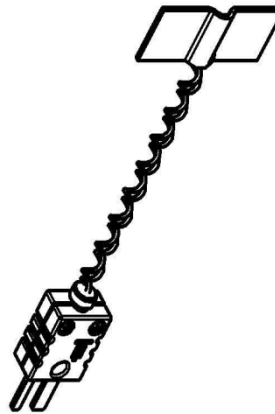


geringe Trägheit,
strahlungsungeschützt
low inertia,
not radiation-protected

2b) Fühler mit magnetischer Haftung oder zum Aufkleben
2b) Sensors with magnetic adhesion or for glueing

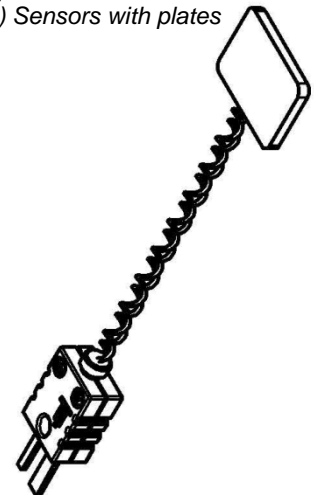


mit Magnet
with magnet



mit Klebestreifen
with glueing tape

2c) Messfühler mit Plättchen
2c) Sensors with plates



mit Plättchen z. B. aus Kupfer
with plate e. g. of copper

Die Genauigkeit dieser Messfühler richtet sich nach der Klasse und der Art des Thermopaars. Die Umrechnung des Messsignals in die Messgröße erfolgt elektronisch. Die Temperatur wird üblicherweise in digitaler Form angezeigt.

The precision of these sensors is determined by the class and the type of the thermocouple. The transformation of the measured signal to the value displayed is done electronically. The temperature is normally displayed in digital form.

Da die heute gebräuchlichen Geräte das Anschließen unterschiedlicher Thermopaararten, z. B. Kupfer-Konstantan oder NiCr-Ni zulassen, ist auf die richtige Stellung des Wahlschalters zu achten.

Since the instruments available today allow for the combination with different types of thermocouples, e. g. copper-constantan or NiCr-Ni, the correct position of the selection switch must be observed.

Für die Messaufgaben im Rahmen von Oberflächentemperaturmessungen werden Messfühler der Klasse 1 verwendet. Die Genauigkeit beträgt für die Klasse 1 je nach Thermopaar bis zu einer Temperatur von ca. 100 °C 0,5 K bis 1,5 K. Bei höheren Temperaturen von 500 °C bis 600 °C sind Abweichungen bis 2,5 K möglich; auf den geeigneten Temperaturbereich und eine entsprechend temperaturbeständige Isolierung bei Thermopaaren ist zu achten.

Eine Verlängerung der Messfühler darf dabei nur mit „Ausgleichsleitungen“ erfolgen. Ausgleichsleitungen sind spezielle elektrische Leiter, die im Bereich der Raumtemperatur die gleiche Thermospannungscharakteristik wie die Thermopaare aufweisen. Sie sind deshalb nur entsprechend ihrem Verwendungszweck einzusetzen, d. h. Ausgleichsleitungen für Kupfer-Konstantan dürfen nicht für Messfühler aus NiCr-Ni verwendet werden. Gleiches gilt für Anschlussklemmen oder Stecker. In VDI/VDE 3511, Blatt 2 „Technische Temperaturmessungen – Berührungsthermometer“ werden grundsätzliche Hinweise für die Durchführung von Temperaturmessungen gegeben.

Nur wenn die Verbindungsstelle zum Messfühler und die Anschlussstelle zum Messgerät die gleiche Temperatur haben, dürfen Kupferleitungen als Verlängerungen verwendet werden.

Zu- und Abfuhr von Wärme an den Messfühler durch Wärmestrahlung oder durch Wärmeleitung in den Zu- und Ableitungen verändern dessen Temperatur, so dass die Anzeige verfälscht wird. Außerdem erfordert die thermische Trägheit des Fühlers, die von seiner Masse abhängig ist, eine gewisse Wartezeit bis zum Ablesen des Messwertes. Es ist deshalb durch die im Folgenden beschriebenen Maßnahmen dafür zu sorgen, dass die Temperatur des Messfühlers die Temperatur des Mediums oder Objekts angenommen hat.

2.1.2 Messung der Lufttemperatur

Beim Messen der Lufttemperatur ist die Trägheit des Messfühlers zu beachten.

Wegen des schlechten Wärmeübergangs von der Luft zum Messfühler dauert es eine gewisse Zeit, bis dieser die Temperatur der Luft angenommen hat. Zum Ablesen des Messwertes muss so lange gewartet werden, bis sich die Anzeige nicht mehr ändert.

Zur Lufttemperaturmessung eignen sich wegen ihrer geringen thermischen Trägheit besonders die Fühlertypen 1c) und 2a). Stehen sie nicht zur Verfügung, können auch andere Fühlertypen verwendet werden.

For measuring tasks in the context of surface temperature measurements, sensors of class 1 are being used. The precision for class 1 depends on the type of thermocouple and is between 0,5 K and 1,5 K up to a temperature of 100 °C. For higher temperatures of about 500 °C to 600 °C, deviations up to 2,5 K are possible. The appropriate temperature range and the related temperature-resistant insulation of the thermocouple must be heeded.

A prolongation of the sensor must only be achieved with “compensation conductions”. Compensation conductions are specific electrical lines which possess at room temperature the same thermo-voltage characteristic as the thermocouple. They can therefore only be employed according to their application purpose, i. e. compensation conductions for copper-constantan must not be combined with sensors of NiCr-Ni. The same applies to connection clamps and plugs. The Guideline VDI/VDE 3511, Part 2 “Temperature measurement in industry – Contact thermometers” provides basic information for conducting temperature measurements.

Copper lines may only be used as compensation conductions where the connection point of the measuring sensor and the connection point with the measuring device possess the same temperature.

The transfer to and from the sensor through thermal radiation or thermal conductivity in the conductions change its temperature, thereby garbling the result. Furthermore, the thermal inertia of the sensor, which is dependent upon its mass, requires a certain delay before the measured value is taken. It must therefore be ascertained by the procedures described below that the temperature of the sensor has adopted the temperature of the medium or the object.

2.1.2 Measurement of the air temperature

For the measurement of the air temperature, the inertia of the sensor must be taken into consideration.

Because of the bad heat transfer from the air to the sensor, a considerable time is required before the sensor has adopted the temperature of the air. One has to wait until the displayed value is stable before recording it.

To measure the air temperature, the sensor types 1c) and 2a) are best suited because of their low thermal inertia. If these are not available, also other types of sensors can be used.

Durch fächernde Bewegung kann der Wärmeübergang am Fühler erhöht und die Trägheit besser überwunden werden.

Through fanning movements, the heat transfer at the sensor can be increased and the inertia better surmounted.

Um den Strahlungsaustausch mit Oberflächen zu vermeiden, die wärmer oder kälter als der Fühler sind, muss dieser, z. B. durch eine Hülse aus Aluminium, gegen die den Messwert verfälschende Wärmestrahlung geschützt werden.

To suppress the radiation exchange with surfaces that are warmer or colder than the sensor, the latter must be protected against thermal radiation garbling the measured value, e. g. by an aluminium sleeve.

2.1.3 Messung der Oberflächentemperatur

2.1.3 Measurement of the surface temperature

Zum Messen von Oberflächentemperaturen eignen sich die Fühlertypen 1b) sowie 2b) und 2c).

The sensor types 1b) and 2b) and 2c) are suited to measure surface temperatures.

Verwendet man Messfühler mit Handgriff, so ist darauf zu achten, dass während der Messung ein dauernder guter Kontakt zur Oberfläche besteht. Messfühler dürfen nicht verkantet werden.

If sensors with a handle are being used, a good and sustained contact with the surface during the measurement must be observed. Measuring sensors must not be tilted.

Magnetisch haftende Fühler haben aufgrund ihrer Masse eine hohe Trägheit.

Magnetically adhering sensors have a high inertia due to their mass.

Zum Ablesen muss der Fühler so lange an der Oberfläche bleiben, bis sich die Anzeige nicht mehr ändert.

Before recording the measurement, the sensor must be in contact with the surface long enough so that the value displayed does not change anymore.

2.1.4 Messung der Objektwandtemperatur

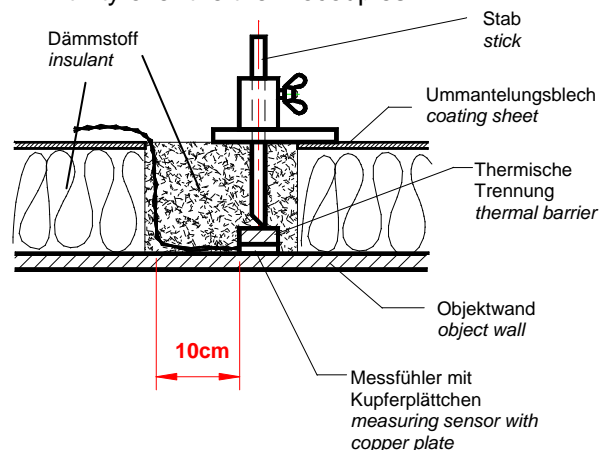
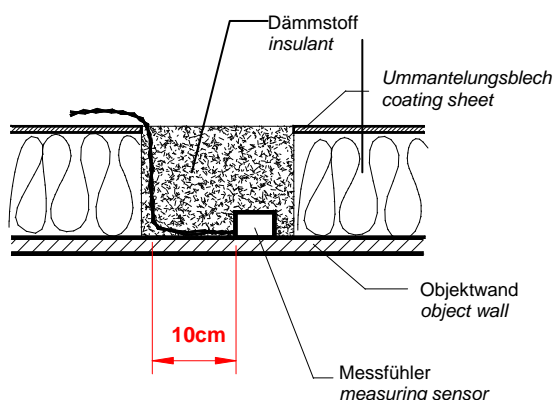
2.1.4 Measurement of the temperature of the object wall

Zum Messen der Objektwandtemperatur ist ein Stück der Dämmung zu entfernen, damit die Objektwand zugänglich wird.

To measure the temperature of the object wall, a piece of the insulation must be taken out to make the object wall accessible.

Fühler nach 2) sind gemäß nachstehender Skizze anzubringen, wobei darauf zu achten ist, dass die Thermodrähte ca. 10 cm entlang der Objektoberfläche zu führen sind, um Einflüsse durch Wärmeleitung über die Thermodrähte zu vermeiden.

Sensors of type 2) must be employed according to the sketch below, where it is important that the thermocouples are led along the surface for about 10 cm to avoid influences through thermal conductivity over the thermocouples.



Fühler mit magnetischer Halterung nach 2b) Sensors with magnetic adhesion according to 2b)

Nach Anbringen des Fühlers ist der Dämmstoff wieder zu ergänzen.

Fühler mit Kupferplättchen nach 2c) Sensors with copper plates according to 2c)

After the application of the sensor, the insulant must be replaced.

Recht genaue Messwerte erhält man auch mit dem Messfühler nach 1b). Hierzu ist ein Kanal im Dämmstoff auszustechen, der es erlaubt, den Fühler zur Objektwand zu führen.

Considerable exact measuring values may also be obtained using sensors of type 1b). To employ them, a channel must be cut into the insulation material which allows for the application of the sensor to the object wall.

Zur groben Abschätzung der Objekttemperatur kann man sich auch mit Einsteckfühlern nach 1a) behelfen.

For a rough estimate of the object temperature, also needle sensors of type 1a) may be used.

Bei Messungen mit Einsteckfühlern ist zu beachten, dass eine Verfälschung des Ergebnisses eintritt, die umso größer ist, je mehr sich die zu messende Oberflächentemperatur von der Temperatur der umgebenden Luft unterscheidet. Dabei wird bei warmen Objekten ein zu niedriger Wert, bei kalten Objekten ein zu hoher Wert angezeigt.

For measurements with needle sensors, it must be taken into consideration that a falsification of the result occurs, which is the larger, the higher the difference between the temperatures of the object to be measured and the ambient air. This leads for warm objects to a value too low and for cold objects to a value too high.

2.2 Berührungslose Messungen mittels Thermografie

2.2 Thermographical measurements without contact to the object

2.2.1 Grundlagen der Thermografie

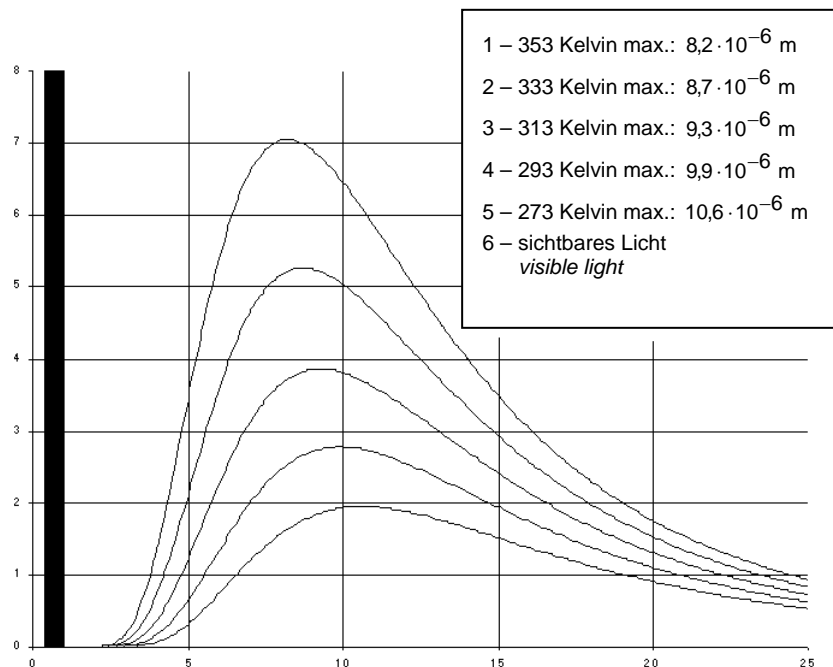
2.2.1 Principles of thermography

Jeder Körper sendet aufgrund seiner Temperatur elektromagnetische Wellen unterschiedlicher Länge aus. Diese Wärmestrahlung ist von der Temperatur des strahlenden Körpers abhängig.

As a consequence of its temperature, every object emits electromagnetic waves of differing length. This thermal radiation is dependent on the temperature of the radiating body.

Bei der Thermografie wird die „langwellige“ Wärmestrahlung gemessen, ähnlich wie bei der Fotografie das sichtbare Licht, dessen Wellen „kürzer“ sind.

Thermography measures the „long-wave“ thermal radiation, similar to photography which measures the visible light, the waves of which are „shorter“.



Elektromagnetische Strahlung: Abhängigkeit der Intensität von der Wellenlänge für den schwarzen Strahler

Electromagnetic radiation: Dependence of intensity upon the wavelength of the black body

Die Strahlung wird von Thermografiegeräten erfasst, über Mikroprozessoren in Temperaturverläufe umgerechnet und bei Thermografie-Kameras in Form von Temperaturfeldern abgebildet.

The radiation is recorded by the thermographical measuring device, transformed into temperature curves with micro-processors and – in case of thermography cameras – pictured as a temperature profile.

Das Hauptproblem bei der Auswertung thermografischer Aufnahmen ist die Berücksichtigung des Strahlungs- und Reflexionsverhaltens der betrachteten Oberflächen.

The main problem for the evaluation of thermographical pictures is the taking into account of the radiation and the reflection behaviour of the considered surface.

Thermografie-Kameras messen die ankommende Wärmestrahlung. Diese hängt vom Emissionsgrad der strahlenden Oberfläche ab, z. B. werden bei identischer Temperatur schwarze Flächen stets „wärmer“ abgebildet als blanke Flächen. Zusätzlich kann die Reflexion von Fremdstrahlung das Ergebnis verfälschen.

Thermography cameras measure the incident thermal radiation. This radiation is dependent on the emissivity of the radiating surface; e. g. with identical temperature, black surfaces are recorded as “warmer” than bright surfaces. Additionally, the reflection of radiation from other sources can garble the result.

Deshalb ist bei jeder thermografischen Messung die Kamera auf den Emissionsgrad der betroffenen Oberfläche abzustimmen, Reflexion von Fremdstrahlung ist auszuschalten.

It is therefore that for each thermographical measurement the camera must be adjusted to the emissivity of the surface considered and the reflection of radiation from other sources must be prevented.

2.2.2 Vorgehensweise bei der Messung

2.2.2 Procedure of measurement

Mit der Thermografie ist es möglich, Temperaturverteilungen auf Oberflächen als Temperaturfelder grafisch sichtbar zu machen. Ob die festgestellten Temperaturfelder eine korrekte Abbildung der Temperatur der betrachteten Oberfläche sind, hängt davon ab, ob alle störenden Einflüsse erfasst und ausgeschaltet werden konnten. Hier muss äußerst sorgfältig vorgegangen werden.

Using thermography, it is possible to produce a graphical display of the temperature distribution of a surface in the form of a temperature profile. Whether the temperature profile observed gives a correct picture of the temperature of the surface considered is dependent on the detection and elimination of garbling influences. Utmost circumspection must be observed.

Befinden sich in der Umgebung der betrachteten Oberfläche weitere Wärmequellen, haben deren Wärmeabstrahlungen zwei Konsequenzen:

In case of additional heat sources in the vicinity of the surface under scrutiny, their temperature radiations have two consequences:

- Sie erhöhen die tatsächliche Temperatur der betrachteten Oberfläche.
- Sie werden – je nach Reflexionsverhalten der betrachteten Oberfläche – zum Teil in die Thermografie-Kamera reflektiert und verfälschen so das Messergebnis.

- They actually increase the temperature of the surface evaluated.
- Their radiation – dependent on the reflection behaviour of the evaluated surface – is partially reflected into the thermography camera and garbles the measuring result.

Bei einem schwarzen Strahler zum Beispiel werden solche fremden Strahlungsquellen die Oberflächentemperatur erhöhen. Das Problem der Reflexion tritt nicht auf.

With a black body for example, such alien radiation sources increase the surface temperature. The problem of reflection does not exist.

Bei blanken Metalloberflächen dagegen führt die Fremdstrahlung zu nur unwesentlicher Erwärmung der Oberfläche, gelangt jedoch wegen des hohen Reflexionsgrades – je nach Reflexionswinkel – in das Thermografiegerät und kann das Messergebnis erheblich verfälschen.

For bright metal surfaces, however, the alien radiation only leads to an insignificant elevation of the surface temperature, however, due to the high reflectivity of the surface, it reaches the thermography meter – dependent on the reflection angle – and may garble the result considerably.

Fremdstrahlung, die auf die zu messende Oberfläche trifft, ist daher abzuschirmen.

Alien radiation reaching the surface to be measured, therefore, must be totally masked.

Zur Berücksichtigung unterschiedlicher Emissionsgrade muss die Thermografie-Kamera mit den auf der zu messenden Oberfläche angetroffenen Emissionsgraden abgeglichen werden. Hierzu ist zunächst eine Messung der Oberflächentemperatur mit einem Kontakt-Temperaturmessgerät notwendig. Mit Hilfe des Ergebnisses dieser Handmessung wird die Infrarotkamera justiert. Dadurch, dass sie auf den gemessenen Wert der betrachteten Fläche abgeglichen wird, ist an ihr der an dieser Stelle wirksame Emissionsgrad eingestellt.

Ist ein derartiger Abgleich nicht möglich, z. B. wegen der Unzugänglichkeit der zu betrachteten Oberfläche, so kann der Emissionsgrad z. B. mit Hilfe der VDI 2055 Blatt 1 (September 2008), Anhang A8 "Emissionsgrad ε verschiedener Oberflächen bei Temperaturen zwischen 0 °C und 200 °C" abgeschätzt werden.

Um vom gemessenen Objekt reflektierte Fremdstrahlung erkennen zu können, muss dieses stets aus mehreren Aufnahmewinkeln betrachtet werden. Insbesondere blanke Oberflächen erhöhen Wärmestrahlungsreflexionen. Diese bewirken Fehlmessungen und können dazu führen, dass die Wirksamkeit des Isoliersystems falsch beurteilt wird.

Je blanker die Oberflächen, desto mehr sind außerdem örtlich schwankende Emissionsgrade zu erwarten.

Ferner ist zu beachten, dass nur dann realistische Ergebnisse zu erwarten sind, wenn die Messungen unter einem Aufnahmewinkel von weniger als 30° um die Flächennormale erfolgen. Außerhalb dieses Bereiches sind Thermoaufnahmen unrealistisch. Daraus ergibt sich, dass profilierte Oberflächen selbst einer qualitativen Messung mit Infrarotkameras wenig zugänglich sind. Gewölbte Flächen, wie z. B. Rohrleitungen, sind aus dem gleichen Grund nur eingeschränkt messbar.

Dies hat zur Folge, dass selbst auf einer ebenen Wand der Bereich korrekter Messung relativ klein ist. Zum Erhalt eines Gesamteindrucks muss die Kamera die ganze zu messende Oberfläche „abfahren“; jedoch nicht durch Schwenken der Kamera, sondern durch Parallelverschiebung!

2.2.3 Auswertung

Die Interpretation und Auswertung von Thermografiebildern darf nur von geschultem und erfahrenem Personal durchgeführt werden. Nur dann können aussagefähige Ergebnisse erzielt werden. Die Auswertung der Bilder erfordert einen weitaus größeren Zeitaufwand als ihre Erstellung.

Eine Voraussetzung erfolgreicher Interpretation ist darüber hinaus die zeitgleiche Erstellung eines

For the consideration of differing emissivities, therefore, the thermography camera must be adjusted to the emissivities that prevail on the surface to be measured. To achieve this, a measurement of the surface temperature with a contact temperature meter is necessary. Using the result of this contact measurement, the infrared camera is adjusted. By adjusting it to the measured value of the surface considered, it is keyed to the emissivity prevailing at this point.

Should that sort of adjustment not be possible, e. g. because of the inaccessibility of the surface considered, the emissivity can be estimated with e. g. the help of VDI 2055 Part 1 (September 2008), Annex A8 "Emissivity ε of various surfaces at temperatures between 0 °C and 200 °C".

To note alien radiation reflected by the object, it is necessary to look at it from different angles. In particular bright surfaces enhance the reflection of thermal radiation. This causes faulty measurements and may lead to a misinterpretation of the effectivity of an insulation system.

The brighter the surface, the more – additionally – locally varying emissivities must be expected.

Furthermore, it must be heeded that realistic results are only to be expected if all measurements are taken within an angle of less than 30° off the surface normal. Outside this angle, thermographical pictures are unrealistic. It is thus obvious that profiled surfaces do not even allow for a qualitative measurement with infrared cameras. Curved surfaces, e. g. piping, for the same reason, can only be measured with restrictions.

A consequence is that even on a plane wall the area of a correct measurement is relatively limited. To get a complete impression, the camera must "travel" over the entire surface to be measured, however, not by rotating the camera, but through parallel movement!

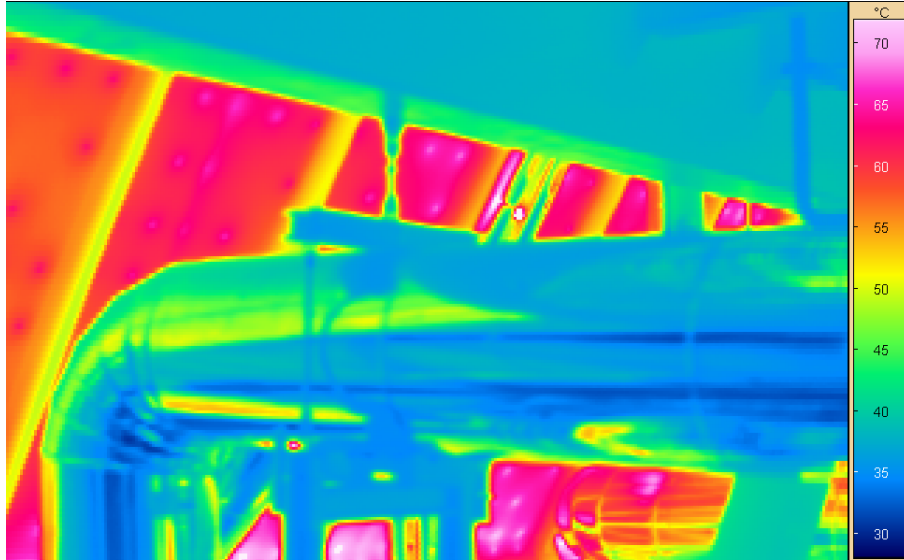
2.2.3 Evaluation

The interpretation and evaluation of thermographical pictures can only be executed by trained and experienced personnel. Only thus, really informative results can be obtained. The interpretation of the pictures demands a definitely larger time effort than their production.

A prerequisite for a successful interpretation furthermore is the simultaneous production of a col-

Farbfotos der betrachteten Anlage, das mit gleicher Kameraeinstellung von jedem Standpunkt einer Thermografieaufnahme aus erstellt und bei der Interpretation der Thermografieaufnahme herangezogen wird. Moderne Thermografiekameras haben aus diesem Grund zwei Objektive und fertigen das Farbbild zeitgleich mit dem Thermografiebild an.

oured photo of the installation considered, which is made with a similar camera adjustment from each picturing point of a thermographical picture and which is considered for the interpretation of the latter. Modern thermography cameras, therefore, have two lenses and produce the coloured picture simultaneously with the thermographical picture.

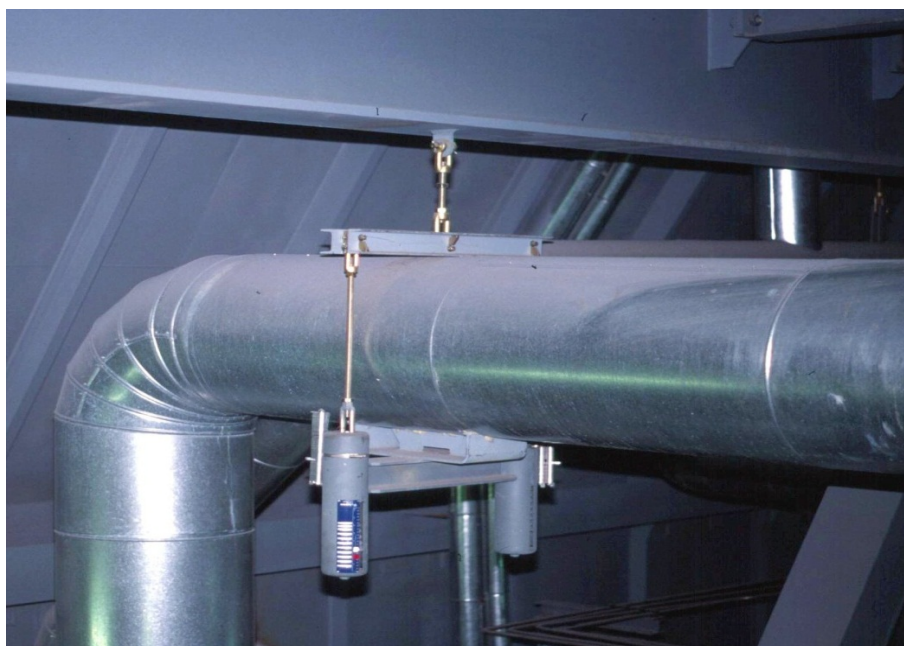


Thermografieaufnahme einer Rohrleitung mit einer Ummantelung aus Aluminiumblech

Grenzen der Aussagefähigkeit von Thermografiebildern: Die Oberfläche der Aluminiumblechummantelung zeigt Temperaturen bis zu 55 °C, obwohl die Rohrleitung außer Betrieb ist. Die angezeigten Temperaturen sind ausschließlich auf Reflexionen zurückzuführen. Der Einfluss des Staubes auf Emissionsgrad und Reflexion ist ebenfalls gut sichtbar.

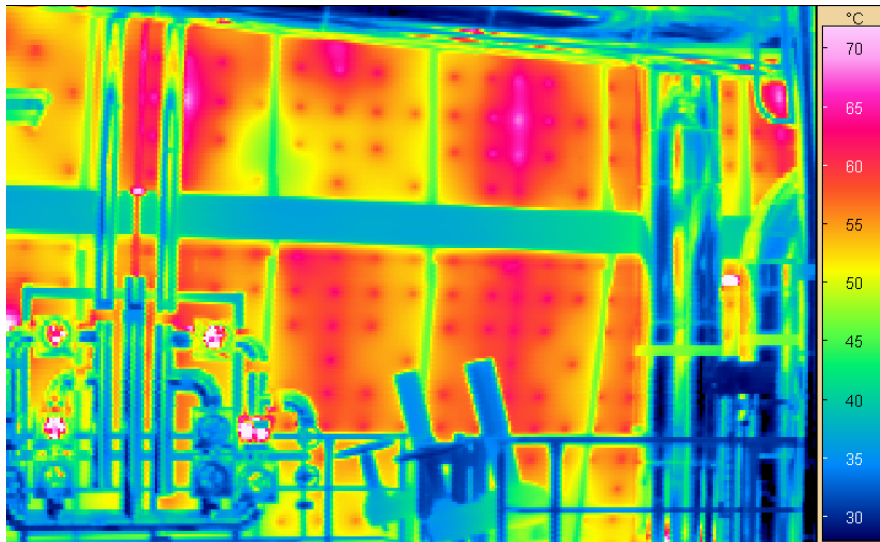
Thermographical picture of a pipe with an aluminium-sheet cladding

Limits of the information to be gained from thermographical pictures: The surface of the aluminium-sheet cladding shows temperatures up to 55 °C, despite the fact that the pipe is out of operation. The temperature shown is the sole result of reflection. The influence of dust on emissivity and reflection is also clearly visible.



Farbfoto der Rohrleitung

Coloured picture of the pipe



Thermografieaufnahme einer farbbeschichteten Kesselwand mit Innendämmung

Die an die Kesselwand angeschweißten Mattenhalter zeichnen sich deutlich als Wärmebrücken ab. Im rechten oberen Feld weist die Dämmschicht eine Fuge auf. Wegen des hohen Emissionsgrades $\varepsilon = 0,96$ kann eine Verfälschung der Temperatur durch Reflexion ausgeschlossen werden.

Thermographical picture of a paint-coated boiler wall with internal insulation

The insulation mat pins welded to the boiler wall show clearly as thermal bridges. In the right upper area, the insulation layer shows a gap. Because of the high emissivity $\varepsilon = 0,96$, a garbling of the temperature through reflection can be excluded.



Farbfoto der Kesselwand

Coloured picture of the boiler wall

2.2.4 Grenzen der Aussagen von Thermografiebildern

Bei der Mehrzahl der zu prüfenden Anlagen können Thermografiermessungen nicht durchgeführt werden, da es die Oberflächen- und/oder Umgebungsbedingungen nicht zulassen. Deshalb wird empfohlen, im Vorfeld die Möglichkeit einer Thermografiermessung an einer Anlage zu prüfen. Damit kann vermieden werden, dass eine zeitaufwändige und kostenintensive Thermografierstudie durchgeführt wird, die trotz allen technischen Aufwandes aus einfachen physikalischen Gründen keine auswertbaren Ergebnisse erbringen kann.

Bei eng beieinander liegenden Rohrleitungen (Rohrbündeln) wie auf Rohrbrücken oder in Verteilerstationen sind Thermografiebilder überhaupt nur im Zusammenhang mit umfangreichen Oberflächentemperaturmessungen mit Messfühler auswertbar, so dass sie sich erübrigen.

Sonneneinstrahlung beeinflusst die Aussagefähigkeit von Thermografiebildern so stark, dass sie nicht ausgewertet werden können. Messungen sind daher nur bei dichter Bewölkung oder bei Nacht sinnvoll.

Wenn die Ausschaltung der Fremdstrahlung, die von der betrachteten Oberfläche in die Kamera reflektiert werden kann, nicht sichergestellt ist, so hat die Thermografie nur begrenzt qualitativen Aussagewert.

Eine weitere Interpretationsschwierigkeit für Thermografiebilder stellen die unterschiedlichen Emissionsgrade dar, die auf der gemessenen Oberfläche auftreten. Korrekt kann die Messung nur für Oberflächenbereiche sein, die genau den Emissionsgrad aufweisen, auf den die Thermografie-Kamera abgeglichen worden ist. Da bereits geringfügige Veränderungen der Oberfläche, z. B. Verstaubungen und Verschmutzungen, diesen Emissionsgrad gravierend ändern, muss der in Kapitel 2.2.2 beschriebene „Abgleich der Thermografie-Kamera“ überall dort erfolgen, wo eine Änderung des Emissionsgrades zu vermuten ist. Wegen der großen Bedeutung des Emissionsgrades ist diese Sorgfalt unumgänglich. Sehr oft sind thermografisch gemessene Temperaturunterschiede auf einer Oberfläche ausschließlich Folge unterschiedlicher Emissionsgrade.

2.2.4 Limitations of information by thermographical pictures

With the majority of installations to be checked, thermographical measurements are not possible, since the surface and/or ambient conditions do not allow for it. It is therefore recommended to check beforehand the possibilities of a thermographical measurement of an installation. This helps to avoid the execution of a time-consuming and cost-intensive thermographical study, which, owing to fundamental physical reasons, despite all technical circumspection employed, cannot render any informative results.

For pipes running in close vicinity (pipe clusters) as on pipe bridges or in distributor stations, thermographical pictures – if at all – can only be evaluated in connection with extensive measurements of surface temperatures, so that they could as well be dispensed with.

Solar radiation influences the information value of thermographical pictures so strongly that they cannot be evaluated. Measurements do make sense therefore only under dense clouds or at night.

If the elimination of alien radiation, which is reflected from the considered surface into the camera, cannot be ascertained, the thermography is of limited qualitative information value only.

An additional difficulty for the interpretation of thermographical pictures is constituted by the different emissivities occurring at the surface to be measured. Correct measurements are only possible for those areas of the surface where exactly that emissivity prevails to which the thermographical camera has been keyed. Since already small variations of the surface, e. g. dust and dirt, gravely change the emissivity, the “adjustment of the thermographical camera”, described in chapter 2.2.2, needs to be repeated wherever a change of emissivity is suspected. Due to the high importance of the emissivity, this circumspection is indispensable. Very frequently thermographically measured temperature differences on a surface are solely the consequence of changing emissivities.

2.2.5 Vor- und Nachteile der Thermografie

An ebenen oder quasi ebenen Flächen (z.B. Tankummantelungen aus Glattblech) ermöglicht die Thermografie einen raschen qualitativen Überblick über die Temperaturverteilung auf der Oberfläche.

Es ist dabei ihr Vorteil, dass „mängelfreie“ Isoliersysteme zweifelsfrei konstatiert werden können: Zeigt eine thermografische Auswertung einer solchen „ebenen“ Fläche mit homogenem Isoliere Aufbau die erwartete gleichmäßige Oberflächentemperatur, so liegen mit Sicherheit keine thermischen Mängel im Isoliersystem, etwa Wärmebrücken, vor.

Dagegen kommt die Thermografie für komplizierte Anlagengeometrien und profilierte Flächen nicht in Betracht.

Darüber hinaus kann die Thermografie dort, wo Unregelmäßigkeiten auftreten, nur Anlass zur Detailprüfung an mittels Thermografie identifizierten Einzelpunkten einer Isoliereoberfläche sein: Sie ist ein Hinweis auf mögliche Fehler. Sie kann zwar Fehler nicht zweifelsfrei konstatieren, jedoch Veranlassung zur Detailuntersuchung sein. Mit anderen Methoden / Prüfungen müssen an den identifizierten Stellen die Ursachen aufgedeckt werden.

Damit ist die Thermografie kein schnelles unkompliziertes Verfahren, mit dem qualitative Aussagen, z. B. über erhöhte Wärmeverluste bei einem Isoliersystem, gemacht werden könnten. Es ist auch kein Verfahren zum Aufdecken von Fehlern, vielmehr nur ein Verfahren, um den Bereich detaillierter Fehlersuche einzugrenzen.

2.3 Strahlungs pyrometer

Beim Strahlungs pyrometer wird wie bei der Thermografie die langwellige Wärmestrahlung gemessen. Die Messung erfolgt jedoch nur punktuell. Das Strahlungs pyrometer bildet abstandsabhängig eine Messfläche des Objekts ab. Der Abstand muss so gewählt werden, dass die Messfläche kleiner als die Objektfläche ist.

Für das Messen von Oberflächentemperaturen mit Strahlungs pyrometern gilt prinzipiell das gleiche wie in den vorangegangenen Kapiteln über Thermografie Gesagte. Das Strahlungs pyrometer gibt jedoch die gemessene Temperatur nur als Zahlenwert in einer Anzeige an und erlaubt daher nicht wie die Thermografie-Kamera die Darstellung von Temperaturfeldern. Der Bereich, der bei gleichem Abstand zum Objekt erfasst wird, ist beim Strahlungs pyrometer kleiner als bei der Thermografie-Kamera.

2.2.5 Advantages and disadvantages of thermography

For plane or almost plane surfaces (e. g. tank wall claddings of flat sheet metal) thermography allows for a fast qualitative overview of the temperature distribution on the surface.

It is an advantage that „faultless“ insulation systems can be stated without doubt: If the thermographical evaluation of such a „plane“ surface with a homogeneous insulation structure shows the even surface temperature expected, then there are most certainly no thermal faults in the insulation system, such as thermal bridges.

However, the thermography cannot be considered for complicated installation geometries or profiled surfaces.

Additionally, where irregularities have been shown, the thermography can only lead to a more detailed investigation of identified points on an insulation surface: It is a hint at possible mistakes. It cannot state mistakes without doubt, however, it can lead to a more detailed investigation. Other methods / checks must then be employed to discover the reasons for the irregularity shown at the identified spot.

Thermography is thus no expeditious uncomplicated method to establish qualitative information, e. g. about increased heat losses in an insulation system. Also, it is no procedure to discover mistakes, but only a procedure to limit the area for a more detailed investigation.

2.3 Radiation pyrometer

Radiation pyrometers measure the thermal radiation of long wavelength in the same way as does thermography. The measurement, however, is only taken for isolated points. The radiation pyrometer maps a measurement surface of the object, depending on the distance to the object. The distance has to be so chosen, that the measuring surface is smaller than the area of the object.

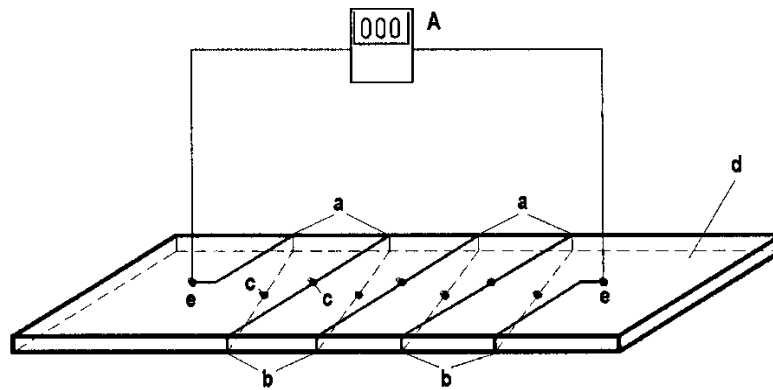
For measuring the surface temperatures with radiation pyrometers, the same principles apply as have been discussed in the preceding chapters for thermography. The radiation pyrometer, however, gives the measured temperature only as a digital value on a display and does not allow for a picture of an entire temperature area, as does the thermography camera. The area measured is smaller for radiation pyrometers than for thermography cameras if the same distance from the object is used.

3 Wärmestrommessungen

3.1 Wärmestrommesser

Der Wärmestrommesser ist ein Messfühler, mit dem z. B. an der Ummantelung der Dämmung die Wärmestromdichte gemessen werden kann.

Er besteht aus einer Trägerschicht (Hilfswand), einer Thermoelementkette und zwei Abdeckschichten. Thermoelementketten sind in Reihe geschaltete Thermopaare, die über die Messfläche des Wärmestrommessers, in gleichmäßigen Abständen verteilt, die Temperaturdifferenz an der Trägerschicht ermitteln. Die Thermokette gibt eine Spannung ab, die proportional zu der an der Trägerschicht sich einstellenden Temperaturdifferenz und somit proportional zur Wärmestromdichte ist.



Schematische Darstellung eines Wärmestrommessers: Materialien a (z. B. Kupfer) und b (z. B. Konstantan) des Thermopaars, wechselnd an den Lötstellen c; Enden der Thermokette e; Trägerschicht (Hilfswand) d; Anzeigegerät A

Die Spannung in mV kann mit handelsüblichen Messgeräten mit hochohmigem Eingang gemessen werden und mit einem Kalibrierfaktor in die Wärmestromdichte umgerechnet werden.

Die Trägerschicht und Abdeckschichten bestehen üblicherweise aus Gummi, Silikon und Kunstharz.

Wärmestrommesser sind in unterschiedlichen Größen und Formaten erhältlich. Sie weisen Dicken von einigen Zehnteln Millimeter bis zu mehreren Millimetern auf.

Je nach Material der Trägerschicht und der verwendeten Thermoelement-Materialien ist der Kalibrierfaktor temperaturabhängig.

3 Measurements of the heat-flow rate

3.1 Heat-flow meter

The heat-flow meter is a sensor with which the density of heat-flow rate can be measured, e. g. at the cladding of an insulation system.

It consists of a supporting layer (auxiliary wall), a thermopile and two covering layers. Thermopiles are thermocouples that are circuited over the measuring surface of the heat-flow meter to note the temperature difference at the supporting layer. The thermopile delivers a voltage which is proportionate to the temperature difference occurring at the supporting layer and thereby proportionate to the density of heat-flow rate.

Schematic sketch for a heat-flow meter: Materials a (e. g. copper) and b (e. g. constantan) of the thermocouple alternating at the soldering points c; end of the thermopile e; supporting layer (auxiliary wall) d; display device A

The voltage in mV can be measured with commercial measuring devices with a high resistance. Using a calibration factor, the result can be transformed to the density of heat-flow rate.

Supporting layer and covering layers are normally made of rubber, silicon and artificial resin.

Heat-flow meters are available in different sizes and formats. Their thicknesses vary between some tenth millimetres and several millimetres.

Dependent upon the material of the supporting layer and the thermocouple materials used, the calibration factor is temperature-dependent.

Um die Spannung dieser Messfühler in die Wärmestromdichte umzurechnen, muss die Mitteltemperatur des Wärmestrommessers bekannt sein. In viele Wärmestrommesser ist deshalb auch ein Thermoelement zur Ermittlung dieser Temperatur eingebaut.

Handelsüblich sind auch Wärmestrommessgeräte, an deren Anzeigeelement die Messgröße direkt in W/m^2 angezeigt wird.

Die Messunsicherheit von Wärmestrommessern liegt bei 5 % bis 8 %.

3.2 Messen der Wärmestromdichte

Damit die richtige Wärmestromdichte erfasst wird, müssen die Emissionsgrade des Wärmestrommessers und des Ummantelungsbleches einander angeglichen werden. Dies kann z. B. bei einer Ummantelung aus Aluminiumblech durch Aufkleben einer Aluminiumfolie erfolgen.

Außerdem ist der Wärmedurchlasswiderstand der Wärmestrommesser selbst zu berücksichtigen. Wärmestrommesser aus Gummi oder Silikon, mit Dicken von 4 mm bis 6 mm, weisen Wärmedurchlasswiderstände von $0,024 m^2 \cdot K/W$ bis $0,035 m^2 \cdot K/W$ auf und werden somit die zu messende Wärmestromdichte verringern.

Eine weitere Beeinflussung des Messwertes resultiert aus der lokal sich unter dem Wärmestrommesser einstellenden Blechtemperatur. Durch den Temperaturunterschied gegenüber den benachbarten Zonen wird der Messzone Wärme zu- oder abgeführt werden. Zusätzliche Schutzzonen um den Wärmestrommesser, aus dem gleichen Material, reduzieren die Auswirkungen dieses Einflusses.

Beim Messen mit so genannten „Folienwärmestrommessern“ mit dünnen Trägerschichten sind die beiden letztgenannten Einflüsse zu vernachlässigen. Folienwärmestrommesser haben dafür die Nachteile einer höheren Empfindlichkeit, eines damit verbundenen Schwankens des Messwertes und eines ungenaueren Kalibrierfaktors.

To transform the voltage of these measuring sensors to the density of heat-flow rate, the mean temperature of the heat-flow meter must be known. Many heat-flow meters contain therefore an additional thermocouple for the determination of that temperature.

There are also heat-flow meters commercially available that show the measured value directly in W/m^2 on the display.

The measuring tolerance of heat-flow meters is between 5 % and 8 %.

3.2 Measurement of the density of heat-flow rate

To determine the right density of heat-flow rate, the emissivities of the heat-flow meter and the cladding must be similar. This can be achieved, e. g. in case of an aluminium cladding by gluing an aluminium foil onto the heat-flow meter.

The coefficient of thermal resistance of the heat-flow meter must also be taken into consideration. Heat-flow meters of rubber or silicon, with thicknesses between 4 mm and 6 mm, have coefficients of thermal resistance between $0,024 m^2 \cdot K/W$ and $0,035 m^2 \cdot K/W$, thus decreasing the density of heat-flow rate to be measured.

An additional influence on the measured value stems from the sheet-metal temperatures occurring under the heat-flow meter. Through the temperature difference to neighbouring zones, the measuring zone is either heated or cooled. Additional protection zones around the heat-flow meter, made of the same material, reduce the result of that influence.

While measuring with the so-called „foil heat-flow meter“ with thin supporting layers, the last mentioned influences may be neglected. Disadvantages of foil heat-flow meters are – on the other hand – their higher sensitivity, a resulting oscillation of the measured value and a less precise calibration factor.

Beim Messen an Rohren ist das Ergebnis mit einem Krümmungsfaktor zu korrigieren. Der Krümmungsfaktor berücksichtigt die Auswirkungen der Tatsache, dass der Wärmestrom nicht unmittelbar auf der Rohroberfläche, sondern entsprechend dem Abstand der Messschicht von dieser auf einem etwas größeren Durchmesser festgestellt wird.

For the measurement at pipes, the result must be corrected by a so-called curvature factor. The curvature factor takes care of the consequences of the fact that the heat flow is not taken immediately on the surface of the pipe, but according to the distance of the measuring layer from the pipe surface on a slightly larger diameter.

Beim Anbringen des Wärmestrommessers muss darauf geachtet werden, dass sich zwischen diesem und dem Objekt kein Luftspalt befindet! Dies kann durch Verwenden eines doppelseitigen Klebandes geschehen.

When attaching the heat the flow meter, attention must be paid that no air gap exists between it and the object. This can be achieved with a double sided adhesive tape.

4 Messen von Luftgeschwindigkeit und relativer Feuchte

4 Measurement of air speed and relative humidity

4.1 Luftgeschwindigkeit

4.1 Air speed

Zum Messen von Luftgeschwindigkeiten stehen folgende handelsübliche Messgeräte zur Verfügung:

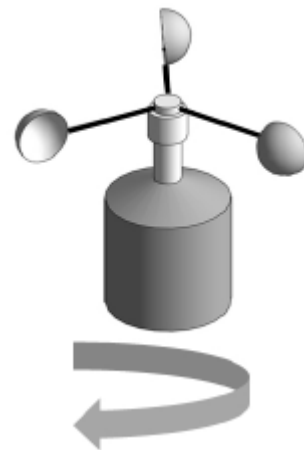
To measure the air speed, the following devices are commercially available:

Luftgeschwindigkeitsmessgeräte Air speed meters

Bauart <i>Construction</i>	Messbereich in m/s <i>Measuring range in m/s</i>	Messunsicherheit in % <i>Precision in %</i>
Flügelradanemometer <i>Winged-wheel anemometer</i>	0,4 – 50	2 – 5
Schalenanemometer <i>Revolving-cup anemometer</i>	1 – 90	2 – 5
Thermische Anemometer <i>Thermo-anemometer</i>	0,1 – 30	3 – 10



Flügelradanemometer
Winged-wheel anemometer



Schalenanemometer
Revolving-cup anemometer

Für die Messaufgaben zur Abnahme von Dämmarbeiten eignen sich am besten die Flügelradanemometer.

For measuring purpose in connection with the acceptance of insulation work, wing-wheel anemometers are best suited.

Bei diesen Geräten wird der Messwert an der Anzeige des Gerätes direkt in m/s angegeben

These meters show the measured value directly on the display of the device in m/s.

Bei den Flügelrad- oder Schalenanemometern wird durch den vorbeidrehenden Flügel über eine Abtastspule ein Spannungsimpuls indiziert. Die Anzahl der Impulse ist ein Maß für die Luftgeschwindigkeit.

For wing-wheel or revolving-cup anemometers, the rotating wings create an electrical impulse by way of a ring doffer. The number of impulses is a measure for the air speed.

Schalenanemometer werden hauptsächlich in der Meteorologie verwendet.

Revolving-cup anemometers are most frequently used in meteorology.

Thermische Anemometer benutzen die folgenden Verfahren:

Thermo-anemometers use the following procedures:

- Konstant-Strom-Verfahren,
- Konstant-Temperatur-Verfahren.

- constant current procedure,
- constant temperature procedure.

Beim Konstant-Strom-Verfahren wird die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes eines elektrisch geheizten Drahtes von 1 µm bis 10 µm Durchmesser ausgenutzt, um die Luftgeschwindigkeit festzustellen.

For constant-current anemometers, the dependence on temperature of the electric resistance of an electrically heated wire of between 1 µm and 10 µm is used to determine the air speed.

Beim Konstant-Temperatur-Anemometer wird über eine Regelung die Temperatur des Drahtes konstant gehalten und der Heizstrom als ein Maß für die Luftgeschwindigkeit herangezogen.

With constant-temperature anemometers, the temperature of the wire is kept at a given level and the heating current needed is a measure for the air speed.

Beide Anemometer werden auch als Hitzdraht-Anemometer bezeichnet.

Both anemometers are also called heat-wire anemometers.

Bei einem weiteren thermischen Anemometer werden zwei Thermolemente verwendet, von denen eines geheizt ist. Die durch die Temperaturdifferenz entstehende Spannung ist proportional zur Luftgeschwindigkeit.

For another type of thermal anemometer, two thermocouples are used of which one is heated. The voltage, resulting from the temperature difference is proportionate to the air speed.

Auch Heizleiter (Thermistoren) mit negativem Temperaturkoeffizienten (NTC) sind geeignete Fühler, um Luftgeschwindigkeiten zu ermitteln.

Also tracer heaters (thermistors) with negative temperature coefficients (NTCs) are suitable sensors to determine the air speed.

Alle hier genannten Anemometer sind für die üblichen Umgebungstemperaturen von -20 °C bis +60 °C geeignet.

All anemometers mentioned here can be employed at ambient temperatures between -20 °C and +60 °C.

4.2 Relative Luftfeuchte

4.2 Relative humidity

Für das Messen der relativen Luftfeuchte auf Baustellen oder zum Zwecke einer Abnahme eignen sich am besten Kapazitäts-Hygrometer. Sie sind handlich und einfach zu bedienen.

For the measurement of relative humidity on building sites or for the purpose of an acceptance of work, capacity hygrometers are best suited. They are handy and easy to operate.

Kapazitäts-Hygrometer verwenden eine feuchteempfindliche Folie zwischen zwei Elektroden. Die Kapazität ändert sich mit der Feuchtigkeit und ist somit ein Maß für die relative Luftfeuchte.

Capacity hygrometers use a moisture-sensitive foil between two electrodes. The capacity changes with the moisture and is thereby a measure for the relative humidity.

Die Messgenauigkeit von ±3 % relative Luftfeuchte genügt für die meisten Einsätze.

The measuring accuracy of ±3% relative humidity is sufficient for most employments.

Sind höhere Genauigkeiten gefordert, etwa im Rahmen einer Gewährleistungsüberprüfung bei Kälte­dämmungen, die auf Tauwasserfreiheit ausgelegt wurden, kommen besser Psychrometer oder Taupunkt­mess­gerä­te zum Einsatz.

Beim Psychrometer wird die Temperatur eines befeuchteten und trockenen Thermometers gemessen. Die Differenz zwischen den beiden Temperaturen dient zur Berechnung der relativen Luftfeuchte.

Bei der Taupunkt­methode wird eine glänzende Fläche oder Kugel so weit gekühlt, bis sich ein Niederschlag zeigt. Die hierbei vorhandene Temperatur ist der Taupunkt der Luft.

Die Genauigkeit dieser Geräte liegt bei ca. 1 % bis 3 % vom Messwert.

5 Messung der Dicke von Mineralwolle­mat­ten und -platten

Die Lieferdicke von Dämmstoffen wird nach DIN EN 823 und DIN EN 13467 bestimmt. Die Belastungen zur Dickenbestimmung sind abhängig von den Lieferformen im AGI-Arbeitsblatt Q 132 festgelegt.

Die Isolierschichtdicke von Mineralwolle­Dämmungen wird mittels einer Nadel mit Stelling gemessen, die bis zum Untergrund durchgestochen wird. Der Abstand von der Spitze bis zum Stelling, der an der Oberfläche des Dämmstoffes arretiert wird, wird mit dem Meterstab abgegriffen. Ihm entspricht der Schichtdicke.

Handelsüblich sind auch Nadeln mit eingravierter Skala. Die Dicke des Dämmstoffes kann auf 1 mm genau gemessen werden.

6 Messung von Schichtdicken

Für die Messung der Dicke einer Beschichtung existiert eine Fülle von Messverfahren, die sich grob in zwei Kategorien einteilen lassen:

1. zerstörende Verfahren (z. B. galvanisch, gravimetrisch, optisch, mechanisch),
2. zerstörungsfreie Verfahren.

Für den Bereich der Dämmtechnik kommen nur in Ausnahmefällen zerstörende Verfahren zum Einsatz, z. B. Bestimmung der Zinkauflage auf bandverzinkten Stahlblechen im Rahmen eines Schiedsverfahrens. Für den normalen Anwendungsfall sind zerstörungsfrei arbeitende Messgeräte hinreichend genau. Zu den angewendeten Messverfahren gehören:

In case a better accuracy is required, e. g. in connection with a warranty check of cold insulation that was designed to prevent dew formation, it is better to use psychrometers or dew-point measuring devices.

For psychrometers, the temperatures of a moistened and a dry thermometer are measured. The difference between both temperatures is used to calculate the relative humidity.

In the dew-point method, a bright surface or sphere is cooled until condensation occurs. The temperature at that moment is the dew-point temperature of the air.

The accuracy of these devices is between 1% and 3% of the measured value.

5 Measurement of insulation layer thicknesses for mineral wool

The delivery thickness of insulation materials is determined according to EN 823 and EN 13467. The test loads for the determination of the thickness are dependent on the form of the product form fixed in the AGI working document Q 132.

The insulation layer thickness of mineral wool insulations is measured with a needle and a retainer, which is stuck through to the ground. The distance between the point of the needle and the retainer, which is adjusted to the surface of the insulant, is taken with a folding rule. It equals the layer thickness.

Commercially available are also needles with an engraved. The thickness of the insulant can be measured with an accuracy of 1 mm.

6 Measurements of coating thicknesses

For the measurement of coating thicknesses, a variety of procedures exist which fall into two big categories:

1. destroying procedures (e. g. galvanic, gravimetric, optical, mechanical),
2. procedures without destruction of the coating

For the area of insulation technology, destroying procedures will only be applied in exceptional cases, e. g. for the determination of the zinc coating of strip-galvanised steel sheet in case of dispute. For the standard application, measuring devices, working without destruction, are of satisfactory accuracy. Amongst the procedures used are:

2.1 Ultraschallverfahren (Impuls-Echo-Verfahren)
 2.2 magnetische Verfahren
 2.3. Wirbelstrom-Verfahren

2.1 ultrasound procedure (impulse-echo-method)
 2.2 magnetic procedure
 2.3 eddy-current procedure

Der Einsatzbereich der einzelnen Verfahren kann nachfolgender Tabelle entnommen werden.

The application area of the different procedures is shown in the table below.

Verfahren / Method	Ultraschall / Ultrasound	magnetisch / magnetic	Wirbelstrom / Eddy current
Messbereich / <i>Measuring range</i> in μm	> 30	0 – 10.000	0 - 10.000
Genauigkeit / <i>Accuracy</i> in %	1	< 5	< 5
Untergrund / Background			
- metallisch magnetisch / <i>metallic magnetic</i>	X		X
- metallisch nicht magnetisch / - <i>metallic non-magnetic</i>	X		X
- nichtmetallisch / <i>non-metallic</i>	X		
Schicht / Layer			
- metallisch nicht magnetisch / - <i>metallic non-magnetic</i>		X	
- nichtmetallisch / <i>non-metallic</i>		X	X
Anwendungsbeispiel <i>Example of employment</i>	Dickenmessung von Blechen, Platten, etc.; erfordert häufig die Benutzung einer gelartigen Koppel-flüssigkeit <i>to measure the coating thickness on sheet, board, etc., frequently demanding the use of a gel-type contact liquid</i>	Messung der Dicke der Zinkauflage auf verzinkten Stahlblechen, Korrosionsschutzschichten auf Stahl <i>to measure the thickness of a zinc coating on galvanized steel sheet, anti-corrosion layers on steel</i>	Messung der Dicke einer Kunststoffschicht auf Aluminiumblechen <i>to measure the thickness of a plastic coating on aluminium sheets</i>

Anwendungsbereich: zerstörungsfrei arbeitender Verfahren

Application area of the different procedures: working without destruction

Es sind auch Geräte erhältlich, mit denen sowohl magnetisch als auch mit dem Wirbelstrom-Verfahren gemessen werden kann.

Other devices are commercially available with which in both procedures the magnetic and the eddy-current procedure measurements are possible.

Bei der Anwendung dieser Verfahren ist Folgendes zu beachten:

Whilst employing these procedures, the following must be observed:

- Es sind regelmäßige Kalibrierungen mit Normalien erforderlich.
Normalien können sein:
= Folien bekannter Dicke,
= Platten bekannter Dicke.
Beim Ultraschall-Verfahren muss die Schallgeschwindigkeit der Normalie bekannt sein.
- Die Normalien nutzen durch den Gebrauch ab und müssen dann ersetzt werden.
- Alle Verfahren liefern nur Ergebnisse für einen Messpunkt. Um zu bewertbaren Ergebnissen zu kommen, muss an mehreren Stellen gemessen werden. Anwendbare Regelwerke sind dabei zu berücksichtigen.

- Calibration with standard parts is always required.
Standard examples can be:
= foils of known thickness,
= sheets of known thickness.
For the ultrasound method, the sound speed of the standard must be known.
- The standards wear out through use and must then be replaced.
- All procedures only render results for one measuring point. To reach an evaluable result, measurements must be taken at several points. Existing regulations must be heeded.

Moderne Messgeräte enthalten Messwertspeicher und bieten die Möglichkeit der Auswertung, z. B. durch Mittelwertbildung, Ausdruck der Ergebnisse, etc. An Ecken und Kanten darf nur mit speziellen Sonden gemessen werden.

Modern measuring devices contain a register for results, thereby offering a possibility for evaluation, e. g. by calculating an average, printing the results, etc. At edges and corners, measurements must only be taken with special sensors.

Literatur

VDI 2055, Blatt 3: Wärme- und Kälteschutz von betriebstechnischen Anlagen in der Industrie und der Technischen Gebäudeausrüstung – Technische Grundlagen der Überprüfung der wärmetechnischen Eigenschaften von Dämmsystemen - Ermittlung von Gesamtwärmeverlusten

VDI/VDE 3511, Blatt 2 "Technische Temperaturmessungen - Berührungsthermometer"

Literature

VDI 2055, Part 3: Thermal insulation of heated and refrigerated industrial and domestic installations – Technical foundations for checking the thermal properties of insulation systems – Determination of total heat losses

VDI/VDE 3511, Part 2 „Temperature measurement in industry – Contact thermometers“

Dieser Technische Brief stellt eine pauschale Sachverhaltsdiskussion dar, die eine technische bzw. bauphysikalische Bewertung eines Einzelfalles sowie ein Studium der Betriebsanleitungen benutzter Messgeräte nicht ersetzt.
Er ist das Ergebnis einer Arbeit des Technischen Ausschusses der BFA WKSb und gibt eine Information zum Stand der Technik zum Zeitpunkt der Veröffentlichung. Eine Haftung für trotz aller Sorgfalt mögliche Fehler wird nicht übernommen.

This Technical Letter provides a general discussion of the technical issues mentioned therein. It does not replace detailed calculations and assessments of prevailing physical conditions in complicated building tasks. It is a publication of the Technical Commission of the BFA WKSb and gives information about the status of technology at the moment of publication. Despite all circumspection employed in the editing work, a liability for possible mistakes cannot be accepted.

An diesem Technischen Brief haben mitgearbeitet:

This Technical Letter was edited by the following gentlemen:

- Helmut Bramann
- Walter Bremeyer
- Stefan Debold
- Bernd-Jürgen Deyle
- Theodor Haack
- Thomas Heuermann
- Dr. Günther Kasperek
- Dr. Heinz Korth
- Sascha Leschzyk
- Thomas Ortlieb
- Andreas Regel
- Walter Riering
- Jürgen Schmoldt
- Joachim Weber
- Dr. Martin Zeitler

Bestellformular



TECHNISCHE BRIEFE

der BFA Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz
im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.
10898 Berlin

Fax: 0 30 / 2 12 86-246

E-Mail: bfa.wksb@bauindustrie.de

Das Bestellformular mit allen aktuellen Ausgaben technischer
und kaufmännischer Briefe der BFA WKSb ist im Internet
abrufbar unter www.bauindustrie.de/wksb

- [Stück] **Nr. 1 "Thermische Probleme an Versteifungen bei großdimensionierten, warmgehenden Objekten – *Problems of thermal stress in metal reinforcements of large-dimensional objects with elevated service temperatures*"**, (Juli 2009, 4. überarbeitete Auflage)
- **Nr. 2 "Was ist bei FCKW-freien PUR-Ortschäumen zu beachten?"** (zurückgezogen)
- [Stück] **Nr. 3 "Die Verhinderung von Korrosion – *Prevention of metal corrosion*"**, (Juli 2009, 5. überarbeitete Auflage)
- [Stück] **Nr. 4 "Arbeitsblatt: Aufmaßsystem für Isolierungen"**, (Mai 1999, 3. Auflage)
- [Stück] **Nr. 5 "Zur Problematik der Gewährleistung von Oberflächentemperaturen – *Problems associated with the warranty of specified surface temperatures*"**, (Juli 2009, 3. überarbeitete Auflage)
- [Stück] **Nr. 6 "Hohe Rentabilität bei umweltgerechten Isolierschichtdicken – *High profitability through ecologically based insulation thicknesses*"**, (Oktober 2008, 3. überarbeitete Auflage)
- [Stück] **Nr. 7 "Grundlagen der Kälteisolierung – *Principles of cold insulation*"**, (Juli 2009, 3. überarbeitete Auflage)
- [Stück] **Nr. 8 "Auslegung der Kälteisolierung zur Tauwasserverhütung auf der Oberfläche – *Design of cold insulation to prevent formation of condensation on the surface*"**, (November 2011, 3. überarbeitete Auflage)
- [Stück] **Nr. 9 "Messverfahren – *Methods of measuring*"**, (März 2013, 3. überarbeitete Auflage)
- [Stück] **Nr. 10 "Messstellen für thermische Messungen – *Measuring points for thermal measurements*"**, (August 2012, 1. überarbeitete Auflage)
- [Stück] **Nr. 11 "Feuchte im Dämmsystem – *Moisture in insulation systems*"**, (Juli 2011, 2. überarbeitete Auflage)
- [Stück] **Nr. 12 „Harmonisierte europäische Normen für Dämmstoffe für betriebstechnische Anlagen in der Industrie und in der technischen Gebäudeausrüstung“ - „*European harmonised standards for insulation materials for technical installations in the industry and in the technical building equipment*“**, (August 2012, 1. überarbeitete Auflage)
- [Stück] **Nr. 14 „Energieeffizienz im Anlagenbau – Aspekte nachhaltigen Dämmens *Energy efficiency in plant construction – aspects of sustainable insulation*** (Februar 2013)
- [Stück] **Nr. 15.1 „Vorbeugender baulicher Brandschutz“** (Oktober 2011)
- [Stück] **Nr. 15.2 „Brandschutz in Industrie und Tunnelbau“** (November 2011)

Hiermit bestellen wir verbindlich die oben angegebene Anzahl Technischer Briefe, zahlbar mit Rechnungsstellung unmittelbar nach Auslieferung. Schutzgebühr jeweils 8,00 € / Stück zzgl. Versand und Mehrwertsteuer. (Für **Mitglieder der Bundesfachabteilung Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz** gilt eine ermäßigte Schutzgebühr in Höhe von 7,00 € / Exemplar - ab Bestellmengen größer 200 Stück einer Ausgabe 6,00 € / Exemplar - zzgl. Versand und Mehrwertsteuer).

Bitte geben Sie hier Ihre Rechnungs- und Lieferanschrift an:

Datum, Stempel, Unterschrift



zu beziehen über / to be ordered:

Bundesfachabteilung
Wärme-, Kälte-, Schall- und Brandschutz
im Hauptverband der Deutschen Bauindustrie e.V.
Kurfürstenstraße 129, D-10785 Berlin
Tel. 0049 30/21286-0
Fax 0049 30/21286-246
E-Mail: bfa.wksb@bauindustrie.de

März 2013, 3. überarbeitete Auflage; March 2013, 3rd revised edition