

Messstellen für thermische Messungen

Measuring points for thermal measurements

Messstellen für thermische Messungen
Measuring points for thermal measurements

Inhalt
Contents

Seite
Page

1. Einleitung Introduction	3
2. Grundlagen zur Messung von Oberflächentemperatur und Wärmestromdichte Principles for the measurement of surface temperatures and densities of heat-flow rate	4
2.1 Stationäre Betriebsverhältnisse <i>Steady-state operating conditions</i>	4
2.2 Örtliche Verteilung von Oberflächentemperatur und Wärmestromdichte <i>Local distribution of surface temperatures and densities of heat-flow rate</i>	4
2.2.1 Unterschiedliche Umgebungstemperatur an der Isolieroberfläche <i>Differing ambient temperatures at the insulation surface</i>	4
2.2.2 Uneinheitliche Konvektionsverhältnisse <i>Varying convection conditions</i>	5
2.2.3 Strahlungsaustausch mit der Umgebung <i>Radiation exchange with the environment</i>	5
2.2.4 Dämmtechnisch bedingte Wärmebrücken <i>Thermal bridges caused by the insulation system construction</i>	6
2.2.5 Anlagenbedingte Wärmebrücken <i>Thermal bridges caused by the installation</i>	6
2.2.6 Geometrische Wärmebrücken: Kanten und Ecken <i>Thermal bridges caused by geometry: edges and corners</i>	7
2.2.7 Konvektion im Dämmsystem <i>Convection in the insulation system</i>	9
2.3 Bereiche für Abnahmemessungen <i>Areas for measurements of acceptance</i>	13
3. Auswahl der Messstellen Selection of measuring points	13
3.1 Allgemeines <i>General</i>	13
3.2 Rohrleitungen <i>Pipes</i>	14
3.2.1 Rastermessung <i>Screen measurements</i>	14
3.2.2 Ermitteln des repräsentativen Punktes <i>Determination of the representative point</i>	15
3.2.2.1 Repräsentativer Punkt als Ergebnis der Rastermessung <i>Representative point as a result of screen measurements</i>	15
3.2.2.2 Repräsentativer Punkt als Ergebnis einer Umfangs- oder Profilmessung <i>Representative point as a result of a perimeter or profile measurement</i>	15
3.2.2.3 Repräsentativer Punkt als Ergebnis eines verkürzten Verfahrens <i>Representative point as a result of a shortened procedure</i>	15
3.3 Ebene Wände <i>Plane walls</i>	17
3.3.1 Auswahl einer Rasterfläche <i>Selection of a screen area</i>	17
3.3.2 Ermitteln des repräsentativen Punktes <i>Determination of the representative point</i>	20

3.3.3	Ermittlung der Lage von Unterkonstruktionen <i>Determination of the position of the sub-construction</i>	21
3.3.4	Auswahl der verwendeten repräsentativen Punkte <i>Selection of representative points to be used</i>	21
4.	Bewertung der Messergebnisse <i>Interpretation of measuring results</i>	21
5.	Gesamtwärmeverlust in klimatisierten oder belüfteten Räumen <i>Total heat loss in air-conditioned or ventilated rooms</i>	22

1. Einleitung

Messungen zur Überprüfung der vertraglich festgelegten Eigenschaften einer Dämmung sind häufig vereinbart. Sie können sich auf die Wärmestromdichte oder auf die Oberflächentemperatur beziehen.

Die Erfahrung zeigt, dass diese Größen örtlich stark variieren können. Zur "Problematik der Gewährleistung von Oberflächentemperaturen" wird auf den Technischen Brief Nr. 5 verwiesen. Dort wird auch das Thema Berührungsschutz behandelt.

Im Technischen Brief Nr. 9 "Messverfahren" sind geeignete Messmittel und die zugehörigen Messverfahren beschrieben. Neben diesen Grundlagen ist es von entscheidender Bedeutung, die Messpunkte am Objekt richtig festzulegen und alle Umgebungsbedingungen, die das Messergebnis beeinflussen, ausreichend zu berücksichtigen.

Dieser Technische Brief stellt Regeln zur Auswahl der Messstellen auf und nennt Kriterien zur Bewertung der Messergebnisse. Bei Auswahl geeigneter Messstellen lässt sich der Messaufwand vor Ort wesentlich reduzieren, ohne dass die Aussagekraft der Messung darunter leidet.

Wenn sich auf der Oberfläche einer Isolierung kein deutliches Temperaturprofil einstellt, d. h. wenn sich die Ergebnisse der Einzelmessungen um weniger als 2 K unterscheiden, braucht nicht nach den Vorgaben dieses Briefes vorgegangen zu werden. Vielmehr kann der Messaufwand dann wesentlich gemindert werden; Einzelmessungen werden in der Regel genügen.

Bei Trapezblech als Ummantelung ist bei Wärmedämmungen die Hochsicke dann kälter als die Tiefsicke, wenn das Blech auf dem Dämmstoff aufliegt. Wird aus Berührungsschutzgründen gemessen, so genügt dennoch in der Regel eine Messung auf der Hochsicke, da eine Berührung der Tiefsicke nicht zu erwarten ist. Ist das Trapezblech mit Luftspalt montiert, d. h. die Tiefsicke liegt nicht auf dem Dämmstoff auf, sind die Temperaturen von Tiefsicke und Hochsicke mit hinreichender Genauigkeit gleich.

Ist die breite Sicke Tiefsicke, so ist auf der Tiefsicke zu messen

Deshalb genügt es, bei Trapezblech auf der Hochsicke zu messen.

1. Introduction

Measurements for the control of the agreed qualities of an insulation system are frequently contracted. They may either refer to the heat flow density or to the surface temperature.

Experience shows that these values are subject to distinct local variations. Regarding the "Problems associated with the Warranty of Specified Surface Temperatures", reference is made to FESI Document No. 5. There, the subject of personnel protection is also being dealt with.

In the Technical Letter No. 9 "Methods of measuring", suitable measuring instruments and the associated methods have been described. Together with these principles, it is of decisive importance to make the correct choice of measuring points on the object and to pay due attention to all ambient conditions which influence the measuring result.

This Technical Letter establishes rules for the selection of measuring points and determines criteria for the interpretation of measuring results. By making the right choice of measuring points, the measuring effort on the installation can be reduced considerably without jeopardising the quality of the result.

If no significant temperature profile is found on an insulation surface, i. e. differences between individual measurements are below 2 K, the provisions of this letter need not be observed. In these cases, the measuring effort can be significantly lowered; normally a few selected measurements suffice.

If trapezoidal sheet is used as a cladding, the upper swage at hot insulations is cooler than the lower swage if the sheet metal is in contact with the insulation material. If measurement serves the purpose of personnel protection, nevertheless a measurement on the upper swage suffices since contact at the lower swage is unlikely. If the trapezoidal sheet is mounted with an air space, i. e. the lower swage has no contact to the insulation material, the temperatures on upper and lower swage are equal with sufficient approximation.

In case the broad swage is the lower swage, the measurement is taken there.

On trapezoidal sheet, therefore, it suffices to measure on the upper swage.

Weist die Konstruktion einen Luftspalt zwischen Dämmstoff und Ummantelung auf, so ergeben Messungen auf dem Blech zu niedrige Wärmestromdichten, wenn durch Kaminwirkung ein Teil der freigesetzten Wärme nach oben abgeführt wird. In solchen Fällen wird die Wärmestromdichte auf der Dämmstoffoberfläche gemessen.

2. Grundlagen zur Messung von Oberflächentemperatur und Wärmestromdichte

2.1 Stationäre Betriebsverhältnisse

Zuverlässige Messergebnisse sind nur bei stationären Betriebsbedingungen zu erwarten. An- und Abfahrvorgänge, aber auch wechselnde Temperaturverhältnisse beim Betrieb der Anlage, verfälschen das Messergebnis. Daher muss die Anlage vor der ersten Messung so lange mit der vorgeschriebenen Betriebstemperatur gefahren werden, bis alle Komponenten, aber auch das Dämmsystem, konstante Temperaturen aufweisen (Beharrungszustand).

2.2 Örtliche Verteilung von Oberflächentemperatur und Wärmestromdichte

Die örtliche Verteilung von Oberflächentemperatur und Wärmestromdichte hat eine Vielzahl von Ursachen:

2.2.1 Unterschiedliche Umgebungstemperatur

Treten unterschiedliche Umgebungstemperaturen auf, so ist bei der Messung der Oberflächentemperatur die zugehörige Umgebungstemperatur zu ermitteln. Dies gilt insbesondere für schlecht belüftete Zonen, in denen sich warme Luft ansammeln kann.

Die Umgebungstemperatur ist im Abstand von 1 m von der betrachteten Isolieroberfläche zu messen. Das Messinstrument ist gegen Wärmestrahlung zu schützen (siehe Technischer Brief Nr. 9).

Weicht die ermittelte Umgebungstemperatur von der für die Auslegung angenommenen Umgebungstemperatur ab, so ist gemäß der Richtlinie VDI 2055-3 umzurechnen (siehe Abschnitt 4).

In Kraftwerksanlagen ergibt sich z. B. aufgrund von Wärmefreisetzung im Kesselhaus eine nach oben ansteigende Umgebungstemperatur.

If an air space is found between insulation material and cladding, measurements on the sheet metal show heat flow densities that are too low, since through "chimney effect" part of the heat released is transported upwards. In these cases, the heat flow density must be measured on the surface of the insulation material.

2. Principles for the measurement of surface temperatures and densities of heat-flow rate

2.1 Steady-state operating conditions

Reliable measuring results can only be expected under steady-state operating conditions. Starting-up and closing-down conditions, but also changing temperature conditions during operation of the installation, disqualify the measuring result. Prior to the first measurement, therefore, the installation must be operated with the specified temperature until all components, but also the insulation system show constant temperatures (steady-state conditions).

2.2 Local distribution of surface temperatures and heat flow densities

The local distribution of surface temperatures and densities of heat-flow rate has a variety of causes:

2.2.1 Differing ambient temperatures

In case of differing ambient temperatures, the respective ambient temperature must be determined together with each measurement of a surface temperature. This is specifically important for badly ventilated zones, where warm air concentrates.

The ambient temperature must be measured in a distance of 1 m from the insulation surface in question. The measuring device must be shielded against thermal radiation. (see Technical Letter No. 9)

In case the ambient temperature found differs from the ambient temperature assumed for the design, the conversion must be calculated according to Directive VDI 2055-3 (see clause 4).

In power-plant installations, the ambient temperature in the boiler house increases with the elevation as a result of the heat release from the boiler.

Auch bei in mehreren Ebenen verlaufenden Rohrleitungen steigt die von der unteren Leitung erhitzte Luft auf und bewirkt in den höheren Verlegeebenen eine höhere Umgebungstemperatur.

2.2.2 Uneinheitliche Konvektionsverhältnisse an der Isolieroberfläche

Bei waagerechten, warmen Rohrleitungen entsteht durch freie Konvektion eine Aufwärtsströmung der umgebenden Luft, bei der der örtliche Wärmeübergangskoeffizient auf der Oberseite geringer ist als auf der Unterseite. Dies führt auf der Oberseite zu einer höheren Temperatur (vergleiche Technischer Brief Nr. 5).

Sind Anlagenteile einer Zwangskonvektion ausgesetzt (Wind, Gebläse, etc.), so ist die Strömungsgeschwindigkeit zu ermitteln. Die Messergebnisse für Wärmestromdichte und Oberflächentemperatur sind auf die der Auslegung zugrunde liegende Strömungs- / Windgeschwindigkeit gemäß Richtlinie VDI 2055-3 umzurechnen.

Wärmebrücken, Mannlöcher und Häufungen warmgehender Teile im unteren Bereich einer Anlage führen zu "Konvektionsfahnen". Diese treten sowohl an der Außenseite der Ummantelung als auch bei hinterlüfteten Ummantelungen an deren Innenseite auf. In diesen Konvektionsfahnen steigt warme Luft auf und beeinflusst die Umgebungstemperatur, den Wärmeübergangskoeffizienten und damit auch die Oberflächentemperatur der oberen Anlagenteile.

Im Einflussbereich von Konvektionsfahnen sind Messungen nur sinnvoll, wenn die Konvektionsfahnen, z. B. durch Ableitbleche, ausgeschaltet werden können. Auch hierbei ist der Beharungszustand abzuwarten.

Wenn Isolierungen von Luftströmungen – Wind, Gebläse – angeblasen werden, ist auf der der Strömung zugewandten Seite der Wärmeübergangskoeffizient größer als auf der abgewandten Seite, so dass bei Wärmeisolierungen auf dieser Seite die Temperatur niedriger, bei Kälteisolierungen jedoch höher ist.

2.2.3 Strahlungsaustausch mit der Umgebung

Heiße benachbarte Anlagenteile oder Isolieroberflächen beeinflussen durch Strahlungsaustausch sowohl die Oberflächentemperatur als auch die Wärmestromdichte.

Auch die Sonneneinstrahlung ruft Temperaturerhöhungen auf Oberflächen hervor.

Also, in pipe systems at different levels, the air heated by the lower layer of pipes moves upward and causes a higher ambient temperature at the upper levels.

2.2.2 Varying convection conditions at the insulation surface

At warm horizontal pipe systems, free convection causes an upward movement of the surrounding air, resulting in a surface coefficient of heat transfer lower at the upper side than at the underside of the pipe. This results in a higher temperature at the upper side (see also FESI Document No. 5).

In case parts of the installation are subject to forced convection (wind, fan, etc.), the air speed must be determined. The measuring results for heat flow density and surface temperature must be converted to the air / wind speed assumed for the design. The conversion follows Directive VDI 2055-3.

Thermal bridges, manholes and concentrations of warm parts in the lower area of an installation lead to "convection funnels". These occur as well at the outer surface of the cladding as, in case of ventilated (air space between cladding and insulation surface) claddings, at their inner surface. In these convection funnels, warm air moves upward and influences the ambient temperature, the surface coefficients of heat transfer and thereby also the surface temperature of the upper installation components.

Within the area of influence of these convection funnels, measurements only make sense if the convection funnels, e. g. through protective sheets, can be eliminated. The steady-state conditions must be observed in this case too.

Where insulation systems are subject to air ventilation – wind, ventilators –, the surface coefficient of heat transfer is higher on the surface facing the air flow than on the opposite surface. This results in temperatures on this side being lower with thermal heat insulations and higher with cold insulations.

2.2.3 Radiation exchange with the environment

Hot installation components or insulation surfaces in the neighbourhood influence both the surface temperature and the heat flow density through radiation exchange.

Solar radiation, too, causes temperature increases at the surface.

Umgekehrt kann bei klarem Nachthimmel durch die Wärmeabstrahlung in den Weltraum die Temperatur an Oberflächen jeder Art, also auch an der Oberfläche einer Wärmedämmung, unter die Umgebungstemperatur absinken. Dieses Phänomen führt z. B. auch zu Raureif, Tau und Bodenfrost.

Wenn die betrachtete Oberfläche mit anderen thermischen Strahlern, z. B. der Sonne oder ungedämmten Anlagenteilen, im Strahlungsaustausch steht, so sind für Abnahmemessungen brauchbare Messergebnisse nicht zu erwarten. Derartiger Austausch muss daher vor der Messung z. B. durch Abschirmung oder die richtige Wahl der Tageszeit ausgeschaltet werden.

Oberflächeneinflüsse

Im Laufe der Lebensdauer erhöht sich der Emissionsgrad von metallischen Oberflächen durch Schmutz und Korrosion. "Gealterte" Metalle mit erhöhten Emissionsgraden weisen bei Wärmedämmungen geringere, bei Kälteämmungen höhere Oberflächentemperaturen auf als neue blanke Metalloberflächen.

2.2.4 Dämmtechnisch bedingte Wärmebrücken

Metallene Stütz- und Tragkonstruktionen stellen Wärmebrücken innerhalb des Dämmsystems dar, die zu einer lokalen Erhöhung der Wärmestromdichte und der Oberflächentemperatur führen.

Bei der Betriebswärmeleitfähigkeit des Dämmsystems sowie dem Wärmeübergangskoeffizienten geht die Richtlinie VDI 2055-1 von mittleren Werten aus. Beispielsweise werden bei der Bemessung der Dämmschichtdicke von Rohrleitungen die metallischen Stützkonstruktionen durch einen Zuschlag $\Delta\lambda$ berücksichtigt. Damit liegen der Auslegung eine **mittlere** Oberflächentemperatur bzw. eine **mittlere** Wärmestromdichte zugrunde.

Bei den Überprüfungs-messungen sind deshalb in Analogie zu den Auslegungsvorgaben mittlere Temperaturen bzw. Wärmestromdichten zu ermitteln: Die Temperaturspitzen an den Stützkonstruktionen werden anteilig erfasst.

2.2.5 Anlagenbedingte Wärmebrücken

Anlagenbedingte Wärmebrücken, z. B. Rohrhalterungen oder Einsteigetüren, sind Störstellen, die im angrenzenden Bereich der Dämmung zu veränderten Wärmestromdichten und Oberflächentemperaturen führen.

Contrary, with a clear night sky, the temperature at surfaces of any kind and even at the surface of a thermal heat insulation may fall below the ambient temperature through radiation exchange with the universe. This phenomenon leads e. g. to hoar-frost, dew and ground frost.

If the surface considered is in radiation exchange with other thermal radiators, e. g. the sun or non-insulated installation components, measuring results suitable for measurements of acceptance cannot be expected. This sort of exchange must therefore be eliminated prior to the measurement, e. g. through screens or the proper selection of the time of day.

Surface influences

During their service life, the emissivity of metal surfaces increases through dirt and corrosion. "Aged" metals with increased emissivity show lower surface temperatures on thermal heat insulations and higher surface temperatures at cold insulations than new bright metal surfaces would.

2.2.4 Thermal bridges caused by the insulation system construction

Metal support and distancer constructions are thermal bridges inside the insulation system which lead to a local increase of heat flow density and surface temperature.

For the operating thermal conductivity of the insulation system as well as for the surface coefficient of heat transfer, the Directive VDI 2055-1 assumes average values. For example, for the calculation of insulation thicknesses for pipes, the metal support construction is taken into consideration with an addition term $\Delta\lambda$. Thus, the design is based on an **average** surface temperature, respectively an **average** heat flow density.

When measuring for acceptance, therefore, average temperatures, respectively heat flow densities, must be determined analogously to the design provisions: Temperature peaks at the support constructions are proportionately included.

2.2.5 Installation related thermal bridges

Installation related thermal bridges, e. g. pipe supports, man doors, are areas of interference which lead to changing heat flow densities and surface temperatures in the neighbouring area of the insulation.

Solche Störstellen können durch isoliertechnische Maßnahmen nicht vermieden werden. Diese Bereiche sind für Abnahmemessungen ungeeignet.

2.2.6 Geometrische Wärmebrücken: Kanten und Ecken

Geometrische Wärmebrücken sind immer anlagenbedingt. Sie ergeben sich, wenn sich die Durchtrittsfläche des Wärmestroms vergrößert oder verkleinert. Vergrößert sich die Durchtrittsfläche für den Wärmestrom (z. B. Außenkante eines warmgehenden Kanals, Bild 1), so wird die auf die Isolieroberfläche bezogene Wärmestromdichte kleiner: Es ergeben sich **geringere Oberflächentemperaturen als im "ungestörten" Bereich**.

Wird die Durchtrittsfläche des Wärmestroms kleiner (z. B. innere Kante eines Kühlraumes, Bild 2), so wird die auf die Isolieroberfläche bezogene Wärmestromdichte größer. **Die Oberflächentemperatur ist höher als im "ungestörten" Bereich**.

Diese "Kanteneinflusszonen" sind für Abnahmemessungen ungeeignet. Ein Abstand von 3 x Dämmdicke von der Kante sollte eingehalten werden.

Such areas of interference cannot be avoided by means of insulation technology. These areas are unsuitable for measurements of acceptance.

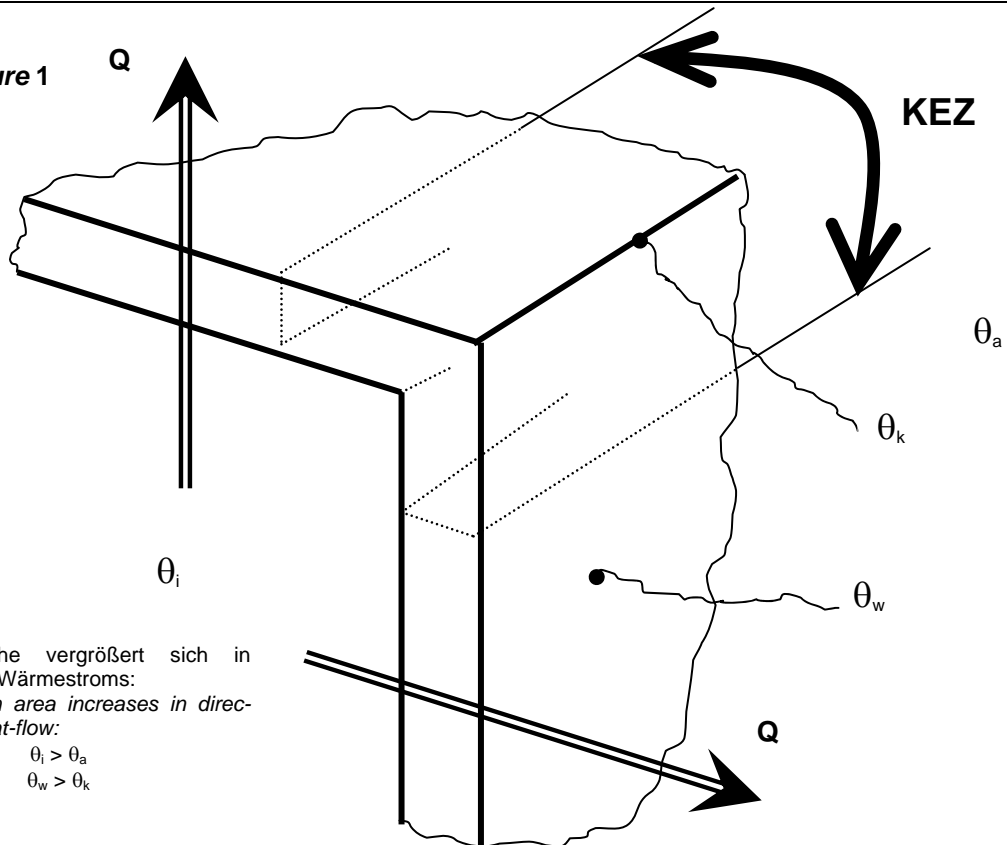
2.2.6 Thermal bridges caused by geometry: edges and corners

Geometrical thermal bridges are caused by the installation. They occur, where the area through which the heat-flow travels, increases or decreases. In case the transgression area increases for the heat-flow (e. g. the outer edge of a warm duct, Figure 1), a lowering of the density of heat-flow per insulation area results: **The surface temperatures measured are lower than in the "undisturbed" area.**

In case the transgression area for the heat-flow decreases (e. g. the internal edge of a cold room, Figure 2), the density of heat-flow per insulation area increases. **The surface temperature is higher than in the "undisturbed" area.**

These "zones of edge influence" are unsuitable for measurements of acceptance. A distance from the edge of three times the insulation thickness should be observed.

Bild / Figure 1

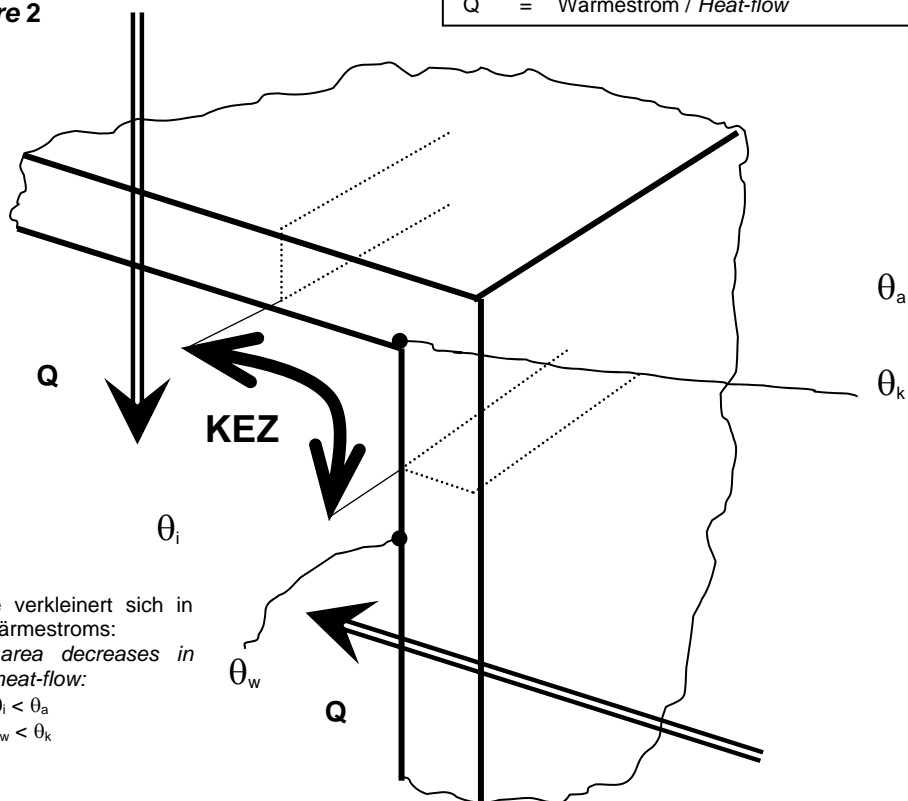


Durchtrittsfläche vergrößert sich in Richtung des Wärmestroms:
 Transgression area increases in direction of the heat-flow:

$$\begin{aligned}\theta_i &> \theta_a \\ \theta_w &> \theta_k\end{aligned}$$

KEZ	=	Kanteneinflusszone / Zones of edge influence
θ_i	=	Innentemperatur / Internal temperature
θ_a	=	Außentemperatur / External temperature
θ_w	=	Wandtemperatur / Wall temperature
θ_k	=	Kantentemperatur / Edge temperature
Q	=	Wärmestrom / Heat-flow

Bild / Figure 2



Durchtrittsfläche verkleinert sich in Richtung des Wärmestroms:
 Transgression area decreases in direction of the heat-flow:

$$\begin{aligned}\theta_i &< \theta_a \\ \theta_w &< \theta_k\end{aligned}$$

2.2.7 Konvektion im Dämmsystem

Die Konvektion im Dämmsystem ist vom Strömungswiderstand des verwendeten Dämmstoffs sowie davon abhängig, ob die Dämmung mit oder ohne Luftspalt ausgeführt wurde.

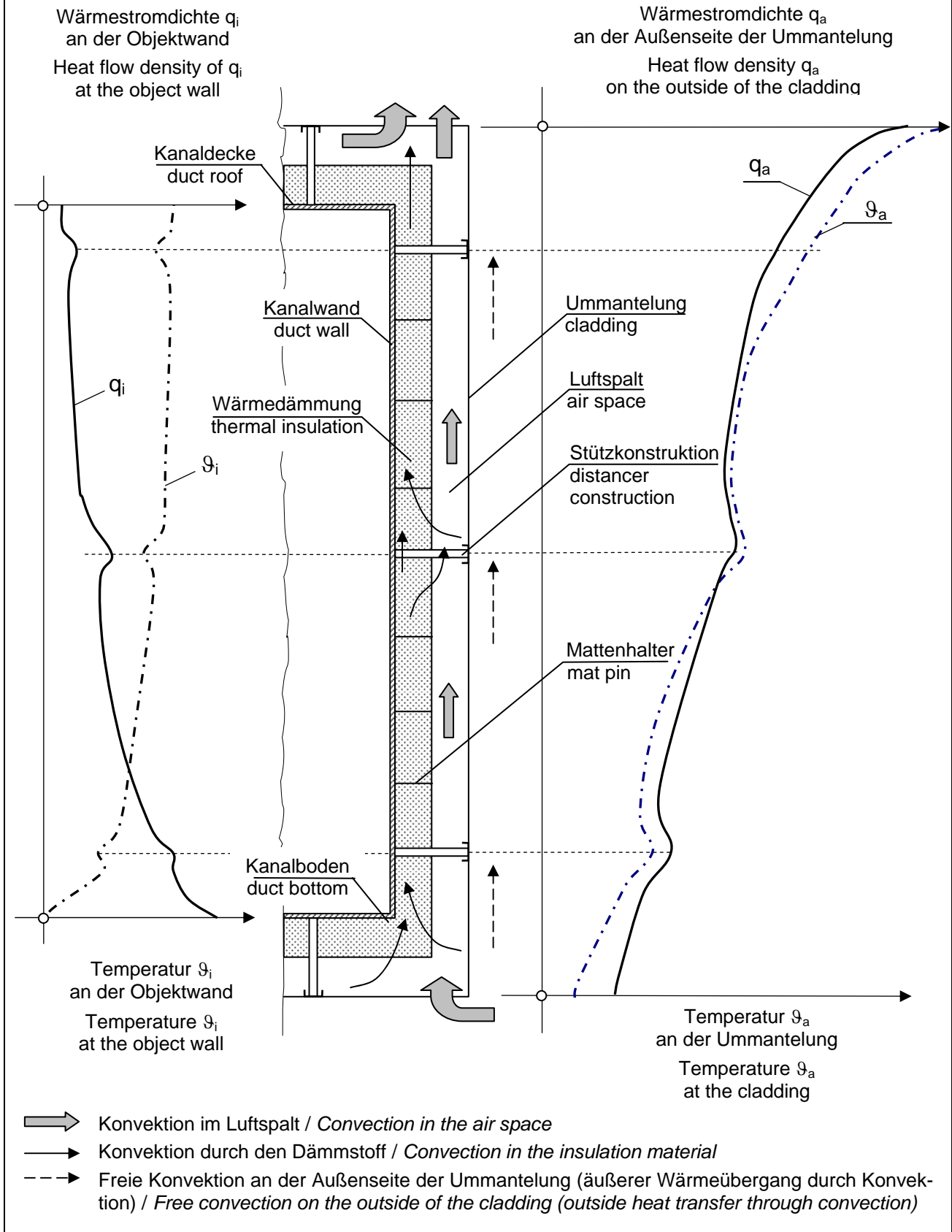
Die Auswirkung der Konvektion auf Wärmestromdichte und Oberflächentemperatur ist qualitativ im Bild 3 gezeigt.

2.2.7 Convection in the insulation system

The convection in the insulation system depends on the air-flow resistance of the insulation material used and on the possible presence of an air space.

The effect of convection on heat flow density and surface temperature is qualitatively shown in figure 3.

Bild 3: Wärmestromdichte- und Temperaturprofil an einer senkrechten Wand ohne horizontale Abschottungen
Figure 3: Profiles of density of heat-flow rate and temperature at a vertical wall without horizontal bulkheads



Durch entsprechende Maßnahmen kann die konvektive Wärmeübertragung innerhalb des Dämmsystems minimiert werden. Bei vertikalen Dämmungen an Kesselwänden, Vorbauten und heißen Kanälen geschieht dies durch eine Folie auf der kalten Seite des Dämmstoffs und ggf. zusätzliche waagerechte Abschottungen des Dämmstoffs und des Luftspaltes. Diese können auch an waagerechten Kanälen mit größeren Durchmessern und hohen Seitenwänden erforderlich sein. Die Abschottungen sollten im Abstand von 5 bis 8 m voneinander angebracht werden.

Die Lage der horizontalen Abschottungen ist bei Abnahmemessungen zu beachten, Abschottungen verursachen einen wellenförmigen Verlauf der Kurven für Wärmestromdichte und Oberflächentemperatur, verhindern aber nicht, dass insgesamt beide Werte mit der Höhe des vertikalen Systems zunehmen.

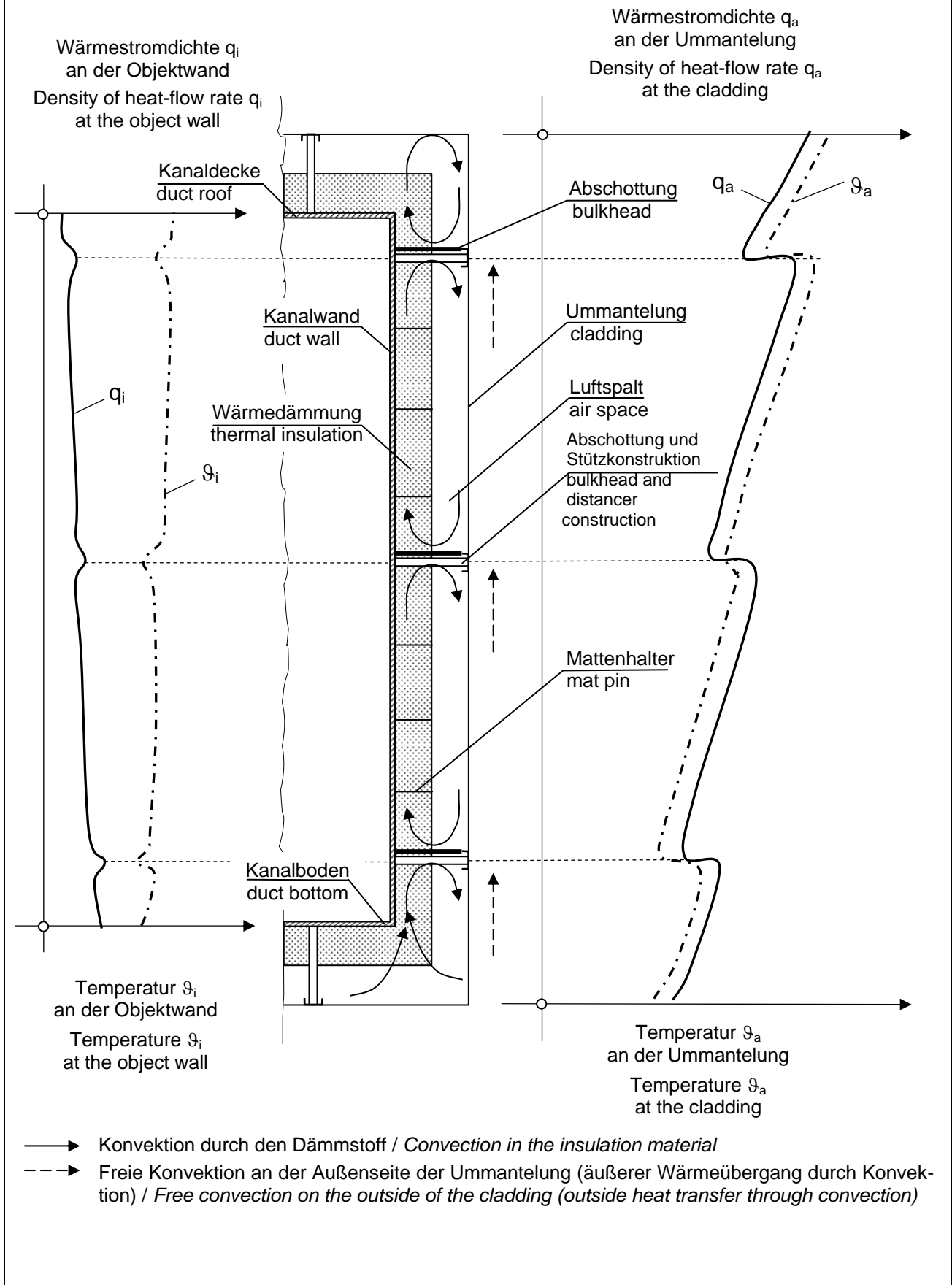
Die Auswirkung der waagerechten Abschottungen auf Wärmestromdichte und Oberflächentemperatur ist qualitativ in Bild 4 gezeigt.

Through appropriate precautions, the convective heat transfer inside the insulation system can be minimised. In vertical insulation systems at boiler walls, this is achieved through a foil on the cold side of the insulation material and, where necessary, through additional horizontal compartmentalization, blocking air movement in the insulation material and the air space. These may also be necessary at horizontal ducts with large diameters and high lateral walls. The partitions should be positioned in a distance of 5 to 8 m from each other.

The position of the horizontal partitions must be observed during measurements of acceptance. Partitions create an undulatory shape of the curves of heat flow density and surface temperature, however, do not preclude that in total both values increase with the elevation of the vertical system.

The effect of the horizontal partitions on heat flow density and surface temperature is qualitatively shown in figure 4.

Bild 4: Wärmestromdichte- und Temperaturprofil an einer senkrechten Wand mit horizontalen Abschottungen
Figure 4: Profile of density of heat-flow rate and temperature at a vertical wall with horizontal partitions



2.3 Bereiche für Abnahmemessungen

Bereiche, die für Abnahmemessungen von Wärmestromdichte und Oberflächentemperatur geeignet bzw. wegen der verfälschenden Einflüsse nicht geeignet sind, zeigt unten stehende Übersicht.

2.3 Areas for measurements of acceptance

Areas which are suitable for measurements of acceptance for density of heat-flow rate and surface temperature, respectively which are unsuitable as a consequence of disturbing influences, are shown in the table below.

Kapitel Chapter	Beeinflussung der Messergebnisse Influence of measuring results	Für Abnahmemessungen For measurements of acceptance	
		geeignet suitable	ungeeignet unsuitable
2.2.1	Unterschiedliche Umgebungstemperatur <i>Differing ambient temperature</i>	x ¹⁾	
2.2.2	Konvektionsfahnen außen <i>Convection funnels on the outside</i>		x
2.2.3	Verfälschender Strahlungsaustausch mit Umgebung <i>Radiation exchange with the environment</i>		x
2.2.4	Dämmtechnisch bedingte Wärmebrücken <i>Insulation related thermal bridges.</i>	x ²⁾	
2.2.5	Anlagenbedingte Wärmebrücken <i>Installation related thermal bridges</i>		x
2.2.6	Geometrische Wärmebrücken <i>Thermal bridges caused by geometry</i>		x
2.2.7	Konvektion in senkrechten Dämmsystemen <i>Convection at vertical insulation systems</i>	x ³⁾	
¹⁾ Umrechnung auf Auslegungsbedingungen erforderlich / <i>Conversion to design conditions required</i> ²⁾ Berücksichtigung durch Raster bzw. Auswahl repräsentativer Punkte / <i>Incorporation through screen resp. selection of representative points</i> ³⁾ Beachtung der Lage der Abschottungen - Messungen über die gesamte Höhe / <i>Observation of the position of bulkheads - Measurements over the entire height</i>			

3. Auswahl der Messstellen

3.1 Allgemeines

Die nachfolgend beschriebenen zwei Verfahren dienen der Überprüfung vertraglich vereinbarter Werte:

- Rastermessung zum Ermitteln eines repräsentativen Punktes
- Netzmessung unter Verwendung der repräsentativen Punkte

Bei der Auswahl des für die Abnahmemessungen besten Verfahrens ist der erforderliche Aufwand für die Messungen und deren Auswertung zu beachten. Dabei empfehlen sich zunächst orientierende Temperaturmessungen auf den zu untersuchenden Flächen, um eine Vorstellung über die Temperaturverteilung zu erhalten. Daraus wird das Messkonzept entwickelt.

3. Selection of measuring points

3.1 General

The two procedures described below serve the purpose of checking the values agreed in the contract:

- Screen measurement for the determination of a representative point
- Net measurement using representative points

When selecting the best method for measurements of acceptance, the effort required for the measurements and their evaluation must be taken into consideration. Initially, roughly orientating temperature measurements on the surface in question are recommended to develop an understanding of the temperature distribution. Thence, a measuring concept is developed.

Einen hohen zeitlichen Aufwand erfordert die Rastermessung. Sie sollte daher nur bei uneinheitlich aufgebauten Dämmungen und nur bei der Bestimmung der Oberflächentemperatur Verwendung finden. Bei einheitlich aufgebauten Wärmedämmungen sowie bei der Ermittlung der Wärmestromdichte sind vereinfachte Verfahren vorzuziehen.

Von der Rastermessung abgeleitet, werden vereinfachte Verfahren vorgeschlagen, die mit hinreichender Genauigkeit eine schnelle Überprüfung der Anlage zulassen. Dabei wird jeweils ein repräsentativer Punkt bestimmt, der – übertragen auf andere Bereiche – der Ort der mittleren Oberflächentemperatur und der mittleren Wärmestromdichte ist. Diese vereinfachte Vorgehensweise kann sowohl für Rohrleitungen als auch für ebene Flächen gewählt werden.

3.2 Rohrleitungen

3.2.1 Rastermessung

Die Rastermessung dient zur Ermittlung repräsentativer Messpunkte, mit denen dann alle Teile der Isolieroberfläche gemessen werden können, an denen dieselben Verhältnisse herrschen, wie in dem für das Raster gewählten Ausschnitt.

Zunächst wird über einen Ausschnitt der Isolieroberfläche ein Raster von Messpunkten gelegt. Im Allgemeinen wird nur die Oberflächentemperatur gemessen.

Wegen des hohen Aufwandes erfolgt dann die Bestimmung der mittleren Wärmestromdichte mit Hilfe des in 3.2.2 dargestellten repräsentativen Punktes.

Als Raster werden bei Rohren am Umfang – beide Scheitelpunkte einbeziehend – in gleichmäßigen Abständen höchstens 12, aber mindestens 4 Messpunkte bestimmt.

In Längsrichtung wird durch jeden Messpunkt der Umfangsmessung eine Linie in Richtung Rohrverlauf gezogen und auf ihr in Abständen von 1/10-Schusslänge¹⁾ gemessen.

Das arithmetische Mittel aller Messergebnisse ist die gesuchte mittlere Oberflächentemperatur der Rasterfläche.

Very much time is required for screen measurements. They should therefore only be used where the insulation construction is uneven and only for the determination of surface temperatures. With even, uniform thermal insulation and for the determination of densities of heat-flow rate, simplified methods are preferable.

Developed out of the screen measurement, simplified methods are proposed which allow for a quick check of an installation with sufficient precision. To achieve this, respective representative points must be determined which, transferred to other areas, are the place of average surface temperatures and average densities of heat-flow rate. This simplified procedure can be employed for both pipes and plane surfaces.

3.2 Pipes

3.2.1 Screen measurement

The screen measurement serves the determination of representative measuring points, which can be used for all parts of the insulation surface where the same conditions prevail as on the portion selected for the screen.

First, a screen of measuring points is cast over a section of the insulation surface. Normally, only the surface temperature is taken.

Because of the high effort required, the determination of the average density of heat-flow rate is then done with the aid of the representative point described in clause 3.2.2.

On the perimeter of pipes – including both vertexes –, a maximum of 12, but a minimum of 4 measuring points in equal distances is determined as a screen.

A line is then drawn in longitudinal direction through each of the measuring points of the perimeter measurement, and measurements are taken along this line in distances of 1/10 shot length¹⁾.

The arithmetic mean of all measuring results is the sought average surface temperature of the screen area.

¹⁾ Als "Schuss" wird in diesem Technischen Brief der regelmäßige Abstand zwischen den Rundnähten verstanden, üblicherweise 950 mm.

¹⁾ A "shot" is in this Technical Letter understood to be the regular distance between circumferential seams, normally 950 mm.

3.2.2 Ermitteln des repräsentativen Punktes

3.2.2.1 Repräsentativer Punkt als Ergebnis der Rastermessung

In dem sich ergebenden Raster von Messpunkten gilt derjenige Einzelpunkt als "repräsentativ für den Schuss", dessen Wert dem arithmetischen Mittel aller Messergebnisse entspricht. Seine Lage kann an weiteren Schüssen desselben Durchmessers als einziger Messpunkt für Abnahmemessungen genommen werden.

Stimmt kein Einzelmessergebnis mit dem arithmetischen Mittel aller Messergebnisse überein, so ist zur Ermittlung des repräsentativen Punktes linear zu interpolieren.

3.2.2.2 Repräsentativer Punkt als Ergebnis einer Umfangs- oder Profilmessung

Als Alternative zur aufwendigen Rastermessung kann der repräsentative Punkt auch mit Umfangs- bzw. Profilmessungen bestimmt werden. Hierzu wird von der Unterkonstruktion ausgehend entweder bei 90° oder bei 270° (Bild 5) entlang einer Linie in Rohrleitungsverlauf in Abständen von 1/10-Schusslänge bis zur Schussmitte gemessen. Passstücke werden ausgespart. Durch denjenigen Punkt auf dieser Linie, dessen Messwert dem Durchschnitt aller Messwerte entspricht, wird ein Umfang gelegt und auf ihm nach denselben Regeln wie in 3.2.2.1 der repräsentative Punkt des Schusses ermittelt.

Stimmt kein Einzelergebnis auf der Linie mit dem arithmetischen Mittel aller Messergebnisse überein, so ist zur Ermittlung der Lage des Umfangs, auf dem der repräsentative Punkt liegt, linear zu interpolieren.

3.2.2.3 Repräsentativer Punkt als Ergebnis eines verkürzten Verfahrens

Beim verkürzten Verfahren entnimmt man den Abstand von der Stützkonstruktion, den der Umfang hat, auf dem der repräsentative Punkt liegt, der Tabelle 2. Auf diesem Umfang wird wiederum gemäß 3.2.2.1 der repräsentative Punkt des Schusses ermittelt.

3.2.2 Determination of the representative point

3.2.2.1 Representative point as result of screen measurements

In the resulting screen of measuring points, that individual point is considered "representative for the entire shot" the value of which equals the arithmetic mean of all measuring results. Its position may be used as the only measuring point at all other shots of similar diameter.

In case no individual measuring result equals the arithmetic mean of all measuring results, the representative point is determined through linear interpolation.

3.2.2.2 Representative point as result of a perimeter or profile measurement

As an alternative to the very costly screen measurement, the representative point may also be determined using perimeter or profile measurements. This is achieved by measuring in distances of 1/10 shot length along a line either at 90° or at 270° (Figure 5) starting at the sub-construction and ending in the middle of the shot. Adaptors to be excluded. Through that point along this line, the value of which equals the mean value of all measuring results, a perimeter is drawn and on it the representative point for the entire shot is determined using the same rules as in clause 3.2.2.1.

In case no individual result on the line equals the arithmetic mean of all measuring results, the position of the perimeter, on which the representative point must lie is to be determined through linear interpolation.

3.2.2.3 Representative point as result of a shortened procedure

In the shortened procedure, the distance between the support construction and the perimeter, on which the representative point lies, is taken from Table 2. Again, on this perimeter the representative point for the shot is determined according to clause 3.2.2.1.

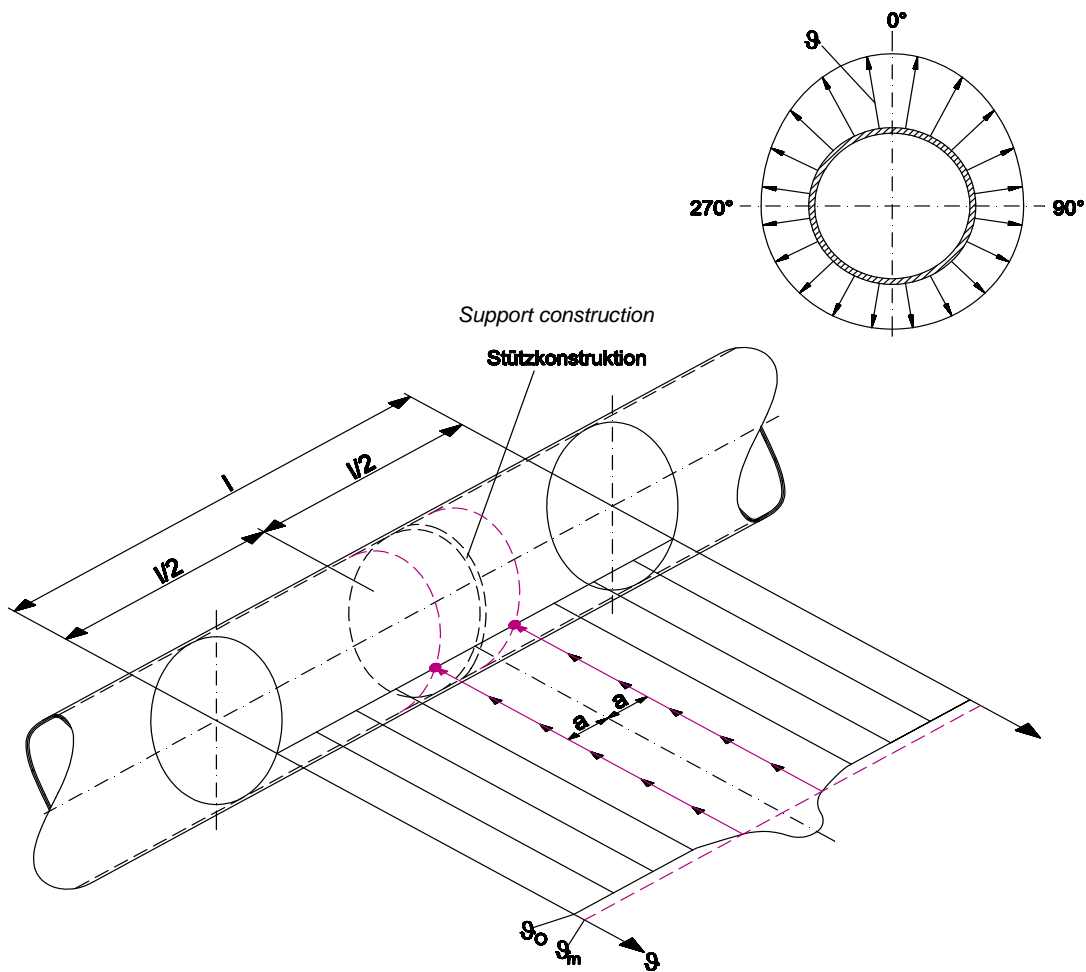


Bild / Figure 5

Im Abstand a von der Stützkonstruktion befindet sich der Umfang, auf dem die repräsentative Stelle für $g_0 = g_m$ zu erwarten ist. a ist abhängig vom Ummantelungsblech.

In the distance a from the support construction lies the perimeter, where the representative point for $g_0 = g_m$ must be expected. a is dependent upon the casing metal.

Tabelle / Table 2

Anhaltswerte für a für häufig verwendete Ummantelungsbleche [1]:
 Rough values for a for frequently used sheet-metal cladding [1]:

Ummantelungsblech <i>Cladding sheet</i>	a
nichtrostende austenitische Stähle <i>stainless austenitic steel</i>	0,12 m
verzinkter Stahl, Al/Zn, aluminierter Stahl <i>galvanised steel, Al/Zn, aluminated steel</i>	0,14 m
Aluminium	0,18 m

3.3 Ebene Wände

Bei Abnahmemessungen an ebenen Wänden gelten folgende Regeln:

3.3.1 Auswahl einer Rasterfläche

Um eine mittlere Wärmestromdichte oder eine mittlere Oberflächentemperatur der Wärmedämmung an einer ebenen Wand ermitteln zu können, muss an mehreren, auf einem Raster mit konstanten Abständen gelegenen Stellen gemessen werden. Die Größe des Rasterfeldes ist so zu wählen, dass der Wärmebrückeneinfluss der Trag- und Stützkonstruktion flächenanteilig erfasst wird.

Die Fläche, die für die mittlere Wärmestromdichte und die mittlere Oberflächentemperatur repräsentativ ist (Messfläche oder Rasterfläche), ergibt sich aus dem Abstand k zwischen den Unterkonstruktionen und dem horizontalen Abstand l zwischen den Stegen für die Trag- und Stützkonstruktionen.

Die Lage von k und l sowie die Bestimmung der Abstände m und n zwischen den Punkten des Rasters ist aus Bild 6 ersichtlich. Bild 7 zeigt, wie der so gewonnene repräsentative Punkt auf der gesamten zu betrachtenden Fläche als Netz repräsentativer Punkte verwendet wird.

3.3 Plane walls

For measurements of acceptance at plane walls, the following rules apply:

3.3.1 Selection of a screen area

To determine the average heat flow density or the average surface temperature of the thermal insulation on a plane wall, measurements must be taken at several points, positioned on a screen in constant distances. The size of the screen must suffice to represent the thermal bridge influence of supporting and distancer constructions in relation to the area considered.

This area, which is representative for the average heat flow density and the average surface temperature (measuring or screen area), is calculated using the distance k between the sub-constructions and the horizontal distance l between the bars for the supporting and distancer constructions.

The position of k and l as well as the determination of distances m and n between the points on the screen are shown in Figure 6. Figure 7 demonstrates how the representative point thus obtained is used over the entire surface to be considered as a net of representative points.

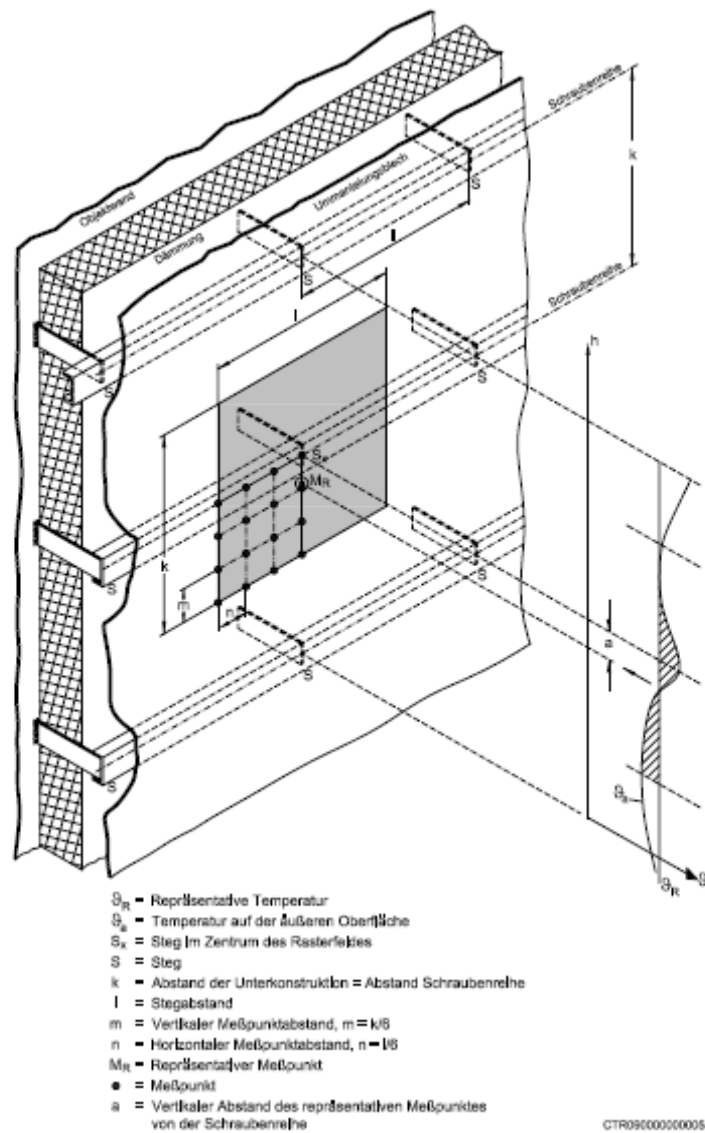
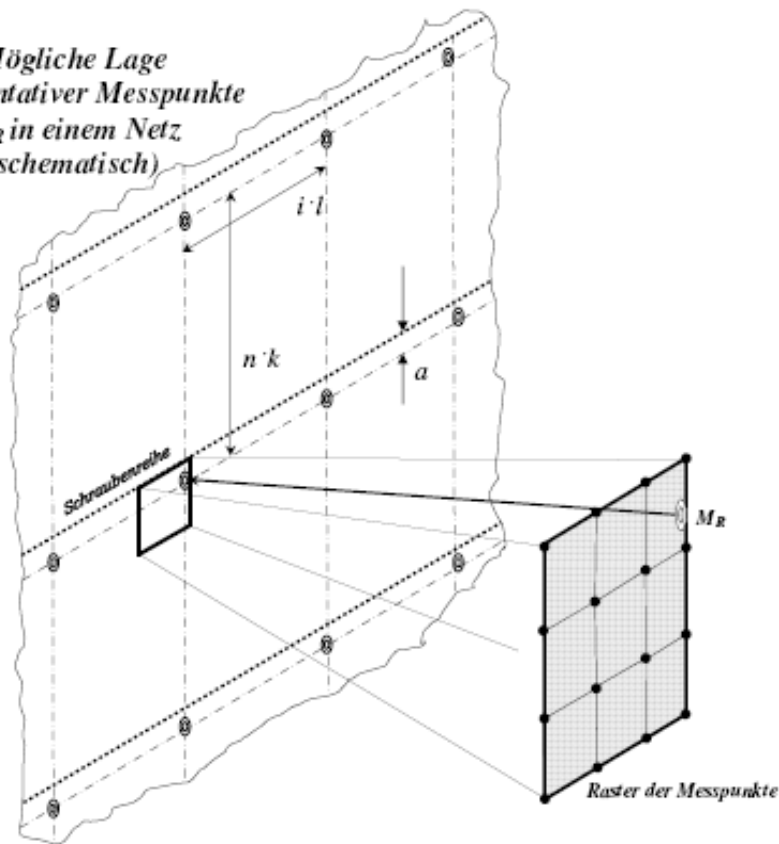


Bild 6: Messraster an einer ebenen Wand
Figure 6: Measuring screen at a plane wall

*Mögliche Lage
repräsentativer Messpunkte
 M_R in einem Netz
(schematisch)*



- a = Abstand des repräsentativen Messpunkts M_R von der Schraubenreihe
 i ; $n = 1; 2; 3; \dots$ (Vielfache von k und l)
 k = Abstand der Unterkonstruktionsschienen
 l = Abstand der Abstandhalter

Bild 7: Netz repräsentativer Punkte
Figure 7: Net of representative points

3.3.2 Ermitteln des repräsentativen Punktes

Ein gemäß Bild 6 festgelegtes Raster mit mindestens 4 x 4 Messpunkten wird so gelegt, dass ein Steg der Trag- und Stützkonstruktion im Zentrum des Rasterfeldes liegt und somit auch mit einem Messpunkt zum Durchschnittswert beiträgt. So stellt das Raster einen für die gesamte betrachtete Fläche „repräsentativen Ausschnitt“ dar.

Bei der Festlegung der Rasterfläche ist zu beachten:

- Zur Festlegung des repräsentativen Ausschnitts werden bei ebenen Dämmungen die Konstruktionszeichnungen benötigt.
- Die Lage der Messflächen ist so zu wählen, dass die Versteifungselemente so weit wie möglich anteilig erfasst werden
- Die Messfläche muss genügend weit von Kanten oder Ecken der Anlage entfernt sein, wobei ein Abstand von mindestens der dreifachen Dämmdicke einzuhalten ist.
- Tritt Konvektion auf, z. B. bei einer Kesselwand, so ist über die gesamte Höhe zu messen, mindestens jedoch unten, in der Mitte und oben, oder an einem großflächigen Netz der „repräsentativen Punkte“ (siehe Bild 6).

Der Punkt, dessen Wert dem "arithmetischen Mittel aller Messpunkte" entspricht, ist der repräsentative Punkt für die gesamte Rasterfläche.

Stimmt das arithmetische Mittel aller Messergebnisse des Rasters mit keinem Einzelergebnis überein, so ist zur Ermittlung des repräsentativen Punktes linear zu interpolieren.

Konstante Abstände der Messstellen erleichtern die Auswertung, da der arithmetische Mittelwert der Einzelmesswerte dann das Ergebnis der Messung darstellt. Bei ungleichmäßigen Abständen sind die Einzelmesswerte flächenanteilig zu mitteilen.

Die Fläche, die für die mittlere Wärmestromdichte und die mittlere Oberflächentemperatur repräsentativ ist (Messfläche oder Rasterfläche), ergibt sich aus dem Abstand k zwischen den Profilträgern und dem horizontalen Abstand l zwischen den Stegen für die Trag- und Stützkonstruktion. Die Lage von k und l sowie die Bestimmung der Abstände m und n zwischen den Punkten des Rasters ist aus Bild 6 ersichtlich.

Die Lage des repräsentativen Punktes kann für weitere zu prüfende Flächen (Ausschnitte) benutzt werden, soweit die Größen k und l unverändert sind.

Für Ausschnitte mit veränderten Größen k und l ist ein neues Raster zu bilden und ein neuer repräsentativer Punkt zu ermitteln.

3.3.2 Determination of the representative point

A screen as shown in figure 6 with a minimum of 4 x 4 measuring points is so placed that one bar for the supporting and distancer construction lies in the centre of the screen area and thereby contributes with one measuring point to the average value. Thus, the screen constitutes a "representative section" for the total surface in question.

When determining the screen area, it must be observed:

- To select the representative section, construction drawings are required for plane surfaces.
- The position of the measuring areas must be so chosen that the reinforcing elements are included proportionately as far as possible.
- The measuring area must be far enough away from edges and corners of the installation. A minimum distance of three times the insulation thickness shall be kept.
- Where convection occurs, e.g. at a boiler wall, the entire height must be measured, as a minimum, however, below, in the centre, and on top. Alternatively, in a large surface net of "representative points" (see Figure 6).

The point, the value of which equals the "arithmetic mean of all measuring points", is the representative point for the entire screen area.

In case, no individual result equals the arithmetic mean of all measuring results of that screen, the representative point is determined by linear interpolation.

Equal distances between measuring points ease the calculation, since the arithmetic mean of the individual results then constitutes the measuring result. Where differing distances between measuring points prevail, the individual measuring results must be considered surface proportionately.

The area, which is representative for the average density of heat flow rate and the average surface temperature (measuring or screen area), is calculated using the distance k between the rails and the horizontal distance l between the webs for the supporting and distancer construction. The positions of k and l as well as the determination of distances m and n between the points on the screen are shown in Figure 6.

The position of the representative point may be used for the entire surface (sections) to be checked, as long as the values k and l do not change.

For sections where different values for k and l prevail, a new screen must be formed and a new representative point must be determined

3.3.3 Ermittlung der Lage von Unterkonstruktionen

Ist die Lage der Unterkonstruktion nicht bekannt, so empfiehlt es sich, über einen größeren Bereich, z. B. im Abstand von ca. 20 cm, das Temperaturprofil aufzunehmen. Die Position der Stützkonstruktion wird sich durch höhere Temperaturen abzeichnen.

3.3.4 Auswahl der verwendeten repräsentativen Punkte

Anzahl und Lage der für Abnahmemessungen zu benutzenden repräsentativen Punkte richten sich nach der Temperaturverteilung.

Hierbei ist zu beachten, dass bei der Wärmedämmung einer hohen senkrechten Objektwand aufgrund der Konvektion in der Dämmung und an der Außenseite der Ummantelung Messwerte zu erwarten sind, die mit der Höhe zunehmen. Es sind dann Messungen an repräsentativen Punkten über die gesamte Höhe der Anlage durchzuführen, mindestens jedoch in der Mitte und im unteren und oberen Bereich der vertikalen Dämmung.

Zur Abhängigkeit von Temperatur und Wärmestromdichte an senkrechten Wänden siehe Bilder 3 und 4.

4. **Bewertung der Messergebnisse**

Abnahmemessungen sollen die Einhaltung der vertraglich vereinbarten Werte nachweisen. Damit das Ergebnis der Messung hierzu herangezogen werden kann, muss der Fehler der Messgröße bekannt sein. Er ergibt sich aus der Messunsicherheit des verwendeten Messgerätes und Messfehlern.

Für den Vergleich von gemessenen Oberflächentemperaturen oder Wärmestromdichten mit den Auslegungswerten ist es erforderlich, die Randbedingungen, die während der Messung herrschen, zu kennen. Sie sind mit den für die Auslegung zugrunde gelegten Werten zu vergleichen. Weichen Prüf- und Auslegungsbedingungen voneinander ab, so ist auf die Auslegungsbedingungen umzurechnen.

In der Richtlinie VDI 2055-3 sind neben dem Verfahren zur Bestimmung von Messfehlern auch die erforderlichen Formeln für die Umrechnung von Prüfbedingungen auf Auslegungsbedingungen vorgegeben.

3.3.3 Determination of the position of the sub-construction

In case the position of the sub-construction is not known, it is recommended to take a temperature profile over a larger area, e. g. in distances of 20 cm. The position of the sub-construction shows through increased temperatures.

3.3.4 Selection of representative points to be used

Number and position of representative points to be used for measurements of acceptance are dependent upon the temperature distribution.

It must be understood in this context that with thermal insulations on high vertical installation walls, measuring results must be expected that increase with the elevation as a result of convection inside the insulation and at the outer surface of the cladding. Therefore, measurements at representative points must be taken over the entire height of the installation, at least in the middle, in the lower, and in the upper parts of a vertical insulation.

For the relation of temperature and heat flow density at vertical walls, see Figures 3 and 4.

4. **Interpretation of measuring results**

Measurements of acceptance are designed to prove the compliance with contracted values. To utilise measuring results for this purpose, the knowledge of any inherent mistakes is required. Mistakes result from measuring uncertainties in the devices used and from measuring errors.

For the comparison of measured surface temperatures and densities of heat-flow rate with the agreed performance values, it is required to know the fringe conditions prevailing during the measurement. They must be compared with the fringe conditions assumed for the design. In case assumed design conditions and testing conditions deviate, a conversion towards assumed design conditions must be made.

In the Directive VDI 2055-3, the formulae required for the conversion from testing conditions to assumed design conditions are given as well as methods for the determination of measuring errors.

Für die Bewertung von Oberflächentemperaturen und Wärmestromdichten müssen Objekttemperatur, Umgebungstemperatur und Wärmeübergangskoeffizient zum Zeitpunkt der Messung bekannt sein. Oberflächentemperaturen und Wärmestromdichten können nur dann zum Vergleich herangezogen werden, wenn auch der Wärmeübergangskoeffizient ermittelt wurde. Er ergibt sich aus der gemessenen Wärmestromdichte und der Differenz von Oberflächentemperatur und Umgebungstemperatur.

5. Gesamtwärmeverlust in klimatisierten oder belüfteten Räumen

Bei klimatisierten oder belüfteten Räumen wird häufig über die gemessene Differenz zwischen zugeführter und abgeführter Wärmemenge auf die Qualität der Wärmedämmung geschlossen.

Der für einen Raum gemessene **Gesamtwärmeverlust** setzt sich jedoch aus dem Wärmeverlust der gedämmten Objekte, den Verlusten über anlagenbedingte Wärmebrücken, aber auch dem Einfluss von anderen wärmeabgebenden Anlagenteilen, wie z. B. Motoren oder Beleuchtung, zusammen.

Es ist daher unzulässig, aus der Gesamtmenge der abgeführten Wärme auf den Wärmeverlust des gedämmten Objekts und damit auf die Qualität der Isolierung zu schließen, wenn die anderen Wärmequellen in der Wärmebilanz nicht hinreichend genau erfasst werden können.

Literatur:

- [1] Kasperek, G. Oberflächentemperatur und Berührungsschutz. Isoliertechnik 5/1999, S. 16-25.

For the evaluation of surface temperatures and heat flow densities, object temperatures, ambient temperatures and the surface coefficient of heat transfer at the moment of measurement must be known. Surface temperatures and densities of heat-flow rate can only be used for comparison purposes if the surface coefficient of heat transfer too has been determined. It is calculated using the heat flow density measured and the difference between surface temperature and ambient temperature.

5. Total heat loss in air-conditioned or ventilated rooms

In air-conditioned or ventilated rooms, a conclusion is frequently drawn regarding the quality of the thermal insulation from the measured difference between the inserted and the extricated amount of heat.

The **total heat loss** measured for a room, however, is composed out of the heat loss of the insulated objects in that room, the losses through thermal bridges caused by the installation, but also through the influence of other heat-releasing installation components such as engines, lighting etc.

It is therefore not acceptable to draw conclusions regarding the heat loss of the insulated object and thereby on the quality of the insulation from the overall amount of extricated heat, unless the other sources of heat can be taken into consideration in the thermal balance with satisfactory precision.

Bibliography:

- [1] Kasperek, G. Oberflächentemperatur und Berührungsschutz. Isoliertechnik 5/1999, pages 16-25.

Dieser Technische Brief stellt eine pauschale Sachverhaltsdiskussion dar, die eine technische bzw. bauphysikalische Bewertung eines Einzelfalls 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
- Ralf Brück
- Stefan Debold
- Bernd-Jürgen Deyle
- Thorsten Eichholz
- Karl-Rudolf Friese
- Theodor Haack
- Günther Hennes
- Dr. Günther Kasperek
- Dr. Heinz Korth
- Sascha Leschzyk
- Thomas Ortlieb
- Andreas Regel
- Walter Riering
- Jürgen Schmoltdt
- 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



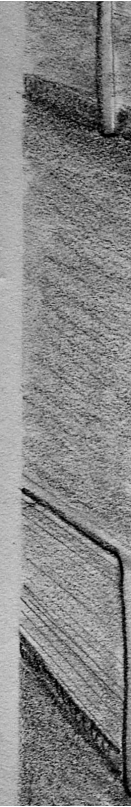
Das Bestellformular mit allen aktuellen Ausgaben
technischer und kaufmännischer Briefe der BFA
WKSB ist im Internet abrufbar unter
www.bauindustrie.de/wksb

- [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)**
- [Stück] **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*", (September 2009, 2. 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“, (August 2012, 1. überarbeitete Auflage) - „*European harmonised standards for insulation materials for technical installations in the industry and in the technical building equipment*“**
- [Stück] **Nr. 14 „Energieeffizienz im Anlagenbau – Aspekte nachhaltigen Dämmens
Energy efficiency in plant construction – aspects of sustainable insulation (November 2011)**
- [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

August 2012, 1. überarbeitete Auflage; August 2012, 1st revised edition