

Thermo Feuerungsbau-Service GmbH · Theodor-Heuss-Str. 66 · 47167 Duisburg

THERMO Feuerungsbau-Service GmbH
Theodor-Heuss-Str. 66

47167 Duisburg

2012 / Technik

Begleitschreiben zu Wärmedurchgangsberechnungen

Sehr geehrte Damen und Herren,

unserem Angebot haben wir Wärmedurchgangsberechnungen beigefügt. Hierbei handelt es sich um theoretische Betrachtungen des Wärmedurchgangs an einer ungestörten Wandfläche und um keine zugesicherten Werte, als Basis für eine Gewährleistung. Im Folgenden möchten wir Ihnen einige kurze Erläuterungen zur Interpretation geben.

Alle Rechnungen werden dem „Gesetz über Einheiten im Messwesen“ entsprechend auf der Basis von SI-Einheiten durchgeführt. Bezüglich der Berechnungsgrundlagen sei auf den VDI-Wärmeatlas (Berechnungsblätter für den Wärmeübergang), VDI-Verlag Düsseldorf, verwiesen.

1. Übereinstimmung von Rechenergebnissen und Messwerten:

Die theoretischen Wärmeberechnungen betrachten einen eindimensionalen Wärmefluss ohne Berücksichtigung von Randeinflüssen. Die zu erwartenden theoretischen Außenwandtemperaturen und Wärmeverluste werden von einigen Punkten stark beeinflusst.

Jeder technischen Berechnung liegt ein mathematisches Modell zugrunde, das nur eine beschränkte Anzahl realer Einflussgrößen berücksichtigen kann und damit die physikalische Wirklichkeit nur in vereinfachter Form wiedergibt. Bei Wärmedurchgangsberechnungen sind viele Einflussgrößen mit erheblichen Streuungen behaftet oder nur unzureichend bekannt. Andere müssen, um bei einem praktikablen Berechnungsverfahren bleiben zu können, vernachlässigt werden. Aus den eingeschränkten Verhältnissen in der Praxis ergibt sich, dass Wärmedurchgangsberechnungen nur theoretisch genau ausgeführt werden können. Die später gemessenen Temperaturen werden immer - mehr oder weniger- davon abweichen.

2. Geometrie und Randbedingungen:

Im Einzelnen können folgende Ursachen, für Abweichungen der Messergebnisse zu den theoretischen Rechenergebnissen, verantwortlich sein:

- Über die an der heißen Oberfläche der Ofeninnenwand herrschenden Zustände können in der Praxis nie exakte Angaben gemacht werden. Unsicherheiten bestehen in der Strahlung gasförmiger Medien, in den von wechselnden Strömungszuständen abhängigen Konvektionswärmern fluider Stoffe und in der durch Leitung übertragenen Wärme über Grenzschichten, z.B. Ansatzbildungen hinweg.
- Oft kann für die Innentemperatur nur ein Mittelwert angegeben werden.
- Der Wärmedurchgangs- und Übergangskoeffizient Ofen-Wand-Umgebung ist in der Regel nur größenordnungsmäßig bekannt. Der Emissionsfaktor Wand-Umgebung und das nachträgliche Aufbringen einer Außenisolierung bedürfen dabei besonderer Aufmerksamkeit.

2.1 Wärmebrücken und Konstruktion:

Die theoretische Betrachtung berücksichtigt nicht die den Ofen umgebenden Stahlkonstruktionsteile (Ofensteher, Verrohrungen, Armierungen, Konsolenetc.), welche den Strahlungsaustausch und die Konvektion mit der Umgebung beeinflussen.

WDR Begleitschreiben_THERMO Technik 2012_120328.docx

Seite 1 von 2

Auch dürfen die experimentell ermittelten Konvektionsgleichungen nur als bereichsweise Annäherung betrachtet werden.

- Wärmebrücken sind nach DIN 4140/3.24 und VDMA 24383 definiert. Es handelt sich hierbei um begrenzte Bereiche in einem homogenen Dämmsystem mit erhöhter Wärmeleitfähigkeit. Die in diesen Bereichen zu erwartende Oberflächentemperatur liegt deutlich über der theoretischen Berechnung einer ungestörten Wandfläche. Geometrische Wärmebrücken ergeben sich beispielsweise durch Vorsprünge oder Ecken, konstruktive Wärmebrücken beispielsweise durch Trag- und Stützkonstruktionen, Aufhängungen oder Fugen.

2.2 Umgebungstemperatur:

- Bei den äußeren Randbedingungen zählen wechselnde Außentemperaturen, Sonneneinstrahlung, schwankende Windgeschwindigkeiten und Windrichtungen, sowie Verschmutzungen der Wandoberfläche. Dabei ist die Umgebungstemperatur nach VDMA 24383 als diejenige definiert, die in einem Meter Abstand senkrecht zur Oberfläche gemessen wird.

- Sonderfall Sonneneinstrahlung:

Die eingebrachte Energie auf die Oberfläche ist bei frei stehenden Außenanlagen von besonderer Bedeutung und wird im Regelfall nicht berücksichtigt. Es gilt: „Je steiler und länger die Sonne einstrahlt, desto höher ist die Bestrahlungsstärke“. In Mitteleuropa steht die sommerliche Mittagssonne im Winkel von 60° bis 65° und strahlt bei **idealen Wetterbedingungen mit einer Bestrahlungsstärke von etwa 700 Watt/m²**. Im Winter sind es im Winkel von 13° bis 18° etwa 247 Watt/m². Im Vergleich dazu beträgt die Strahlung auf 3000 bis 4000m hohen Bergen etwa 1000 Watt/m².

2.3 Außenwandtemperatur:

- Temperaturen an wärmedämmenden Oberflächen sind nach VDMA 24383 als diejenige definiert, die sich als Temperaturmittelwert aus mindestens 10 Messpunkten, auf 90% der Gesamtoberfläche verteilt, ergeben. Strahlungseinflüsse während der Messung sind durch Dämm-Maßnahmen zu vermeiden.

3. Stoffwerte:

- Die technischen Eigenschaften der verwendeten Werkstoffkenndaten unterliegen rohstoff- und produktionsbedingten Schwankungen. Die Angaben sind Kennwerte aus laufender Produktion und keine zugesicherten Materialeigenschaften, wodurch sich abweichende Außenwand- und Grenzschichttemperaturen ergeben können. Die zulässige maximale Betriebstemperatur der Materialien ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall und von der Summe der thermischen, chemischen und mechanischen Randbedingungen.

- Besonders wichtig sind die Wärmeleitfähigkeiten feuerfester Stoffe. Sie werden nach verschiedenen Prüfnormen gemessen und unterliegen Messschwankungen zwischen den Messverfahren und innerhalb eines Messverfahrens ($\pm 20\%$). Diese Toleranzen beruhen nicht auf apparativen oder sonstigen messtechnischen Mängeln, sondern haften der Messmethode selbst an.

- Bei den meisten feuerfesten Baustoffen ist die Wärmeleitfähigkeit stark temperaturabhängig. Da es für Tief- und Hochtemperaturbereiche keine geeigneten Prüfverfahren gibt und sich die angegebene Wärmeleitfähigkeit auf eine „Mitteltemperatur“ bezieht, müssen die Wärmeleitfähigkeiten in den Grenzbereichen extrapoliert und angenommen werden.

- Die Strahlungskoeffizienten von Baustoffen weisen erhebliche Streuungen auf.

- Während der Betriebszeit treten an den feuerfesten Baustoffen Veränderungen auf. Es finden Infiltrationen, Diffusionen, chemische Reaktionen, Schmelzvorgänge und Kristallbildungen statt. Diese stofflichen Veränderungen werden von Änderungen im Wärmeleitvermögen begleitet, die in der theoretischen Betrachtung nicht erfassbar sind.

- Physikalische Vorgänge im feuerfesten Wandaufbau während der Ofenreise, durch Verschleiß und Deformationen verändern den Wärmedurchgangswiderstand.

Mit freundlichen Grüßen,
THERMO Feuerungsbau
Technische Abteilung

Thermo Feuerungsbau-Service GmbH · Theodor-Heuss-Str. 66 · 47167 Duisburg

THERMO Feuerungsbau-Service GmbH
Theodor-Heuss-Str. 66

47167 Duisburg

2012 / Technik

Cover letter for heat penetration calculations

Dear Sir or Madam,

We have included heat penetration calculations in our offer. These are theoretic considerations of heat penetration at an undisturbed wall area, rather than secured values as a basis for warranty. In the following, we would like to make some brief explanations on interpretation.

All calculations are made based on SI units according to the "law on units in metrology". Regarding the calculation basics, we refer to the VDI heat atlas (calculation sheets for heat transfer), VDI-Verlag Düsseldorf.

1. Compliance of calculation results and measured values:

The theoretical heat calculations consider the single-dimensional heat flow without consideration of edge influence. The expected theoretic outer wall temperatures and heat loss are strongly influenced by some items.

Any technical calculation is based on a mathematic model that can only consider a limited number of influence values and therefore only maps physical reality in a simplified manner.

For heat penetration calculations, many influences are subject to considerable distribution or only insufficiently known. Others have to be neglected to maintain a practical calculation procedure.

The limited situation in practice leads to heat penetration calculations only being possible theoretically. The temperatures measured later will always deviate from them by some degree.

2. Geometry and framework conditions:

In detail, the following causes may lead to deviations of the measured results from the theoretic calculation results:

- It is never possible to make precise statements on the conditions at the internal furnace wall in practice. There is insecurity in radiation of gaseous media, the convection heat of fluid materials depending on changing flow conditions and the heat transferred across threshold layers by conductivity, e.g. slag deposits.
- Often, only an average can be indicated for the inside temperature.
- The heat penetration and transfer coefficient furnace-wall-environment is usually only known according to general size. The emission factor wall-environment and the subsequent application of outer insulation require special attention.

2.1 Heat bridges and construction:

Theoretic consideration does not consider the steel construction parts surrounding the furnace (furnace stand, pipe-work, limits, brackets, etc.) that influence radiation exchange and convection in the environment. The experimentally determined convection equations also must only be considered approaches by the area.

- Heat bridges are defined pursuant to DIN 4140/3.24 and VDMA 24383. These are limited areas in a homogeneous insulation system with increased heat conductivity. The surface temperature expected in these areas is clearly above the theoretic calculation of an undisturbed wall surface. Geometrical heat bridges result, for example, from protrusions or corners, while constructive heat bridges may result from carrying and supporting constructions, suspensions or joints.

WDR_Begleitschreiben_THERMO_Technik_2012_120403_en.docx

Page 1 of 2

2.2 Ambience temperature:

- External framework conditions include changing outdoor temperatures, solar irradiation, fluctuating wind speeds and directions, as well as contamination of the wall surface.
The ambience temperature is defined according to VDMA 24383 as the temperature that is measured at one meter's distance perpendicular to the surface.

- Exception solar irradiation:

The energy introduced on the surface is particularly important with the outdoor facility standing freely and is usually not considered. The following applies: "The more steeply and longer the sun irradiates, the higher the irradiation intensity".

In Central Europe, the noon sun in summer is at an angle of 60° to 65° and radiates **at a radiation intensity of about 700 Watt/m² under ideal weather conditions**. In winter, the angle is 13° and 18° and an intensity of about 247 Watt/m².

As compared to this, the irradiation on mountains of 3000 to 4000m reaches about 1000 Watt/m².

2.3 Outer wall temperature:

- Temperatures at heat-insulating surfaces are defined according to VDMA 24383 as those that result as temperature average of at least 10 measured points distributed over 90% of the overall surface. Irradiation influences on the measurement must be avoided by insulating measures.

3. Materials values:

- The technical characteristics of the material indices used are subject to raw material and production-related fluctuations. The information comprises indices from current production and no warranted material properties. Deviating outer wall and threshold layer temperatures may result. The maximum permissible operating temperature of the materials depending on the respective application case and the total of thermal, chemical and mechanical framework conditions.

- Coefficients of thermal conductivity of fire-resistant substances are particularly important. They are measured according to different test standards and are subject to measuring fluctuations between the measuring methods and within one measuring method ($\pm 20\%$). These tolerances are not due to device or other metrology defects, but due to the measuring method as such.

- In most fire-proof materials, heat conductivity is strongly temperature-dependent. Since there is no suitable test method for low and high temperature ranges and the specified heat conductivity refers to an "average temperature", the coefficients of thermal conductivity must be extrapolated and assumed in the border areas.

- The radiation coefficients of materials show considerable spread.

- During the operating times, there are changes to the fire-proof materials. There are infiltrations, diffusions, chemical reactions, melt processes and crystal formation. These material changes are accompanied by changes in heat conductivity that cannot be recorded in the theoretic consideration.

- Physical processes in the fire-proof wall setup during the furnace cycle, from wear and deformation change the heat penetration resistance.

With kind regards
THERMO Feuerungsbau
Technical department