

Verbindlich ab 1.10.1963

1. GRUNDBEGRIFFE

1.1. Wärmeleitung

1.1.1. Die Wärmeleitfähigkeit λ eines Stoffes ist definiert durch die Gleichung

$$d\Phi = -\lambda \frac{\partial \vartheta}{\partial s} dA \quad (1)$$

in der ϑ die Temperatur und Φ den Wärmestrom durch die Fläche A in Richtung der Flächennormale s bedeuten.

Der Wärmestrom Φ ist gleich dem Quotienten $\frac{\text{Wärmemenge}}{\text{Zeit}}$ (siehe TGL 0-1345).

Die Wärmestromdichte q ist gleich dem Quotienten aus $\frac{\text{Wärmestrom}}{\text{Fläche}}$.

1.1.2. Die Temperaturleitfähigkeit α eines Stoffes ist unter der Annahme, daß λ nicht von der Temperatur abhängt, definiert durch die Gleichung:

$$\frac{\partial \vartheta}{\partial t} = \alpha \Delta \vartheta \quad (2)$$

in der t die Zeit und Δ den Laplaceschen Differentialoperator bedeuten

($\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ in rechtwinkligen kartesischen Koordinaten). Die

Temperaturleitfähigkeit a kann aus der Wärmeleitfähigkeit λ , der Dichte ρ und der spezifischen Wärmekapazität bei konstantem Druck c_p nach der Beziehung

$$a = \frac{\lambda}{\rho c_p}$$

berechnet werden.

1.2. Wärmeübergang

Der zwischen einem festen Körper und einem strömenden Medium (Flüssigkeit oder Gas) übertragene Wärmestrom wird üblicherweise mit Hilfe der Wärmeübergangszahl α beschrieben. Sie ist definiert durch die Gleichung

$$d\Phi = \alpha (\vartheta_K - \vartheta_a) dA \quad (3)$$

Darin stellt Φ den durch die Fläche A tretenden Wärmestrom dar, und es ist ϑ_K die Temperatur der Körperoberfläche und ϑ_a eine zweckmäßig definierte Temperatur des strömenden Mediums. Hierfür wird bei Strömungen durch Rohrleitungen

Fortsetzung Seite 2 bis 5

Bearbeiter: Deutsches Amt für Meßwesen, Berlin

Bestätigt: 8.3.1963, Amt für Standardisierung, Berlin

meist die Mischungstemperatur gewählt. Diese kann in einer dem betrachteten Rohrleitungsquerschnitt nachgeschalteten, wärmedicht abgeschlossenen Mischvorrichtung gemessen werden.

Bei frei angeströmten Körpern wird die Temperatur des Mediums in genügender Entfernung vom Körper gewählt, das heißt, die Temperatur außerhalb der Temperaturgrenzschicht, die Freistromtemperatur. Ist die Strömungsgeschwindigkeit nicht mehr klein gegenüber der Schallgeschwindigkeit in dem Medium, so müssen die durch Druckänderungen oder Reibung erzeugten Temperaturänderungen berücksichtigt werden, wobei ϑ_a als diejenige Temperatur gilt, welche die unbeheizte, gegen Wärmeab-
leitung geschützte Körperoberfläche unter der alleinigen Wirkung der Strömung annehmen würde. Diese Temperatur wird Eigentemperatur genannt. Da demnach die Temperatur des strömenden Mediums in verschiedener Weise definiert werden kann, muß diese Definition bei der Angabe von Wärmeübergangszahlen hinzugefügt werden.

1.3. Wärmedurchgang

1.3.1. Die Wärmeübertragung zwischen zwei strömenden Medien, die durch eine feste Wand voneinander getrennt sind, wird üblicherweise mit Hilfe der Wärmedurchgangszahl k beschrieben, die durch folgende Gleichung definiert ist:

$$d \dot{Q} = k (\vartheta_a - \vartheta_b) dA \quad (4)$$

Statt des Formelzeichens k wird auch K verwendet. Der Wärmestrom \dot{Q} hat die gleiche Bedeutung wie in Gleichung (3). ϑ_a und ϑ_b sind die zweckmäßig definierten Temperaturen der beiden strömenden Medien. Für ihre Definitionen gilt sinngemäß das zu Gleichung (3) Gesagte. Die im Einzelfall gewählten Definitionen der Temperaturen ϑ_a und ϑ_b müssen bei der Angabe von Wärmedurchgangszahlen hinzugefügt werden (vergleiche Abschnitt 1.2.).

1.3.2. Bei senkrecht zum Wärmestrom geschichteten ebenen Wänden ergibt sich die Wärmedurchgangszahl k aus der Gleichung

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{s_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (5)$$

Hierin bedeuten α_1 und α_2 die Wärmeübergangszahlen zu beiden Seiten einer Wand, die aus n Teilschichten der Dicken s_n und der Wärmeleitfähigkeit besteht.

2. EINHEITEN

2.1. Energie-Einheit

Im gesetzlichen (Internationalen) Einheitensystem ist das Joule (J) die kohärente Energie-Einheit:

$$1 \text{ J} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ Nm} = \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2}$$

Der Wärmestrom wird in Watt ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$) gemessen. Die Beziehungen zwischen diesen Einheiten sind in den Tabellen 2.2. und 2.3. angegeben.

Die als Kalorie (cal) bezeichnete Wärmemenge entspricht der bisher gebräuchlichen cal_{IT} (Internationale Tafelkalorie, 1956) und wird durch die Beziehungen

$$\begin{aligned} 1 \text{ cal} &= 4,1868 \text{ J} \\ 1 \text{ kcal} &= 4186,8 \text{ J} \end{aligned}$$

auf das Joule zurückgeführt.

2.2. Wärmeleitfähigkeit λ

-	$\frac{W}{m \text{ grd}}$	$\frac{W}{cm \text{ grd}}$	$\frac{kcal}{h \text{ m} \text{ grd}}$	$\frac{cal}{s \text{ cm} \text{ grd}}$
$1 \frac{W}{m \text{ grd}}$	1	0,01	0,859 845	$2,388 46 \cdot 10^{-3}$
$1 \frac{W}{cm \text{ grd}}$	100	1	85,984 5	0,238 846
$1 \frac{kcal}{h \text{ m} \text{ grd}}$	1,163	0,011 63	1	$2,777 78 \cdot 10^{-3}$
$1 \frac{cal}{s \text{ cm} \text{ grd}}$	418,68	4,186 8	360	1

2.3. Wärmeübergangszahl α und Wärmedurchgangszahl k

-	$\frac{W}{m^2 \text{ grd}}$	$\frac{W}{cm^2 \text{ grd}}$	$\frac{kcal}{h \text{ m}^2 \text{ grd}}$	$\frac{cal}{s \text{ cm}^2 \text{ grd}}$
$1 \frac{W}{m^2 \text{ grd}}$	1	10^{-4}	0,859 845	$2,388 46 \cdot 10^{-5}$
$1 \frac{W}{cm^2 \text{ grd}}$	10^4	1	8 598,45	0,238 846
$1 \frac{kcal}{h \text{ m}^2 \text{ grd}}$	1,163	$1,163 \cdot 10^{-4}$	1	$2,777 78 \cdot 10^{-5}$
$1 \frac{cal}{s \text{ cm}^2 \text{ grd}}$	41 868	4,186 8	36 000	1

3. KENNGRÖSSEN

Die Anzahl der Einflußgrößen bei Problemen der Wärmeübertragung läßt sich beträchtlich vermindern, wenn gewisse Einflußgrößen zu Kenngrößen von der Dimension von Zahlen (sogenannte dimensionslose Größen) zusammengefaßt und diese als Veränderliche einer durch Rechnung oder durch Versuch ermittelten Gleichung aufgefaßt werden. Folgende Kenngrößen, auch Kennzahlen genannt, sind üblich:

Kenngröße	Symbol	Definition
Fourierzahl	Fo	$\frac{\alpha t}{\ell^2}$
Grashof-Zahl	Gr	$\frac{\ell^3 g \beta \Delta \vartheta}{\nu^2}$
Nußelt-Zahl	Nu	$\frac{\alpha \ell}{\lambda}$
Prandtl-Zahl	Pr	$\frac{\nu}{\alpha}$
Reynolds-Zahl	Re	$\frac{w \ell}{\nu}$
Péclet-Zahl	Pe	$Re \cdot Pr = \frac{w \ell}{\alpha}$
Stanton-Zahl	St	$\frac{Nu}{Re \cdot Pr} = \frac{\alpha}{w \rho c_p}$

Außer den bereits definierten Größen bedeuten hierin g die örtliche Fallbeschleunigung, ℓ eine kennzeichnende Länge, t eine kennzeichnende Zeit, w eine kennzeichnende Geschwindigkeit, β den Raumausdehnungskoeffizienten, $\Delta \vartheta$ eine kennzeichnende Temperaturdifferenz und ν die kinematische Viskosität.

Zur eindeutigen Bezeichnung einer Kenngröße gehören genaue Angaben darüber, wie die verwendeten kennzeichnenden Größen ($l, t, w, \alpha, \Delta \vartheta$) definiert und auf welche Temperatur die Stoffwerte (a, c_p, β, ν, ρ) bezogen worden sind.

Hinweis:

Ersatz für TGL 0-1341 Ausg.1.63.

Änderungen gegenüber Ausg.1.63: Redaktionell überarbeitet.

Diese TGL wurde digitalisiert vom
Ingenieurbüro Friedrich Bau & Reko,
Kapellenstraße 7b, 08324 Bockau.