Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

Anwendung der Formeln

urn:nbn:de:hbz:466:1-96800

und S_1 entsprechen. Man nimmt zu diesen noch das nächstfolgende S_2 und bildet die Differenzen:

$$\begin{matrix} S_1 - S_0 = \triangle'_0 \\ S_2 - S_1 = \triangle'_1 \end{matrix} \quad \triangle'_1 - \triangle'_0 = \triangle''.$$

Für das Argument $\Theta = \Theta_0 + n$ (wo n von 0 bis 10 variiert) hat man dann zu rechnen:

$$S = S_0 + \frac{n}{10} \triangle'_0 + \frac{n(n-10)}{200} \triangle''$$

und ganz analog:

$$L = L_0 + \frac{n}{10} \triangle'_0 + \frac{n(n-10)}{200} \triangle''.$$

Zu dem Werte $\Theta = 35^0$ findet man z. B. die entsprechenden S und L folgendermaßen:

$$\begin{matrix} \Theta_0 = 30 & S_0 = 36{,}1 \\ \Theta_1 = 40 & S_1 = 50{,}1 \\ \Theta_2 = 50 & S_2 = 65{,}3 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \triangle'_0 = +14{,}0 \\ \triangle'_1 = +15{,}2 \end{matrix} \quad \triangle'' = +1{,}2$$

$$n = 5 \quad \frac{n(n-10)}{200} = -\frac{1}{8}$$

$$S = 36{,}1 + \frac{1}{2} \cdot 14{,}0 - \frac{1}{8} \cdot 1{,}2 = 43{,}0$$

$$\begin{matrix} L_0 = 36{,}6 \\ L_1 = 52{,}2 \\ L_2 = 68{,}6 \end{matrix} \quad \begin{matrix} \triangle'_0 = +15{,}6 \\ \triangle'_1 = +16{,}4 \end{matrix} \quad \triangle'' = +0{,}8$$

$$L = 36{,}6 + \frac{1}{2} \cdot 15{,}6 - \frac{1}{8} \cdot 0{,}8 = 44{,}3.$$

Es sei ferner gegeben $\Theta = 212^0$, dann ergiebt sich, da $\Theta_0 = 210$, $S_0 = 563{,}1$, $L_0 = 402{,}9$, $n = 2$

$$S = 563{,}1 + \frac{2}{10} \cdot 55{,}9 - \frac{16}{200} \cdot 4{,}6 = 573{,}9$$

$$L = 402{,}9 + \frac{2}{10} \cdot 23{,}8 - \frac{16}{200} \cdot 0{,}2 = 407{,}6.$$

Bei Benutzung der Tabelle VII genügt es, linear zu interpolieren, also nur die ersten Differenzen zu berücksichtigen; so ergiebt sich für 67^0 der Korrektions-Faktor:

$$1{,}41 + \frac{7}{10}(1{,}52 - 1{,}41) = 1{,}49.$$

Bezeichnen also S und L ganz allgemein zwei aus Tabelle VI und VII entnommene Zahlen, so hat man als Ausdruck für die Emission durch Strahlung und Leitung (Formel (4) der Péclet'schen Resultate)

$$W = \left(\frac{S.K + L.K^1}{\Theta}\right)\Theta \quad . \quad . \quad . \quad (4^a)$$

worin Θ der Temperaturunterschied zwischen dem abkühlenden Körper und seiner Umgebung. Der Ausdruck

$$\frac{S.K + L.K^1}{\Theta}$$

wird der äußere Wärmeleitungs-Koeffizient, auch der Wärmeabgabe-Koeffizient genannt. Bezeichnet man denselben mit Q, so ist $W = Q\Theta$, und setzt man $\Theta = 1^0$, so ist

$$W = Q,$$

d. h. der **äußere Wärmeleitungs-Koeffizient** ist die Anzahl der Wärmeeinheiten, welche von den beiden Begrenzungsflächen einer Wand pro Quadratmeter und Stunde aufgenommen oder abgegeben werden, wenn die Temperaturdifferenz Θ zwischen Wand und berührender Flüssigkeit 1° C. beträgt.

Anwendung der Formeln.

1. Beispiel. Ein häufig vorkommender Fall ist die Berechnung der Wärmeabgabe von Dampfheizröhren. Es soll die Anzahl von Wärmeeinheiten gesucht werden, welche ein Quadratmeter gußeisernes horizontales Heizrohr stündlich emittiert, wenn dasselbe durch Dampf von 100° erhitzt wird und die Temperatur der Umgebung 15° beträgt.

Nach den Resultaten von Péclet bestimmt sich die Emission durch Strahlung und Leitung mittels der Formel (4)

$$W = S.K + L.K^1.$$

Aus Tabelle IV findet man für Gußeisen $K = 3{,}36$.

Zur Berechnung von K^1 dient die Formel b der Tabelle V

$$K^1 = 2{,}058 + \frac{0{,}0382}{r},$$

worin r den Durchmesser des horizontalen Cylinders bezeichnet. Setzt man für r nacheinander die Werte

0,05 0,10 0,15,

so findet man $K^1 =$

2,82 2,44 2,31.

Θ ist im vorliegenden Falle $= 85^0$, also nach vorstehender Anleitung:

$$S = 128{,}3; \quad L = 132{,}1.$$

Nunmehr findet man:

für $r = 0{,}05$ $W = 128{,}3 . 3{,}36 + 132{,}1 . 2{,}82 = 804$ Wärmeeinh.,
„ $r = 0{,}10$ $W = 128{,}3 . 3{,}36 + 132{,}1 . 2{,}44 = 753$ „
„ $r = 0{,}15$ $W = 128{,}3 . 3{,}36 + 132{,}1 . 2{,}30 = 735$ „

Wird das cylindrische Rohr jedoch vertikal angebracht, so ist zur Bestimmung von K^1 die Formel c zur Anwendung zu bringen:

$$K^1 = \left(0{,}726 + \frac{0{,}0345}{\sqrt{r}}\right) \cdot \left(2{,}43 + \frac{0{,}8758}{\sqrt{h}}\right);$$

unter r den Radius und unter h die Höhe des Cylinders verstanden.

Die nachstehende Tabelle VIII enthält für eine gewisse Anzahl von Höhen und Halbmessern die zugehörigen Werte von K^1.

Tabelle VIII.

Halbmesser des Cylinders	Höhe des Cylinders in Metern					
	0,50	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
0,025	3,55	3,20	2,95	2,84	2,79	2,73
0,05	3,22	2,90	2,68	2,57	2,52	2,48
0,10	3,05	2,75	2,54	2,44	2,39	2,35
0,20	2,93	2,65	2,45	2,35	2,30	2,26
0,30	2,88	2,60	2,40	2,31	2,26	2,22

2. Beispiel. Es ist die totale Emission eines 4 m langen, vertikalen, gußeisernen, cylindrischen Rohres zu berechnen, dessen Temperatur durch Dampf auf 100° gehalten wird, während die umgebende Luft 10° beträgt.

Aus Tabelle VIII findet man:

für $h = 4{,}0$ m und $r = 0{,}05$, $K^1 = 2{,}52$,
„ $h = 4{,}0$ „ „ $r = 0{,}10$, $K^1 = 2{,}39$.

Der Strahlungs-Koeffizient für Gußeißen ist: $K = 3{,}36$.

Da die Temperaturdifferenz im vorliegenden Falle 90° beträgt, so hat man nach Tabelle VI:

$$S = 138{,}7 \text{ und } L = 141{,}7.$$

Weil aber die Temperatur t der Luft nur 10° ist, so haben wir den Wert von S zu multiplizieren mit dem Korrektionsfaktor 0,96 (Tabelle VII), so daß

$$S = 133{,}15 \text{ und } L = 141{,}7 \text{ (wie oben)}.$$

Endlich findet man:

für $r = 0{,}05$ $W = 133{,}15 \cdot 3{,}36 + 141{,}7 \cdot 2{,}52 = 804$ Wärmeeinh.
„ $r = 0{,}10$ $W = 133{,}15 \cdot 3{,}36 + 141{,}7 \cdot 2{,}39 = 786$ „

Beständе das cylindrische Rohr aus Kupfer, so ist unter sonst gleichen Verhältnissen nur der betreffende Koeffizient K einzusetzen. Nach Tabelle IV ist das Strahlungsvermögen des Kupfers 0,16, daher

für $r = 0{,}05$ $W = 133{,}15 \cdot 0{,}16 + 141{,}7 \cdot 2{,}52 = 378$ Wärmeeinh.

Vertikale Flächen endlich geben Leitungs-Koeffizienten, welche der Formel d in Tabelle V entsprechen. Ist nämlich h die Höhe der Fläche, so ist

$$K^1 = 1{,}764 + \frac{0{,}636}{\sqrt{h}}.$$

3. Beispiel. Ein gußeisernes Reservoir von rechteckiger Grundform wird mittels zuströmender Dämpfe auf einer Temperatur von 100° erhalten. Die Temperatur der Umgebung beträgt 0°; es soll der totale Wärmeverlust durch die Wandungen pro Quadratmeter und Stunde gefunden werden.

Für die Temperaturdifferenz $\Theta = 100°$ ist nach Tabelle VI und VII:

$$S = 161{,}3 \cdot 0{,}89 = 143{,}5 \text{ und } L = 161{,}5.$$

Für Gußeisen ist $K = 3{,}36$ und K^1 bei 1 m Höhe $= 2{,}40$ (Tabelle V^a), daher

$$W = 143{,}5 \cdot 3{,}36 + 161{,}5 \cdot 2{,}40 = 482{,}1 + 387{,}6 = 869{,}7 \text{ W.-E.}$$

Alle diese Formeln beziehen sich auf Fälle, wo der emittierende Körper konstant dieselbe Wärmemenge inne hat, wie dies bei Dampfgefäßen geschieht, in denen immer frischer Dampf nachströmt und die abgegebene Wärme ersetzt. Auch wenn Wasser der Wärme abgebende Körper ist, können diese Formeln Anwendung finden, jedoch nur unter der Voraussetzung, daß die Masse der Flüssigkeit groß genug ist, um wenigstens für eine gewisse Zeit als konstante Wärmequelle angesehen werden zu können. — Jedenfalls ist in allen vorgeführten Beispielen die Annahme gemacht, daß die Transmission durch dünne Metallwände hindurch stattfinde, deren Leitungsvermögen größer ist oder ebenso groß als dasjenige des Wärme abgebenden Körpers.

Sind die Wände, durch welche der Wärmeverlust stattfindet, von einiger Dicke, so gelten zwar die Koeffizienten für Strahlung und Leitung an die Wärme aufnehmende Luft, aber es kommt alsdann ein neuer Faktor hinzu, die Leitungsfähigkeit desjenigen Materiales, aus dem die Wand hergestellt ist. Auch diesen Koeffizienten hat Péclet für eine große Anzahl von Körpern bestimmt.[1])

§ 15.

II. Transmission der Wärme.

Um zu einem Ausdruck zu gelangen für die Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit die Flächeneinheit einer homogenen ebenen Wand von konstanter Dicke durchdringt, knüpfen wir wiederholt an die in § 12 aufgestellte Hypothese der Wärmefortpflanzung im Innern dieser Wand. Die im Beharrungszustande durch unendlich dünne Schichten transmittierte Wärmemenge ist nun direkt proportional der Oberfläche F und der Temperaturdifferenz der beiden Außenflächen τ_1 und τ_2 der

1) Péclet. Traité de la chaleur. Der Apparat bestand aus Gefäßen desjenigen Materiales, dessen Wärmeleitungsfähigkeit man suchte bei verschiedener Dicke, verschiedener Form und Dimensionen. Sie wurden bald von außen, bald von innen mit heißem Wasser oder Dampf in Berührung gebracht. Durchlässige und pulverförmige oder faserige Körper wurden mit dünnen Schichten einer dichten Substanz bekleidet. Da die entsprechenden Werte für die Oberflächen bekannt waren, konnte man die Leitungsfähigkeit der eingeschlossenen Substanz wohl berechnen.