Verschiedene Konstruktionen

Scholtz, Adolf

Leipzig, 1900

§ 16. Transmission der Wärme durch Gläser

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

endlich derjenige durch Leitung und Strahlung an die äußere atmosphärische Luft

$$= (K + K^1) \cdot (\tau_2 - t) = Q \cdot (\tau_2 - t).$$

Für den Beharrungszustand sind diese Wärmemengen aber gleich, daher findet man durch Elimination von τ_1 und τ_2 die Gesamttransmission

$$W = \frac{K^1 \lambda Q (T - t)}{\lambda (Q + K^1) + Q e K^1} \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Zahlenbeispiel. Wenden wir diese Formel zur Berechnung der Wärmetransmission eines 5 m hohen Raumes an, dessen Mauern wie vorher zwei Stein stark sind, während auch die Temperaturen der inneren und äußeren Luft dieselben bleiben wie in dem vorhergehenden Falle, so findet man — Backstein als Mauermaterial angenommen — die Transmission pro Quadratmeter und Stunde

$$W = \frac{2{,}05 \cdot 0{,}7 \cdot 5{,}65 \cdot 13}{0{,}7\,(5{,}65 + 2{,}05) + 5{,}65 \cdot 0{,}52 \cdot 2{,}05} = 9{,}23 \text{ W.-E.}$$

Im ersten Falle fanden wir $W = 11{,}85$ Wärmeeinheiten; der Wert von W fällt also für freistehende Pavillons geringer aus, was daher rührt, daß die Temperatur der inneren Mauerflächen solcher Räume stets eine niedrigere ist als bei geschützter Lage zwischen bewohnten Räumen. Dieser Umstand tritt ganz besonders stark in Kirchen hervor, deren Wände aus einem gut leitenden Material hergestellt sind. Die an der inneren Wandfläche befindliche Luft ist dann bis auf eine gewisse Entfernung hin immer von geringerer Temperatur als die mittlere Temperatur des Lokales, folglich ist auch die Temperatur τ_1 der inneren Wandfläche niedriger als T.

Hätten die Mauern eine bedeutendere Höhe, etwa 20 m, so findet man aus Tabelle V für 20 m hohe Flächen $K^1 = 1{,}90$, also $Q = 3{,}60 + 1{,}90 = 5{,}50$. Die Werte $T - t$, λ, K und e bleiben unverändert und es ist

$$W = \frac{1{,}90 \cdot 0{,}7 \cdot 5{,}50 \cdot 13}{0{,}7\,(5{,}50 + 1{,}90) + 5{,}50 \cdot 0{,}52 \cdot 1{,}90} = 8{,}96 \text{ W.-E.},$$

ein Resultat, welches nur geringe Abweichung zeigt, so daß die Höhe der Mauern nicht wesentlich deren Transmission beeinflußt.

3. Fall. Besteht die Wand aus zwei sich berührenden Schichten von ungleicher Leitungsfähigkeit λ und λ^1, deren Dicken durch e respektive e^1 bezeichnet seien, und ist ϑ die Temperatur ihrer Berührungsfläche, so hat man wiederum die Wärmeverluste infolge der Leitungsfähigkeit der Materialien beider Schichten:

$$W = \frac{\lambda}{e} (\tau_1 - \vartheta) \text{ und } = \frac{\lambda^1}{e^1} (\vartheta - \tau_2).$$

Der Wärmeverlust an der inneren und äußeren Fläche ist dagegen gegeben durch die Formeln:

$$W = K^1 (T - \tau_1) \text{ und } = Q\,(\tau_2 - t).$$

Diese vier Werte für W sind im Beharrungszustande gleichzusetzen, woraus folgt:

$$W = \frac{\lambda \cdot Q (T - t)}{Q + K^1 + K^1 Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{e^1}{\lambda^1}\right)} \quad . \quad . \quad (9)$$

Mauern von Backstein, deren Außenseite mit Werkstücken beliebigen Materiales von der Dicke e^1 bekleidet ist, würden nach dieser Transmissionsformel zu berechnen sein, indem man für λ und λ^1 die entsprechenden Werte aus Tabelle IX substituiert und im übrigen wie oben verfährt.

Für eine größere Anzahl von Schichten verschiedenen Materiales erhält man den Wärmeverlust

$$W = \frac{\lambda \cdot Q (T - t)}{Q + K^1 + K^1 Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{e'}{\lambda'} + \frac{e''}{\lambda''} + \ldots\right)} \quad (10)$$

4. Fall. Wenn endlich die Schichten gleichen oder verschiedenen Materiales durch Luftzwischenräume getrennt sind, dann wird die Quantität der transmittierten Wärme geringer als vorher ausfallen. Derartige Luftschichten nennt man „isolierende Luftschichten“. Nimmt man an, daß die Intervalle breit genug sind, um eine Bewegung der Luft zuzulassen, so kann man, ohne sich von der Wahrheit allzuweit zu entfernen, annehmen, daß die, durch die gegenüberstehenden Seiten des Isolierraumes transmittierte Wärmemenge gleich ist

$$Q\,(x - x^1),$$

wobei unter x und x^1 die Temperaturen dieser Innenseiten des Luftraumes verstanden werden. Wenn dagegen statt des Hohlraumes eine Materie von der Leitungsfähigkeit λ und Dicke e angeordnet wäre, so ist der Wärmeverlust repräsentiert durch

$$\frac{\lambda}{e} (x - x^1).$$

Man erhält also den Wert von W, indem man in den allgemeinen Formeln den Wert $\frac{e}{\lambda}$ ersetzt durch $\frac{1}{Q}$ und findet dann:

$$W = \frac{Q (T - t)}{2 + Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{1}{Q} + \frac{e'}{\lambda'}\right)};$$

$$W = \frac{Q (T - t)}{2 + Q \left(\frac{e}{\lambda} + \frac{1}{Q} + \frac{e'}{\lambda'} + \frac{1}{Q} + \frac{e''}{\lambda''}\right)} \quad . \quad (10a)$$

§ 16.

Transmission der Wärme durch Gläser.

Unsere Fensterglasscheiben sind ein besonderer Fall von den vorstehend abgehandelten Arten der Transmission, sie bilden dünne Wände von geringerer Leitungsfähigkeit als das Metall.

1. Fall. Sind die Gläser in einer Frontwand plaziert und ist nur diese Fensterwand der atmosphärischen Luft ausgesetzt, während die übrigen Wandflächen die Temperatur des Raumes zeigen, so werden die Glasscheiben sich von der inneren Seite durch Strahlung der erwärmten Wandflächen und durch Kontakt mit der warmen Luft des Raumes erhitzen und von der äußeren Seite durch analoge Ursachen abkühlen.

Da die Quantität der transmittierten Wärme in diesem Falle unabhängig von der Dicke ist, wie in Gleichung (7) gezeigt wurde, so erhält man unter Beibehaltung der früheren Werte

$$W = (T - x) \,.\, Q \text{ und } W = (x - t) \,.\, Q,$$

woraus die Temperatur der Scheiben folgt:

$$x = \frac{T + t}{2} \text{ und } W = (T - t) \,.\, \frac{Q}{2} \quad . \quad . \quad (11)$$

Der Ausdruck $\frac{Q}{2}$ heißt der Transmissions-Koeffizient der Glasscheiben.

Setzt man $T - t = 1$, so giebt der Koeffizient $\frac{Q}{2}$ die Anzahl Wärmeeinheiten an, welche im Beharrungszustande stündlich durch das Quadratmeter Glasfläche hindurchgehen, wenn die Temperaturdifferenz der berührenden Luftschichten 1° C. beträgt.

Um den Transmissions-Koeffizienten der Glasscheiben zu bestimmen, suche man den Wert von $K + K^1$ aus den Tabellen IV und Va. Aus ersterer findet man das Strahlungsvermögen des Glases $K = 2{,}91$. — Der Wert K^1 dagegen wechselt mit der Höhe der Gläser, wie nachstehende Ergänzung zu Tabelle V ergiebt.[1])

Tabelle X.

Höhe der Glasfläche	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Werte von K^1	2,40	2,21	2,13	2,08	2,05
Werte von $\frac{K + K^1}{2}$	2,65	2,56	2,52	2,496	2,479

Für Höhen, welche zwischen den Tabellenwerten liegen, bestimme man K^1 nach Formel d Tabelle V:

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

2. Fall. Wir betrachten einen geschlossenen, ganz aus Glas konstruierten Pavillon, der durch heiße Luft erwärmt wird und sehen ab von der etwa eintretenden Erwärmung durch die Sonne. Die Glasflächen sind alsdann nur durch den Kontakt des innerhalb aufsteigenden Luftstromes erwärmt, denn die gegenseitige Strahlung wird effektlos sein, weil alle Oberflächen gleiche Temperaturen haben. Nach dem Vorhergehenden hat man also:

$$W = (T - x)\, K^1 \text{ und } W = (x - t) \,.\, (K + K^1)$$

und im Beharrungszustande

$$W = \frac{Q\, K^1}{Q + K^1}\,(T - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12)$$

Für freistehende Glashäuser findet man aus Tabelle XI, und zwar für Höhen von 1 bis 5 m, die pro Quadratmeter und Stunde transmittierte Wärmemenge, wenn die Temperaturdifferenz $T - t = 1°$ C. beträgt.

Tabelle XI (nach Péclet).

Höhe der Glasfläche	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
Werte des Transmissions-Koeffizienten	1,65	1,54	1,49	1,47	1,45
Differenz	—	0,11	0,05	0,02	0,02

Die Werte der Tabelle XI sind kleiner als diejenigen in Tabelle X, weil die freien Glasflächen eines Glashauses eine niedrigere Temperatur haben, als die Fenster eines geschlossenen Wohnzimmers.

3. Fall. Parallele Glasflächen. Sind in einer Frontwand Doppelfenster vorhanden mit Zwischenräumen von solcher Größe, daß die Luft sich dazwischen bewegen kann, so erhält man — da beide Flächen eines jeden Glases nahezu gleiche Temperatur haben werden — den Wert von W, indem man in der allgemeinen Formel (10a) die Wanddicken e, e', e'' gleich Null setzt. Man findet nun für Doppelfenster den Wert der Transmission:

$$W = \frac{Q}{2 + 1} \cdot (T - t) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

und für dreifache Fenster

$$W = \frac{Q}{2 + 2} \cdot (T - t),$$

während für einfache Fenster ist

$$W = \frac{Q}{2} \cdot (T - t),$$

d. h. die Koeffizienten verhalten sich für einfache, doppelte und dreifache Fenster wie:

$$\frac{1}{2} : \frac{1}{3} : \frac{1}{4} = 1 : \frac{2}{3} : \frac{1}{2}.$$

1) In der Praxis fand Péclet bei direkten Versuchen die Werte von W noch geringer als in der Tabelle, weil er mit Scheiben von geringer Dimension experimentieren mußte.