

Die Bestimmung der Innentemperatur t_u von unbeheizten Räumen nach der Extrem-Methode

von Obering, Erich Schmidt VDI, Heidelberg

(Schluß)

Nachdem wir am Anfang unseres Berichtes das Nichterfassen der durch Fugenundichtigkeiten einströmenden Kaltluft in der DIN-Gleichung (1) monierten und somit glauben, durch die Einvernahme von Q_L in die Extrem-Methode etwas Komplexeres geschaffen zu haben, wird der Leser in unseren bisherigen Erklärungen und Berechnungen die Mitberücksichtigung des Lüftungswärmebedarfes jedoch vermißt haben. Hierauf wird im letzten Teil des Artikels näher eingegangen.

Der Lüftungswärmebedarf Q_2 als mitbestimmend in der Extrem-Methode

Der Faktor Q_L ist im Vorgang der Extrem-Methode eine additive Größe, die dem Resultat Q_{AT} zuzuschlagen ist, hat also mit der Charakteristik der Grenzwertbestimmung als solche nichts zu tun. Hierbei wäre noch zu bemerken, daß wir den Begriff Lüftungswärme in unseren nachstehenden Ausführungen so behandeln, wie er in der DIN 4701 aufgefaßt wird, obwohl wir dazu neigen, die Ausführungen von E. Gerber in seiner Broschüre [1], als den wirklichen Verhältnissen näher kommend, für richtiger zu halten. Es wurde von uns bisher absichtlich die Mit-Hineinnahme von Q_L aus Gründen einer vereinfachten Beschreibung der Vorgänge, wie sie sich in der Extremmethode zur Bestimmung von t_u abspielen, fortgelassen.

In diesem Abschnitt beschäftigen wir uns nunmehr mit der Eingliederung des Lüftungswärmebedarfes. Es ist eigentlich verwunderlich, daß in dem Abschnitt 5.6 der DIN 4701—59 nur von den Wärmedurchgängen der Umfassungswände als Bedeutung für die Temperaturgestaltung der unbeheizten Räume gesprochen wird, nachdem vorher auf die Notwendigkeit einer Beachtung des neugeschaffenen Begriffes „Lüftungswärmebegriff“ als Sicherung der Erwärmung der Kaltluftmengen, die bei Windanfall durch die Undichtheiten der Fenster und Türen einströmen, ausführlich und eindringlich hingewiesen wurde.

Die mathematische Struktur der Proportional-Gleichung erlaubt nicht die Eingliederung der Gleichung des Lüftungswärmebedarfes

$$Q_L = \sum (a \cdot l_A \cdot R \cdot H \cdot (t_i - t_a) \cdot Z_E)$$

Wir wollen annehmen, daß dies der Grund war, den Anfall von Q_L in der Bestimmung von t_u zu übersehen und dies vielleicht auch in der Begründung, daß die Auswirkung von Q_L keinen großen Einfluß auf die Temperaturgestaltung haben möge. Das mag in vielen Fällen auch stimmen, in vielen Fällen aber nicht, und gar nicht bei den (wie schon oben einmal erwähnt) am meisten vorkommenden Anforderungen der t_u -Bestimmung von über beheizten Räumen liegenden Dachgeschossen.

Schon in dem einfachen, im Bild 1 dargestellten Beispiel ist es nicht angängig, den Einfluß der durch die Fugenundichtigkeiten der vom Nordwind angeblasenen Fenster einströmenden Kaltluft bei der Bestimmung von t_u außer Beachtung zu lassen, wie es im Nachfolgenden bewiesen wird. Gemäß Tabelle 1:

$$Q_{AO} = 1215 \text{ kcal/h} \quad Q_{EO} = 2880 \text{ kcal/h}$$

Nach DIN 4701 ist der Lüftungswärmebedarf aber auf Q_T anzuwenden, wir müssen also obige Q -Angaben mit dem Z-Faktor, den wir mit 1,15 annehmen wollen, multiplizieren:

$$Q_{AT} = 1215 \times 1,15 = 1400 \text{ kcal/h}$$

$$\text{und } Q_{ET} = 2880 \times 1,15 = 3310 \text{ kcal/h}$$

Der Lüftungswärmebedarf errechnet sich unter Einsatz von:
Fensterfugen pro Fenster 9,75 m

$$a = 1,5$$

$$H = 0,34$$

$$R = 0,9$$

$$Q_L = 2(9,75 \times 1,5) \times 0,34 \times 0,9 \times 35 = 325 \text{ kcal/h}$$

somit die beiden Grenzwerte

$$Q_{AT} = 1400$$

$$+ Q_L = 325$$

$$1725 \text{ kcal/h}$$

$$Q_{ET} = 3310 \text{ kcal/h}$$

Die Ablesung nach Diagramm Bild 7

$$t_u = 8,1^\circ \text{ C}$$

und Wärmegleichheit mit 1140 kcal/h.

Das ist im Vergleich zu unserer Berechnung des Wärmeausgleiches (Teil 1) mit 860 kcal/h

ein Mehrbedarf von $1140 - 860 = 280 \text{ kcal/h}$

der zu Lasten der Wärmeleistung der in den 3 umgebenden Warmräumen aufgestellten Radiatoren geht.

Hier drängt sich uns ein Problem auf, nämlich in der Frage: ist es richtig, die Q_E -Seite innerhalb unserer Extrem-Methode mit dem Z-Faktor zu beaufschlagen?

Richten wir uns nach der im DIN 4701 geübten Methode, dann muß Q_E diesen Zuschlag erhalten denn auch dort wird der Wärmegewinn als $-q_0$ -Faktor in den $Z_D + Z_H$ -Zuschlag mit hineingenommen.

Gehen wir aber von einer praktischen wärmetechnischen Überlegung aus, dann dürfte folgerichtig die Q_E -Seite nicht den Z-Faktor-Zuschlag erhalten, denn die q_0 -Faktoren ihrer Bauelemente unterliegen weder den von Z_D noch den von Z_H ausgehenden Einflüssen.

Unter diesem Aspekt würde sich unsere obige Grenzwertbestimmung (auch unter Fortfall des Z_L -Einflusses) umändern in:

$$Q_{AT} + Q_L = 1725 \text{ kcal/h}$$

$$\text{und } Q_{EO} = 2880 \text{ kcal/h}$$

und daraus gemäß Ablesung Diagramm Bild 8

$$t_u = 7^\circ \text{ C}$$

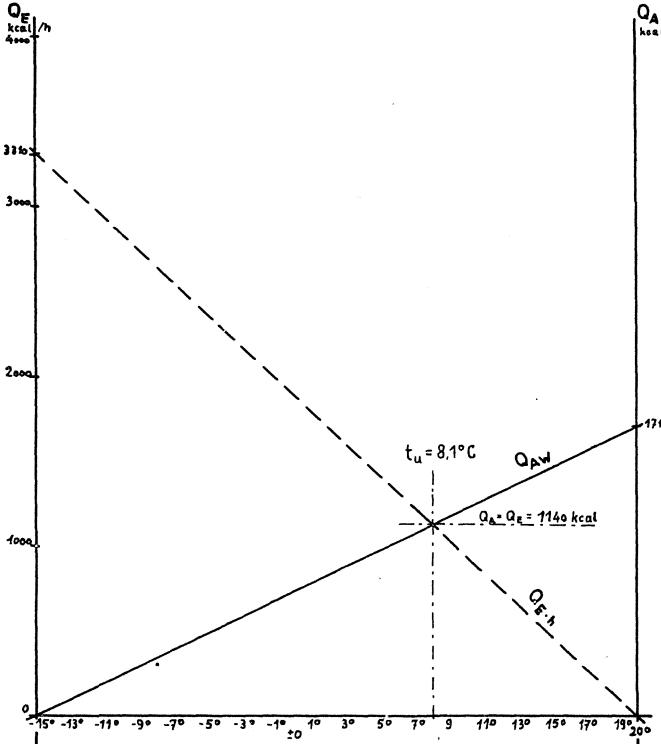


Bild 7 · Bestimmung t_u Beispiel 1 mit Einbezug des Z-Faktors auf Q_{A+L} u. Q_E

Diese Problematik bedarf noch einer eingehenden, bis in die Belange der DIN 4701 eingreifenden Debatte, für die aber in unserem vorliegenden Bericht nicht Raum genug zur Verfügung steht. Wir lassen es somit bei dieser Unklarheit als einer offenen Frage bewenden und wollen uns damit abfinden, entsprechend der Gepflogenheit, im Zweifelsfalle mit dem ungünstigsten Moment zu rechnen, d. h. also in unserem Falle für die Praxis vorläufig Q_E ohne den Z-Faktor einzusetzen.

Wir betrachten jetzt einen Fall aus der Praxis, in dem der Anteil Q_L einen maßgeblichen Einfluß auf die Größenbestimmung des Raum-Wärmebedarfes einnimmt.

Es soll sich um das Dachgeschoß unseres Bürogebäudes handeln, für das schon gemäß Tabelle 3 die Größenbestimmung

$$Q_{AO} = 24570 \text{ kcal/h}$$

$$\text{und } Q_{EO} = 6660 \text{ kcal/h}$$

gemacht wurde, und wir wollen jetzt die Einflußnahme von Q_L näher untersuchen.

Betreten wir einen mit Wäschestücken zum Trocknen behängten Dachboden, dessen Dachflächen aus Schieferplatten oder Ziegelpfannen bestehen, dann erleben wir hier, je nach der anfallenden Windstärke, eine angeregte Bewegung der Wäschestücke als den Beweis eines nicht geringen Kaltlufteneinfalles.

In unserem Beispieldasein haben wir es mit einer auf 22 mm Holzschalung verlegten Schieferplattenverkleidung zu tun. Diese Unterlagsschalung, stumpf aneinander gelegt und auf dem Dachgebälk vernagelt, hat im ausgetrockneten Zustand eine Klaftung zueinander von mindestens 4 bis 5 mm, durch die, wenn auch durch die überlappt verlegten Schieferplatten überdeckt, ein Kaltlufteneinfall erfolgt, dessen Fugendurchlässigkeit wir vorsichtigerweise gering mit dem Term $a = 2,--/\text{m Fugenlänge}$ annehmen wollen.

Schalbrettbreite 16 cm, das sind $6,25 \text{ Stück}/\text{m}^2 = 6,25 \text{ m Fugenlänge}/\text{m}^2$ Dachfläche.

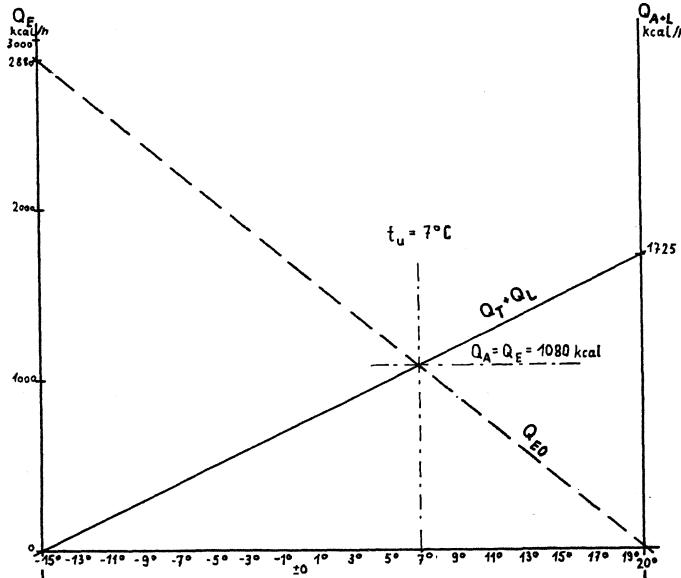


Bild 8 · Bestimmung t_u Beispiel 1 mit Einbezug des Z-Faktors auf Q_{A+L}

Angeblasene Dachfläche $113,30 \text{ m}^2$

$$\times 6,30 \text{ m}^2 = 107 \text{ m}^2$$

$$107 \times 6,25 = 668,75 \text{ m Fugenlänge}$$

Dachfläche im Lee $113,30 \text{ m}^2$

$$113,3 \times 6,25 = 708,15 \text{ m Fugenlänge.}$$

Unter Einsatz der Größen $H = 0,34$ $R = 0,9$ und der Grenzwertannahme $t_u = 20^\circ \text{ C}$ errechnet sich

$$Q_L = (668,75 \times 2)_A + (708,15 \times 2)_N \cdot 0,34 \cdot 0,9 \cdot [20 - (-15)] \\ = 32247 \text{ kcal/h}$$

Der Dachboden ist als großer Raum aus leichten Wänden mit übernormaler Höhe anzusprechen, für den gemäß DIN 4701-5.4 die üblichen Zuschläge in der Wärmebedarfsberechnung fortfallen.

Wir haben es also zu tun mit

$$Q_{AO} = 24570 \text{ kcal/h}$$

$$+ Q_L = 32247 \text{ kcal/h} \quad 56817 \text{ kcal/h}$$

$$\text{und } Q_{EO} = \quad \quad \quad 6660 \text{ kcal/h}$$

Die Ablesung aus dem Diagramm Bild 9 ergibt

$$t_u = -11,2^\circ \text{ C}$$

Zur rechnerischen Bestimmung der Wärmegleichheit bedarf es eines Kunstgriffes. Dem Diagramm Bild 4 entnehmen wir, daß sich der Schnittpunkt der beiden Extrem-Geraden Q_A/Q_E auf der F.k-Komponenten = 675,2 der Q_A Geraden abspielt.

Wir müssen jetzt diesen spezifischen Wärmeverlust-F.k-Wert durch die Mitbeeinflussung von Q_L auf seinen angemessenen (theoretisch-äquivalenten) Wert bringen.

Gemäß Tabelle 3 ist der Faktor $675,2 \times 35 = 23630 \text{ kcal/h}$ mit 96 % am Endergebnis $Q_A = 24570 \text{ kcal/h}$ beteiligt, folglich ist der obenerrechnete Q_L -Wert = 32247 kcal/h als $32247 \times 0,96 = 30957$ anteilig zuzuschlagen:

$$\begin{aligned} \text{Somit} \\ Q_A &= 23630 \text{ kcal/h} \\ + Q_L &= 30957 \text{ kcal/h} \\ &= 54587 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

und daraus der F.k-Wert

$$\frac{54587}{35} = 1559,63 \text{ kcal/h/m}^2 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{h}$$

Die rechnerische Bestimmung der Wärmegleichheit

$$Q_A \text{ DA-Gb-EF } 1559,63 \times (15 - 11,2) = \frac{5925 \text{ kcal/h}}{20^\circ}$$

$$\begin{aligned} Q_E \text{ DE-}20^\circ & 108,0 \times [20 - (-11,2)] = 3370 \\ \text{DE-}15^\circ & 49,2 \times [15 - (-11,2)] = 1290 \\ \text{DE-}12^\circ & 16,0 \times [12 - (-11,2)] = 370 \\ \text{WBI-}10^\circ & 34,25x [10 - (-11,2)] = 730 \\ \text{DE-}(-3^\circ) & 9,55 \times (-3 - 11,2) = 80 \quad 9355 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

Die Ordinatenablesung aus dem Diagramm Bild 10 ergibt die Wärmegleichheit

$$(Q_A + Q_L) = Q_E = 5900 \text{ kcal/h}$$

Hätten wir es bei der mit Tabelle 1c gegebenen Ablesung $t_u = -9^\circ \text{ C}$ belassen, dann kämen wir zu folgendem Resultat:

$$Q_A \text{ DA-Gb-EF } 1559,63 \times (15 - 9) = \frac{9335 \text{ kcal/h}}{20^\circ}$$

$$\begin{aligned} Q_E \text{ DE-}20^\circ & 108,0 \times [20 - (-9)] = 3130 \\ \text{DE-}15^\circ & 49,2 \times [15 - (-9)] = 1180 \\ \text{DE-}12^\circ & 16,0 \times [12 - (-9)] = 335 \\ \text{WBI-}10^\circ & 34,25x [10 - (-9)] = 650 \\ \text{DE-}(-3^\circ) & 9,55 \times (-3 - 9) = 55 \quad 5350 \text{ kcal/h} \end{aligned}$$

Hier haben wir wieder einmal einen eklatanten Beweis dafür wie schon kleine Temperaturunterschiede maßgebliche Abweichungen von der Wärmegleichheit auslösen können und zwar, je größer der Unterschied zwischen Q_A und Q_E , umso größer die Anfälligkeit zur Diskrepanz.

Bestimmung t_u nach DIN 4701-5.6.

$$\begin{aligned} Q_A \text{ DA-Gb-EF. } & 1559,63 \times -15^\circ = 23395 \text{ kcal/h} \\ \text{DE-}(-3^\circ) & 9,55 \times -3^\circ = 28 \text{ kcal/h} \quad 23423 \text{ kcal/h} \\ & F-k \quad 1569,18 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_E \text{ wie Seite 819} & \\ F-k & 207,45 \quad 3535 \text{ kcal/h} \\ -23423 + 3535 & -19888 \end{aligned}$$

$$t_u = \frac{-19888}{1569,18 + 207,45} = \frac{1776,63}{-11,194^\circ \text{ C}}$$

Nach den nunmehr gemachten Erfahrungen möchten wir jedoch vorschlagen, bei allen t_u -Bestimmungen deren rechnerische Bestimmung nach DIN 4701-5.6 oder der grafischen Bestimmung nach der Extrem-Methode durchzuführen. Bezüglich unseres Standpunktes eines Einbezuges der Größe Q_L im Rahmen der t_u -Bestimmung hoffen wir mit dieser Anregung den Anreiz zu einer fachlichen Diskussion in unserer Zeitschrift gegeben zu haben.

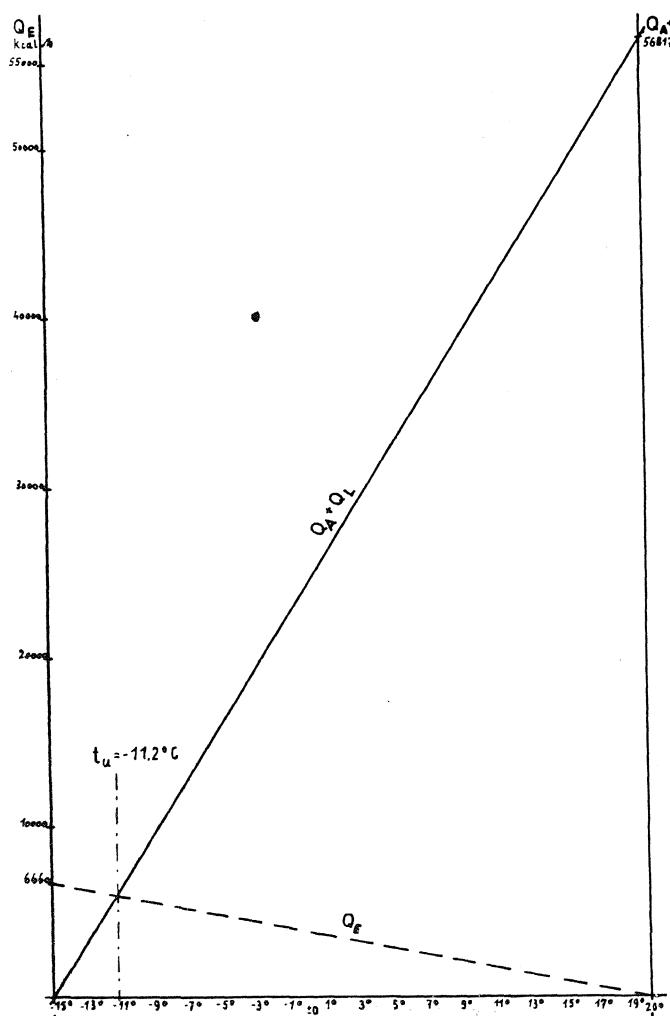


Bild 9 • Bestimmung t_u Dachgeschoß unter Einbezug von Q_L

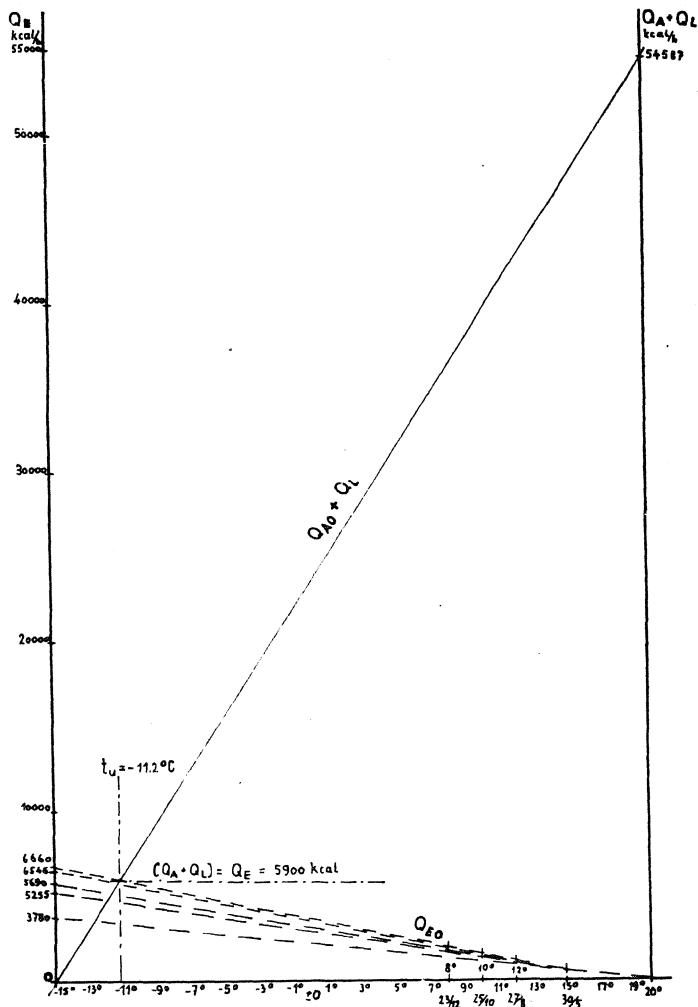


Bild 10 • Bestimmung t_u und Wärmegleichheit unter Einbezug von Q_L
Dachgeschoß - Bürogebäude