Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 77 (1959)

Heft: 11

Artikel: Betrachtungen über die massgebenden Temperaturen im geheizten Wohnraum

Autor: Weber, A.P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-84223

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 17.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Betrachtungen über die massgebenden Temperaturen im geheizten Wohnraum

Von **A. P. Weber**, beratender Ing. S. I. A., Zürich

DK 697.121

1. Einleitung

In der modernen Heiztechnik spricht man heute von effektiven, resultierenden und empfundenen Temperaturen; weiter unterscheidet man zwischen Luft-, Wand- und Raumtemperaturen. Im Zusammenhang mit der neuzeitlichen Strahlungsheizung ist auch die «zulässige Strahlungstemperatur» von Bedeutung geworden. Ueber die verschiedenen Temperaturbegriffe, Messverfahren und Behaglichkeitsmassstäbe hat *M. Hottinger* in dieser Zeitschrift ausführlich berichtet [1].

Der Verein Schweizerischer Zentralheizungsindustrieller hat kürzlich neue Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfes von Gebäuden herausgegeben, die gegenüber den alten «Regeln» vom Jahre 1939 einen wesentlichen Fortschritt darstellen [2]. Als besondere Neuerung ist hervorzuheben, dass bei der Festlegung der Raumtemperaturen nicht mehr wie bisher mit der Raumlufttemperatur, sondern mit der «resultierenden Temperatur» gerechnet wird. Diese ist wie folgt definiert: «Man versteht unter Raumtemperatur die resultierende (empfundene) Temperatur. Sie wird 1,5 m über Boden in der Mitte des Raumes bei geschlossenen Fenstern und Türen und bei erreichtem Beharrungszustand gemessen». Es ist ja wohl klar, dass mit gewöhnlichen Thermometern wie auch mit solchen mit Strahlungsschutz die resultierende Temperatur nicht richtig gemessen werden kann. Das frei in ruhender Luft hängende gewöhnliche Thermometer zeigt einen Wert zwischen Luft- und Wandtemperatur an, der von der Thermometeroberfläche abhängig ist.

Die Einführung der resultierenden Temperatur ist vom Standpunkt der Heizungstechnik sicher als ein Fortschritt zu bezeichnen; indessen dürfte in der Baupraxis die neue Bezeichnung der Raumtemperatur u. U. zu Schwierigkeiten führen, z. B. bei Streitigkeiten über die zu erfüllende Heizungsgarantie. Daher soll im Folgenden kurz auf die Begriffe Raum-, Luft- und Strahlungstemperatur eingetreten werden.

2. Raum- und Wandtemperatur

Auf die Bedeutung der Wandtemperatur für die Behaglichkeit wurde hier schon früher hingewiesen [3]. Nach heutiger Auffassung besteht die Aufgabe der modernen Raumheizung darin, die menschliche Wärmeabgabe so zu regulieren, dass der Aufenthalt im Raum als behaglich empfunden wird. Bekanntlich gibt der Mensch Wärme durch Konvektion, Strahlung, Verdunstung und Atmung ab. Je nach der Luft- und Wandtemperatur empfindet er die Raumtemperatur verschieden. Es ist eine allgemein bekannte Erfahrungstatsache, dass bei z. B. 20° Lufttemperatur und kalten Wänden die Behaglichkeit schlechter ist als bei 18° Lufttemperatur und warmen Wänden. Man spricht deshalb auch von einer «empfundenen» Temperatur, die dem Behaglichkeitsempfinden entsprechen soll.

Betreffend die Effektivtemperatur, welche von den Amerikanern eingeführt wurde, muss auf die Arbeit von Hottinger [1] verwiesen werden, da sie für unsere Betrachtung nicht von Bedeutung ist.

Bei konvektiver Heizung und normal dichten Fenstern und Türen sind die Luftbewegung und Aenderungen der Luftfeuchtigkeit im allgemeinen so gering, dass sie die Behaglichkeit nicht beeinflussen. Als massgebende Grössen bleiben nur noch die Lufttemperatur ϑ_L und die mittlere Temperatur ϑ_W der Umgebungsflächen (Wandtemperatur). Aus ihnen ergibt sich die empfundene Temperatur ϑ_e auf Grund folgender Ueberlegung: Zur angenäherten Messung von ϑ_e benützt man das Vernonsche Kugelthermometer ([1]. S. 109 unten rechts), bei dem sich die empfundene Temperatur so einstellt, dass Gleichgewicht besteht zwischen der von den wärmeren Wänden an die Kugel (Durchmesser 152 mm) zugestrahlten Wärme q_s und der durch Konvektion an die kältere Raumluft abgegebenen Wärme q_K. Für diese Wärmemengen gelten die Gleichungen

$$q_K = \alpha_K \, F \, (\vartheta_e - \vartheta_L)$$

bzw. $$q_s = \alpha_s \cdot F \, (\vartheta_W - \vartheta_e)$$

Da $q_K = q_s$ ist, ergibt sich

$$\alpha_K \, (\vartheta_e - \vartheta_L) = \alpha_s \, (\vartheta_W - \vartheta_e)$$

woraus

$$(1) \qquad \vartheta_e = \frac{\vartheta_L + (\alpha_s/\alpha_K)\, \vartheta_W}{1 + \alpha_s/\alpha_K}$$

Bei geringer Luftströmung und den bei Raumheizung einzuhaltenden Temperaturen kann $\alpha_s = \alpha_K$ ($= \sim 4{,}5$ kcal/m² °C h) gesetzt werden, wodurch man für ϑ_e erhält

$$(2) \qquad \vartheta_e = \tfrac{1}{2} \, (\vartheta_L + \vartheta_W)$$

In diesem Fall ist also die empfundene Temperatur ϑ_e gleich dem arithmetischen Mittel von Wand- und Lufttemperatur [6], S. 293. Zugleich ist sie identisch mit der resultierenden Temperatur. Was die Effektivtemperatur anbetrifft, die von den Amerikanern eingeführt wurde, sei auf den Aufsatz von Hottinger [1] hingewiesen.

Die mittlere Wandtemperatur eines Raumes findet man mittels der bekannten Summenformel

$$(3) \qquad \vartheta_W = \frac{F_1 \vartheta_1 + F_2 \vartheta_2 + F_3 \vartheta_3 + \ldots}{F_1 + F_2 + F_3 + \ldots}$$

wobei F und ϑ die verschiedenen Wandflächen bzw. deren Temperaturen bedeuten, einschliesslich der Fenster und Raumheizflächen. Die innere Oberflächentemperatur eines ungeheizten Wandelementes ist gegeben durch die einfache Beziehung [3]:

$$(4) \qquad \vartheta_W = \vartheta_L - (\vartheta_L - \vartheta_a) \cdot k/\alpha_i$$

Hierin bezeichnet ϑ_a die Aussentemperatur in °C und α_i die innere Wärmeübergangszahl der Wand in kcal/m² h °C. Bei Strahlungsheizungen ist die Berechnung der Wandtemperatur etwas schwieriger, da die Bestrahlung der nichtgeheizten Raumflächen berücksichtigt werden muss [4]. Man kann die mittlere Strahlungstemperatur eines Raumes nach dem Katathermometerverfahren von Bradtke [5] indirekt messen. Es ist

$$(5) \qquad \vartheta_W = 100 \sqrt[4]{94 - \Delta A/\Delta C} - 273$$

wobei ΔA die Differenz der Katawerte und ΔC die Differenz der Strahlungszahlen der beiden Katathermometer bedeutet.

In den Bedingungen des S. I. A. für Zentralheizungen, Formular 135, ist betreffend der Probeheizung lediglich die Rede von der «gewährleisteten Temperatur». Ob die Raumlufttemperatur oder die resultierende Temperatur gemeint ist, sollte doch noch ergänzt werden, was z. B. bei Gerichtsexpertisen wichtig ist.

Zur Frage der nötigen Temperaturen der Raumbegrenzungsflächen in geheizten Räumen haben sich in letzter Zeit verschiedene Fachleute geäussert [7]. *Schüle* gibt den Zu-

sammenhang zwischen der Wandtemperatur und der Lufttemperatur für verschiedene Behaglichkeitsempfindungen gemäss Bild 1 an. Daraus ist ersichtlich, dass bei z. B. 20° Raumlufttemperatur eine mittlere Wandtemperatur von 16° nötig ist, und bei einer mittleren Wandtemperatur von nur 12° eine Lufttemperatur von 24° vorhanden sein muss, damit eine ausreichende Behaglichkeit im geheizten Raum gewährleistet ist.

Krischer hat die Abhängigkeit der mittleren Wandtemperatur und der zugehörigen Lufttemperatur von der mittleren Wärmedurchgangszahl (D-Wert) untersucht [8]. Aus Bild 2 ist der Einfluss dieses Wertes und damit der Bauweise deutlich erkennbar. Nach diesem Diagramm müsste man in einem Raum mit z. B. 10° Wandtemperatur eine Lufttemperatur von 24° aufrecht erhalten, um dieselbe Behaglichkeit zu erreichen, wie in einem Raum mit $\vartheta_L = \vartheta_W = 20°$. Bei Bild 2 ist vorausgesetzt, dass die Behaglichkeitsziffer B für alle Räume mit verschiedenen Wandtemperaturen gleich gross sei. B bedeutet das Verhältnis der Raumlufttemperatur zur Abkühlungsgrösse A des Katathermometers (Katawert). Nach Untersuchungen von *Brezina* und *Schmidt* [9] ist für die Behaglichkeitsziffer bei Winterbetrieb mit einem untern Grenzwert von $B = 2$ und einem obern Wert von $B = 5$ zu rechnen. Neuerdings werden die zulässigen Katawerte auch davon abhängig gemacht, ob ein Raum schwach oder stark besetzt ist. Für den Sommerbetrieb ändern sich naturgemäss die Behaglichkeitsziffern; deren Behandlung liegt jedoch nicht mehr im Rahmen des vorliegenden Aufsatzes.

Zum Erzielen einer ausreichenden Raumbehaglichkeit stehen zwei Wege offen: 1. Man kann von einer gegebenen mittleren Wandtemperatur ausgehen und daraus die nötige Raumlufttemperatur berechnen. 2. Man geht von der verlangten bzw. gegebenen Raumlufttemperatur aus und ermittelt die nötige mittlere Wandtemperatur. Da die Architekten heute grosse Glasflächen bevorzugen, sei auf die tiefen Oberflächentemperaturen der Fenster hingewiesen sowie auf den Umstand, dass die resultierende Temperatur eines Raumes sehr stark von den Glasflächen beeinflusst wird. Bei der Bestimmung der Fenstertemperaturen darf in Gleichung (4) nicht die übliche Wärmedurchgangszahl des Fensters eingesetzt werden, da in diesen Zahlen bekanntlich die Fugenverluste ebenfalls mitenthalten sind. Für das übliche doppeltverglaste Fenster mit 2 mm Glasdicke beträgt die effektive Wärmedurchgangszahl $k = 2{,}8$ kcal/m² h °C; mit ihr berechnet sich bei 20° C Raumlufttemperatur und —15° C Aussentemperatur die innere Oberflächentemperatur des Fensters zu +6° C, sofern die Wärmeübergangszahl $\alpha_i = 7$ kcal/m² h °C gesetzt wird. Bei grösseren Fensterflächen ist $\alpha_i = 10$ kcal/m² h °C zu rechnen, wodurch die Oberflächentemperatur auf rund +10° C ansteigt. Normale, einfachverglaste Fensterflächen haben bei $\alpha_a = 20$ kcal pro m² °C h eine Wärmedurchgangszahl von $k = 5{,}1$, wodurch sich eine innere Oberflächentemperatur von —5,5° C ergibt. Eingehende Untersuchungen über die Oberflächentemperaturen der Fenster hat seinerzeit *Hottinger* veröffentlicht [10].

Um den Einfluss grosser Fensterflächen zu veranschaulichen, betrachten wir einen Raum mit grossen Glasflächen, der mittels Konvektoren geheizt wird, also keine Strahlungsheizflächen aufweist. Die Grundrissfläche betrage 4 × 5 m, die Raumhöhe 3 m. Die beiden Aussenwände von 4 bzw. 5 m Länge seien auf ihre ganze Länge mit 2 m hohen, doppelt verglasten Fensterflächen versehen. Ueber der Decke liege der unbeheizte Dachraum. Bei den allgemein üblichen Wärmedurchgangszahlen der Wände von durchschnittlich $k = 1$ berechnet sich die mittlere Wandtemperatur für diesen Raum nach Gleichung (3) zu $\vartheta_W = 14{,}8°$ C. Mit einer Raumlufttemperatur von 20° C folgt die resultierende Temperatur, die gleich der empfundenen ist, nach Gleichung (2) zu $\vartheta_R = 17{,}4°$ C. Wird für einen solchen Raum eine «Raumtemperatur» von 19° C verlangt, dann ist eine Lufttemperatur von $\vartheta_L = 23{,}2°$ C erforderlich (damit der Mittelwert von ϑ_W und ϑ_L 19° C ergibt), bei 20° C sogar 25,2° C. Diese Zahlen zeigen deutlich, dass bei grossen Fensterflächen wesentlich höhere Raumlufttemperaturen nötig sind, um eine ausreichende Behaglichkeit zu erzielen. Entsprechend grösser werden auch die Heizkosten.

3. Zulässige Strahlungstemperaturen

Die physiologisch zulässigen Strahlungstemperaturen der Heizflächen von Strahlungsheizungen sollten in den S. I. A.-Richtlinien für Zentralheizungen festgesetzt sein. Die Wahl zu hoher Heizflächentemperaturen hatte sich besonders bei Deckenheizungen nachteilig ausgewirkt und dazu geführt, dass dieses Heizsystem bei uns in letzter Zeit nicht mehr so oft verwendet wird. Bei einbetonierten Rohrschlangen wurde auch die relativ grosse Trägheit als nachteilig empfunden, worauf kürzlich an dieser Stelle *Ostertag* hingewiesen hat [11]. Einbetonierte Anlagen sind bezüglich der Strahlungswirkung auf die Rauminsassen nicht ungünstiger als frei heruntergehängte Heizdecken (Stramax, Zent-Frenger usw.), sofern in beiden Fällen die mittleren Strahlungstemperaturen die selben sind.

Ueber die physiologisch zulässigen Deckentemperaturen ϑ_D bei Deckenstrahlungsheizungen ist in den letzten Jahren viel geschrieben worden, besonders im Auslande. Eine erste brauchbare Beziehung zu deren Bestimmung gab *A. Kollmar* [12]; seine erste Formel lautete:

$$\vartheta_D = 32 + 2{,}3/\varphi \text{ °C} \qquad (6)$$

worin φ die sog. Einstrahlzahl, d. h. das Winkelverhältnis bedeutet, das zwischen der Deckenheizfläche und dem Kopf eines unter der Heizfläche stehenden oder sitzenden Menschen besteht. Für den Normalfall gilt für φ die Gleichung

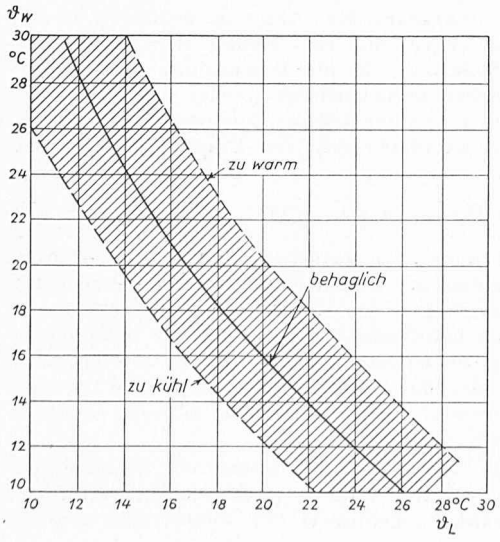


Bild 1 (links). Zusammenhang zwischen Wandtemperatur ϑ_W und Lufttemperatur ϑ_L in geheizten Räumen für verschiedene Behaglichkeitsempfindungen (nach Bedford und Liese [7]).

Bild 2 (rechts). Erforderliche Lufttemperatur ϑ_L und mittlere Wandtemperatur ϑ_W in Abhängigkeit von der mittleren Wärmedurchgangszahl (D-Wert) nach [8]. Der D-Wert ist durch die Gleichung definiert:

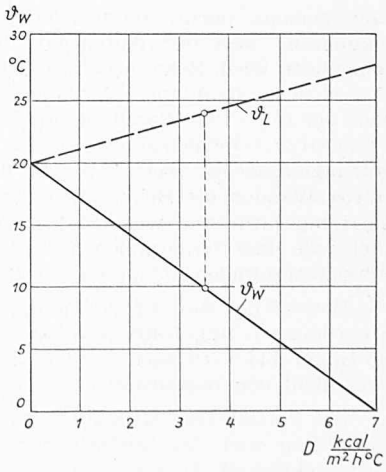
$$D = Q_0/F_g\,(\vartheta_i - \vartheta_a) \text{ kcal/m}^2\,°\text{C h}$$

Hierin bedeuten:

Q_0 die zuschlagfreie Verlustwärme, die durch die Raumumhüllung nach aussen strömt, in kcal/h

F_g die gesamte Oberfläche der Raumumhüllung in m²

$\vartheta_i - \vartheta_a$ das Temperaturgefälle zwischen Rauminnerem und Aussenluft



$$(7) \quad \varphi = \frac{1}{\pi}\left(\frac{a}{\sqrt{h^2 + a^2/4}} \operatorname{arc\,tg} \frac{b}{\sqrt{h^2 + a^2/4}} + \right.$$

$$\left. + \frac{b}{\sqrt{h^2 + b^2/4}} \operatorname{arc\,tg} \frac{a}{\sqrt{h^2 + b^2/4}}\right)$$

wobei a und b die Heizflächenabmessungen in m und h die Distanz zwischen Heizfläche und der Kopfoberfläche in m bedeuten. Gleichung (6) ergibt für einen rechteckigen Raum üblicher Grösse und rd. 3 m Höhe eine zulässige Deckentemperatur von 36° C.

Der bekannte Hygieniker auf dem Gebiete der Heizung und Lüftung, Prof. *W. Liese,* gibt als physiologisch zulässige Strahlung auf den menschlichen Kopf die folgenden Wärmeintensitäten an [13]:

Wärmeintensität q	11	16,5	27,5	38,5	kcal/m² h
Lufttemperatur ϑ_L	20	18	15	12	°C

Mit Hilfe dieser Zahlenwerte kann man die zulässige Deckentemperatur unter gewissen Voraussetzungen leicht berechnen, was nachstehend für die meist vorkommende Lufttemperatur von 20° C erfolgen soll.

Bei praktisch ruhiger Raumluft beträgt die Gesamtwärmeabgabe des Menschen infolge Strahlung, Konvektion, Verdunstung und Atmung bei leichter Beschäftigung rund 100 kcal/h. Davon entfallen rd. 80 % auf die Abgabe der Hautoberfläche, so dass bei einem Menschen von rund 1,6 m² Körperoberfläche eine spezifische Wärmeabgabe von durchschnittlich

$$q = 80/16\,000 = 0{,}005 \text{ kcal/cm}^2\text{ h}$$

in Rechnung zu stellen ist. Berücksichtigt man weiter eine strahlungsempfindliche Kopfoberfläche von 250 cm² (Gesamtkopfoberfläche beträgt rd. 500 cm²) mit einer Oberflächentemperatur von 31,5° C, so beträgt die Wärmeabgabe der Kopfhaut

$$q_K = 0{,}005 \cdot 250 = 1{,}25 \text{ kcal/h}$$

Infolge Konvektion werden bei $\alpha_c = 3{,}5$ kcal/m² h °C übertragen: (Bei Deckenstrahlungsheizung ist die Luft fast ruhend und α_c dementsprechend kleiner als bei Radiatorenheizung.)

$$q_c = 3{,}5 \cdot 0{,}025\ (31{,}5 - 20) = 1{,}0 \text{ kcal/h}$$

Für die zulässige Strahlung verbleibt somit noch ein Betrag von

$$q_s = 1{,}25 - 1{,}0 = 0{,}25 \text{ kcal/h}$$

Mittels der bekannten Strahlungsformel

$$(8) \quad Q = C\,F\,\varphi \left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right]$$

lässt sich nun die zulässige Strahlungstemperatur ϑ_D berechnen. Wir betrachten den ungünstigsten Fall, da der Rauminsasse in der Mitte unter der Heizfläche steht oder sitzt. Die Strahlungszahl C ist für unsern Fall mit rd. $C = 4$ kcal/m² h °K und das Winkelverhältnis nach Gl. (7) mit rd. $\varphi = 0{,}5$ in Rechnung zu stellen. Weiter ist $T_2 = 31{,}5 + 273$. Setzt man diese Zahlenwerte in Gl. (8) ein, so erhält man $\vartheta_1 = T_1 - 273 = \vartheta_D = 34°$ C.

Kollmar, der dieses Bestimmungsverfahren zuerst durchgeführt hat, rechnet in seinem neuen Werk über Strahlungsheizung [13] für die Wärmeabgabe des Kopfes nicht mehr mit 0,005, sondern mit $q = 0{,}0086$ kcal/cm² h, ein Wert, der der Wirklichkeit eher entsprechen dürfte [1]). Bei einer Zustrahlung von $q = 0{,}0011$ kcal/cm² h ergibt sich somit die nötige Entwärmung zu:

$$q = 0{,}0086 - 0{,}0011 = 0{,}0075 \text{ kcal/cm}^2\text{ h}$$

Die Wärmebilanz besagt nun, dass die Wärmeabgabe des Kopfes ($q_K = 250 \cdot 0{,}0086 = 2{,}15$ kcal/h), vermindert um die Deckenzustrahlung $q_D = 0{,}25$ kcal/h gleich sein muss der Entwärmung, die, gemäss obenangegebener Bedingung, $250 \cdot 0{,}0075 = 1{,}90$ kcal/h beträgt.

Oft wird die Auffassung vertreten, dass der Kopf dann keine Wärme mehr abstrahlen werde, wenn die Deckentemperatur gleich der Kopftemperatur sei, also bei rd. 32 °. Für diesen Fall ergibt sich der Wärmeübergang infolge Strahlung nach der bekannten Gleichung:

$$(8a) \quad \alpha_s = \frac{C}{T_1 - T_2}\left[\left(\frac{T_1}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_2}{100}\right)^4\right]$$

Da in unserem Fall $T_1 = T_2$ ist, erhalten wir den unbestimmten Ausdruck 0/0. Das Differential des Zählers ist $4\,T^3 \cdot dT/100^4$ und das Differential des Nenners wird dt. Es wird daher für diesen besondern Fall

$$\alpha_s = \frac{4\,C\,T^3}{100^4}$$

Mit unseren Zahlenwerten erhält man

$$\alpha_s = \frac{4 \cdot 4\ (273 + 32)^3}{100^4} \cong 4{,}5 \text{ kcal/m}^2\text{ h °C}$$

Die übertragene Wärmemenge zwischen Decke und Kopfoberfläche ist natürlich Null, da $\Delta T = 0$ ist. Aber der konvektive Wärmeübergang α_c wird nie Null sein, da sich der Mensch im Raum bewegt und zwischen Körperoberfläche und Raumluft immer ein Temperaturgefälle vorhanden ist.

Besonders eingehende Untersuchungen über die zulässigen Deckentemperaturen hat *Chrenko* im Auftrag des Forschungsamtes für Hygiene der Stadt London durchgeführt [14]. *Kollmar* hat diese Versuche ausgewertet [13]; er fand für den sitzenden Menschen

$$(9) \quad \vartheta_D = 20 + 52\left(\log \frac{1}{\varphi}\right)^{1{,}25}$$

und für den kurzzeitig stehenden Menschen

$$(10) \quad \vartheta_D = 20 + 48\left(\log \frac{1}{\varphi}\right)^{0{,}7}$$

Für ein Streckenverhältnis der Heizfläche $a/b = 1{,}5$ und $h/a = 0{,}25$ findet man nach Gleichung (9) $\vartheta_D = 26{,}5°$ und nach Gleichung (10) $\vartheta_D = 31{,}5°$. Prof. *Raiss* hat die Chrenkoschen Messungen ebenfalls ausgewertet und festgestellt, dass für die in der Praxis meist auftretenden Raumverhältnisse zulässige Deckentemperaturen von 29 bis 33 ° C gefunden werden [6], S. 86. Da bekanntlich die unseren Heizungsberechnungen zugrunde gelegte tiefste Aussentemperatur nur selten und meist nur kurzzeitig auftritt, hat Raiss vorgeschlagen, die nach dem Chrenko-Kriterium bestimmte Deckentemperatur für 60 % des Höchstwärmebedarfes festzulegen. Er kommt damit zu der Beziehung [6], S. 378

$$(11) \quad \vartheta_D \leqq \vartheta_i + \frac{\vartheta_{phys.} - \vartheta_i}{0{,}6}$$

Für $\vartheta_i = 20$ ° C und $\vartheta_{phys} = 29$ ° C findet man danach $\vartheta_D = 35$ ° C.

Im Max Planck-Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund haben kürzlich *Wenzel* und *Müller* ebenfalls eingehende Versuche über die Behaglichkeit bzw. die zulässigen Strahlungstemperaturen durchgeführt [15]. Danach haben von 500 Urteilen, die zur Untersuchung gelangten, die überwiegende Mehrzahl Deckentemperaturen über 35 ° abgelehnt, und zwar ganz unabhängig von der Raumlufttemperatur. Anlässlich des Internationalen Kongresses für Heizung und Lüftung 1958 in Brüssel teilte *Kollmar* in seinem Vortrag über die Strahlungsheizung die nachstehende, sehr einfache Beziehung zur Bestimmung der zulässigen Deckentemperatur mit:

$$(12) \quad \vartheta_D = 1{,}4\ \vartheta_{phys} - 8$$

Für unser Zahlenbeispiel findet man nach dieser letzten Beziehung $\vartheta_D = 1{,}4 \cdot 29 - 8 = 32{,}6°$ C.

[1]) Die unbekleideten Körperteile haben naturgemäss eine etwas höhere Wärmeabgabe als die bekleideten. In der Kollmarschen Berechnung wird allerdings der Strahlungsaustausch mit 20 ° Wandtemperatur bestimmt statt mit der Deckentemperatur ϑ_D, da die Gesamtkopfoberfläche der Rechnung zu Grunde gelegt ist.

Das Ergebnis unserer bisherigen Untersuchungen zeigt deutlich, dass mittlere Deckenstrahlungstemperaturen über 35 ° C bei normalen Räumen aus hygienischen Gründen abzulehnen sind.

Abschliessende Untersuchungen über die physiologisch zulässigen Wand- und Bodentemperaturen bei Wand- und Bodenheizflächen liegen meines Wissens bis heute nicht vor. Für die Bestimmung der zulässigen Bodentemperatur können für den Fuss analoge Berechnungen durchgeführt werden, wie wir dies weiter oben für den Kopf getan haben. Bei einer spezifischen Wärmeübertragung des bekleideten Fusses von $q = 0{,}005$ kcal/cm² h und einer Fussfläche von 180 cm² berechnet sich die Wärmeübertragung je Fuss zu 0,9 kcal/h. Unter Berücksichtigung des Wärmewiderstandes der Fussbekleidung (Strumpf + Schuhsohle), unter Voraussetzung von 32 ° Fusstemperatur, lässt sich die zulässige Bodentemperatur ausrechnen. Man findet $\vartheta_B = 26$ ° C für Räume, in denen sich Menschen längere Zeit aufhalten, während für nur kurzzeitig begangene Räume (Hallen, Bäder usw.) $\vartheta_B = 30$ ° C als zulässig betrachtet werden kann.

Für vertikale Wandheizflächen, die mindestens 1,5 m über Boden liegen, kann $\vartheta_W = 40$ ° C gesetzt werden, während für Brüstungsheizflächen $\vartheta_W = 50$ ° C gerechnet werden darf.

Adresse des Autors: *A. P. Weber*, Ingenieurbureau, Zürich, Asylstrasse 80.

Literaturverzeichnis

[1] *Hottinger, M.:* Behaglichkeitsmasstäbe. SBZ 1947, Nr. 8 u. 9.
[2] *VSCI:* Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden, Zürich, 1957.
[3] *Weber, A. P.:* Ueber die Berechnung des Wärmebedarfes von Räumen, SBZ Bd. 126, S. 190* (27. Okt. 1945).
[4] *Kollmar, A.:* Die Strahlungsverhältnisse im beheizten Raum, München 1947.
[5] *Bradtke, F.:* Katathermometrische Feststellung der mittleren Strahlungstemperatur der Umgebung. «Ges. Ing.» Nr. 1, 1951
[6] *Rietschel-Raiss:* Heiz- und Lüftungstechnik, 13. Aufl. Berlin 1958, Springer Verlag.
[7] *Schüle, W.:* Heizungsfragen im sozialen Wohnungsbau, «Heizung, Lüftung, Haustechnik» Nr. 2, 1956.
[8] *Krischer O.:* Ueber die deutschen Regeln zur Berechnung des Wärmebedarfs von DIN 4701, «Schweiz. Blätter für Heizung und Lüftung», Nr. 2, 1950.
[9] *Brezina E. u. Schmidt W.:* Das künstliche Klima in der Umgebung des Menschen, Stuttgart, 1937. Verlag Ferdinand Enke.
[10] *Hottinger, M.:* Die Schwitzwasserbildung an den Fenstern und deren Verhinderung, «Schweiz. Blätter f. Heizung und Lüftung», Nr. 1, 1945.
[11] *Ostertag, A.:* Wirtschaftliches Heizen mit Wärmepumpen, SBZ 1958, Nr. 45.
[12] *Kollmar, A.:* Praktische Berechnung der Flächenheizung, «Ges. Ing.», Nr. 10, 1948.
[13] *Kollmar A. u. W. Liese:* Die Strahlungsheizung, 4. Aufl. München 1957.
[14] *Chrenko, F. A.:* Heating ceilings and comfort. «Journ. of the Inst. of Heat. a. Vent. Eng., London», No. 209 u. 215, 1953.
[15] *Wenzel, H. G. u. Müller, E. A.:* Untersuchungen der Behaglichkeit des Raumklimas bei Deckenheizung, «Int. Z. für Physiol. u. Arbeitsphysiol.», Nr. 16, 1957.

Elektrizitätswirtschaft in Uruguay

DK 621.29.003

Von **Philipp Stahel**, Beratender Ingenieur, Basel

1. Allgemeines

Die «República Oriental del Uruguay (R. O. U.)» ist der kleinste selbständige Staat Südamerikas. Er bedeckt eine Fläche von 187 000 km², ist also ungefähr 4½mal so gross wie die Schweiz (Bild 1). Seine Bevölkerung besteht fast ausnahmslos aus Weissen und beziffert sich auf rd. 2,6 Millionen. Das Land wird im Süden begrenzt durch die grosse Mündungsbucht des Río de La Plata, im Osten durch die Küste des Atlantischen Ozeans. Im Norden stösst es an Brasilien und im Westen bildet der Río Uruguay die Grenze gegen Argentinien. Die Ureinwohner, die sehr kriegerischen Charrúas, wurden von den Kolonisatoren in vielen Kämpfen nach und nach ganz aufgerieben, da sie sich den Eindringlingen äusserst feindselig entgegenstellten. Daher sind auch kaum Mischlinge übriggeblieben.

Uruguay liegt zwischen 30 ° und 35 ° südlicher Breite und 53 ° und 58 ° westlicher Länge; sein Klima ist gemässigt und ähnelt demjenigen Spaniens. Nur wenn im südlichen Sommer der heisse Nordwind aus dem Innern weht, wird die Lage ungemütlich. Ueblicherweise bringen die Abende — wenigstens in der Hauptstadt Montevideo, mit rund 1 Million Einwohnern — kühlende Südwinde. Das leicht wellige, nach Norden sanft ansteigende Landesinnere Uruguays bildet den Uebergang von der argentinischen Pampa zum südbrasilianischen Bergland. Einige Flüsse ziehen träge in ihren 30 bis 40 m tiefen Flussbetten. Ihr Gefälle übersteigt — abgesehen von vereinzelten Strecken mit Stromschnellen — im Unterlauf kaum je 0,16 ‰. Die höchsten Erhebungen erreichen etwa 620 m über Meer.

Längs des Río Uruguay wird ein bemerkenswerter Acker- und Obstbau betrieben. Im allgemeinen ist das Land nur mit einer leichten Grasnarbe bedeckt, die zur Schaf- und Rindviehzucht eben ausreicht. Wolle, Leder und Fleisch sind denn auch die hauptsächlichsten Produktions- und Ausfuhrartikel des Landes, dessen Wohlstand auf Gedeih und Verderb von den Weltmarktpreisen dieser drei Warengattungen abhängt.

Seine erste Stromversorgung erhielt Montevideo anfangs der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts auf Grund privater Initiative. Ein Bewohner der Stadt errichtete damals aus Freude an der in jener Zeit neuesten Errungenschaft der Technik, der Licht- und Kraftversorgung mit Elektrizität, ganz auf eigenes Risiko ein kleines Kraftwerk mit einer Kolbendampfmaschine von etwa 20 kW Leistung und versorgte damit eine Strassenpartie der Stadt mit elektrischem Licht — zum grossen Missbehagen des bestehenden Gaswerkes. Ein etwas grösser angelegter Versuch einer argentinischen Gesellschaft mit etwa 50 Bogenlampen in der Hauptstrasse des Stadtzentrums endete aus finanziellen Gründen mit einem Misserfolg. Die Ausbreitung der neuen Beleuchtungsart und der Kraftversorgung konnte dadurch aber nicht aufgehalten werden. Neue Gesellschaften befassten sich mit der Energieerzeugung und -verteilung zunächst nur in Montevideo, dann begann man auch in den kleineren Städten des Landes eigene Werke zu erstellen, die der lokalen Stromversorgung dienten.

Nach Ueberwindung einer Unzahl von technischen Schwierigkeiten und vor allem finanzieller Rückschläge entstand das jetzige staatliche Elektrizitätswerk, dem in der Folge auch die Verwaltung des gesamten Telephonwesens angegliedert wurde. Sein Name lautet aus diesem Grunde auch «Administración General de las Usinas Eléctricas y los Teléfonos del Estado», abgekürzt U. T. E. Dank seiner gesetzlichen Monopolstellung hat dieser Verwaltungsbetrieb allmählich alle lokalen Elektrizitätswerke der Landstädte aufgekauft und betreibt sie nun in eigener Regie weiter. Es handelt sich bei diesen Werken um Dieselzentralen von einigen 100 bis mehreren 1000 kW Leistung. Dieser beschränkten Produktionsmöglichkeit ist es zuzuschreiben, dass sich der Gestehungspreis der erzeugten Energie verhältnismässig hoch stellte und von Ortschaft zu Ortschaft verschiedene Tarife, ja sogar verschiedene Verrechnungssysteme zur Anwendung kamen.

Da die Finanzkraft dieser Kraftwerke beschränkt blieb, konnten sie nur mühsam die nötigen Mittel zu Unterhalt