

Sommerliche Raumlufttemperaturen über 26 °C Vermeidbarer Streitfall

Foto: PhotoCase.de

Für Gebäudenutzer ist und bleibt die Raumlufttemperatur die entscheidende Gewährleistungsgröße. Für den Winterfall werden diese Anforderungen auch nicht aufgeweicht. Festgeschriebene Raumlufttemperaturen für den Sommerfall werden dagegen regelmäßig in Frage gestellt und missachtet. Verschiedene richterliche Entscheidungen der jüngeren Vergangenheit stärken aber die Rechte der leidtragenden Nutzer.

Regelungen für den „Winterfall“ mit einzuhaltenen und nachprüfbareren Raumluft- bzw. operativen Temperaturen nach DIN 4701 [1] und Forderungen an die Gebäudehülle, z. B. der Mindestwärmeschutz nach DIN 4108 [2] und EnEV 2002 [3], werden in den seltensten Fällen in Frage gestellt. Für den „Sommerfall“ traut man den Nutzern offensichtlich aber ein „dickeres Fell“ zu. Zwar gibt es ebenfalls Regelungen für zulässige und optimale Raumlufttemperaturen wie DIN 1946 [4], sommerlicher Wärmeschutz in DIN 4108-2 A1 [5] und aus der Sicht der Nutzung beispielsweise die Arbeitsstättenrichtlinien ASR [6] und die Arbeitsstättenverordnung ASV [7], in der Praxis ist aber zu beobachten, dass die Einhaltung oft vor allem aus (Investitions-)Kostengründen von Bauherren oder Investoren in Frage gestellt wird.

Die Ingenieur-Beratung kommt oft zu kurz

In verschiedenen richterlichen Entscheidungen, vor allem im so genannten Bielefelder Urteil ([8], [9]), werden die Einhaltung der aufgezählten Regelungen gefordert und die Rechte der Nutzer gestärkt. Für den Autor ist es aus den eigenen praktischen Erfahrungen her nachvollziehbar, dass es zu diesem „Anstoß“ kommen musste. Betrachtet man die HOAI [10] nicht nur als Bewertungsmechanismus für die Honorierung der Leistungen und

den Planer als „beratenden“ Ingenieur, so muss spätestens nach Abschluss der Phase „Entwurf“ ([11]) der Bauherr oder Investor bzw. deren Vertreter (oftmals der Architekt) eindeutig und unmissverständlich Kenntnis über die zu erwartenden sommerlichen Raumlufttemperaturen haben und ob die oben genannten „Regeln der Technik“ gewährleistet werden.

Gerade Information über die zu erwartenden sommerlichen Raumlufttemperaturen werden – aus den unterschiedlichsten, hier nicht zu bewertenden Gründen – dem Auftraggeber oder Architekten leider nur unzureichend oder nicht mit dem erforderlichen Nachdruck durch den Planer vermittelt. Konsequenz: Zahlreiche Gutachten belegen, dass der Planer seiner Verantwortung als „beratender“ Ingenieur nicht gerecht geworden ist. Gründe für die fehlende Information können im Allgemeinen einerseits unzureichende Ausgangsdaten in der Planungsphase „Vorentwurf“ und andererseits auch die finanziellen Aufwendungen für die Durchführung von Simulationsrechnungen sein.

Raumlufttemperaturabschätzung mit geringem Aufwand

Würde man sich allerdings wieder auf die ingenieurtechnische Tugend der Abschätzung und der Vorbemessung besinnen, könnte mit verhältnismäßig

geringem Aufwand die Größenordnung der zu erwartenden sommerlichen Raumlufttemperatur in den Phasen „Grundlagenermittlung“ und „Vorentwurf“ hinreichend genau ermittelt werden. Geeignet scheinen dazu beispielsweise Vorbemessungsverfahren zum sommerlichen Wärmeschutz auf der Basis der Arbeiten von Petzold [12], [13] zu sein. Für die Ermittlung der Kühllast, für notwendige bauliche Maßnahmen (Sonnenschutz, speicherwirksame Bauwerksmassen) und für die sich einstellende Raumlufttemperatur bei „natürlicher Lüftung“ werden geeignete Lösungen angeboten [14], [15], [16]. Leider ist eine beispielhafte plausible Lösung im Standardwerk Recknagel/Sprenger/Schrameck [21] in der Überarbeitung [22] ersatzlos gestrichen bzw. durch einen kaum nachvollziehbaren Lösungsansatz ersetzt worden.

Vorbemessungsverfahren (Diagramme, einfache Beziehungen) sind wichtige ingenieurtechnische Handwerkszeuge, mit denen mit wenig Aufwand und hinreichender Genauigkeit die Größenordnung, z. B. die maximale und mittlere Raumlufttemperatur abgeschätzt werden können. Die Anwendung von Vorbemessungsverfahren sollte auch unter den Aspekten, „wenige und unscharfe Ausgangsdaten“, Planungskosten und Planungszeit, positiv bewertet werden. Damit können im Planungsprozess schon in einem frühen Stadium (Grundlagenermittlung, Vorentwurf) Aussagen getroffen werden, zum Beispiel ob und mit welchen baulichen Mitteln die gewünschte bzw. erforderliche Raumlufttemperatur erreicht wird bzw. welche Lüftungstechnischen Maßnahmen notwendig werden (Bild 1).

Sind die baulichen, meteorologischen und nutzungsspezifischen Randbedingungen im Vorentwurf [11] geklärt,

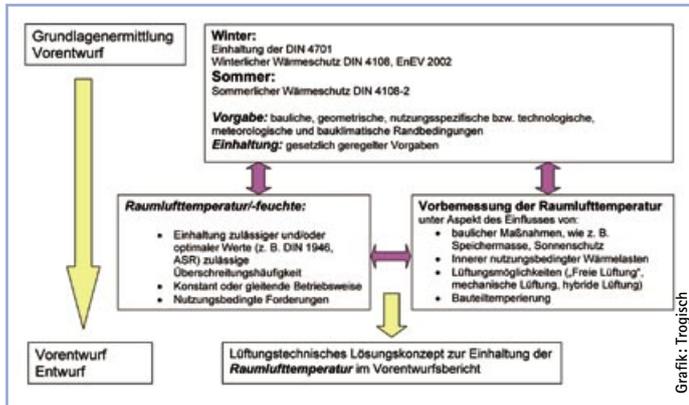


Bild 1 Übersichtsdarstellung: Vorbemessung Raumlufttemperatur in den Phasen „Grundlagenermittlung“ und „Vorentwurf“

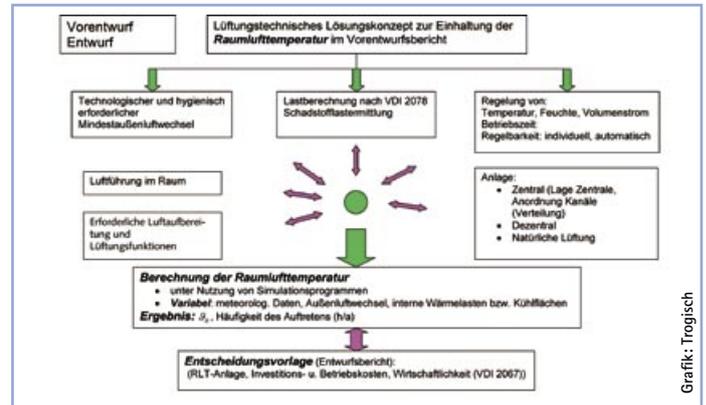


Bild 2 Übersichtsdarstellung: Berechnung Raumlufttemperatur in den Phasen „Vorentwurf“ und „Entwurf“

erfolgt eine Kühllastberechnung nach VDI 2078 im Allgemeinen mittels PC-Programmen. Diese ist wiederum Basis für Simulationsrechnungen der Raumlufttemperatur. Besonderer Wert ist auch auf die Abklärung der sommerlichen Außenklimabedingungen zu legen. Diese weichen, teilweise regional und in den letzten Jahren auch im Allgemeinen, von den üblichen Standardwerten (32 °C und 40 %) hin zu höheren Werten ab.

Klimakonzept als Rückkopplung aus der Vorbemessung

Mit der Berechnung der Raumlufttemperatur ergeben sich zwangsläufig die notwendigen Luftvolumenströme, die erforderlichen Luftaufbereitungsstufen und die RLT-Anlagenlösung (zentral/dezentral) [19]. Jedoch darf nicht nur die technische Lösung zur Gewährleistung der Raumlufttemperatur allein betrachtet werden, sondern es ist auch lösungsbezogen die Wirtschaftlichkeit auf Basis der Investitions- und vor allem der Betriebskosten zu berücksichtigen [20].

Sind die Phasen „Vorentwurf“ bzw. „Entwurf“ bearbeitet, ist sowohl in den notwendigen Berichten als auch nach der unbedingt zu empfehlenden Bestätigung des Entwurfs durch den Bauherrn oder Investor eine klare Aussage zu den Raumlufttemperaturen möglich. Erfolgt, wie heute oft üblich, die Planung nicht in der Abfolge nach HOAI, so sind die Vorbemessungsverfahren zur Beratung umso wichtiger.

Die Bilder 1 und 2 zeigen Ablauf und Komplexität der Vorbemessung und der Berechnung der Raumlufttemperatur. Zur Verdeutlichung wird ein Auszug aus [14] vorgestellt. Auf der Grundlage von [21] kann überschlägig der Zusammenhang zwischen der zulässigen mittleren Gesamtwärmelast, der mittleren sommerlichen Raumlufttemperatur und dem Außenluftwechsel dargestellt werden, so dass analog dazu in der Phase „Vorentwurf“

Aussagen über zu erwartende Raumlufttemperaturen und über notwendige bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen getroffen werden können.

Das Verfahren kann mit ingenieurtechnischen Mitteln die Wechselwirkung von Lüftung, innerer und äußerer Wärmelast, dem Wärmebeharrungsvermögen (WBV) und mittlerer Raumlufttemperatur bewerten. Es ist abhängig vom Speichervermögen des Gebäudes, dem Wärmewiderstand der Hüllkonstruktion und von der Lüftung. Letztere ist insbesondere abhängig von der inneren nutzungsbedingten Wärmelast $\dot{Q}_{N,m}$.

1. Kriterium:

Das WBV ist groß, wenn eine geringe Lüftung mit Außenluft \dot{V}_{AU} genügt und eine große speicherwirksame Bauwerksmasse M vorhanden ist. Es gilt:

$$M/A_B \geq 600 \text{ kg/m}^2 \text{ und } \dot{V}_{AU}/A_B \leq 6 \text{ (m}^3/\text{h)/m}^2$$

Diese Kriterien gelten in der Regel bei Gebäuden (z. B. Wohngebäude oder analog genutzte Gebäude), bei denen $\dot{Q}_{N,m}/A_B = \dot{q}_{N,m} \leq 10 \text{ W/m}^2$ ist und bei denen die Vorschriften von [3] und [5] zu Grunde gelegt wurden. Der sommerliche Wärmeschutz kann sich auf die Verschattung der Fenster g_F (Gesamtenergiedurchlassgrad nach DIN 4108) in Abhängigkeit von der verglasten Fenstergröße A_{FG} und der Bauwerksmasse M beschränken. Eine mittlere Raumlufttemperatur $\vartheta_{R,m}$ von 26 °C wird nicht überschritten, wenn gilt:

$$g_F \cdot A_{FG} \leq 0,13 \cdot 10^{-3} \cdot M$$

Ist das 1. Kriterium nicht erfüllt, so muss intensiv gelüftet werden, um erträgliche Raumlufttemperaturen zu erhalten.

2. Kriterium

Unabhängig von der speicherwirksamen Bauwerksmasse M muss sein

$$\dot{Q}_{S,m} + \dot{Q}_{T,S,m} + \dot{Q}_{N,m} \leq [\sum_j (U \cdot A)_j + \dot{V}_{AU} \cdot c \cdot \rho] \cdot (\vartheta_{R,m} - \vartheta_{em,wM} - 1 \text{ K})$$

Diese Beziehung gilt auch

- für Gebäude, die wegen größerer innerer Wärme- und/oder Stofflasten eine intensive Lüftung benötigen (z. B. Krankenhäuser, Schulen) und
- für Gebäude mit kleinem WBV. Dies sind
 - Leichtbauten (z. B. Wohn-Container, leichte Raumzellen) und
 - intensiv gelüftete Räume mit $\dot{V}_{AU}/A_B \geq 40 \text{ (m}^3/\text{h)/m}^2$, wobei die Ursache für den größeren Luftvolumenstrom in der Regel eine hohe spezifische innere nutzungsbedingte Wärmelast von $\dot{q}_{N,m} = (\dot{Q}_{N,m}/A_B) \geq 40 \text{ W/m}^2$ ist.

Bei diesen hohen spezifischen inneren nutzungsbedingten Wärmelasten genügt es, den sommerlichen äußeren Wärmeschutz darauf zu beschränken, dass gilt:

$$\dot{Q}_{S,m} + \dot{Q}_{T,S,m} \leq \dot{Q}_{N,m}/5$$

Wird die Gleichung für das 2. Kriterium modifiziert, indem man

- die Gleichung durch die Bruttogeschossfläche A_B dividiert,
- für den linken Term der Wert $\dot{q}_K = (\dot{Q}_{S,m} + \dot{Q}_{T,S,m} + \dot{Q}_{N,m})/A_B$ einsetzt,
- den Außenluftwechsel $\lambda_{AU} = \dot{V}_{AU}/V_R$ einführt,
- von einer mittleren Raumhöhe $H_R = 2,60 \text{ m}$ ausgeht und
- den spezifischen Transmissionswärmeverlust $w_T = \sum_j (U \cdot A)_j/A_B$ nach [12] einführt und
- die Temperaturdifferenz $(\vartheta_{R,m} - \vartheta_{em,wM} - 1 \text{ K}) = \Delta\vartheta$ ersetzt,

kann der Zusammenhang zwischen dem Außenluftwechsel λ_{AU} , der Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta$ und der spezifischen Gesamtwärmelast dargestellt werden (Bild 3):

$$\dot{q}_K \leq (w_T + c \cdot \rho \cdot \lambda_{AU} \cdot H_R) \cdot \Delta\vartheta$$

Beispiel 1

Gegeben sind eine Temperaturdifferenz $\Delta\vartheta \approx 9 \text{ K}$ ($\vartheta_{R,m} = 26 \text{ °C}$ und $\vartheta_{em,wM} = 18 \text{ °C}$) und ein zweifacher Außenluftwechsel.

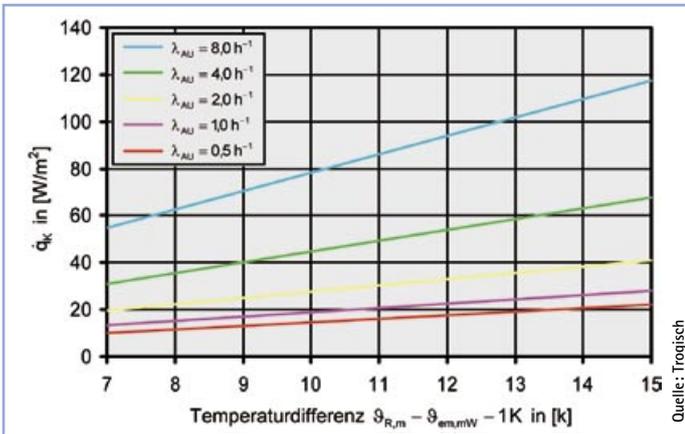


Bild 3 Spezifische Wärmelast als Funktion des Außenluftwechsels λ_{AU} in Abhängigkeit von der zulässigen Temperaturdifferenz bei einem spezifischen Transmissionswärmeverlust von $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$

Gesucht ist eine spezifische Wärmelast, die nicht überschritten werden soll. Aus Bild 3 ist abzulesen: $\dot{q}_K \approx 25 \text{ W}/\text{m}^2$.

Beispiel 2:

Aus Bild 3 kann auch größenordnungsmäßig die mittlere Raumlufttemperatur $\vartheta_{R,m}$ bei vorgegebenem Außenluftwechsel λ_{AU} ermittelt werden. Gegeben sind $\lambda_{AU} = 3 \text{ h}^{-1}$, $\dot{q}_K = 50 \text{ W}/\text{m}^2$ und $\vartheta_{em,wM} = 18 \text{ }^\circ\text{C}$. Ergebnis:

$$\vartheta_{R,m} = \Delta\vartheta + \vartheta_{em,wM} + 1 = (14 + 18 + 1) \text{ }^\circ\text{C} = 33 \text{ }^\circ\text{C}$$

Auf das Ergebnis in Bild 3 kann der Einfluss des spezifischen Transmissionswärmeverlustes als vernachlässigbar klein gewertet werden (Bild 4).

Formelzeichen

A_B	Bruttogeschossfläche
$\dot{Q}_{S,m}$	Tagesmittel der Strahlungslast in W
$\dot{Q}_{T,S,m}$	Tagesmittel der Transmissionslast durch Strahlung in W
$\dot{Q}_{N,m}$	Tagesmittel der inneren nutzungsbedingten Wärmelast (Personen, Maschinen, Beleuchtung) in W
U	Wärmedurchgangskoeffizient in $\text{W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
A	Oberfläche der Außenbauteile in m^2

$\sum_j (U \cdot A)_j$	Wert entspricht dem spezifischen Transmissionswärmeverlust H_T nach [3]
\dot{V}_{AU}	Tagesmittel des Außenluftvolumenstroms in m^3/h
$c \cdot \rho$	spezifische Wärmekapazität je Volumeneinheit Luft = $0,33 \text{ Wh}/(\text{m}^3 \text{ K})$
$\vartheta_{R,m}$	zulässiges Tagesmittel der Raumlufttemperatur in $^\circ\text{C}$
$\vartheta_{em,wM}$	Monatsmittel der Außenlufttemperatur während des wärmsten Monats des Jahres in $^\circ\text{C}$ (im Allgemeinen in Deutschland zwischen 17 und $19 \text{ }^\circ\text{C}$)

Literatur

- [1] DIN 4701-1 Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden Teil 1: Grundlagen der Berechnung. Beuth Verlag, Berlin, März 1983.
- [2] DIN 4108-2 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäude Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz. Beuth Verlag, Berlin, März 2001.
- [3] Energieeinsparverordnung (EnEV) – Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik, 2002.
- [4] DIN 1946-2 und -6 Raumlufttechnik Teil 2: Gesundheitstechnische Anforderungen (VDI-Lüftungsregeln) Januar 1994. Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Anforderungen, Ausführung, Abnahme (VDI-Lüftungsregeln). Oktober 1998. Beuth Verlag, Berlin.
- [5] DIN 4108-2 A1 Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäude Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz, Änderung A1. Beuth Verlag, Berlin, Juni 2002
- [6] ASR Arbeitsstättenrichtlinie
- [7] ASV Arbeitsstättenverordnung
- [8] Clima Commerce International CCI 2003 Nr. 7
- [9] Clima Commerce International CCI 2003 Nr. 8
- [10] HOAI – Verordnung über Honorare für Leistungen der Architekten und Ingenieure. 5. Änderungsverordnung vom 21. September 1995, verbindlich seit 1. Januar 1996
- [11] Trogisch, A.: RLT-Anlagen – Leitfaden für die Planungspraxis. C. F. Müller-Verlag, Heidelberg, 2001
- [12] Petzold, K.: Wärmelast. Verlag Technik, Berlin, 2. Auflage, 1980
- [13] Petzold, K.: Raumlufttemperatur. Verlag Technik, Berlin, 2. Auflage, 1983
- [14] Trogisch, A.: Planungshilfen Lüftungstechnik. C. F. Müller-Verlag Heidelberg, 2003
- [15] Baumgarth/Hörner/Reeker: Handbuch der Klimatechnik. Bd. 2 Anwendungen. C. F. Müller-Verlag, Heidelberg, 2003
- [16] Trogisch, A.: Lüftung und sommerlicher Wärmeschutz. In: 11. Bauklimatisches Symposium an der TU Dresden, 2002
- [17] VDI 2078 Berechnung der Kühllast klimatisierter Räume (VDI-Kühllastregeln). VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, Juli 1996
- [18] Kühllast-VDI 2078 Programm W 37 (Vers. 3.19) von SOLAR-Computer GmbH
- [19] VDI 3803 Raumlufttechnische Anlagen – Bauliche und technische Anforderungen. VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung, Oktober 2002
- [20] VDI 2067-10 und -20 Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen Teil 10: Energiebedarf beheizter und klimatisierter Gebäude. Juni 1998. Teil 20: Energieaufwand der Nutzenübergabe bei Warmwasserheizungen. August 2000. VDI-Gesellschaft Technische Gebäudeausrüstung
- [21] Recknagel/Sprenger/Schrameck: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, Oldenbourg-Verlag, München/Wien, 68. Auflage, 1997/98
- [22] Recknagel/Sprenger/Schrameck: Taschenbuch für Heizung + Klimatechnik, Oldenbourg-Verlag München/Wien, 70. Auflage, 2001/02

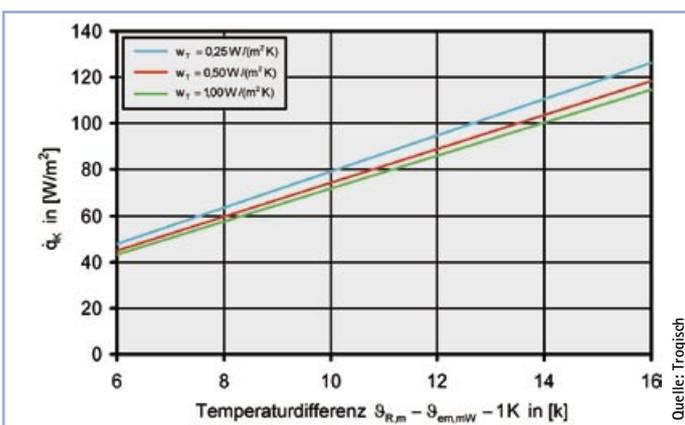


Bild 4 Einfluss des spezifischen Transmissionswärmeverlustes bei konstantem Außenluftwechsel $\lambda_{AU} = 8 \text{ h}^{-1}$ auf die zulässige spezifische Wärmelast

Prof. Dr.-Ing. Achim Trogisch lehrt an der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH) im Fachbereich Maschinenbau/Verfahrenstechnik auf dem Gebiet TGA. Telefon (03 51) 4 62 27 89 Telefax (03 51) 4 62 21 90 E-Mail: trogisch@mw.htw-dresden.de

