

VDI 6030 Blatt 1 - Neue Wege der Heizkörperauslegung

Die VDI-Richtlinie 6030 Blatt 1 dient der Auslegung von freien Raumheizkörpern für Warmwasserheizungen. Zweck der Richtlinie ist es, ein Anforderungsprofil aufzustellen, welches die Ansprüche an Komfort und sparsamen Energieeinsatz umfassen und damit über den Einfachanspruch, nur die Normheizlast zu decken, hinausgeht.

Mit der bisherigen Vorgehensweise, Raumheizkörper auszulegen, wurden durchaus erfolgreich funktionierende Anlagen gebaut. Dies wäre auch weiter ausreichend, wenn nicht von Herstellerseite beklagt würde, dass fast ausschließlich der Preis beim Vergleich von Planungsvarianten entscheidend ist und sich damit unbefriedigende Billiglösungen durchgesetzt haben, die zudem auch den Kunden nicht besonders ansprechen.

Kurze Rückblende

Bislang erfolgt die Heizkörperauslegung nach DIN 4701 Teil 3. Mit der Norm wird lediglich eine Auslege-Wärmeleistung auf Basis der Heizlastberechnung bestimmt sowie einige Angaben zur Wahl der Rauminnentemperatur gemacht. Für die Bestimmung von Heizmitteltemperaturen liegen keine Angaben vor, wodurch meist die Normbedingungen der Heizkörperprüfung auch für Auslegezwecke "missbraucht" oder andere Temperaturpaarungen willkürlich festgelegt werden. Weiterhin macht die DIN keine Angaben zum Aufstellungsort.

Aktuelle Situation

Das maßgebliche Kriterium für die Entwicklung neuer Konzepte für die Nutzenübergabe ist die thermische Behaglichkeit. Es genügt nicht, nur eine bestimmte Lufttemperatur im Raum (Norminnentemperatur) sicherzustellen. Der Nutzer nimmt zwar die für die Heizungsfachleute geltenden ISO- und DIN-Regeln zur Kenntnis, beharrt aber auf der persönlichen Erfahrung, dass seine örtliche Empfindung für Behaglichkeitsdefizite, z.B. Strahlungsdefizite oder Fallluftströmung, maßgeblich ist und definiert hierfür seine eigenen Behaglichkeitskriterien (Bild 1).

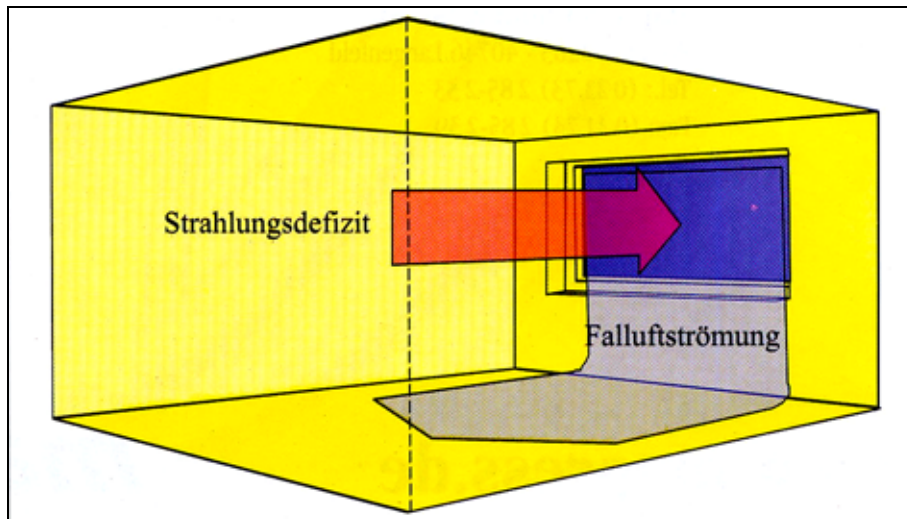


Bild 1 Strahlungsdefizit und Fallluftströmung an "kalten" Flächen.

Meist sind die Dämmwerte der Umfassungsflächen nicht so gut, dass Behaglichkeitsdefiziten keine Aufmerksamkeit geschenkt werden müsste. Nach vorherrschender Meinung gilt eine Untertemperatur der Umfassungsflächen von mehr als 4 K als unbehaglich. Insbesondere bei hochgedämmten Gebäuden muss vor allem den Fenstern die Hauptbeachtung geschenkt werden. In Bild 2 kann abgelesen werden, welcher U-Wert z.B. das Fenster haben müsste, damit bei einer bestimmten Differenz zwischen Innen- und Außentemperatur die Forderung eingehalten werden kann. Es wird deutlich, dass beispielsweise bei einer inneren Übertemperatur von 32 K (innen 20 °C, außen -12 °C) und einer maximal zugelassenen Untertemperatur von 4 K das Fenster einen U-Wert von unter 1,0 W/(m² K) besitzen müsste.

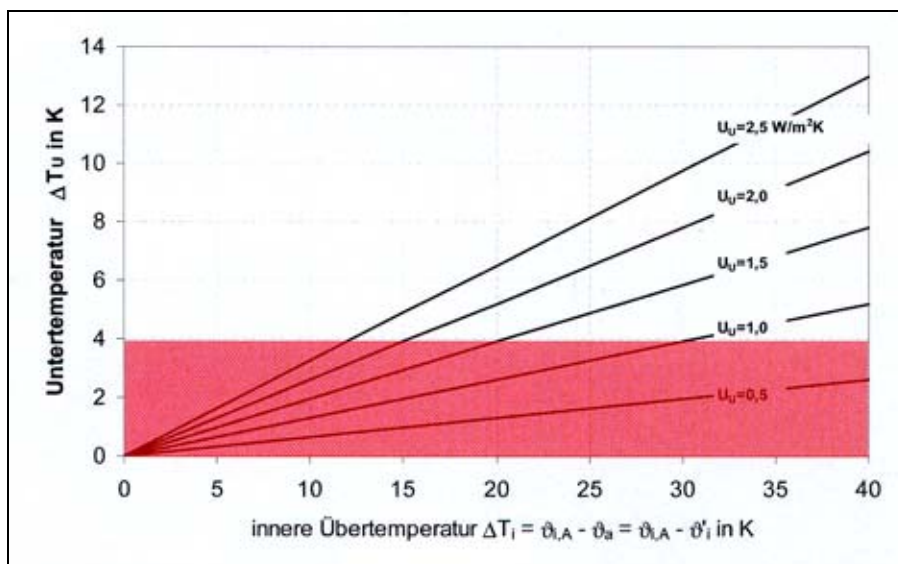


Bild 2 Untertemperatur einer Umfassungsfläche in Abhängigkeit von der inneren Übertemperatur.

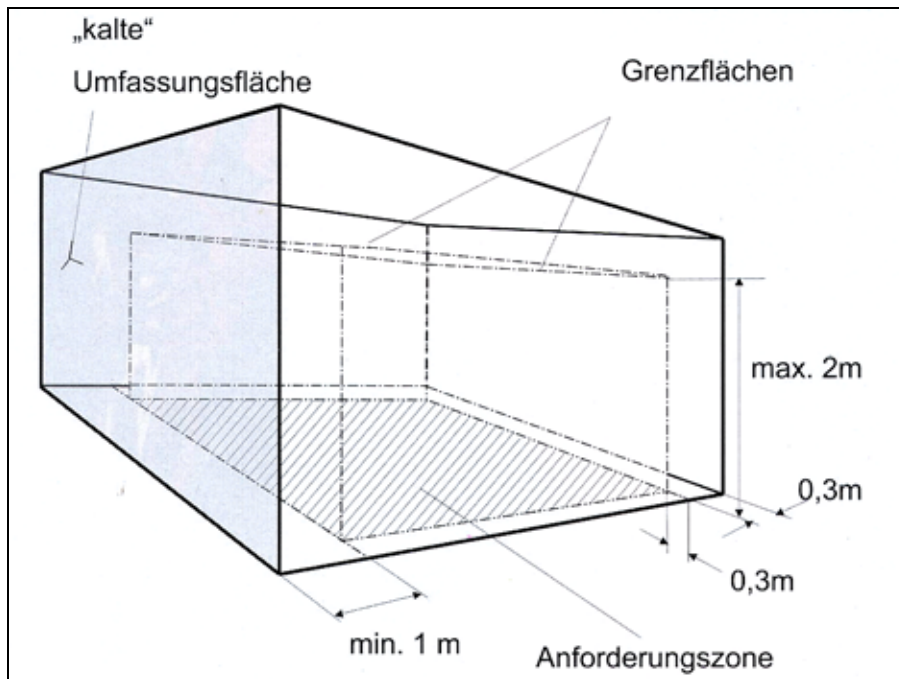


Bild 3 Grenzflächen der max. Anforderungszone.

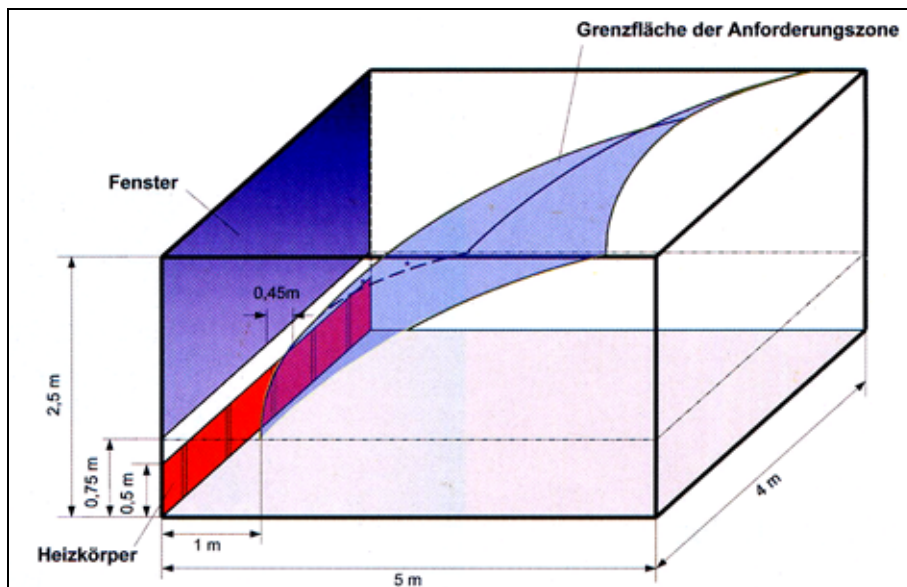


Bild 4 Beispiel für die Grenzfläche der tatsächlich herstellbaren Anforderungszone.

Neuer Ansatz

Eine weitere wichtige Neuerung gegenüber der bisherigen Denkweise besteht darin, dass nicht mehr undifferenziert der Gesamtraum als Beheizungsziel angesehen wird, sondern nur ein für den Aufenthalt der Nutzer wesentlicher Teil: die Anforderungszone. Nur in ihr sollen die Anforderungen, insbesondere im Hinblick auf die Behaglichkeit, erfüllt sein. Das heißt, in ihr dürfen definitionsgemäß keine Behaglichkeitsdefizite auftreten oder anders ausgedrückt, die Anordnung und Größe der freien Raumheizflächen müssen dafür sorgen, dass in dieser Zone die Anforderungen erfüllt sind. Für die Vorgabe der Anforderungszone genügt ein einfacher Quader, dessen maximale Ausdehnung Bild 3 zeigt. Die tatsächlich herstellbare Anforderungszone ist durch gekrümmte Flächen mit in der Höhe variablen Abständen zu den kalten Umfassungsflächen hin begrenzt. Ein Beispiel zeigt Bild 4.

Um in der Matrix der vielen denkbaren Anforderungen Ordnung zu schaffen, werden mit der VDI-Richtlinie 6030 drei Anforderungsstufen eingeführt:

- Bei der Anforderungsstufe 1 genügt es, nur die Normheizlast zu decken. Dies entspricht den bisherigen Auslegungsgepflogenheiten. Bei einer derart niedrigen Anforderung gibt es keine besonderen Bedingungen für die Heizkörperanordnung oder -Abmessung, auch können die Wassertemperaturen frei gewählt werden.
- Nach der Anforderungsstufe 2 wird zusätzlich ein Teil der Behaglichkeitsdefizite beseitigt, und zwar das Strahlungsdefizit, z. B. einer kalten Fensterfläche. Die Raumheizfläche sorgt damit dafür, dass die Halbraumstrahlungstemperatur in Richtung der kalten Umfassungsfläche sich nicht von der Auslegungs-Innentemperatur unterscheidet. Dadurch, dass nun eine Bedingung für die Wassertemperatur besteht und diese meist deutlich niedriger ist als für Stufe 1, lässt sich als weitere Funktion eine Aufheizreserve herstellen.
- Mit der Anforderungsstufe 3 wird eine vollständige Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite im Sinne der Richtlinie vorgegeben.

Qualität wird plan- und nachweisbar

Nun lassen sich durch die Auslegung auch Heizflächeneigenschaften herstellen, die keine Wirkung auf den Raum haben, die also nicht als Funktion aufzufassen sind. Es sind energetische Eigenschaften. In der Vergangenheit glaubte man, dass alle Wärme, die ein Heizkörper abgibt, dem Heiznutzen dient. Bei einer klaren Nutzendefinition erkennt man allerdings, dass die Art einer Heizfläche und ihrer Regelung sowie ihrer Auslegung einen erheblichen Einfluss auf den Umfang der Energiemenge hat, die über die Nutzenanforderung hinaus dem Raum aufgedrängt wird, also eigentlich vergeudet ist. Die Relation zwischen dem tatsächlichen Aufwand und dem Nutzen bezeichnet man mit der Aufwandszahl e_i . Dass erst jetzt die Bedeutung der Aufwandszahlen erkannt wurde, liegt wesentlich daran, dass besonders hohe Aufwandszahlen in hochgedämmten Gebäuden auftreten. In der VDI-Richtlinie 2067 Blatt 20 sind Aufwandszahlen für alle relevanten Heizflächen und den zugehörigen Bedingungen für die Planung und Berechnung des Energieaufwands angegeben. Im Gegensatz dazu dienen die Aufwandszahlen nach DIN 4701 Teil 10, der relevanten Norm für die Energieeinsparverordnung, lediglich für den baurechtlichen Nachweis.

Die Botschaft der VDI 6030 besteht also darin, dass Raumheizflächen nicht allein auf ihre Leistung ausgelegt werden und die einzige Funktion nur darin besteht, dem Raum Wärme zuzuführen, sondern dass die Raumheizflächen für möglichst viele Funktionen ausgewählt und ausgelegt werden. Es wird dadurch die feste Kopplung zwischen Leistung und Preis aufgebrochen, der Käufer kann aus einem Katalog von Funktionen auswählen, die je für sich konkret nachweisbar sind. Damit rückt das Preiskriterium in den Hintergrund, Qualität wird plan- und nachweisbar.

Grundlagen für die Auslegung

Zur Herstellung eines vollständigen Angebots der Funktionen wird zunächst ein Katalog der Anforderungen benötigt. Dieser wird als Pflichtenheft in der VDI 6030 eingeführt, siehe Bild 5. Nur durch das Pflichtenheft können Planungsvarianten (Angebote) verglichen werden und nach Errichtung einer Anlage die Vollständigkeit und der Erfüllungsgrad der Funktionen der Heizanlage überprüft werden. Das Pflichtenheft ist Bestandteil des bei den Architekten üblichen Raumbuches und muss mindestens die in Tabelle 1 aufgeführten Angaben enthalten.

Pflichtenheft Heizung													
Projekt:													
Gebäude:													
Raumbuch				Nutzung			Auslegungsvorgaben				weitere Vorgaben		
Ebene	Bezeichnung	Raumart	Normheizlast 1)	Heizzeiten	innere Lasten 2)	Lüftungsart 3)	Innentemperatur		Anforderungsstufe	Anforderungszone 4)	Aufheizreserve Φ_{RH} 5)	Zusatznutzen	Aufwandszahl der Nutzenübergabe $e_{1,max}$ 6)
-	-	-	in W	von bis	hoch/niedrig	m/F	$\vartheta_{i,A}$ in °C	$\vartheta_{interior}$ in °C	-	in m	in W	-	-

1) Rechenwert der Transmissions- und Lüftungsheizlast nach DIN 4701 oder nach DIN pr EN 12831
 2) Grenze zwischen niedrig und hoch: Innenlast/Normheizlast > 0.2
 3) bei mech. Lüftung zusätzliche Informationen zum Zukuftstrom, sonst nur m (mechanisch) oder F (Fensterlüftung) angeben
 4) Abstand zu kalter Umfassungsfläche in m
 5) nach DIN pr EN 12831
 6) Aufwandszahl der Nutzenübergabe nach VDI 2067 Bl. 20

Datum Auftraggeber

Datum Auftragnehmer

Bild 5 Beispiel für ein Pflichtenheft

Auslegungsvorgaben	Beispielangabe
Auslegungs-Innentemperatur $\vartheta_{i,A}$	22 °C
Gewünschte Anforderungszone	maximal
Gewünschte Anforderungsstufe	Stufe 3
Aufheizreserve* $\Delta\Phi_{RH}$ in W/m ²	30 W/m ²
Sonstige Vorgaben	-
Zusatznutzen	-
Maximale Aufwandszahl $e_{1,max}$ **	1,15
*) nach DIN pr EN 12831	
**) nach VDI 2067-20	

Tabelle 1 Auslegungsvorgaben und sonstige Vorgaben im Pflichtenheft

Die Auslegung im Beispiel

Der neue Auslegungsansatz ist am einfachsten anhand eines Beispiels zu verstehen. Hierbei wird die Auslegung für die höchste Anforderungsstufe 3 betrachtet. Bei den einfacheren Anforderungsstufen sind weniger Funktionen herzustellen, also auch weniger Bedingungen zu beachten. Für einen Aufenthaltsraum, siehe Bild 6, soll die Raumheizfläche ausgelegt werden. Die hierzu notwendigen Informationen können ebenfalls Bild 6 entnommen werden.

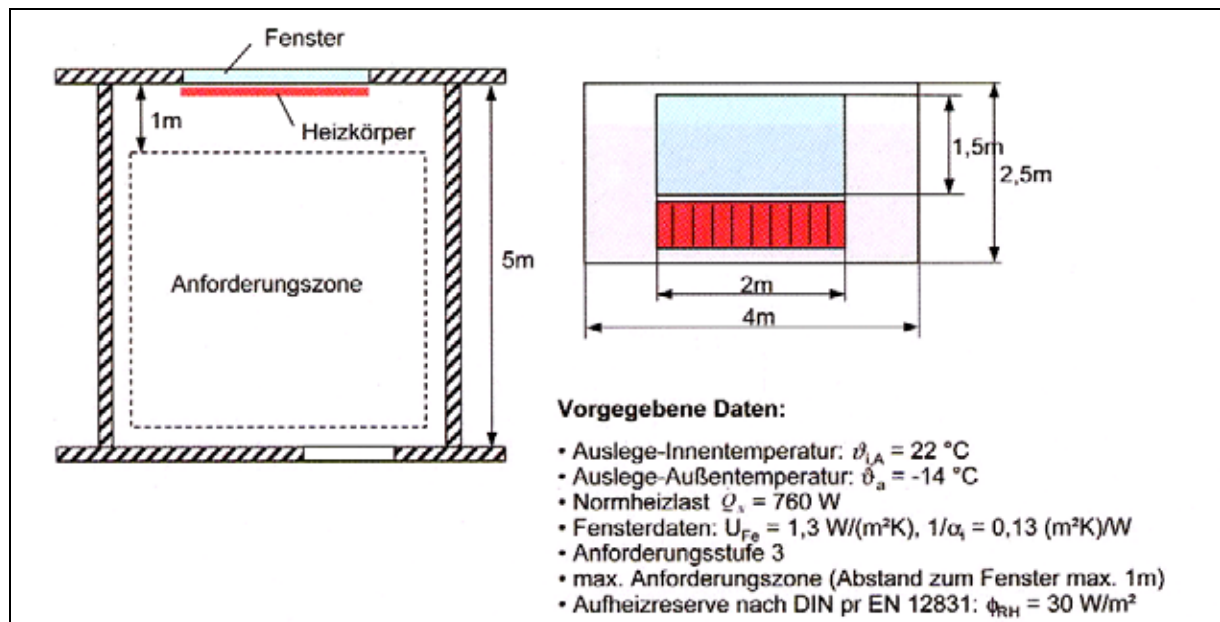


Bild 6 Beispiel zur Auslegung: Aufenthaltsraum.

1. Schritt

Zunächst geht es um die Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite. Dazu ist in einem ersten Schritt die Untertemperatur der "kalten" Umfassungsfläche, in diesem Fall des Fensters, zu berechnen. Sie kann entweder nach Gleichung 1 oder unmittelbar Bild 2 entnommen werden.

$$\Delta T_{Fe} = \frac{U_{Fe}}{\alpha_i} (\vartheta_{i,A} - \vartheta_a) \rightarrow \Delta T_{Fe} = 6,1\text{K} \quad \text{Gleichung 1}$$

2. Schritt

Der zweite Schritt gilt dem Strahlungsdefizit. Hier genügt es, den linearen Ansatz nach Gleichung 2 zu verwenden.

$$\Delta T_H \cdot L_H \cdot H_H \geq \Delta T_{Fe} \cdot L_{Fe} \cdot H_{Fe} \quad \text{Gleichung 2}$$

Selbstverständlich ist dabei vorausgesetzt, dass der Heizkörper vor derselben Ebene angeordnet ist wie die kalte Umfassungsfläche. Zunächst muss aber die strahlende Ansichtsfläche $L_H \cdot H_H$ bekannt sein. Die Bedingung für die Heizkörperlänge erhält man aus der Anforderung, die Fallluftströmung zu beseitigen. Die vom Heizkörper hervorgerufene Konvektion kann generell als genügend stark zum Auffangen der Fallluft angesehen werden. Es reicht, den Heizkörper unterhalb der kalten Umfassungsfläche in der Länge des Fensters ($L_H = L_{Fe}$) anzuordnen (Bild 7). Die Höhe des Raumheizkörpers wird frei nach ästhetischen und architektonischen Gesichtspunkten in diesem Beispiel mit $H_H = 0,5$ m gewählt. Bei mehreren Heizkörpern und Räumen wird die Ausgleichs-Übertemperatur ΔT_H für alle von der Heizung versorgten Räume berechnet und der höchste Wert ΔT_H bestimmt, siehe Gleichung 3.

$$\Delta T_H \geq \frac{L_{Fe} \cdot H_{Fe} \cdot \Delta T_{Fe}}{L_H \cdot H_H} \rightarrow \Delta T_H = 18,3 \text{ K}$$

Gleichung 3

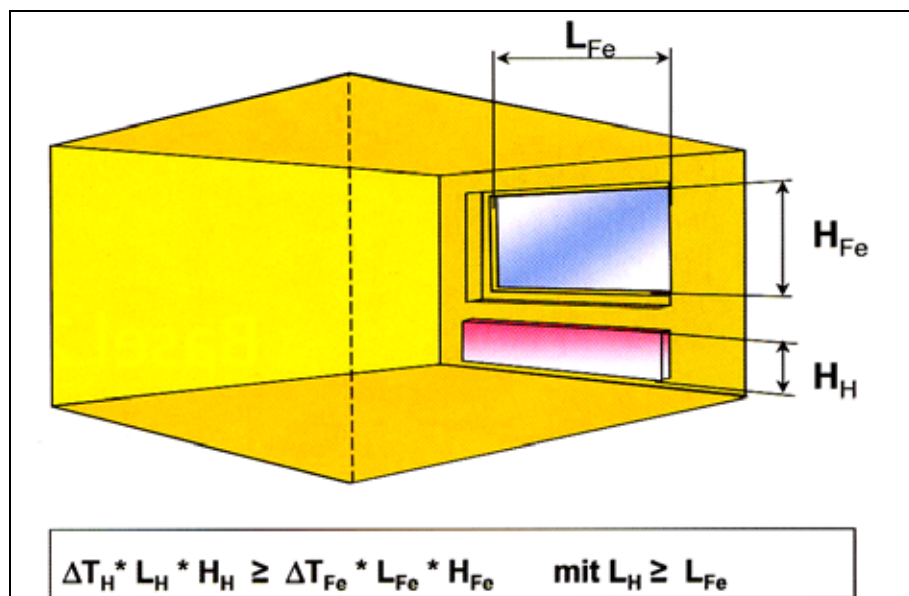


Bild 7 Auslegbedingungen nach Anforderungsstufe 3.

3. Schritt

Die Auslegungs-Vorlaufübertemperatur ΔT_1 erhält man im 3. Schritt nach Gleichung 4 aus der Summe der Raumheizflächen-Übertemperatur ΔT_H (in unserem Fall 18,3 K) und der halben Auslegungspreizung $\sigma_{Ausl.}$. Die Auslegespreizung $\sigma_{Ausl.}$ kann, abhängig von ΔT_H , Bild 8 entnommen werden und beträgt in diesem Beispiel $\sigma_{Ausl.} = 7,5$ Kelvin. Der rechnerische Wert für die Vorlaufübertemperatur ΔT_1 beträgt damit $\Delta T_1 = 22$ K ($18,3 + 7,5/2$). Die Auslegungs-Rücklaufübertemperatur ergibt sich aus der Differenz zwischen Auslegungs-Vorlaufübertemperatur ΔT_1 und Auslegungspreizung $\sigma_{Ausl.}$ nach Gleichung 5.

$$\Delta T_{1,Soll} = \Delta T_{H,max} + \frac{\sigma_{Ausl.}}{2}$$

Gleichung 4

$$\Delta T_{2,Soll} = \Delta T_1 - \sigma_{Ausl.}$$

Gleichung 5

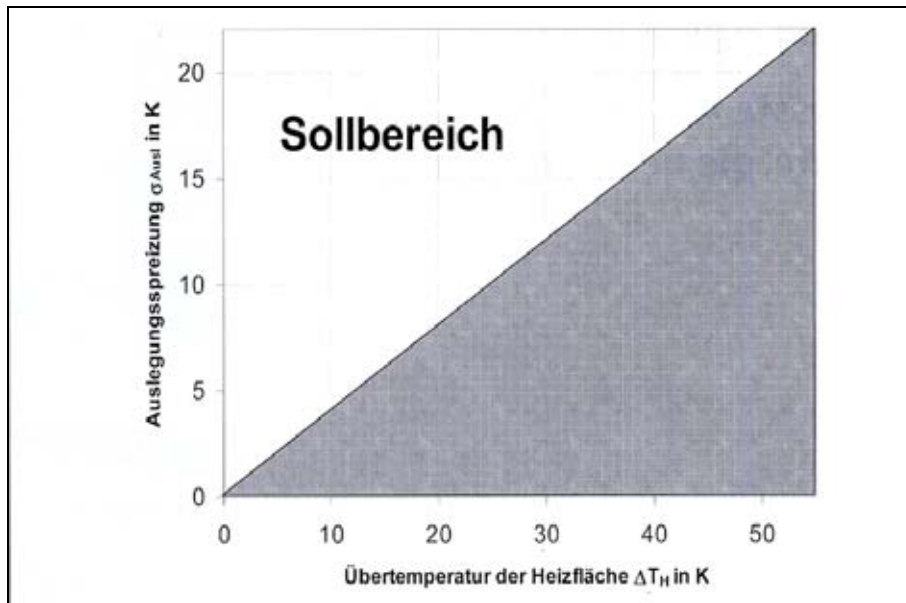


Bild 8 Mindest-Auslegungsspreizung.

Hinweis: Die Richtlinie empfiehlt für die Vorlauftemperatur Grenzwerte: Als obere Grenze wird aus Gründen der Energieeinsparung und der Unfallsicherheit ein Maximalwert von 60 °C und als untere Grenze aus psychologischen Überlegungen ein Minimalwert von 45 °C empfohlen. Da dieser im Beispiel unterschritten würde, kann die Vorlauftemperatur z.B. auf $t_1 = 47 \text{ °C}$ festgelegt werden. Die Auslegungsvorlaufübertemperatur ΔT_1 beträgt damit $\Delta T_1 = 47 \text{ °C} - 22 \text{ °C} = 25 \text{ Kelvin}$, die Rücklauf-Übertemperatur beträgt nach Gl. 5: $\Delta T_{2,\text{Soll}} = 25 \text{ K} - 7,5 \text{ K} = 17,5 \text{ Kelvin}$.

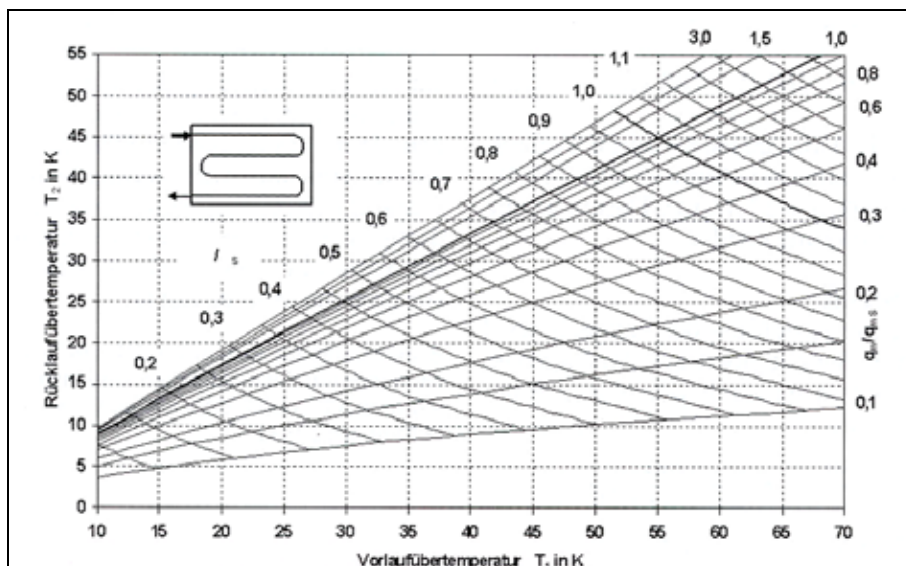


Bild 9 Heizkörper-Auslegediagramm

4. Schritt

Mit diesen beiden Übertemperaturen lässt sich im 4. Schritt aus dem Auslegungsdiagramm (Bild 9) die erforderliche relative Heizkörperleistung $\Phi_{S,erf}$ bestimmen. Dem Auslegungsdiagramm kann mit der Vor- und Rücklaufübertemperatur des Raumheizkörpers das Verhältnis $(\Phi/\Phi_S)_{erf} = 0,32$ entnommen werden.

Mit Hilfe der Normheizlast \dot{Q}_N (bei mehreren Heizkörpern in einem Raum sollte die Normheizlast entsprechend der Ansichtsflächen der Heizkörper aufgeteilt werden) lässt sich dann die geforderte Norm-Wärmeleistung $\Phi_{S,erf}$ des Raumheizkörpers nach Gleichung 6 zu $\Phi_{S,erf} 760/0,32 = 2375 \text{ W}$ bestimmen:

$$\Phi_{S,erf} = \frac{\dot{Q}_N}{(\Phi/\Phi_S)_{erf}} \quad \text{Gleichung 6}$$

5. Schritt

Damit ist im 5. Schritt in einem Heizkörperkatalog der entsprechende Heizkörper nach seiner Normleistung $\Phi_{S,ist}$ zu suchen. Die fest vorgegebenen Daten sind seine Länge sowie Höhe, zur Wahl stehen Typ und Modell. Durch die Abstufung der Leistungsangaben im Katalog wird in der Regel eine gegenüber $\Phi_{S,erf}$ niedrigere Norm-Wärmeleistung $\Phi_{S,ist}$ ausgewählt, damit die mittlere Oberoberfläche nicht unter den nach Gl. 3 errechneten Wert von ΔT_H sinkt. Dies führt bei festgehaltener Auslegungs-Vorlauf-temperatur zu einer Anhebung der Heizkörper-Rücklauf-temperatur und des Wasserstroms oder bei festgehaltener Spreizung zur Anhebung der Vor- und Rücklauf-temperatur.

Im Beispiel wird ein Flachheizkörper Typ 21 ausgewählt, Länge 2 m, Höhe 0,5 m. Seine Normleistung beträgt 2310 W. Damit steigt das Verhältnis $(\Phi/\Phi_S)_{ist}$ auf 0,33 an (760/2310), wodurch bei konstanter Vorlauf-Übertemperatur $\Delta T_1 = 25 \text{ K}$ die Rücklauf-Übertemperatur leicht auf $\Delta T_2 = 16 \text{ K}$ absinkt, was in Bild 9 abgelesen werden kann.

6. Schritt

Zur Überprüfung der Kompensation der "kalten" Abstrahlung der Umfassungsflächen muss Gl. 7 erfüllt sein:

$$\Delta T_{H,ist} = \frac{\Delta T_1 + \Delta T_{2,ist}}{2} \geq \Delta T_H \quad \text{Gleichung 7}$$
$$\rightarrow \Delta T_{H,ist} = 20,5 \text{ K} > 18,3 \text{ K}$$

7. Schritt

Nach DIN pr EN 12831 wird eine Aufheizreserve empfohlen. Sie muss im Pflichtenheft vorgegeben sein. Ist für den Auslegungsfall die Vorlauftemperatur genügend niedrig angesetzt - dies ist die Regel - genügt meist die dadurch gegebene Reserve. Die Aufheizreserve $\Delta\Phi_{RH}$ lässt sich aus dem Auslegungsdiagramm bei der maximalen Vorlauftemperatur (und dem maximalen Wasserstrom) ablesen. Im Beispiel wird davon ausgegangen, dass der Wärmeerzeuger im Aufheizfall eine Vorlauftemperaturenanhebung auf $t_1 = 65 \text{ °C}$ erreicht. Im Heizkörperdiagramm (Bild 9) wird dafür $\Phi_{\max}/\Phi_{S,\text{ist}}$ zu 0,65 bestimmt, indem der Schnittpunkt 0,32 (siehe Schritt 4) nach rechts entlang der Massenstromlinie (q_m/q_{ms}) bis zur Übertemperatur von 43 K ($65 - 22 \text{ °C}$) verschoben wird. Die maximale Heizleistung des ausgewählten Heizkörpers beträgt nun $\Phi_{\max} = \Phi_{S,\text{ist}} \cdot 0,65 = 1500 \text{ W}$. Die Aufheizreserve $\Delta\Phi_{RH}$ wird bestimmt nach Gleichung 8:

$$\begin{aligned} \Delta\Phi_{RH} &= \Phi_{\max} - \Phi_{\text{erf}} \rightarrow \Delta\Phi_{RH} = \\ 1500 \text{ W} - 760 \text{ W} &= 740 \text{ W} \end{aligned} \qquad \text{Gleichung 8}$$

Die Aufheizreserve durch Vorlauftemperaturenanhebung ergibt 740 W, d.h. $\Delta\Phi_{RH} = 37 \text{ W/m}^2$. Damit ist die Anforderung erfüllt.

8. Schritt

Zum Abschluss des Beispiels wird im 8. Schritt noch der Auslegemassenstrom q_m nach Gleichung 9 bestimmt:

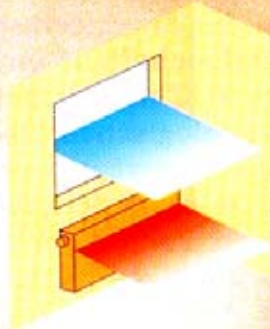
Anforderungsstufen 2 und 1

Bei Anforderungsstufe 2 ist genau so vorzugehen wie beschrieben; hier gibt es für die Heizkörperlänge keine Bedingung, sie ist frei wählbar. Bei der Anforderungsstufe 1 gibt es keine Bedingungen für die Übertemperatur, die Anordnung und die Abmessungen des Heizkörpers. Die Vorlauftemperatur richtet sich nach den Möglichkeiten der Wärmeerzeugung. Für die Spreizung gilt ebenfalls der beschriebene Mindestwert (Bild 8). Über die relative Leistung aus dem Heizkörperdiagramm (Bild 9) erfährt man über die Normheizlast die erforderliche Leistung; die Ist-Leistung aus dem Heizkörperkatalog muss in diesem Fall größer sein. Für sie ist dann die Ist-Rücklauftemperatur und daraus der Ist-Wasserstrom zu berechnen. Für Konvektoren gelten - wegen des fehlenden Strahlungsanteils und der Abdeckung der wasserführenden Heizfläche - naturgemäß besondere Bedingungen: Hier muss auf die Grenzwerte nicht geachtet werden, auch kann die Übertemperatur unter Beachtung der Wärmeerzeugerbedingungen frei gewählt werden. Trotz des fehlenden Strahlungsanteils sind die Anforderungsstufen 3 und 2 herstellbar, wenn die Anforderungszone so festgelegt wird, dass ihr Abstand von der "kalten" Umfassungsfläche groß genug ist.

Das Heizkörperkonzept für thermische Behaglichkeit nach VDI 6030

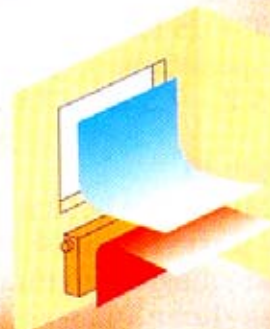
Vollständige Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite (Kältestrahlung)

Wenn der Heizkörper unter dem Fenster angeordnet wird und der jeweiligen Fensterbreite entspricht, wird die Kältestrahlung des Fensters kompensiert.



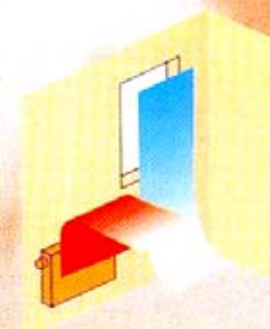
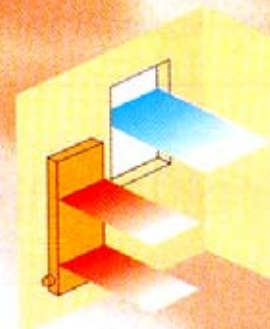
Vollständige Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite (Fallluft)

Wenn der Heizkörper unter dem Fenster angeordnet wird und der jeweiligen Fensterbreite entspricht, kann damit auch die kalte Fallluft ausgeglichen werden.



Teilweise Beseitigung der Behaglichkeitsdefizite

Wenn der Heizkörper nur teilweise unter dem Fenster oder neben dem Fenster angeordnet wird, kann er auch von diesem Standort aus gegebenenfalls die Kältestrahlung des Fensters ausgleichen. Gegen die kalte Fallluft ist der Heizkörper aber in dieser Position nur bedingt wirksam.



Quelle: BDH

Quelle: IKZ, 23/2002