

keiten der Anwendung der Rechentechnik entwickeln und verändern, so muß sich auch ein derartiges Organisations-system entwickeln und ändern.

#### Literatur

[1] Heinrich, G.; Risse, K.: ILKA — ein integriertes Bausteinsystem optimierter luft- und kältetechnischer Ausrüstungen. Luft- und Kältetechnik 6 (1970) 3, S. 115 und 116.

- [2] Heinrich, G.; Nowotny, S.; Krug, W.: Systemtechnische Aspekte der automatisierten Berechnung von Klimaanlagen. ILK-Fachbericht DB 2/71 vom 10. 1. 71.  
 [3] Heinrich, G.; Krug, W.; Nowotny, S.: Netzwerk des inneren Energie-transportes zur rechtechnischen Modellierung thermodynamischer Systeme. Luft- und Kältetechnik 4 (1968) 5, S. 201 bis 204.  
 [4] Heinrich, G.; Nözel, A.; Nicht, W.; Findeisen, R.: Das ILKA-System. Hrsg.: Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden, 1971.  
 [5] Bürotechnik und Automatisierung, Jahrgang 1970.

LKT 329 23. 6. 1972

## AUS WISSENSCHAFT UND PRAXIS

### Einschränkung der in Fensternähe entstehenden Diskomfortzonen<sup>1)</sup>

DK 628.85  
 KLK 114.14

Weier, H.<sup>2)</sup>

*Deskriptoren: Fenster, Kaltluft, Luftströmung; Luftströmung, Düsenkonvektor, Impuls, Verhalten, Versuch, Meßergebnis.*

Eine Ursache für das Entstehen von Diskomfortbereichen in Fensternähe ist darin zu suchen, daß kalte Außenluft über die Fensterfugen in den Raum eindringt. Diese Luft kann durch einen Warmluftschleier aus dem Aufenthaltsbereich abgelenkt werden. Versuche ergaben, daß der Grad der Ablenkung entscheidend vom Impulsverhältnis der sich mischenden Luftströme abhängt. In Auswertung der Versuchsergebnisse wurde ein Arbeitsblatt erstellt, daß die Ermittlung der von Düsenkonvektoren zu fördernden Luftmenge ermöglicht, die ausreichend ist, um den Diskomfortbereich zu reduzieren.

Ein Beispiel für die Strömungs- und Temperaturverhältnisse in einem Raum beim Einströmen kalter Außenluft ist im Bild 1 dargestellt. Die dargestellten Schnitte laufen durch die Fenstermitte. Sie können aber als repräsentativ für die gesamte Fensterbreite angesehen werden. Sowohl das Temperaturprofil als auch die Strömungsverhältnisse ändern sich nur geringfügig im Bereich des Fensters.

Wie die Erfahrungen beweisen, stellen unter den Fenstern installierte Heizkörper einen wirksamen Schutz gegen die am Fenster herabfallende Kaltluft und gegen die durch die Fugen eindringende Außenluft dar. Der vom Heizkörper ausgehende Warmluftschleier ist in der Lage, eine gewisse Kaltluftmenge abzulenken und dabei gleichzeitig zu erwärmen. Die gleiche Funktion kann selbstverständlich auch

Während der Heizperiode entstehen in Fensternähe oft mehr oder weniger ausgedehnte Diskomfortzonen. Für sich ständig in diesem Bereich aufhaltende Personen besteht wegen der zu hohen Entwärmung des Körpers die Gefahr einer gesundheitlichen Schädigung. Kann das Auftreten der Diskomfortbereiche nicht verhindert werden, ist deshalb eine schlechte Ausnutzung vornehmlich für den Aufenthalt von Menschen konzipierter Räume die Folge. Die Ursache für das Entstehen der Bereiche mit als unbehaglich empfundenen Klimazuständen sind:

das Einströmen kalter Außenluft über die Fensterfugen die Ausbildung einer Fallströmung an den kalten Fensterflächen

hohe Wärmeabstrahlung des Menschen an diese Flächen.

Werden in Gebäuden zu öffnende Fenster eingesetzt, dann treten in der Regel alle drei Erscheinungen gleichzeitig auf. Die größte Wirkung kann der über die Fenster zuströmenden Außenluft zugeordnet werden. Eine Kompensation dieser Strömung würde die Belästigung der Raumnutzer ausschließen bzw. wesentlich vermindern. Dadurch wäre eine volle Ausnutzung des Raumes zu erreichen.

<sup>1)</sup> Mitteilung des Gebietes Bauklimatik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. K. Petzold) in der Sektion Architektur der TU Dresden. Vortrag auf der 5. Fachtagung Lüftungs- und Klimatechnik der KDT vom 5. bis 7. April 1974 in Dresden

<sup>2)</sup> Dipl.-Ing. Weier, H., wiss. Assistent am Gebiet Bauklimatik der Sektion Architektur der TU Dresden, jetzt VEB Lufttechnische Anlagen Dresden

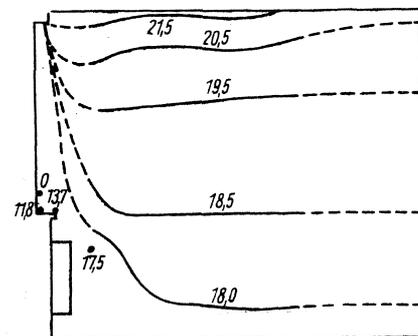
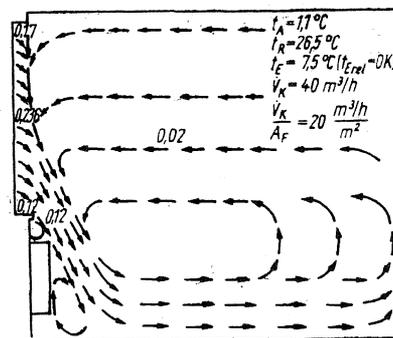


Bild 1. Temperatur- und Strömungsverhältnisse in einem Raum, über dessen Fenster kalte Außenluft eindringt. Der dargestellte Heizkörper ist nicht in Betrieb. Die Zahlen geben die Obertemperaturen, bezogen auf die Temperatur der einströmenden Luft in K bzw. die Geschwindigkeit der Luft in  $m\ s^{-1}$  an



von den Düsenkonvektoren einer Primärluftanlage übernommen werden.

Die Ablenkung der einfallenden Kaltluft durch aufsteigende warme Luft ist als ein Mischvorgang zweier unter einem bestimmten Winkel aufeinandertreffender nichtisothermer Strahlen aufzufassen. Zu diesem Problem sind dem Verfasser aus der Literatur keine Aussagen bekanntgeworden. Lediglich in einer Untersuchung über den Mischvorgang bei der Gasverbrennung in technischen Feuerungen [1] wird das Mischverhalten gegeneinandergerichteter Strahlen beschrieben. Zum Weg des Mischstrahls wurden keine Aussagen getroffen. Die Anwendung der für die Ausbreitung eines Strahls in einer Grundströmung angegebenen Gesetzmäßigkeiten [2] [3] [4] ist zur Beschreibung des Weges der Kaltluft beim Zusammentreffen mit dem aufsteigenden warmen Luftstrom nicht möglich.

Da das Zusammentreffen von nichtisothermen Freistrahlen einer theoretischen Lösung nur schwer zugänglich ist und für ähnliche Probleme keine Lösungen angegeben werden, sind verschiedene Versuche durchgeführt worden, die über die entstehenden Strömungen Aufschluß geben sollten. Die Versuche fanden sowohl in einem den tatsächlichen Verhältnissen etwa entsprechenden Raum als auch in einem Modellraum statt.

Das Hauptanliegen der durchgeführten Versuche bestand darin, zu zeigen, welche Temperatur- und Strömungsverhältnisse im Raum entstehen, wenn der durch das Fenster eindringende Luftstrom in seiner Ausbreitung von einem aufsteigenden Warmluftstrom behindert wird. Als entscheidendes Kriterium wurde hierbei die Verlagerung des Auftreffpunktes des aufsteigenden Luftstroms gewählt, die festzustellen war, wenn über das Fenster kalte Außenluft in den Raum eindringt. Die Ergebnisse beweisen, daß zwischen der Eindringtiefe des Mischstrahls, dem Verhältnis der Anfangstemperaturunterschiede und dem der Impulse beider Strahlen ein Zusammenhang besteht. Die Größe des Impulsverhältnisses stellt den weitaus stärkeren Einfluß auf die Größe der Eindringtiefe dar, wie aus Bild 2 ersichtlich ist.

Im Bild 2 wird die auf den Abstand zwischen Beginn des Warmluftstrahls und der Decke  $H$  bezogene Eindringtiefe des Mischstrahls  $x$  in Abhängigkeit vom Verhältnis der Impulse beider Luftströme

$$f_I = \frac{I_K}{I_W}$$

dargestellt. Der Impuls eines Strahls wurde nach der Gleichung

$$I = A \cdot w^2 \cdot \rho$$

berechnet und auf 1 m Fensterbreite bzw. 1 m Gerätelänge bezogen. Die an den Meßpunkten eingetragenen Zahlen geben die Größe des Verhältnisses der Anfangstemperaturunterschiede beider Luftströme an.

$$f_t = \frac{\Delta t_K}{\Delta t_W} = \frac{t_R - t_K}{t_W - t_R}$$

Bei der Berechnung der im Bild 2 angegebenen Impuls- und Temperaturverhältnisse wurde von den Anfangsparametern der Luftströme ausgegangen. Dieser Weg mußte verfolgt werden, da nur an den Austrittsöffnungen der Strahlen eindeutige Werte für die Parameter Geschwindigkeit und Temperatur zu messen waren und auch nur diese Werte in anderen Fällen vorausberechenbar sind.

Anhand der dargestellten Meßergebnisse lassen sich folgende Anhaltswerte zur Beeinflussung des Weges der über Fenster

eintretenden kalten Außenluft angeben:

- Für Impulsverhältnisse  $f_I < 0,2$  erfolgt praktisch keine Beeinflussung der aufsteigenden Warmluft. Der eindringende Luftstrahl wird vollständig abgelenkt.
- Bei größeren Impulsverhältnissen  $0,2 < f_I < 0,5$  ist ein auf die Höhe bezogener Wert für die maximale Eindringtiefe von  $0 < x/H < 0,5$  zu erwarten. Das heißt, der am Fenster nicht nutzbare Bereich erstreckt sich in Wohn- und Bürogebäuden ( $H \approx 2$  m) im Aufenthaltsbereich auf etwa 0,5 m.
- Für Werte des Impulsverhältnisses von  $0,5 < f_I < 0,8$  kann die bezogene Eindringtiefe mit  $0,25 < x/H < 0,5$  angegeben werden. Das bringt eine Erweiterung des Diskomfortbereichs bis zu einem Wandabstand von 0,75 m mit sich.

Bei größeren Impulsverhältnissen steigt die Eindringtiefe weiter an, so daß eine nicht mehr vertretbare Vergrößerung

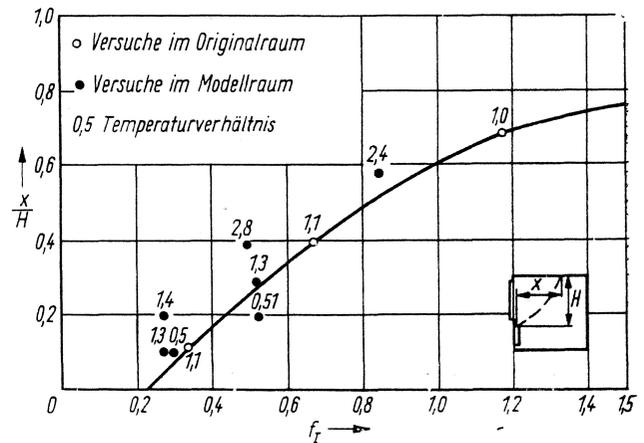


Bild 2. Bezogene Eindringtiefe als Funktion des Impulsverhältnisses

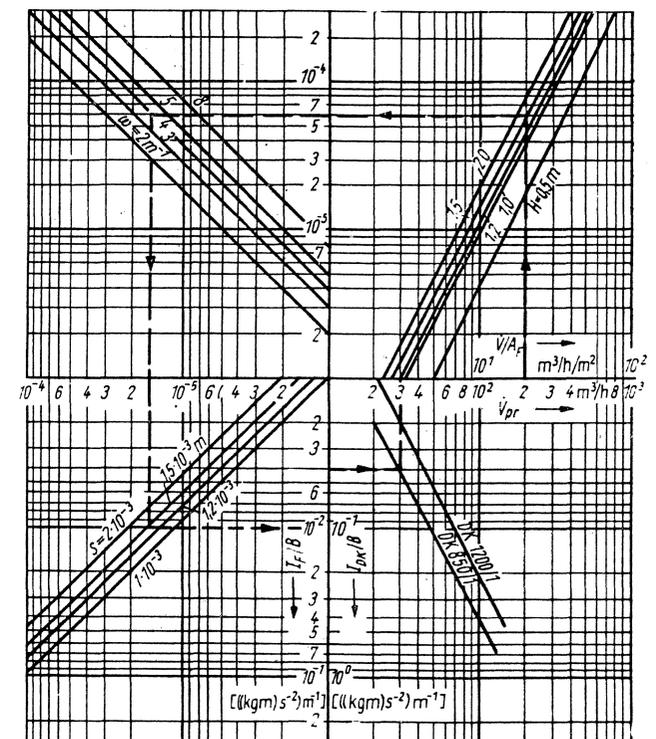


Bild 3. Arbeitsblatt zur Ermittlung des Impulses der eindringenden Kaltluft und der zu ihrer Ablenkung notwendigen Primärluftmenge

der Diskomfortzone entsteht. Erreicht das Impulsverhältnis Werte von  $f_I > 4$ , ist eine vollständige Ablenkung des Warmluftschleiers in Richtung des einfallenden Luftstroms festzustellen. Die genannten Werte der Eindringtiefe und die damit im Zusammenhang stehenden Impulsverhältnisse können als zusätzliches Kriterium für die Festlegung der Leistungsparameter von Düsenkonvektoren herangezogen werden.

Dazu ist entsprechend der Ausdehnung des bei maximalen Luftfall zulässigen Diskomfortbereichs der Impuls des vom Düsenkonvektor ausgehenden Luftstroms zu ermitteln. Ausgehend von der auf 1 m<sup>2</sup> Fensterfläche bezogenen Luftmenge, die dem Raum über die Fensterfugen zuströmt, ist anhand der Fensterhöhe, der Fugenlänge und der Fugendicke der Impuls der einfallenden Kaltluft zu bestimmen. Aus der Größe dieses Impulses kann entsprechend der Ausdehnung der Diskomfortzone der notwendige Impuls des vom Düsenkonvektor ausgehenden Luftstroms berechnet werden. Dieser Wert gibt Aufschluß über die vom Düsenkonvektor zu fördernde Mindestluftmenge. Die Gleichung zum Bestimmen des bezogenen Impulses der Kaltluft lautet:

$$\frac{I_K}{B} = \left( \frac{\dot{V}_K}{A_F} \right)^2 \cdot \frac{H_F \cdot \rho}{\omega \cdot s}$$

Ihre Auswertung wird durch das im Bild 3 dargestellte Arbeitsblatt erleichtert. Außer zur Ermittlung des Impulses der vom Fenster einfallenden Luft kann das Nomogramm zur Bestimmung der für deren Ablenkung notwendigen Luftleistung des Düsenkonvektors benutzt werden. Anhand der angegebenen Charakteristik über die Eindringtiefe des Mischstrahls, ist aus der Größe des Impulses der vom Fenster einfallenden Luft die Größe des Impulses des vom Düsenkonvektor zu erzeugenden Luftstroms zu errechnen. Mit diesem erhält man aus den im vierten Quadranten aufgetragenen Linien die zur Erzeugung des entsprechenden Impulses notwendige Primärluftmenge. Diese eingetragenen Linien gelten für die Düsenkonvektoren DK 850/1 und DK 1200/1 vom VEB Apparatebau Mylau.

Der gestrichelte Linienzug demonstriert den Ablesevorgang. Ausgehend von der auf die Fensterfläche bezogenen Kaltluftmenge  $\dot{V}_K/A_F$ , im Beispiel 20 m<sup>3</sup>/h · m<sup>2</sup>, erhält man, dem Linienzug im mathematischen Drehsinn folgend, für eine Fensterhöhe von  $H = 1,5$  m (Linien im 1. Quadranten), ein Fugenlängenverhältnis von  $\omega = 4$  m<sup>-1</sup> (Linien im 2. Quadranten) und eine Fugendicke von  $s = 1,5 \cdot 10^{-3}$  m (Linien im 3. Quadranten), den auf die Fensterbreite bezogenen

Impuls der einfallenden Kaltluft ( $I_F/B = 0,01$  (kg · m) · s<sup>-2</sup> · m<sup>-1</sup>). Soll ein Impulsverhältnis von 0,25 eingehalten werden, muß die Größe des Impulses des vom Düsenkonvektor ausgehenden Luftstroms  $I_{DK}/B = 0,04$  ((kg · m) · s<sup>-2</sup>) · m<sup>-1</sup> sein. So ergibt sich eine Mindestprimärluftmenge von  $\dot{V}_{pr} = 30$  m<sup>3</sup>/h je Gerät (DK 850/1).

Abschließend sei bemerkt, daß eine über die Raumbreite gleichmäßige Ablenkung nur bei einem geschlossenen Luftschleier möglich ist. Das heißt, die Fensterfläche ist auf ihrer gesamten Breite mit Geräten abzusichern. Abstände zwischen zwei Geräten unter einem Fenster sollten kleiner als 0,4 m sein. Bei größeren Abständen treten nach [5] bereits Fallströmungen zwischen den Strahlen der Düsenkonvektoren auf. Weiterhin sollte man darauf achten, daß senkrechte Fensterfugen stets durch den aufsteigenden Luftstrom abgeschirmt werden.

#### Bezeichnungen

A	Fläche	in m <sup>2</sup>
B	Breite	in m
H	Höhe	in m
I	Impuls	in kg m s <sup>-1</sup>
$\dot{V}$	Volumenstrom	m <sup>3</sup> s <sup>-2</sup>
f	Verhältnis	
l	Fugenlänge	in m
s	Fugendicke	in m
t	Temperatur	in °C
w	Geschwindigkeit	in m s <sup>-1</sup>
x	Eindringtiefe	in m
$\Delta$	Differenz	
$\rho$	Dichte	in kg m <sup>-3</sup>
$\omega$	Fugenlängenverhältnis ( $\omega = l/A_F$ )	in m <sup>-1</sup>

#### Indizes

A	außen
DK	Düsenkonvektor
E	Eintritt
F	Fenster
I	Impuls
K	Kaltluft
R	Raumluft
W	Warmluft
pr	primär
t	Temperatur

#### Literatur

- [1] Rummel, K.: Der Einfluß des Mischvorgangs auf die Verbrennung von Gas und Luft in Feuerungen. Archiv für Eisenhüttenwesen 10 (1937) 11, S. 505 bis 510; 12, S. 541 bis 548; 11 (1937) 1, S. 19 bis 30; 2, S. 67 bis 80; 3, S. 113 bis 123; 4, S. 163 bis 181; S. 215 bis 224.
- [2] Baturin, W. W.: Lüftungsanlagen für Industriebauten. Berlin: VEB Verlag Technik 1959, 2. Aufl.
- [3] Rumpel, H.: Über eine Methode der Strömungsbeeinflussung. Wiss. Z. der TH Karl-Marx-Stadt 11 (1969) 5, S. 677 bis 684.
- [4] Abramović, G. N.: Teorija turbulentnyh struj. Moskva 1960.
- [5] Laux, H.: Experimentelle Untersuchung der Luftführung in Räumen mit Hochdruck-Induktionsanlagen. VDI-Berichte Nr. 136, 1969, S. 43 bis 50.

LKT w

## Über Vergleiche zwischen den Ergebnissen maschineller Simulationsprogramme von Kälteanlagen und Betriebsmessungen (Teil 2)

Schroth, H.-H.<sup>1)</sup>

Vergleiche der Meß- und Rechenergebnisse an den Kondensatoren

Die berechneten und gemessenen Druckverluste an zwei verschiedenen Kondensatoren mit je 66 Sondermessing-Rillen-

rohren sind in Tafel 3 dargestellt. Kondensator Nr. 3 enthält 12 Fluten und 0,5 m lange Rohre, Kondensator Nr. 5 dagegen 6 Fluten und 1,0 m lange Rohre. Eine sehr gute Übereinstimmung ist vorhanden. Dabei handelt es sich um fabrikneue Geräte ohne Rohrverschmutzung. Das findet in der Berechnung insofern Berücksichtigung, daß die Rohrrauigkeit immer entsprechend des Materials als hydraulisch

<sup>1)</sup> Dipl.-Ing. Schroth, H.-H., KDT, wissenschaftlich-technischer Mitarbeiter, Institut für Luft- und Kältetechnik Dresden

DK 621.57.041-213.4  
K.L.K. 550  
570