

sicher zu hoch. Zu erwarten ist weiterhin, daß der niedrige Wärmeübergangskoeffizient  $\alpha_2$  gilt. Insgesamt wäre zu folgern, daß

- der konvektive Wärmeübergangskoeffizient bei sitzenden und stehenden Personen keinesfalls über  $3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  liegen kann und
- Behaglichkeitsmeßfühler mit ihren Abmessungen unter  $10 \text{ cm}$  die Eigenkonvektion im Vergleich zur Strahlung viel zu stark bewerten (sehr wahrscheinlich sind Fühler mit diesen Abmessungen auch ungeeignet zur korrekten Erfassung von Zwangsanströmungen). Zuverlässige Ergebnisse erhält man nur an Versuchspersonen oder Versuchspuppen.

Bezieht man zusätzlich den Knöchelbereich in die Behaglichkeitsbetrachtungen mit ein, dann sind hier die Spitzenwerte  $\alpha_1$  für die Konvektion maßgeblich. Sie sind

mehr als doppelt so hoch wie die im Kopfbereich zu erwartenden Werte (bei gleicher mittlerer Übertemperatur). Zur Feststellung örtlicher Behaglichkeitsempfindungen gibt es mindestens zwei unterschiedliche „Fühler“. Einen Einheitsfühler als Behaglichkeitsmeßgerät zu verwenden, ist mindestens aus diesem Grund unrichtig. [H 199]

### Literaturangaben

[1] Fanger, P. O.: Thermal Comfort. Mc Graw-Hill Book Co., New York 1979.  
 [2] Mayer, E.: Entwicklung eines Meßgeräts zur getrennten und integrativen Erfassung der physikalischen Raumklimakomponenten. Diss. TU München 1983.  
 [3] Mayer, E.: Untersuchungen von Zugescheinungen mit Hilfe physikalischer Meßmethoden. GI 106 (1985) Heft 2, S. 65/73.  
 [4] Mayer, E.: Entwicklung eines Meßgerätes zur Ermittlung der physikalischen Raumklimabedingungen. GI 106 (1985) Heft 4, S. 175/92.

[5] Mayer, E.: Thermische Behaglichkeit in Räumen – neue Beurteilungs- und Meßmöglichkeiten. GI 110 (1989) Heft 1, S. 35/43.  
 [6] Mayer, E., u. R. Schab: Untersuchung der physikalischen Ursachen von Zugluft. GI 111 (1990) Heft 1, S. 17/30.  
 [7] Krauter, M., u. E. Haug: Aufbau und Erprobung einer Versuchseinrichtung zur Bestimmung örtlicher Wärmeübergangszahlen an beheizten ebenen Flächen. Stud. Arbeit, Uni Stuttgart, IKE/HLK 1985.  
 [8] Krauter, M., u. T. Offenhäusser: Darstellung örtlicher Wärmeübergangszahlen an beheizten ebenen Flächen in Abhängigkeit der Übertemperatur, des Oberflächentemperaturprofils und der Bauhöhe. Dipl.-Arbeit, Uni Stuttgart, IKE/HLK 1986.  
 [9] Haug, E., u. A. Sauterleute: Darstellung örtlicher Wärmeübergangszahlen an elektrisch beheizten Plattenheizkörpern unter realen Einbaubedingungen in Abhängigkeit der Übertemperatur, des Oberflächentemperaturprofils und der Bauhöhe. Dipl.-Arbeit, Uni Stuttgart, IKE/HLK 1986.  
 [10] Bogostovskij, V. M.: Wärmetechnische Grundlagen der Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik. VEB-Verlag für Bauwesen, Berlin.  
 [11] Krischer, O., u. W. Kast: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik. 3. Auflage von W. Kast, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1978.

# Luftführung im Operationsraum

## Untersuchung eines OP-Klimasystems mit Verdrängungsströmung und Deckenkühlung

*Es wurde ein Luftführungssystem für OP-Räume untersucht, das mit freier Verdrängungsströmung und Deckenkühlung arbeitet. Ziel der Untersuchung war die Analyse der Ausbreitung von Luftkeimkontaminationen, die durch das OP-Team freigesetzt werden. Es zeigte sich, daß niedrige Kontaminationsgrade nur bei stabilen vertikalen Temperaturschichtungen und bei Untertemperaturen von mindestens  $3 \text{ K}$  für die Zuluft erreichbar sind. Dabei geht bei der hier zugrundeliegenden Kühllast von  $1970 \text{ W}$  (Lastfälle nach DIN 4799:  $1\ 500$  bzw.  $3\ 000 \text{ W}$ ) und üblichen Zuluftströmen der Kühllastanteil der Kühldecke so weit zurück (ca.  $15\%$ ), daß ihre Wirkung überwiegend in dem positiven Einfluß auf die empfundene Temperatur besteht. Leistungsmäßig wird sie erst bei höheren Kühllasten wirksam. Bei einer Kühllast von  $2\ 860 \text{ W}$  lag dieser Anteil bereits bei etwa  $50\%$ . Die Ergebnisse zeigen, daß die erforderliche Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Raumluft durch ein geeignetes Regelungskonzept sichergestellt werden muß.*

*Mit dem beschriebenen System sind Kontaminationsgrade unter  $0,1$  auf dem OP-Tisch erreichbar, was als sehr gut zu bezeichnen ist. Die hier dargestellten physikalischen Ergebnisse bedürfen noch einer Bestätigung durch Luftkeimuntersuchungen bei realem OP-Betrieb.*

### Versuchsaufbau und -durchführung

Die Messungen wurden in einem Modellraum (Maßstab  $1 : 1$ ) durchgeführt, der in seiner Ausstattung im wesentlichen dem Prüfraum nach DIN 4799 (Entwurf) entspricht (Bilder 1 und 2).

In Fußbodennähe wurde über einen Wandkanal mit  $1 \text{ m}^2$  Austrittsfläche die Zuluft ( $\dot{V}_{zu} = 1\ 200 \text{ m}^3/\text{h}$ ) turbulenzarm in den Raum eingebracht. Die Wärmequellen (beheizte Puppen als OP-Team, Geräte, OP-Leuchte und Allgemeinbeleuchtung;  $\Sigma Q = 1970 \text{ W}$ ) erwärmen die Zuluft im Bodenbereich und bewirken dadurch eine Auftriebsströmung. Da die emittierenden Personen Wärmequellen darstellen, werden auch die Schadstoffe durch den Auftriebsvolumenstrom bevorzugt nach oben abgeführt, sofern eine verdrängende Strömung vorliegt.

Die Luftkeimbelastung des Raumes durch das OP-Personal wurde mit einem Impfgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) simuliert [5], welches in Beckenhöhe unter der Kleidung des OP-Teams eingegeben wurde.

Um die zu erwartenden Konzentrationsschichtungen im Raum [1, 3, 4] zu analysieren, werden die Lachgaskonzentrationen auch in der Mittelachse des OP, parallel zum Zuluftauslaß (Bild 1a), in sechs Höhen zugrunde gelegt. In dieser Meßebe bildete sich die Konzentrationsschichtung be-

Dipl.-Ing. M. Behne, TU Berlin

# IIKK90 Nürnberg

11. Internationale Fachmesse  
Kälte-Klimatechnik



## Kälte und Klima in Gewerbe, Transport, Haus- und industrieller Prozeßtechnik

- Komponenten, anschlussfertige Aggregate, Entsorgungssysteme, Werkzeuge und Dienstleistungen
- Über 300 Aussteller aus Europa, USA und Japan
- Informationen aus erster Hand, im direkten Gespräch mit den Herstellern
- Auch 1990 eine erste Adresse für Anlagenbauer, Fachplaner und Anlagenbetreiber

4.-6. Oktober 1990



Veranstalter  
VDKF Verband Deutscher  
Kälte-Klima-  
Fachbetriebe e.V.

Durchführung/Information  
Nürnberg Messe GmbH  
Messezentrum  
D-8500 Nürnberg 50

☎ 0911/86 06-0  
☎ 0911/86 06-2 28  
☎ 6 23 613 messe d  
☎ 9 11 83 19 = messe

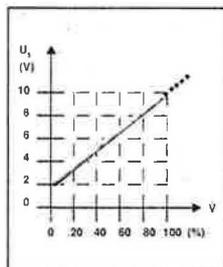
**VDKF**



## Warum "Betsy" uns nicht mag...



... weil wir für wohldosierte und exakt kontrollierte Luftmengen sorgen.

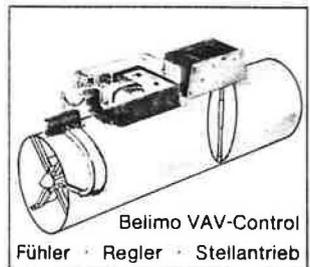


Die lineare Kennlinie bei Luftvolumenströmen macht es möglich. BELIMO löst diese Aufgabe individuell mit dem Regelgerät VAV für die am Markt befindlichen Messaufnehmer.

Das schafft klare Verhältnisse bei der Planung, beim Bau, beim Betrieb und bei der Wartung von raumlufttechnischen Anlagen.

BELIMO Regelgeräte VAV finden Sie an den Volumenstromreglern der führenden Hersteller. Unsere Lösungen sind mit allen gängigen digitalen und analogen Regelsystemen kombinierbar.

Verlangen Sie unsere Unterlagen.



Belimo VAV-Control  
Fühler · Regler · Stellantrieb

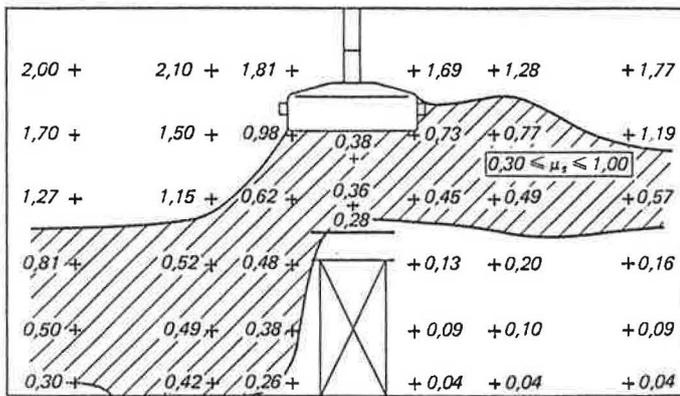
# BELIMO®

## Stellantriebe

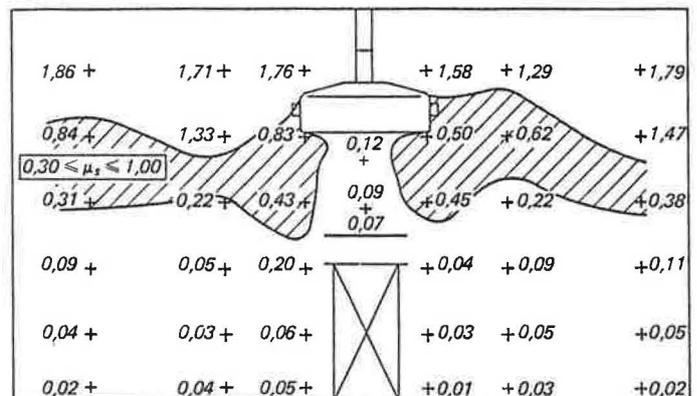
BELIMO Stellantriebe Vertriebs Ges. m. b. H.  
Laimäckergasse 15  
A-1100 Wien  
Telefon (02 22) 602 07 51 Serie

BELIMO Automation AG  
Hofstrasse 33  
CH-8620 Wetzikon  
Telefon 01/9 33 11 11

BELIMO Stellantriebe Vertriebs GmbH  
Welfenstraße 27 · Postfach 72 02 30  
D-7000 Stuttgart 70 (Birkach)  
Telefon (07 11) 45 20 42



H200.4  
Bild 4: Kontaminationsgradverteilung im Raum bei  $\Delta t_{zu/Raum} = -2,1 K$ ; Kühllastanteil der Kühldecke:  $\dot{Q}_{K, Decke} / \Sigma \dot{Q}_K = 0,55$



H200.5  
Bild 5: Kontaminationsgradverteilung im Raum bei  $\Delta t_{zu/Raum} = -2,9 K$ ; Kühllastanteil der Kühldecke:  $\dot{Q}_{K, Decke} / \Sigma \dot{Q}_K = 0,17$

Folge hat, daß hier der Übergangsbereich zwischen Misch- und Verdrängungsströmung am niedrigsten liegt. Eine zunehmende Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Raumluft bewirkt eine Reduzierung des Auftriebsvolumenstromes und damit die Verlagerung der Übergangszone nach oben, was deutlich aus den Bildern 3 bis 5 hervorgeht. Gründe für die asymmetrischen Schichtungen auf den Bildern 3 und 4 sind in unterschiedlichen Umschließungsflächentemperaturen und nicht vollkommen gleichmäßigen Luftaustrittsgeschwindigkeiten zu suchen; diese Einflüsse nehmen mit steigender Temperaturdiffe-

renz ab. Bild 5 zeigt, daß in unmittelbarer Umgebung der Wärmequellen die Schadstoffe durch die Auftriebsströmung gut verdrängt werden. Man erkennt auch, daß sehr gute Ergebnisse ( $\mu_x \leq 0,1$ ) erst bei einer Temperaturdifferenz zwischen Zu- und Raumluft von etwa 3 K erzielt werden.

Bei zunehmenden Kühllasten nimmt der Auftriebsvolumenstrom zu, wodurch die Übergangszone fällt und die Kontaminationen in den Schutzbereichen ansteigen. Eine Erhöhung des Zuluftvolumenstromes auf 1500 m<sup>3</sup>/h brachte keine Verbesserung der Ergebnisse, da offenbar der Einfluß der Induktion des Luftauslasses zunahm. [H200]

### Literaturangaben

- [1] Danielson, P.-O.: Convective flow and temperature in rooms with displacement systems; Roomvent '87, Stockholm.
- [2] Esdorn, H., u. Z. Nouri: Vergleichsuntersuchungen über Luftführungssysteme mit Mischströmung in Operationsräumen. HLH 28 (1977) Nr. 12, S. 427/37.
- [3] Fitzner, K.: Impulsarme Luftzufuhr durch Quelllüftung. HLH 39 (1988) Nr. 4, S. 173/81.
- [4] Fitzner, K.: Quelllüftung für Büros, Versammlungsräume und Industriehallen; TGA-Kongreß 1988, Berlin.
- [5] DIN 4799 (Entwurf): Luftführungssysteme für Operationsräume, Prüfung; 12.88.

# Betriebsverhalten von Deckenkühlsystemen

## Ergebnisse betriebsbegleitender Messungen in zwei Musterräumen des Abgeordnetenhochhauses in Bonn

Seit geraumer Zeit steht die statische Raumkühlung, bevorzugt über die Raumdecke, als Ergänzung Raumlufttechnischer Anlagen oder in Sonderfällen auch als deren Ersatz für thermisch höher belastete Arbeitsräume im Mittelpunkt des Fachinteresses. Die Vorteile sind gute Behaglichkeitszustände im Kühlbetrieb aufgrund praktisch nicht wahrnehmbarer Luftbewegung sowie eine deutlich günstigere Wirtschaftlichkeit gegenüber herkömmlichen RLT-Systemen mit Abführung der Raumkühllasten nur über Luft. In Schweden und Norwegen und vereinzelt auch in der Schweiz liegen bereits praktische Erfahrungen mit ausgeführten Anlagen vor, während in Deutschland Objekte nennenswerter Größenordnung mit Deckenkühlung sich erst im Planungsstadium befinden. Auch die Entwicklung von Deckenkühlsystemen ist hier noch keineswegs abgeschlossen.

Die positiven Erwartungen, die an diese Systeme gestellt werden, stützen sich zum einen auf ausgedehnte Laboruntersuchungen [1, 2] sowie auf die bisherigen Betriebserfahrungen mit den genannten ausgeführten Anlagen [3].

### Untersuchungsobjekt

Die nachfolgend dargestellten Untersuchungen an zwei Musterräumen im normalen Bürobetrieb wurden ausgeführt für die in der Planung befindlichen Abgeordnetenhaus-Neubauten des Deutschen Bundestages in Bonn. Das ursprüngliche Konzept des Planungsbüros für die Gebäudetechnik sah für die Abgeordnetenbüros Fensterlüftung in Verbindung mit einer Fußbodenheizung vor, die in der warmen Jahreszeit auch zur Kühlung herangezogen werden sollte. Im Rahmen einer gutachterlichen Beurteilung wurde an dessen Stelle ein Deckenkühlsystem in Verbindung mit einer separaten örtlichen Heizung im Fensterbereich vorgeschlagen, das wesentlich höhere Kühlleistungen und bessere Regelungsvoraussetzungen bietet. Zur Vermeidung von Kondensationserscheinungen im Kühldeckensystem wurde auch eine „Entfeuchtungslüftung“ (Luftwechsel 1 l/h)