

Einfluß konvektiver Wandströmungen auf die Luftqualität bei Quelllüftung

Mit dem Zusammenwirken von Quelllüftung und Deckenkühlung zur Klimatisierung von Arbeits- und Aufenthaltsräumen wird ein Lüftungssystem bereitgestellt, das hinsichtlich des thermischen Komforts die höchsten Ansprüche erfüllt.

Um die Vorteile dieses Lüftungssystems hinsichtlich der Luftqualität und des thermischen Komforts optimal nutzen zu können, wird der Einfluß des Strahlungsaustauschs zwischen Kühldecke und Wänden auf die Strömung im Raum experimentell untersucht. Durch die Energieabgabe der Wände an die gekühlte Decke kann es zu einer Untertemperatur der Wände gegenüber der Raumluft und zu einer, durch Schwerkraft angetriebenen, abwärtsgerichteten Strömung (Kaltluftabfall) an den Wandflächen kommen, die das Strömungsbild bei Quelllüftung beeinflusst.

Dipl.-Ing. H. Krühne, Hermann-Rietschel-Institut TU-Berlin

Bei der Quellluftströmung handelt es sich um den Spezialfall einer Verdrängungsströmung von unten nach oben. Eine Quellluftströmung kann sich nur im Raum ausbilden, wenn Wärmequellen (Personen, Geräte, Beleuchtung etc.) die am Boden mit Untertemperatur zur Raumluft impulsarm eingebrachte Zuluft nach oben fördern. Erst in der Höhe, in der der Zuluftvolumenstrom gleich dem Auftriebsvolumenstrom der Wärmequellen ist, stellt sich eine Mischungsströmung ein.

Durchführung der Versuche

Die Versuche werden im allseitig temperierbaren Prüfraum des Hermann-Rietschel-Institutes durchgeführt (Bild 1). Der Versuchsraum ist mit einer geschlossenen Kühldecke sowie einem Quellluftsystem ausgestattet. Im Raum sind fünf Meßsäulen mit je acht Thermoelementen zur Bestimmung der Raumlufttemperatur angebracht. Die Temperaturen der Raumoberflächen wurden auf zwei verschiedene Arten bestimmt. Zum ersten mit punktueller Messung mittels Thermoelementen, zum zweiten mittels einer Thermografiekamera zur flächenmäßigen Erfassung der Temperaturverteilung.

Die Bestimmung der Kontaminationsgradverteilung als Maß für die lokale Luftqualität im Raum erfolgte über Spurengasmessungen mit einem Infrarot-Gasanalysator mit N_2O (Lachgas) als Spurengas an fünf Orten im Raum in je sechs Höhen. Zur Bewertung der Luftqualität wird der Kontaminationsgrad μ verwendet, der folgendermaßen definiert ist:

$$\mu = \frac{c_x - c_{zu}}{c_{ab} - c_{zu}}$$

Hierbei ist c_x die Konzentration am Meßort und c_{zu} und c_{ab} die Zu- bzw. Abluftkonzentration des Spurengases. Auf die Ver-

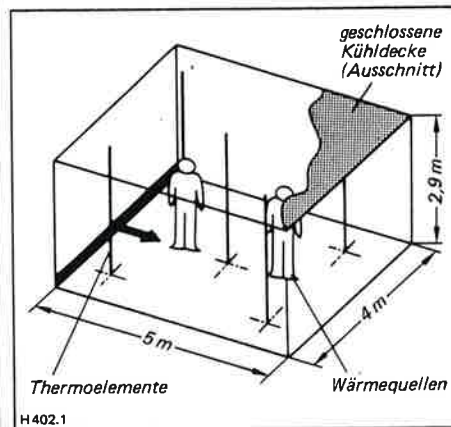


Bild 1: Wassergekühlter Prüfraum

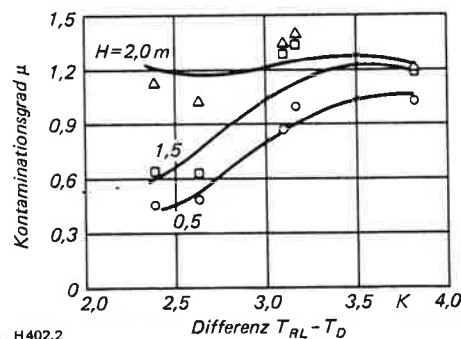


Bild 2: Kontaminationsgrad über Temperaturdifferenz Luft-Decke

wendung der Lüftungseffektivität [1] wird aus Gründen der Darstellung verzichtet. Als Wärme- und Spurengasquellen wurden zwei beheizte Puppen verwendet, deren Anordnung Bild 1 zu entnehmen ist. Die Zuführung des Spurengases erfolgte in ca. 1,1 m Höhe (Brusthöhe) der Figuren.

Um den Einfluß der Kühldecke auf die Quellluftströmung zu bestimmen, wird bei konstanter Kühllast im Raum über die Vorlauftemperatur die Temperatur der Kühldecke und damit die Temperaturdifferenz Decke-Raumluft variiert. Die restlichen Raumflächen wurden nicht verändert.

Ergebnisse

Im folgenden soll aus Platzgründen nur auf einige Ergebnisse der Untersuchungen eingegangen werden. Hier sollen die Ergebnisse für einen Lastfall bei Variation der Deckentemperatur gezeigt werden. Der Kühllastanteil der Lüftung wurde bei den Versuchen immer kleiner 10% eingestellt.

In Bild 2 sind für diesen Fall die Werte des Kontaminationsgrades über der Temperaturdifferenz Raumluft - Deckenoberflächentemperatur für drei verschiedene Raumhöhen aufgetragen, wobei die Raumlufttemperatur dabei der aus allen Meßstellen im Raum gemittelte Wert der Raumlufttemperatur ist. Mit steigender Temperaturdifferenz ist ein Anstieg des Kontaminationsgrades für den Aufenthaltsbereich (0,5 m; 1,5 m) zu erkennen. In einer Höhe von 2 m bleibt der Kontaminationsgrad nahezu konstant, da dort eine Mischungsströmung vorherrscht. Der Anstieg des Kontaminationsgrades mit steigender Temperaturdifferenz zeigt die erhöhte Durchmischung der Strömung im Aufenthaltsbereich durch Rückströmungen an den Wänden aus der Mischungszone.

Der Einfluß der gekühlten Decke auf die Temperaturverläufe Wand-Raumluft ist beispielhaft in Bild 3 zu sehen. Der Temperaturverlauf über der Raumhöhe ist für den Fall der Quelllüftung ohne Deckenkühlung links und bei Quelllüftung mit Deckenkühlung rechts dargestellt. Während sich bei Quelllüftung ohne Deckenkühlung keine großen Unterschiede zwischen den Temperaturverläufen Wand-Raumluft ergeben (durch Wärmedämmung werden nahezu adiabatische Wände erreicht), tritt bei Deckenkühlung ein deutlicher Unterschied zwischen Wand- und Raumlufttemperatur auf, wobei

der Strahlungsaustausch zwischen Decke und Wand verantwortlich ist. Die Temperaturdifferenz liegt bei Deckenkühlung im deckennahen Bereich bei ca. 1,2 K.

Aus einer theoretischen Abschätzung für ruhende Umgebung läßt sich für die in Bild 3 (rechts) gezeigte mittlere Temperaturdifferenz Wand-Raumluft von 1 K nach [2] für eine 4 m breite und 3 m hohe Wand in 0,5 m Höhe ein Kaltluftvolumenstrom von 200 m³/h berechnen. Wie weitere Untersuchungen [3] gezeigt haben, wird der für ruhende Umgebung bestimmte Kaltluftvolumenstrom durch thermische Strömungen im Raum vermindert, da die Raumströmung die Wandströmung beeinflusst. Der angegebene Wert ist daher als maximaler Grenzwert zu betrachten.

Diskussion

Aus den gezeigten Ergebnissen ist ein Einfluß der Deckenkühlung auf die Quellluftströmung im Raum und damit auf die Luftqualität (in den Messungen ausgedrückt durch den Kontaminationsgrad) zu erkennen. Mit sinkender Deckentemperatur und damit steigender Temperaturdifferenz zwischen gekühlter Fläche und Raumluft steigt der Kontaminationsgrad im Raum an. Dieses Verhalten resultiert aus der Strömungscharakteristik der Quellluftströmung [4]. Die eingebrachte Frischluft steigt an den Wärmequellen in Form einer Verdrängungsströmung auf und bildet die Frischluftschicht. Oberhalb der Höhe, in der der Auftriebsvolumenstrom der Wärmequellen gleich dem Zuluftvolumenstrom ist, schlägt die Verdrängungsströmung in eine Mischungsströmung um [5]. In dieser Mischungszone sammeln sich die aus dem unteren Bereich abgeführten Schadstoffe und werden über die Abluft abgeführt. Der Kontaminationsgrad in der Frischluftzone

kann bei Quelllüftung daher kleiner als 1 werden, steigt dann aber auf den Wert 1 oder größer in der Mischungszone an.

Entstehen im Raum konvektive, abwärtsgerichtete Strömungen an Wänden oder anderen vertikalen Flächen (Bild 4), gelangt verschmutzte Luft aus der Mischungszone in den Frischluftbereich und der Kontaminationsgrad steigt an. Dieses Verhalten ist durch die Messungen bestätigt worden.

Die konvektiven Wandströmungen resultieren in den durchgeführten Versuchen aus der Abkühlung der Wand durch Strahlungsaustausch der Wände mit der gekühlten Decke [6] und Abkühlung der Luft an der Decke.

Allerdings kann auf den Einsatz der Deckenkühlung im Zusammenhang mit Quelllüftung meistens nicht verzichtet werden, da die mögliche Lastabfuhr bei Quelllüftung durch den vertikalen Temperaturanstieg und der Luftgeschwindigkeit am Auslaß begrenzt ist. Bei Einsatz von Quelllüftung und Deckenkühlung ist in Abhängigkeit der konkreten Bedingungen zu prüfen, welche Lastaufteilung Kühldecke/Quellluft und welche Deckentemperatur gewählt wird,

um für die Personen im Raum ein hinsichtlich thermischen Komforts und Luftqualität optimales Klima zu schaffen.

Die beschriebenen Untersuchungen wurden im Rahmen eines vom Bundesministerium für Forschung und Technologie geförderten Verbundvorhabens zur „menschengerechten Raumklimatisierung durch Quelllüftung und Flächenkühlung“, Förderkennzeichen 01HK599/1, durchgeführt. [H 402]

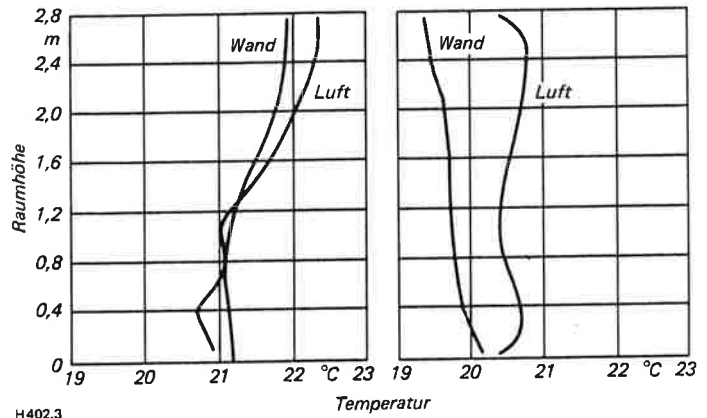


Bild 3: Temperaturverlauf von Wand- und Raumluft für Quelllüftung ohne Deckenkühlung (links) und mit Deckenkühlung (rechts)

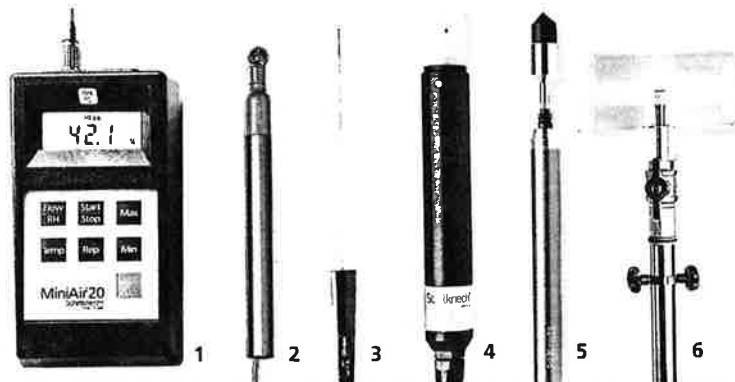
H402.3

Literaturangaben

- [1] DIN 1946, Teil 2: Raumlufttechnik, Gesundheitstechnische Anforderungen, E08/1991.
- [2] Kriegel, B.: Fallströmungen an Gebäuden und mögliche Schutzmaßnahmen. Dissertation an der TU Berlin, 1972.
- [3] Stollfuß, B.: Einfluß konvektiver Wandströmungen auf das Strömungsbild bei Quelllüftung. Diplomarbeit an der TU Berlin, 1992.
- [4] Fitzner, K.: Quelllüftung in Theorie und Praxis. Sonderdruck aus CCI Nr. 5, 1991.
- [5] Danielsson, P. O.: Convective flow and temperature in rooms with displacement system. Roomvent 87, Session 4 b.
- [6] Esdorn, H.; Külpmann, R.: Thermische Behaglichkeit und Luftqualität in Räumen mit Deckenkühlung. DKV Heidelberg, 1990.

MiniAir20: EINER, DER OHNE UNTERBRUCH KOSTEN SPART.

Bewusst kostenbewusst, das ist unser MiniAir20. Ein Strömungsmessgerät, dem nichts entgeht. Mit einer riesigen Auswahl an austauschbaren Fühlern. Und ganz neu der Stahlfühler mit Einfahrtschleuse. Eines, das ohne Systemunterbruch misst. Und sich deshalb immer auszahlt.



- 1 MiniAir20
- 2 Strömungsfühler Micro
- 3 Hochtemperaturfühler
- 4 Feuchtefühler HygroAir
- 5 Drehzahlfühler
- 6 Einfahrtschleuse

Schiltknecht
Fühlbar. Messbar. Wunderbar.

74 189 Weinsberg
Tel. (07134) 10870
Fax (07134) 3022
47 800 Krefeld
Tel./Fax (02151) 50 38 08