

Olaf Zeidler,
Kai Kriegel,
Klaus Fitzner

Die über längere Zeit in einem Raum anwesenden Personen klagen in klimatisierten Räumen häufiger über zu trockene Luft als in Räumen mit freier Lüftung [1]. Dies geschieht, obwohl ausreichende Raumluftfeuchten herrschen und die Grenzen der Behaglichkeit nach DIN 1946 Teil 2 eingehalten werden. Es treten unangenehme Schleimhautreizungen sowie das Gefühl von trockenen Augen und trockenem Mund auf. Diese Klagen treten häufiger in Räumen mit Mischlüftung als in Räumen mit Quelllüftung auf.

Im folgenden wird untersucht, ob die Feuchtigkeitsübertragung von Personen durch die im Raum herrschende Strömungsform beeinflusst wird. Bei den untersuchten Raumströmungsformen handelt es sich um Mischlüftung und um Quelllüftung. Die durchgeführten Versuche wurden im Rahmen einer Voruntersuchung durchgeführt. Die Ergebnisse sind eine erste qualitative Aussage.

Unterschiede der Feuchtigkeitsübertragung einer Person in Quell- und Mischlüftung

Quell- und Mischlüftung

Unter den Gesichtspunkten von thermischem Komfort und empfundener Luftqualität gilt heute die Quelllüftung als optimales Lüftungssystem. Die Gefahr von Zugerscheinungen ist geringer, und die Luftqualität im Aufenthaltsbereich ist besser als bei der Mischlüftung. Es bilden sich bei Quelllüftung zwei Strömungsbe-reiche, Zuluftschticht und Mischzone. Die Luftbewegung ist gering, da nur die Auftriebskräfte strömungsbestimmend sind. Es ergibt sich ein deutliches Konzentrationsprofil im Raum. Aus dem Aufenthaltsbereich erfolgt die Abfuhr der Stoffe in die Mischungsschicht und von dort über die Abluft aus dem Raum. Dieser Vorgang führt zu einer gezielten Stoffabfuhr aus dem Aufenthaltsbereich der Personen. Bild 1 zeigt eine schematische Darstellung der Raumströmung bei Quelllüftung.

Im Fall der Mischströmung ist die Temperatur- und Stoffverteilung im gesamten Raum gleichmäßig, und es herrscht fast überall die gleiche Luftqualität vor. Die anfallenden Geruchsstoffe werden lediglich „verdünnt“ und nicht direkt am Entstehungsort abgeführt wie bei der Quelllüftung. Die Mischlüftung erhält ihr charakteristisches Bild durch die dynamischen Kräfte, da diese Kräfte größer als

Differences in humidity transport from a person in mixing- and displacement ventilation (source flow)

People who stay longer times in closed rooms with climatisation complain more often about dry air than people who stay in free ventilated rooms [1]. This happens although when the humidity is in the limits given in DIN 1946 Teil 2. There are irritations of mucous membranes and the feeling of dry eyes and mouth. These complaints are more often in rooms with mixing ventilation than in rooms with displacement ventilation (source flow). In the following article the humidity transport from a person in different ventilated rooms is investigated. The investigations were made for displacement ventilation (source flow) and mixing ventilation. The results of the first pre-investigations can give a first qualitative statement.

Keywords: air humidity, mixing ventilation, displacement ventilation, irritations of mucous membranes, humidity transport

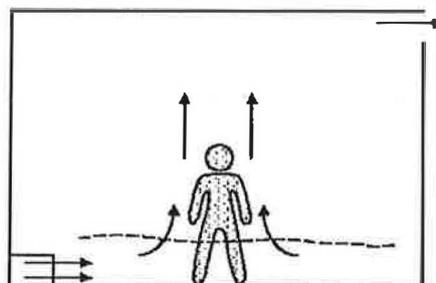


Bild 1 Schematische Darstellung der Raumströmung bei Quelllüftung

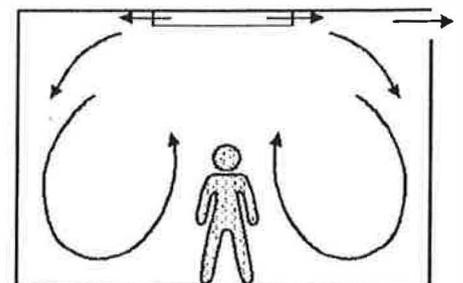


Bild 2 Schematische Darstellung der Raumströmung bei Mischlüftung

die Auftriebskräfte sein müssen. Sie wachsen mit der thermischen Last, Bild 2 zeigt eine schematische Darstellung der Raumströmung bei Mischlüftung.

Für die Feuchteübertragung ist die unterschiedliche Strömungsgrenzschicht am Körper bei Quell- und Mischlüftung entscheidend. Bei Quelllüftung tritt eine anfangs laminare und später turbulente Grenzschicht an der Körperoberfläche auf, die nicht von der Raumströmung gestört wird. Es findet eine freie Konvektion statt. Bei Mischlüftung bildet sich ein turbulentes Strömungsbild im Raum aus, wodurch die Grenzschicht zum Körper immer wieder zerstört wird.

Thermische Behaglichkeit

Nach DIN 1946 Teil 2 [2] ist für den Menschen thermische Behaglichkeit gegeben, wenn er mit Temperatur, Feuchte und Luftbewegung in seiner Umgebung zufrieden ist und weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft wünscht. Obwohl der Mensch sich wechselnden äußeren Luftzuständen anpassen (akklimatisieren) kann, gibt es doch einen Bereich, den Behaglichkeitsbereich, in dem er sich am wohlsten fühlt. Strenge Grenzen für diesen Bereich kann man allerdings nicht angeben. Bild 3 zeigt den Behaglichkeitsbereich im h,x-Diagramm nach DIN 1946.

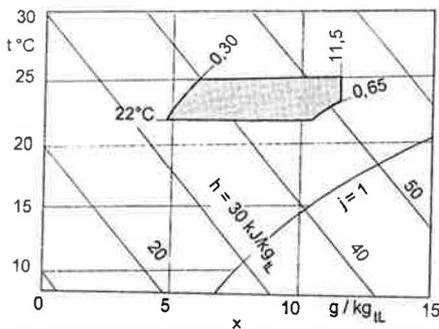


Bild 3 Behaglichkeitsbereich nach DIN 1946

Zur Beurteilung der Wirkung des Raumklimas auf den Menschen müssen rein physiologisch gesehen die folgenden Umgebungsfaktoren berücksichtigt werden: Lufttemperatur, Luftfeuchte, Strahlungstemperatur und Luftgeschwindigkeit. Im folgenden soll nur auf den Einfluß der Luftfeuchte näher eingegangen werden.

Ein Teil der Wärmeabgabe des menschlichen Körpers erfolgt durch Verdunstung an der Hautoberfläche und durch Anreicherung der ausgeatmeten Luft mit Wasserdampf. Deshalb hat auch die Luftfeuchte einen gewissen Einfluß auf die Behaglichkeit. Im Bild 3 sind die empfoh-

lenen Grenzen nach DIN 1946 eingetragen. Sie liegen für Büros im Bereich von 30% bis 65% relativer Feuchte. Die obere Grenze des Feuchtegehalts der Luft wird auf $x = 11,5 \text{ g/kg}$ festgelegt. In der Mitte ist die thermische Behaglichkeit größer als am Rande. Die Grenzen sollten deshalb nur kurzzeitig erreicht werden. Bei hoher Luftfeuchte sinkt die empfundene Luftqualität stark ab [3].

Ziel der Untersuchungen

Ziel der experimentellen Untersuchungen war es, eventuelle Unterschiede in der Feuchtigkeitsübertragung einer Person bei Quell- und Mischlüftung aufzuzeigen. Dazu wurde eine präparierte Wärmequelle eingesetzt, wie sie auch für Kühldeckenuntersuchungen nach DIN 4715 [4] („Dummy“) eingesetzt wird. Es stand dabei nicht im Vordergrund, praxisnahe Vergleichsoberflächen zu schaffen. Die Oberflächentemperaturen des Dummys von ca. 30 °C und Raumlufttemperaturen zwischen 20 und 25 °C sowie Raumluftfeuchten von ca. 40 % während der Versuche entsprachen in etwa den Werten der Praxis.

Die Grundidee der Versuche war, den zeitlichen Verlauf der Feuchteabgabe des Dummys als Gewichtsabnahme zu messen. Dazu wurde der beheizte Dummy mit einem befeuchteten Handtuch umwickelt und während der Versuche auf eine Waage gestellt. Die Gewichtsabnahme wurde in Zeitintervallen dokumentiert. Der Versuchsraum wurde so hergerichtet, daß beide Raumströmungsformen (Misch- und Quelllüftung) durch geringe Umbaumaßnahmen realisiert werden konnten.

Experimentelle Voraussetzungen

Die experimentellen Untersuchungen erfolgten in dem im Bild 4 gezeigten Versuchsraum. Die Grundfläche beträgt 8,3 m² mit den Abmessungen 3,11 m x 2,67 m und einer Höhe von 2,87 m.

Die Temperatur der Zuluft wurde mit einem Lufterkühler geregelt. Sie strömte bei Quelllüftung durch einen Quellluftdurchlaß am Boden ein. Der Quellluftdurchlaß hat die Form eines Rechteckkanals mit den Abmessungen 16 cm x 18 cm. Er erstreckte sich über die ganze Raumbreite. Als Abluftdurchlaß wurde der Mischluftdurchlaß der anderen Versuchsanordnung genutzt.

Bei Mischluftbetrieb kam die Zuluft über diesen mittig an der Decke platzierten Mischluftdurchlaß in den Raum. Der Durchlaß besaß eine Prallplatte, um radiale Lufteinführung zu erreichen. Die

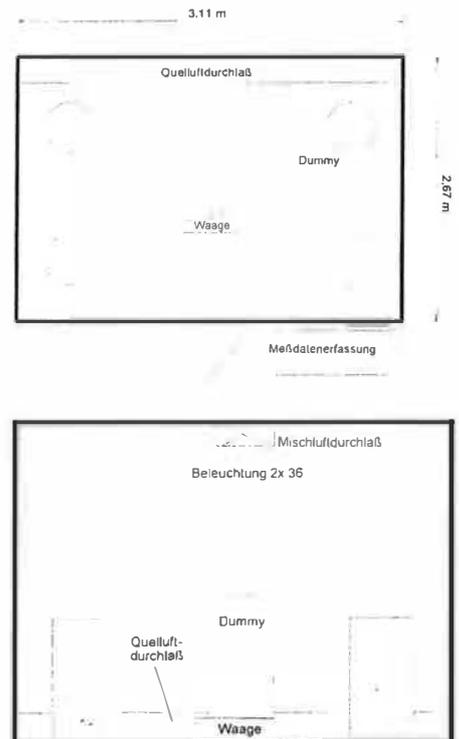


Bild 4 Versuchsraum

Abluft wurde nun über den Quellluftdurchlaß abgeführt.

Als Wärmequellen im Raum wurde zum einen die Raumbelichtung verwendet, zum anderen fünf beheizbare Wärmequellen (nach DIN 4715). Vier von ihnen wurden in einer Rechteckanordnung gleichmäßig im Raum aufgestellt (Bild 4). In der Mitte des Raumes stand die Waage und auf ihr der zu untersuchende Dummy.

Die Temperaturen im Versuchsraum wurden an verschiedenen Meßpunkten bestimmt. Vier Thermoelemente waren an einem Meßstativ auf verschiedenen Höhen angebracht. Ein Thermoelement nahm in 5 mm Entfernung die Grenzschichttemperatur am betrachteten Dummy auf (Bild 5). Zusätzlich wurden noch die Zu- und Ablufttemperatur in den jeweiligen Kanälen gemessen sowie

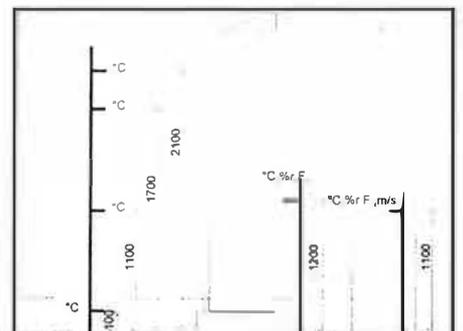


Bild 5 Meßstellen von Temperatur, Feuchte und Geschwindigkeit im Versuchsraum

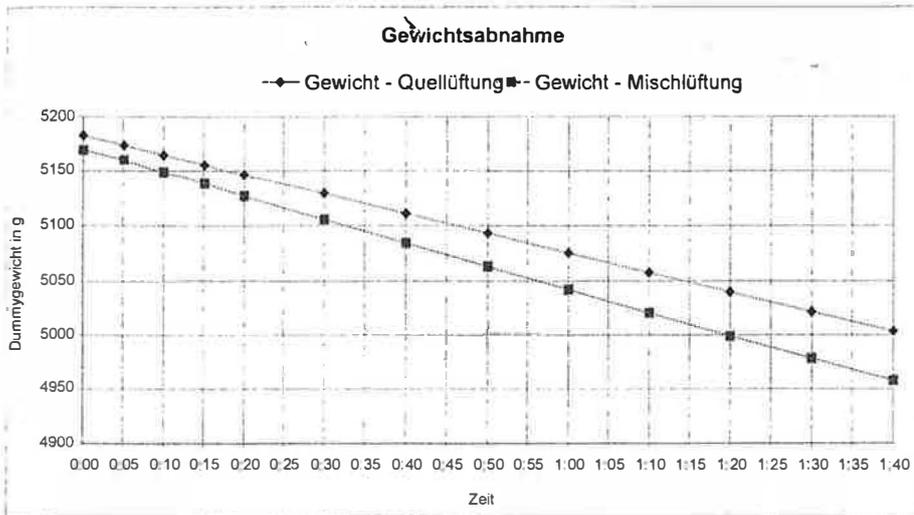


Bild 6 Diagramm zur Gewichtsabnahme bei Quell- und Mischlüftung

die Temperatur der Halle, in der sich der Versuchsraum befand. Drei Thermoelemente nahmen die Oberflächentemperaturen des betrachteten Dummies auf, verteilt auf 1,1 m, 0,8 m und 0,5 m Höhe vom Boden. Die Luftgeschwindigkeit im Raum wurde an einer Stelle in der Aufenthaltszone in 1,1 m Höhe gemessen.

Um Aussagen über die Feuchtigkeit in der thermischen Grenzschicht zwischen Dummy und Raumluft und somit zum Stoffübergang zu machen, wurde zusätzlich eine Feuchtigkeitsmeßstelle mit Taupunktmeßspiegel zusammen mit der weiter oben beschriebenen Temperaturmeßstelle in der Grenzschicht angebracht. Außerdem wurden noch die Raumluftfeuchte sowie die Zu- und Abluftfeuchte gemessen.

Versuchsdurchführung

Es wurden Versuchsreihen durchgeführt, in denen die Feuchtigkeitsübertragung bei Quelllüftung und Mischlüftung verglichen wurde. Eine Versuchsreihe bestand jeweils aus einem Versuch mit Quelllüftung und einem mit Mischlüftung, wobei die Versuchsvoraussetzungen sonst nicht verändert wurden. Es herrschten stationäre Zustände während der Versuche. Die Temperatur der Dummies sowie die Raumlufttemperatur und -feuchte blieben während eines Versuches unverändert. Für die einzelnen Versuchsreihen wurden verschiedene Einstellungen vorgenommen. So wurden Untersuchungen für verschiedene Kühllasten durchgeführt. Durch eine Änderung der Beheizung fanden Messungen bei Raumlasten von 20, 50, 72,5 und 100 W/m² statt. Der Zuluftvolumenstrom betrug 160 m³/h, was einem 8fachen Luftwechsel entspricht.

Eine gewisse Schwierigkeit bei der Versuchsdurchführung bestand in der gleich-

mäßigen Befeuchtung des Dummies. Dieser Faktor hatte einen entscheidenden Einfluß auf die Ausgangsbedingungen, die möglichst identisch während einer Versuchsreihe sein sollten. Die Dummyoberfläche wurde schließlich durch eine Wassersprühflasche gleichmäßig vor jedem Versuch neu befeuchtet. Dabei wurde darauf geachtet, daß das Ausgangsgewicht des Dummies innerhalb einer Versuchsreihe annähernd gleich war.

Meßergebnisse

Die Meßergebnisse der Versuche zeigen eine eindeutige Tendenz. Der Trocknungsvorgang des befeuchteten Dummies läuft bei Mischlüftung schneller ab als bei Quelllüftung. Das Diagramm im Bild 6 verdeutlicht das. Es ist das Gewicht des Dummies über der Zeit aufgetragen. Die stärker abfallende Kurve bei Mischlüftung bestätigt die erhöhte Feuchteabgabe im Vergleich zur Quelllüftung. In diesem Beispiel sind es 128 g/h bei Mischlüftung und 109 g/h bei Quelllüftung.

Setzt man die Feuchteabgabe beider Lüftungsformen in Beziehung zur Wärmestromdichte im Raum, so sieht man, wie der Trocknungsvorgang des Dummies mit steigenden Lasten im Raum schneller wird (Bild 7). Aufgetragen ist die Feuchteabgabe über der Wärmestromdichte. Dabei fällt auf, daß ab 60 W/m² bei Quelllüftung keine wesentliche Stei-

gerung der Feuchteabgabe mehr auftritt, während sie bei Mischlüftung weiter zunimmt.

Auswertung und Beurteilung der Meßergebnisse

Für Auswertung und Berechnungen in diesem Abschnitt werden die Versuchsdaten eines charakteristischen Versuchs genommen, von denen die hier benötigten in der Tabelle 1 zusammengestellt sind.

Tab. 1 Meßwerte bei Kühllast 100 W/m²

		Quellluft	Mischluft
Temperaturen	Verdunstung [g/h]	109	128
	t _{Dummy} [°C]	30,7	30,2
	t _{Grenzschicht} [°C]	25,5	25,5
relative Feuchte	t _{Raum 1,1m} [°C]	25,0	25,4
	φ _{Dummy} [%]	100	100
	φ _{Grenzschicht} [%]	73,9	55
absolute Feuchte	φ _{Raum 1,1m} [%]	38	38
	x _{Dummy} [g/kg]	29	28
	x _{Grenzschicht} [g/kg]	15,2	11,3
	x _{Raum 1,1m} [g/kg]	7,5	7,8

Phänomenologisch läßt sich das Ergebnis der unterschiedlich starken Feuchteabgabe in beiden Strömungsformen folgendermaßen erklären. Bei Vorversuchen bis zur vollständigen Trocknung des Dummies zeigte sich, daß bei Quelllüftung das Tuch unten schneller trocknete als oben. Die Luft strömte hier durch freie Konvektion am Dummy annähernd laminar aufwärts. Stoff- und Wärmeübergang sind am Beginn der Grenzschicht am höchsten. Dabei erfolgte eine stetig ansteigende

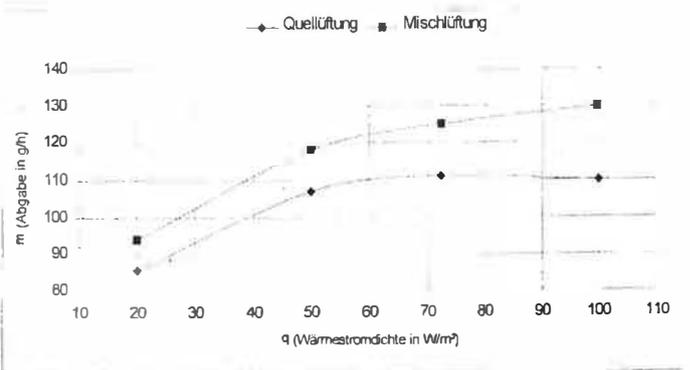


Bild 7 Feuchtigkeitsabgabe g/h in Abhängigkeit der Wärmestromdichte im Raum

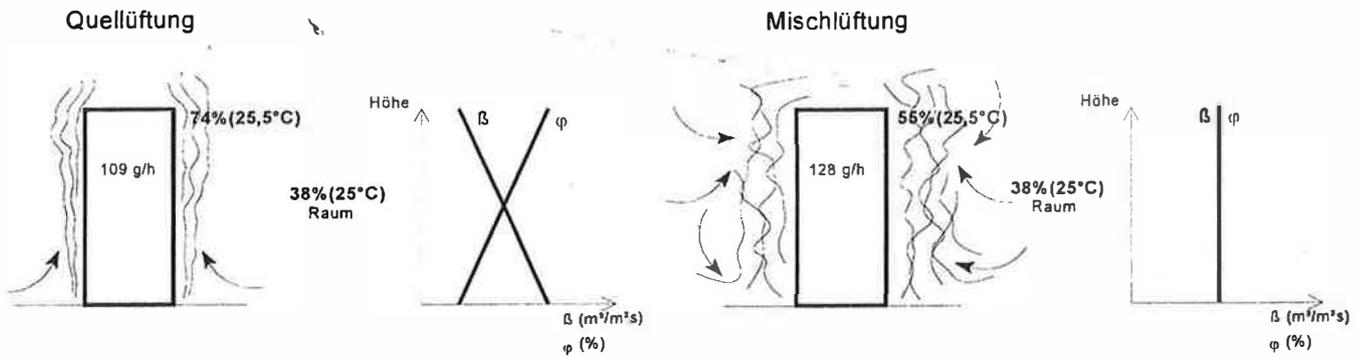


Bild 8 Vergleich der Vorgänge bei der Stoffübertragung bei Quell- und Mischlüftung in der Körpergrenzschicht

Konzentration von Wasserdampf in der aufströmenden Luft durch die Verdunstung vom Handtuch. Je höher die Konzentration mit steigender Höhe war, desto weniger Wasser konnte von der vorbeiströmenden Luft aufgenommen werden.

Bei der Mischlüftung hingegen erfolgte durch die Turbulenz der Luft eine ständige Störung der Grenzschicht. Die Luftschicht, die die Feuchtigkeit abtransportiert, wurde dadurch laufend erneuert. Eine ansteigende Konzentration von Wasserdampf in der Grenzschicht wie bei der Quelllüftung fand hier also nicht in dem Maße statt. Somit konnte die den Dummy turbulente anströmende Luft auch mehr Feuchtigkeit aufnehmen. Über die Höhe des Dummies geschah dies gleichmäßig. Das Handtuch trocknete über die Höhe betrachtet gleichmäßiger aus.

Im Bild 8 ist dieser Aspekt grafisch verdeutlicht, sowohl für die Quelllüftung als auch für die Mischlüftung. Die Größe β beschreibt den Stoffübergangskoeffizienten, ϕ beschreibt die relative Feuchtigkeit in der Grenzschicht (gemessen bei 5 mm Abstand, siehe auch Bild 5). Bei Mischlüftung können relative Feuchte in der Grenzschicht und Stoffübergangskoeffizient über der gesamten Höhe des Dummies als konstant angenommen werden. Bei Quelllüftung dagegen steigt die Luftfeuchtigkeit mit der Höhe in der Dummygrenzschicht an, und der Stoffübergangskoeffizient der freien Konvektion nimmt nach oben hin ab.

Durch den konvektiven Aufwärtsstrom am Körper entsteht bei Quelllüftung ein Bereich erhöhter Luftfeuchtigkeit in Kopfhöhe. Bei Mischlüftung ist durch die turbulente Anströmung mit trockenerer Luft und erhöhten Geschwindigkeiten die Feuchtigkeit in der Grenzschicht geringer. Zusammengefaßt liegen folgende Ergebnisse vor:

- Die Feuchtigkeitsabgabe steigt mit der thermischen Last
- Bei Mischlüftung wird mehr Feuchtigkeit abgegeben als bei Quelllüftung
- Die Luftfeuchtigkeit in der Grenzschicht des Dummies ist bei Mischlüftung über die Höhe konstant, bei Quelllüftung nimmt sie mit der Höhe zu
- Der Stoffübergangskoeffizient ist bei Mischlüftung über die Höhe konstant, bei Quelllüftung nimmt er mit der Höhe ab

Ein sitzender Mensch gibt bei normaler Tätigkeit ca. 35 bis 50 g/h Wasserdampf ab. Bezieht man diese Werte auf die Versuchsergebnisse, läßt sich in etwa ermitteln, um wieviel die Raumluftfeuchte in der Mischlüftung höher gegenüber der Quelllüftung sein müßte, um einen, auf die Raumluftfeuchte in Kopfhöhe bezogen, behaglicheren Raumluftzustand zu erhalten.

In Tabelle 2 sind die Meßwerte der Feuchteabgabe des Versuchs aus Bild 6 noch einmal zusammengestellt.

Tab. 2 Zusammenstellung der Feuchteabgaben

Kühllast im Raum [W/m²]	20	50	72,5	100	100
Quelllüftung [g/h]	86	107	111	110	109
Mischlüftung [g/h]	97	118	125	130	128
Differenz: Misch-/Quelllüftung	13%	10%	13%	18%	17%

Es wurden Werte für die Abgabe von Wasserdampf zwischen 86 und 130 g/h gemessen. Betrachtet man nun die Meßdaten für die Gewichtsabnahme des Dummies pro Stunde, läßt sich erkennen, daß die Feuchteabgabe bei Mischlüftung im Mittel um ca. 14% über der bei Quelllüftung liegt. Die Ergebnisse zeigen eine Steigerung der Feuchtigkeitsabgabe bei höheren Lasten.

Bezieht man diesen Wert nun auf einen

Menschen, der etwa 1/3 der Feuchtigkeit der Versuche überträgt, kann man die Differenz bei der Stoffübertragung zwischen Misch- und Quelllüftung des Menschen errechnen:

Annahme:

Feuchtigkeitsübertragung des Menschen bei Quelllüftung: 45 g/h

Feuchtigkeitsübertragung des Menschen bei Mischlüftung: Quelllüftung + 14% = 51,3 g/h

Differenz: 51,3 g/h – 45 g/h = 6,3 g/h

Der Unterschied in der Feuchtigkeitsübertragung liegt also bei ca. 6 g/h.

Der Behaglichkeitsbereich in Räumen liegt zwischen 30 und 65% relativer Luftfeuchte. Für die Praxis lassen sich aus den Versuchen folgende Schlußfolgerungen ableiten:

Die relative Raumluftfeuchte betrug im Falle des in Tabelle 2 grau hinterlegten Versuchs bei Quell- und Mischlüftung 38% bei gleicher Raumlufttemperatur von 25°C (= 7,6 g/kg absolute Feuchte).

In der Grenzschicht des Dummies waren die relative und auch die absolute Feuchte bei gleicher Grenzschicht-Lufttemperatur in der Quelllüftung deut-

lich höher. Bei Quelllüftung herrschte eine absolute Feuchte von 15,2 g/kg in der Grenzschicht in 1,2 m Höhe, bei der Mischlüftung nur 11,3 g/kg. Die Differenz zwischen der Raumluftfeuchte und der Feuchte in der Grenzschicht betrug somit 7,7 g/kg bei Quellluftströmung und 3,7 g/kg bei Mischlüftung (siehe Tabelle 1 und Bild 8).

Diese Differenz der absoluten Feuchten ist im Hinblick auf die Austrocknungsbe-

schwerden entscheidend. Bei Quelllüftung ist sie um 4,2 g/kg höher als bei Mischlüftung.

Während der Versuche wurde etwa das Dreifache an Feuchte von dem abgegeben, was der Mensch unter normalen Umständen abgibt. Bezieht man diesen Aspekt auf den oben ermittelten Differenzwert, kann man einen Anhaltswert aufstellen, um den die Luftfeuchte in der Grenzschicht bei Mischlüftung erhöht werden müßte:

$$4,2 \text{ g/kg} \Rightarrow 1/3 = 1,4 \text{ g/kg.}$$

Da sich bei der Mischlüftung keine ausgeprägte Grenzschicht mit einem deutlich höheren Feuchtegehalt ausbildet, müßte also die gesamte Raumluftfeuchte um diesen Wert erhöht werden, um Austrocknungserscheinungen zu verringern. Dies läßt sich erreichen, indem man die Zuluftfeuchte erhöht. Da die Raumluftfeuchten dann jedoch in dem gleichen Maße wie die „Grenzschichtfeuchten“ ansteigen, ist darauf zu achten, daß die Werte der Behaglichkeit von 30 bis 65 % im Raum nicht überschritten werden. Im h,x-Diagramm erkennt man, daß eine Erhöhung der Raumluftfeuchte um 1,4 g/kg, ausgehend von behaglichen Raumluftzuständen, schnell an Randbereiche des Behaglichkeitsfeldes führt (Bild 3).

Als weiterer Aspekt ist zu beobachten, daß die Feuchteabgabe bei Erhöhung der Raumkühllasten bei Mischlüftung stärker ansteigt als bei Quelllüftung. Dies läßt sich folgendermaßen erklären. Je höher bei der Mischlüftung die Kühllasten im Raum sind, desto größer sind die Geschwindigkeiten im Raum, und auch die Turbulenzintensität nimmt zu. Dadurch wird die Grenzschicht am Dummy um so mehr zerstört. Der Luftaustausch zwischen Raumluft und Grenzschicht erhöht sich und somit auch der Stoffaustausch, d. h. die Feuchteabgabe steigt an.

Zusammenfassung

Die am Hermann-Rietschel-Institut durchgeführten Arbeiten sind erste richtungweisende Messungen. Dabei wurden vereinfachte Oberflächengeometrien und Oberflächenstrukturen benutzt. Eine weitere, gründliche Untersuchung dieses Themengebietes ist wichtig. Es deutet alles darauf hin, daß die vermehrten Klagen über zu trockene Luft in klimatisierten Räumen mit hohen thermischen Lasten auf die Besonderheiten der Mischlüftung zurückzuführen sind.

In einem Raum mit Mischlüftung trocknet eine Oberfläche in Kopfhöhe schneller aus als bei Quelllüftung. Die Versuche ergaben einen über die Höhe gemittelten Unterschied von 14 %.

Die Strömung im Raum und besonders am Dummy hat einen entscheidenden Einfluß auf die Stoffabgabe und somit auf die Austrocknung der Dummyoberfläche. Die bei Quelllüftung am Dummy aufsteigende Luft wird mit Feuchtigkeit so angereichert, daß eine mit der Höhe zunehmende Wasserdampfkonzentration in der Luft in der Grenzschicht entsteht.

Bei Mischlüftung hingegen herrscht durch die höhere Turbulenz im gesamten Raum ein gleichmäßigerer Stoffübergang am Dummy. Die Luft in der Grenzschicht wird ständig erneuert. Insgesamt wird so vor allem in Kopfhöhe mehr Feuchte abgegeben, da die Wasserdampfkonzentration in der Luft am Dummy gleichmäßiger und nicht so hoch ist wie bei der Quelllüftung.

Man kann also zu dem Schluß kommen, daß die Luftfeuchte im Mischluft-Raum angehoben werden müßte, um Beschwerden über zu trockene Luft zu vermeiden. Bei einer Anhebung der Zuluft und damit auch Raumluftfeuchte könnten jedoch Probleme auftreten. Der Raumluftzustand stößt an die Grenzen des Behaglichkeitsfeldes und wird aufgrund der hohen Luftfeuchtwerte als nicht angenehm und zu schwül empfunden. Damit wird die Schwierigkeit in der Einregulierung der Raumluftfeuchte beim Einsatz von Mischlüftung speziell in einem solchen Fall deutlich.

Literatur

[1] Arbeitskreis der Dozenten für Klimatechnik, Handbuch der Klimatechnik, Band 1: Grundlagen, C.F. Müller Verlag, Karlsruhe (1989)
 [2] DIN 1946 Teil 2, Raumlufttechnik – Gesundheitstechnische Anforderungen, Beuth Verlag, Berlin (1994)
 [3] Fang, L., Clausen, G., Fanger, P.O.: Impact of temperature and humidity on acceptability of indoor air quality during immediate and longer whole-body exposure. Proc. of Healty

Buildings/IAQ 1997 Washington D.C. USA
 [4] DIN 4715 Teil 1, Raumkühlflächen – Leistungsmessung bei freier Strömung, Prüfregelein, Beuth Verlag, Berlin (1994)
 [5] Mayer, E.: Jahresbericht 1992 für das vom BfM geförderte Verbundforschungsvorhaben „Menschengerechte Raumklimatisierung durch Quelllüftung und Flächenkühlung“. Teilvorhaben 2: Untersuchung der thermischen Behaglichkeit bei Quelllüftung und Flächenkühlung. Förderkennzeichen 01HK609/5
 [6] Fitzner, K.: Quelllüftung – Schichtströmung, HLH (1993) 3, S. 190–1991
 [7] Krscher, O., Kast, W.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik – Erster Band, Springer-Verlag, Berlin – Heidelberg – New York
 [8] Kröling, P.: Das Sick Building Syndrom in klimatisierten Gebäuden: Symptome, Ursachen und Prophylaxe. In: Innenraumbelastungen: erkennen, bewerten, sanieren. Hrsg.: F. Diehl; Bau-Verlag, Wiesbaden (1993)

Schlüsselwörter

- Luftfeuchtigkeit
- Mischlüftung
- Quelllüftung
- Schleimhautreizungen
- Feuchtigkeitsabgabe



Keep Cool

- Mieten Sie Kühlung

- Kaltwassersätze
- Prozeßkühler
- Klimageräte

Chiller Rental Services

sind in der Lage, Kälte-Klimalösungen in Form von Kaltwassersätzen, Prozeßkühlern und Klimageräten für Unternehmen jeder Größe und Branche zur Verfügung zu stellen.

Unsere Leistungen erfolgen schnell und kostengünstig auf Miet- oder Leasingbasis.

Bei Aufgaben der Luft- oder Flüssigkeitskühlung, sowie der Warmwasserbereitung und Heizungsaufgaben stellt C.R.S. Erfahrung und Equipment zur Lösung Ihrer Probleme, termingerecht zur Verfügung.

KOMPLETTES SERVICEPAKET

VORAB GENAUE BEDARFSANALYSE

MAßGESCHNEIDERTE MIETGERÄTE

ÜBERBRÜCKUNG JAHRESZEITLICH BEDINGTER LEISTUNGSENGPÄSSE IHRER ANLAGE

24 STUNDEN SERVICE WAHREND DER GESAMTEN MIETDAUER

KURZFRISTIGE ANLIEFERUNG. SOWIE INSTALLATION BINNEN 24-72 STD. MÖGLICH

EUROPAWEITE LIEFERUNG

Rufen Sie uns an und fordern Sie Ihr individuelles Angebot und weitere Informationen an.

0800-5050646 freecall



Fax +49 (0)2362-50647

crs-international@t-online.de

Birk, Marc; Eisenmann, Gisela:

Raumtemperaturregelung in einer Etagenwohnung

HLH 50 (1999) Nr. 5, S. 22–26, 5 Bilder, 6 Literaturangaben

Es wird untersucht, ob elektronische PI-Regler in Verbindung mit einem dazugehörigen Stellventil Vorteile gegenüber herkömmlichen thermostatischen Regelventilen (P-Regler) besitzen.

Birk, Marc; Eisenmann, Gisela:

Room temperature control in an apartment

HLH 50 (1999) No. 5, p. 22–26, 5 figs., 6 refs.

A review is made as to whether an electronic PI-controller in conjunction with an associated servo control valve is advantageous compared with standard thermostatic control valves (P-controllers).

Böhringer, Volker:

Selbst-optimierende Regelung für thermische Solaranlagen

HLH 50 (1999) Nr. 5, S. 27–29, 2 Bilder, 4 Literaturangaben

Die neu entwickelte Energie-Differenz-Regelung optimiert den Wirkungsgrad in bezug auf den Wärmespeicher, indem sie die Volumina und Temperaturen von Kollektor, Leitungen und Wärmespeicher in den Schaltbedingungen für die Pumpe berücksichtigt.

Böhringer, Volker:

Automatically optimizing control for thermal solar systems

HLH 50 (1999) No. 5, p. 27–29, 2 figs., 4 refs.

The newly developed energy-difference control optimizes the efficiency with regard to the heat store, by taking into account the volumes and temperatures of the collector, piping and heat store in the actuation conditions for the pump.

Ammann, Josef:

Dezentrale Hallenlüftung

HLH 50 (1999) Nr. 5, S. 30–33, 4 Bilder, 5 Literaturangaben

Die Vorteile der dezentralen Hallenlüftung können nur dann genutzt werden, wenn die Besonderheiten dieses Systems berücksichtigt werden. Bei der Planung und Ausführung der Steuerung und Regelung (MSR) sowie der Hydraulik muß auf die regeltechnische Zonenaufteilung und die hydraulische Schaltung besonders geachtet werden.

Ammann, Josef:

Decentralized hangar ventilation

HLH 50 (1999) No. 5, p. 30–33, 4 figs., 5 refs.

The advantages of decentralized hangar ventilation can only be utilized when the special features of this system are taken into account. During the design and execution of the measuring and control equipment as well as the hydraulics, special account must be taken of the zonal control engineering classification and the hydraulic circuit.

Eisenmann, Gisela:

Können Wärmeverteilnetze noch verbessert werden? – Teil 2

HLH 50 (1999) Nr. 5, S. 37–39, 5 Bilder, 3 Literaturangaben

Wenn Wärmeverteilnetze ausgelegt werden, dann meistens mit kommerziellen Programmen, die nicht von einem konstanten Druckabfall im Netz ausgehen, sondern von konstanter Strömungsgeschwindigkeit. Einen Kompromiß zwischen der Auslegung nach der Strömungsgeschwindigkeit und nach dem Druckgefälle liefert der Entwurf der neuen VDI 2073.

Eisenmann, Gisela:

Can heat distribution networks be further improved? – part 2

HLH 50 (1999) No. 5, p. 37–39, 5 figs., 3 refs.

When heat distribution networks are designed, this is usually carried out with commercial programmes, that are not based on a constant pressure drop in the network, but on a constant flow velocity. A compromise between the design according to the flow velocity and the pressure drop, is provided by the new draft standard of VDI 2073.

Glück, Bernd:

Thermische Bauteilaktivierung

HLH 50 (1999) Nr. 5, S. 40–46, 8 Bilder, 6 Tabellen, 6 Literaturangaben

Die zweifellos gute Idee der thermischen Bauteilaktivierung zur Verringerung der klimatechnischen Aufwendungen hat sich sehr schnell verbreitet, wie Planungen und Bauten mit diesem System beweisen. Veröffentlichungen zu diesem Thema lassen sehr viele Wünsche offen und gehen oftmals von falschen Ansätzen aus. Es wird deshalb versucht, auf einige Grundlagen objektiv hinzuweisen.

Glück, Bernd:

Thermal component activation

HLH 50 (1999) No. 5, p. 40–46, 8 figs., 6 tables, 6 refs.

The undoubtedly good idea of thermal component activation so as to reduce the technical climate requirements has become very widespread, as the designs and structures with this system demonstrate. Publications about this topic leave a lot to be desired, and are frequently based on incorrect assumptions. The article attempts to objectively point out several basic requirements.

Schuler, F.; Sälzle, P.; Messner, J.; Stetter, H.:

Schwingungsanregung in Radialventilatoren

HLH 50 (1999) Nr. 5, S. 48–57, 19 Bilder, 1 Tabelle, 6 Literaturangaben

Es wurden die Erregergrößen für die Schwingungsanregung von Radialventilatoren bestimmt.

Schuler, F.; Sälzle, P.; Messner, J.; Stetter, H.:

Excitation of vibrations in radial fans

HLH 50 (1999) No. 5, p. 48–57, 19 figs., 1 table, 6 refs.

The excitation dimensions for the excitation of vibrations of radial fans were determined.