

A341

KLIMABESCHWERDEN

Die Ursachen für die Beschwerden in klimatisierten und mechanisch belüfteten Gebäuden

Jakob Adam, Gießen

1 Einleitung

In der letzten Zeit wird in vermehrtem Maße über die negativen Auswirkungen von raumlufttechnischen Anlagen geklagt, obwohl diese die in der DIN 1946 festgelegten Raumklimawerte einhalten. Nach Ermittlungen und vergleichenden Untersuchungen von Dr. Kröling klagen die Insassen klimatisierter und mechanisch belüfter Gebäude u. a. über folgendes [1]:

- Zugerscheinungen 34%
- trockene Luft 38%
- verbrauchte Luft 31%
- wechselhafte Temperaturen 21%

Die von Dr. Kröling ermittelten Klimabeschwerden sind, wie umfangreiche Messungen an in Betrieb befindlichen Klimaanlage gezeigt haben, zum größten Teil auf die heute zur Anwendung kommenden Luftführungs- und Zuluftausblasseysteme zurückzuführen.

Nachstehend werden die Nachteile verschiedener Luftführungs- und Zuluftausblasseysteme behandelt.

2 Verdünnungslüftung

2.1 Zugerscheinungen, Beschwererate 34 %

2.1.1 durch hohe Raumlufiturbulenzen

Bei der Verdünnungslüftung ist die Raumlufitströmung hochturbulent und mit erheblichen Raumlufitgeschwindigkeitsspitzen und Raumlufitgeschwindigkeitsschwankungen verbunden, die unangenehme Zugerscheinungen verursachen, auch wenn die mittlere Raumlufitgeschwindigkeit im Zulässigkeitsbereich der DIN 1946 (Lüftungsregeln) liegt (Bild 1).

Die unbehaglichen Raumlufitströmungsvorgänge sind auf zu hohe Turbulenzfaktoren zurückzuführen, die die konventionellen Zuluftauslässe besitzen (Bild 2). Besonders nachteilig sind Drallauslässe mit teilweiser senkrechter Zuluftausblasung und Induktionsgeräte mit Walzenströmung (Bilder 3+4).

2.1.2 durch intensiven Kaltluftabfall

Ist die Archimedes-Zahl (Kennzahl für Fallströmungen) hoch, dann entstehen Zugerscheinungen durch Kaltluftabfall. Die Archimedes-Zahlen konventioneller Zuluftauslässe betragen:

- Drallauslässe mit teilweiser senkrechter Zuluftausblasung $A_R \sim 8000 \cdot 10^{-6}$
- Induktionsgeräte $A_R \sim 5000 \cdot 10^{-6}$

Eine stabile und zugfreie Raumlufitströmung ergibt sich nur dann, wenn die Archimedes-Zahl nicht über $A_R \sim 200$ bis $300 \cdot 10^{-6}$ ansteigt (Bild 5).

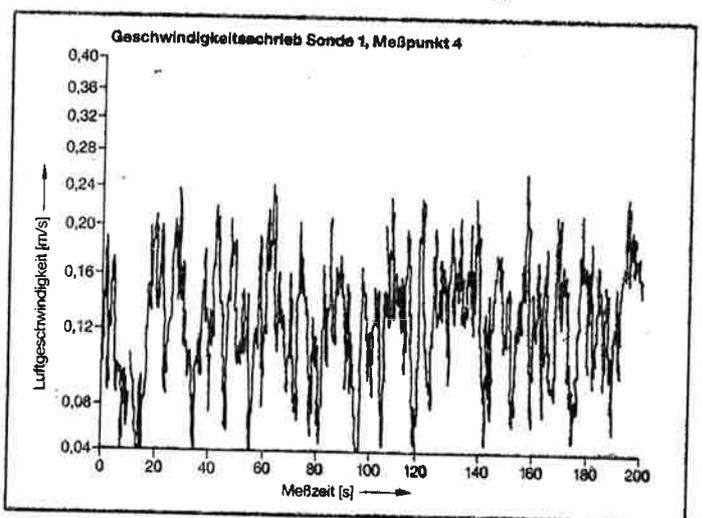
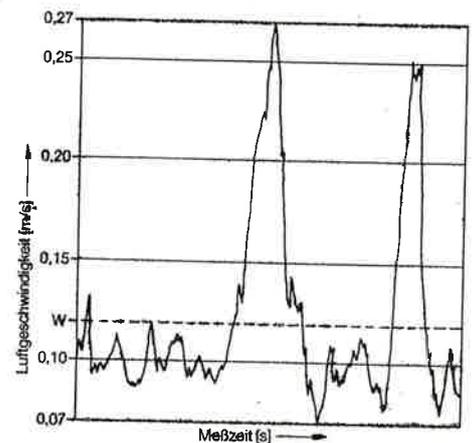
2.1.3 durch intensive Walzenströmung

Walzenförmige Raumlufitströmungsvorgänge, die bei Induktionsgeräten und Deckenschlitzauslässen auftreten, die die Zuluft mit großer Wurfweite deckenbündig ausblasen, bewirken im Fußbodenbereich eine intensive Raumlufitströmung, die erhebliche Zugerscheinungen verursacht (Fußkälte). Die Raumlufitgeschwindigkeit kann im Fußbodenbereich bis zu 0,30 m/s betragen. Messungen im Klimalabor weisen Luftgeschwindigkeiten aus, die bei ca. 0,24 m/s liegen können ([2], Bild 4).

2.2 trockene Raumlufit, Beschwererate 38 %

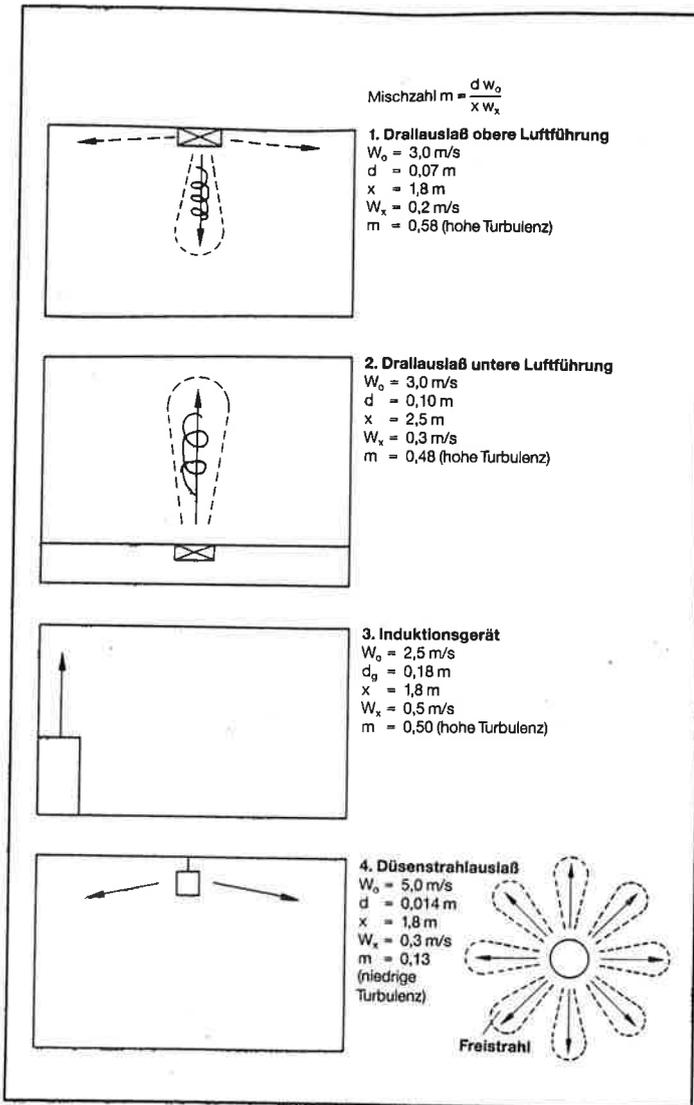
In belüfteten Räumen wird die Raumlufit trotz Befeuchtungsanlage als zu trocken empfunden. Dieser Nachteil ist auf überhöhte und hochturbulente Raumlufitströmungsvorgänge zurückzuführen, die die Schleimhäute der Raumlufitinsassen vorzeitig austrocknen lassen. Eine Verbesserung ergibt sich nur dann, wenn man die Raumlufitfeuchte mit Hilfe der raumlufttechnischen Anlage erhöht (Energienehrkosten). Eine intensive Raumlufitbefeuchtung ist nicht notwendig, wenn man die Raumlufitgeschwindigkeit und die

(a) Zeitlicher Verlauf der Luftgeschwindigkeit an einem Ort in der Aufenthaltszone Fall B. Literatur: Grundaufgaben der Lüftungs- und Klimatechnik, Prof. Dr. Steimle, CEAG-Symposium



(b) Geschwindigkeits-Verteilungsschrieb einer Meßsonde. Anmerkung zum Meßbetrieb der Firma Kiefer: Die Raumlufitgeschwindigkeit erhöht sich in ca. 5 Sekunden von 0,01 m/s auf 0,24 m/s. Diese kurzzeitige Raumlufit-Geschwindigkeitserhöhung verursacht erhebliche Zugerscheinungen. Dies trifft auch dann zu, wenn eine sehr niedrige mittlere Raumlufitgeschwindigkeit gemessen worden ist. Literatur: Arbeitswissenschaft in der Büropraxis, Dr. Peter Schilling Verlag

1 Raumlufit-Geschwindigkeitsspitzen bei der mechanischen Raumlufitbelüftung



2 Zuluftauslaß und Turbulenzfaktor. Die Mischzahl m hängt vom Turbulenzfaktor ab : geringe Turbulenz $m = 0,1$ bis $0,2$, hohe Turbulenz $m = 0,3$ bis $0,8$

Umwälzung staubhaltiger Luft reduziert und die hochturbulenten Raumluftströmungsvorgänge ausschaltet. Dies läßt sich nur mit anderen als den bisher zur Anwendung kommenden Luftführungs- und Zuluftausbläsystemen realisieren.

2.3 Verbrauchte Raumluft, Beschwerderate 31 %

2.3.1 Rückführung von Schadstoffen und Luftverunreinigungen

Durch die schirmartige und walzenförmige Zuluftströmung, die bei der Verdünnungslüftung unvermeidlich ist, werden die zur Raumdecke aufsteigenden Schadstoffe (CO_2 , SO_2 , HCHO usw.) und Luftverunreinigungen (Zigarettenrauch, Geruchs-, Staub- und Keimpartikel usw.) von der Zuluftströmung wieder in die Aufenthaltszone geleitet (Bilder 3, 4 + 6).

Der Lüftungswirkungsgrad solcher Luftführungssysteme ist sehr niedrig. Eine zuträgliche Raumluftqualität kann man nur mit relativ hohen Zuluft- bzw. Außenluftmengen bewerkstelligen (Energie Mehrkosten). Besonders nachteilig sind walzenförmige Strömungsvorgänge, die die Schadstoffe und Luftverunreinigungen in der Schwebe halten, so daß diese nur unzureichend über die Abluftanlage abgeführt werden können ([3], Bild 4).

2.3.2 Staub- und Keimverbreitung

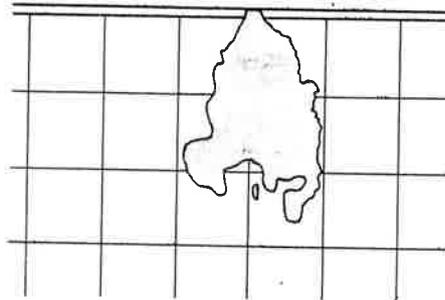
Aufgrund der walzenförmigen Zuluftströmung, die bei Induktionsgeräten besonders stark auftritt, wird der im Fußbodenbereich befindliche feine Bürostaub, der auch ungesunden Straßenstaub enthält, von der bodennahen Luftströmung erfaßt und in die Aufenthaltszone der Rauminnsassen geleitet (Bild 4).

Der auf dem Fußboden befindliche Büro- und Straßenstaub wird durch die Gehbewegungen der Rauminnsassen aufgewirbelt und gelangt somit in die bodennahe Zuluft- bzw. Raumluftströmung, die auch ungesunde Keimpartikel enthält. Erkältungskrankheiten und Erkrankungen allgemeiner Art sind die Folge.

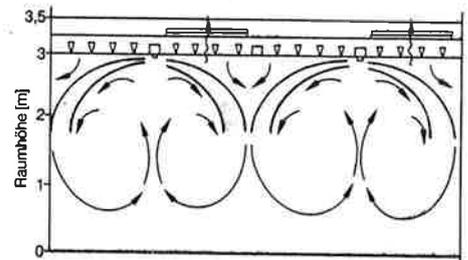
2.3.3 Außenluftverlust

Durch die deckenbündige Luftströmung, die bei den meisten Luftführungs- und Zuluftausbläsystemen vorkommt, wird ein Außenluftverlust verursacht, der erheblich sein kann (Bilder 3, 4 + 6).

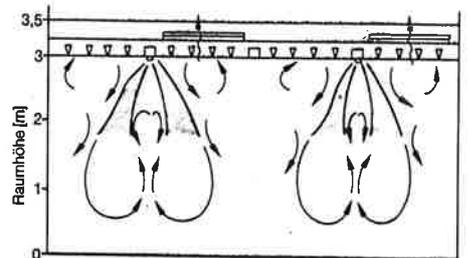
Ein mehr oder weniger großer Anteil der Außenluft, der im Zuluftstrom enthalten ist, wird über die Abluftleuchten abgeführt, bevor diese in die Aufenthaltszone gelangt. Dies vermindert die aus hygienischen Gründen erforderliche Außenluftmenge, die zur Abfuhr der Schadstoffe und Luftverunreinigungen benötigt wird, in einem unverhältnismäßigen Maße. Die nachteiligen Verhältnisse können nur mit überhöhten Zuluft- bzw. Außenluftmengen gemildert werden (Energie mehrkosten). Wird die Außenluftmenge aus Gründen der Energieersparnis klein gehalten, dann klagen die Rauminnsassen über verbrauchte stickige und schlechte Raumluft.



(a) Beispiel für eine Luftführung mit Drallauslässen und teilweise verdrallter Zuluftausbläung



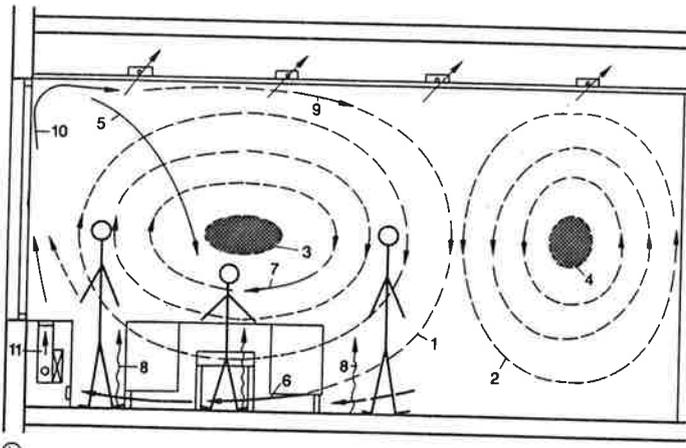
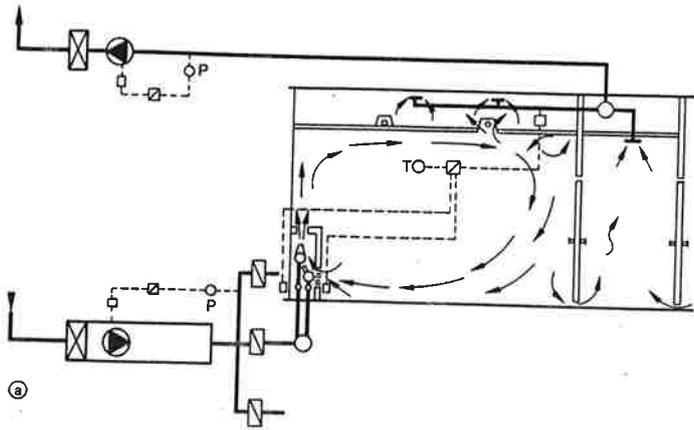
Kaltluftbetrieb



Warmluftbetrieb mit hoher Übertemperatur

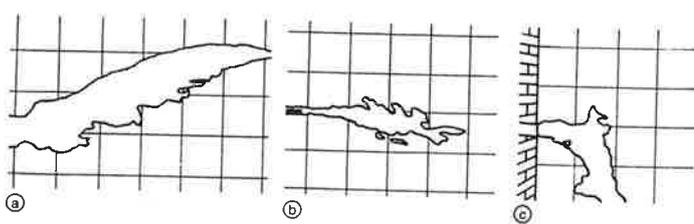
(b) Strömungswalzen bei temperaturgesteuerten Luftauslässen, Luftführung von oben nach unten bei verschiedenen Betriebszuständen

3 Wärme- und Schadstoffbelastung bei Verdünnungslüftung; Literatur: »Das Raumklima«, Klaus Daniels, TAB 3/78; Anmerkung: Die zur Raumdecke aufsteigenden Wärme- und Schadstoffströme werden über die Zuluftströmung wieder in die Aufenthaltszone der Büroinsassen geleitet



- 1 Primärströmung (Primärluftwalze)
- 2 Sekundärströmung (Sekundärluftwalze)
- 3 primäre Schadstoffanreicherung
- 4 sekundäre Schadstoffanreicherung
- 5 Zugscheinungen durch Kaltluftabfall
- 6 Zugscheinungen im Fußbereich
- 7 Zugscheinungen im Körperbereich
- 8 Staubaufwirbelung mit Keim- und Straßenstaubverbreitung
- 9 Wärmerückführung Beleuchtungswärme
- 10 Wärmerückführung Sonnenschutzwärme
- 11 Induktionsklimagerät

4 Wärme-, Staub- und Schadstoffbelastung bei walzenförmiger Verdünnungslüftung; Literatur: 4 (a): [2]; 4 (b) [7]



- (a) Nichtisothermer Strahl
- (b) Nichtisothermer Strahl, Strahl kälter als Raum, Archimedeszahl klein
- (c) Nichtisothermer Strahl, Strahl kälter als Raum, Archimedeszahl groß

Archimedeszahlen	
1. Induktionsgerät	$\Delta t = 5 \text{ K}$ $d = 0,18 \text{ m}$ $w = 2,5$
	$A_R = \frac{8000}{10^6} (40 \times)$
2. Drallauslass (obere Luftführung)	$\Delta t = 10 \text{ K}$, $d = 0,10$, $w = 2,5$
	$A_R = \frac{5000}{10^6} (25 \times)$
3. Düsenstrahlauslass	$\Delta t = 10 \text{ K}$, $d = 0,014$, $w = 5,0$
	$A_R = \frac{200}{10^6} (1 \times)$

5 Zuluftausblasung und Archimedeszahl

$$A_R = \text{Archimedeszahl} = \frac{g \cdot d \cdot \Delta t}{w^2 \cdot T_u}$$

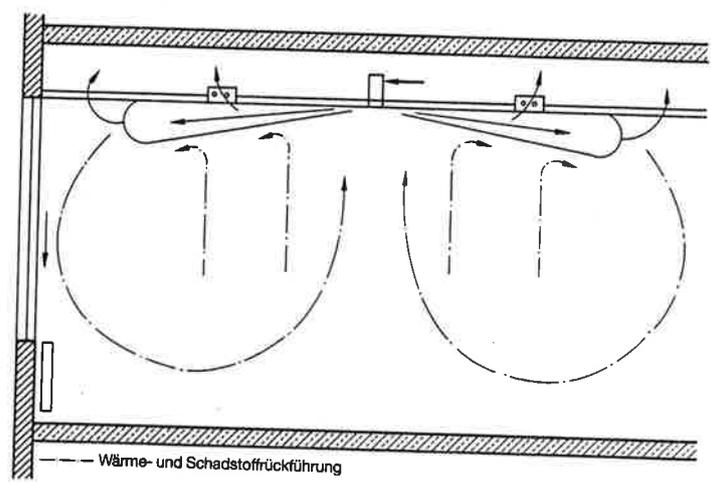
für $\Delta t = 10 \text{ K}$ $A_R = \frac{0,334 \cdot d}{w^2}$

2.4 Wechselhafte Temperaturen, Beschwerderate 21 %

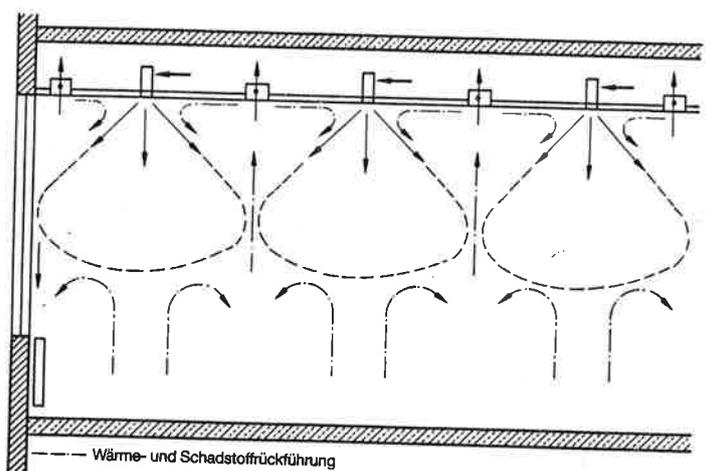
Bei der walzenförmigen Raumluftströmung verändert sich die Raumluftgeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Raumkühlleistung und der Zuluftmenge [4]. Die erheblichen Raumluft-Geschwindigkeitsänderungen, die bis zu 0,2 m/s betragen können, beeinflussen das Raumtemperaturempfinden der Rauminassen in einer sehr nachteiligen Weise, obwohl die Raumlufttemperatur von der raumlufttechnischen Anlage oder der Heizungsanlage konstant auf z. B. 22°C gehalten wird, zum Beispiel:

Raumluftgeschwindigkeit	Bewertung
0,18 m/s Mittelwert	kühl und zugig
0,09 m/s Mittelwert	warm und stickig

Besonders nachteilig sind Variabelvolumenstrom-Klimaanlagen, bei denen die Zuluftmenge in Abhängigkeit von der Raumkühlleistung reduziert wird.

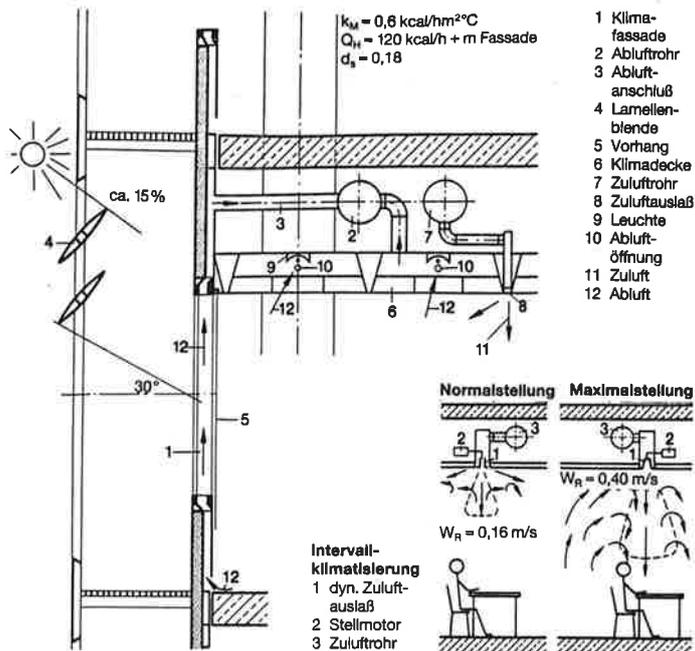


(a) Horizontale Zuluftausblasung über Schlitzauslässe oder radiale Deckenluftverteiler



(b) Senkrechte oder schräge Zuluftausblasung über Schlitzauslässe

6 Luftführungssysteme, Wärme- und Schadstoffrückführung; Anmerkung: Die zur Raumdecke aufsteigenden Wärme- und Schadstoffströme werden über die Zuluftströmung wieder in die Aufenthaltszone geleitet



7 Klimafassade und Klimadecke Deutsche Texaco Hamburg

2.5 Luftstagnationserscheinungen - Lüftungsmonotonie

Nur wenigen scheint bekannt zu sein, daß Luftstagnationserscheinungen von den Rauminsassen ebenso negativ empfunden werden wie Zugerscheinungen. Die konventionelle Klimatisierung ist deshalb so problematisch, weil bei ansteigenden Wärmelasten (Kühllasten) die Zugerscheinungen zunehmen, während sich bei abfallenden Wärmelasten oder gar im Heizbetrieb die Raumluftströmung extrem reduziert. In dem einen Falle klagen die Rauminsassen über Zugerscheinungen, in dem anderen Falle über Luftstagnationserscheinungen, die dazu führen, daß die Rauminsassen die Raumluft als stickig, drückend, sauerstoffarm, verbraucht und zu warm bezeichnen.

Raumluftgeschwindigkeit	Bewertung
über 0,18 m/s	kalt - zugig
unter 0,08 m/s	warm - stickig

Eine Mindest-Raumluftbewegung bzw. Raumluftgeschwindigkeit sollte »nicht unterschritten werden, um die physiologisch erforderliche konvektive Wärmeabgabe des Menschen in einem ausreichenden Maße zu gewährleisten« (DIN 1946, Ausgabe 1972).

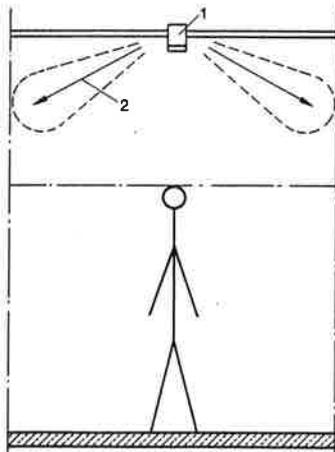
Eine Mindest-Raumluftgeschwindigkeit ist auch notwendig, um Luftverunreinigungen, Gerüche und Schadstoffe abführen zu können. Besonders kritische Raumluftverhältnisse ergeben sich, wenn Büroräume mit VVS-Klimaanlagen klimatisiert werden, deren Zuluftmengen sich bei abfallenden Wärmelasten stark reduzieren.

Die sehr nachteiligen Einflüsse der Luftstagnationserscheinungen, die bisher bei nur einem Verwaltungsgebäude, der Deutschen Texaco AG in Hamburg, in einer sehr wirksamen Weise mit Hilfe spezieller Zuluftauslässe ausgeschaltet ([8], Bild 7).

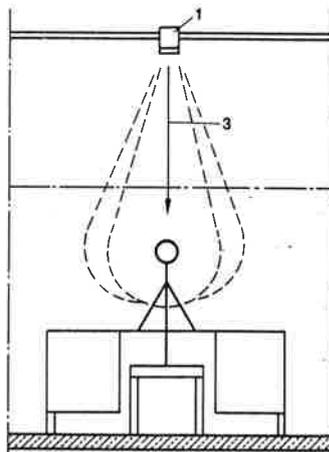
Die Deutsche Texaco AG beurteilt die Intervallklimatisierung bzw. den kurzzeitigen Intensivlüftungsbetrieb wie folgt: »Die erhöhten Installationskosten (für die Intervallklimatisierung) wurden und werden durch wirtschaftlichen Betrieb und mehr Behaglichkeit für den arbeitenden Menschen mehr als ausgeglichen.«

Heute stehen für den kurzzeitigen Intensivlüftungsbetrieb noch bessere Systemlösungen zur Verfügung (Bild 8). Mit der in Bild 8 dargestellten Intensivstrahleinrichtung (Kreuzstrahlauslässe) kann man folgende sehr vorteilhafte Betriebsweise realisieren:

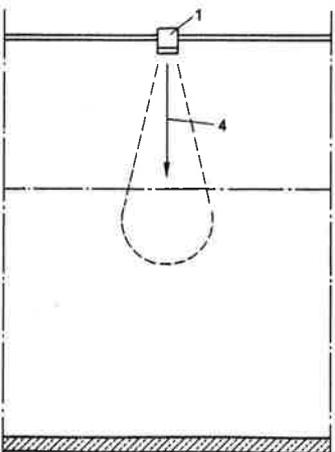
Betriebsweise	Raumluftgeschwindigkeit
Normallüftungsbetrieb	0,10-0,12 m/s
Intensivlüftungsbetrieb	0,25-0,35 m/s
4-6mal täglich 3-5 min.	0,25-0,35 m/s
Anheizbetrieb	0,15-0,25 m/s



(a) Normallüftungsbetrieb, Raumluftgeschwindigkeit $W_R \sim 0,10$ bis $0,12$ m/s



(b) Intensivlüftungsbetrieb, Raumluftgeschwindigkeit $W_R \sim 0,25$ bis $0,35$ m/s, 4- bis 6mal täglich 3 bis 5 min



(c) Anheizbetrieb, Heizlufttemperatur $t_z \sim 30$ bis 35°C

- 1 Kreuzstrahlauslaß
- 2 kreuzförmige Einzelstrahlen
- 3 senkrechter Kompaktstrahl
- 4 senkrechter Heizstrahl

8 Kreuzstrahlauslaß für Trennungsströmung, Anheizbetrieb und intermittierende Intensivlüftung; 1 Kreuzstrahlauslaß, 2 kreuzförmige Einzelstrahlen, 3 senkrechter Kompaktstrahl, 4 senkrechter Heizstrahl

Eine behagliche und zufriedenstellende Raumbelüftung kann man mit niedrigen Zuluftmengen und Energiekosten nur dann bewerkstelligen, wenn die Büroräume über Intensivstrahleinrichtungen belüftet werden (Bild 8). Mit Hilfe der Intensivstrahlbelüftung wird die sehr nachteilige Lüftungsmonotonie ausgeschaltet und die Betriebszeiten von raumlufttechnischen Anlagen vor allem im Anfahr- bzw. Anheizbetrieb verkürzt. Die Lüftungsmonotonie kann mit der Fensterlüftung bei geringem Windanfall und wärmeren Außenlufttemperaturen nicht behoben werden.

3 Fensterlüftung

Die eingangs geschilderten Nachteile konventioneller Luftführungssysteme haben in letzter Zeit viele Bauherren dazu veranlaßt, eine Fensterlüftung für ihre Büroräume vorzusehen. Diese sind vor



allem auf hochturbulente, stark zirkulierende und wechselhafte Raumluftströmungsvorgänge zurückzuführen, die von der systembedingten Wärme- und Schadstoffrückführung noch verstärkt werden.

Mit Hilfe der Fensterlüftung können die unangenehmen Einflüsse, die bei der Klimatisierung auftreten, zwar gemildert, jedoch nicht in einem ausreichenden Maße beseitigt werden. In Räumen mit Fensterlüftung wurden nach Untersuchungen von Dr. Kröling folgende Klagen registriert:

- Zegerscheinungen 21%
- trockene Luft 26%
- verbrauchte Luft 26%

Die immer noch hohe Beschwerderate zeigt, daß man mit der Fensterlüftung auch nicht in der Lage ist, optimale Raumluftverhältnisse für die Büroinsassen zu realisieren. Besonders problematisch ist die Fensterlüftung in Gruppenraumbüros mit Eckfenstern, Reihenfenstern oder gar gegenüberliegenden Fenstern. Nicht zuletzt deshalb wurden vor kurzem eine Reihe von Gruppenraumbüros mit Hilfe raumlufttechnischer Anlagen modernisiert [5].

4 Verdrängungslüftung

Man hat in der Vergangenheit versucht, die Nachteile der Verdünnungslüftung zu umgehen und die Raumbelüftung mit Hilfe einer Verdrängungslüftung zu verbessern. Eine exakte Verdrängungslüftung läßt sich mit den heute üblichen, sehr niedrigen Zuluftmengen nicht oder in einem sehr eingeschränkten Maße bewerkstelligen. Hierzu sind viel größere Zuluftmengen bzw. Luftwechselzahlen erforderlich, die die Energiekosten in unverantwortbarer Weise erhöhen würden. Richtiger ist, wenn man von einer Auftriebslüftung spricht, die aufgrund von vertikalen Temperaturdifferenzen zustande kommt. Die Lufteinführung über Fußbodenauslässe oder bodennahe Wandauslässe ist jedoch sehr problembehaftet und mit folgenden Behaglichkeitseinschränkungen verbunden:

4.1 Überhöhte Raumlufttemperaturen

Will man die unangenehme Fußkälte, die bei der Einführung von kühler Luft (in Fußbodennähe) systembedingt auftritt, vermeiden, dann darf die Zuluft nicht zu kalt in den Raum ausgeblasen bzw. eingeführt werden. Dies führt zu hohen Raumlufttemperaturen im Arbeitsbereich der Rauminsassen (Bild 9).

Bei Raumlufttemperaturen von 23 oder gar 24°C klagen die Rauminsassen über Ermüdungserscheinungen und Konzentrationsschwäche [1].

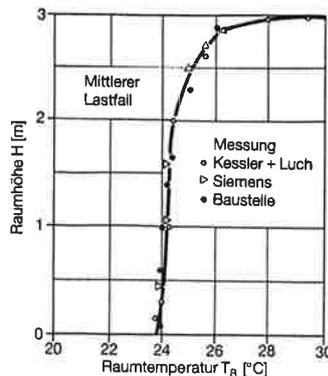
Wesentlich behaglicher sind Raumtemperaturen von ca. 21°C. Dies erfordert jedoch ein zugfreies und turbulenzarmes Luftführungssystem, bei dem die Raumluftgeschwindigkeit nicht über ca. 0,12 m/s ansteigt. Mit der Verdrängungslüftung bzw. Auftriebslüftung kann eine so niedrige Raumlufttemperatur nicht realisiert werden, es sei denn, man würde die Zuluftmenge um das 3- bis 4fache erhöhen. Unvertretbar hohe Energiekosten wären die Folge.

4.2 Vertikaler Temperaturgradient

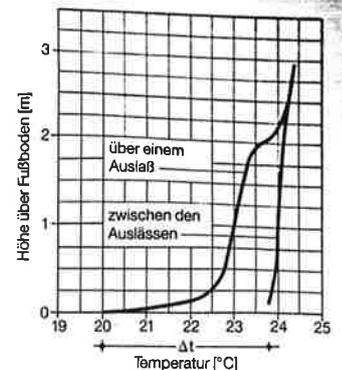
Der systembedingt auftretende vertikale Temperaturgradient kann je nach Raumkühllast und Zulufttemperatur bis zu 3 K betragen. Diese hohe Temperaturdifferenz ist aus wärmephysiologischer Sicht unzutraglich. Nicht kalte Füße und warmer Kopf sind behaglich, sondern warme Füße und kühler Kopf.

4.3 Horizontaler Temperaturgradient

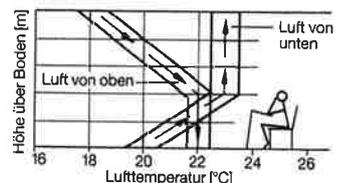
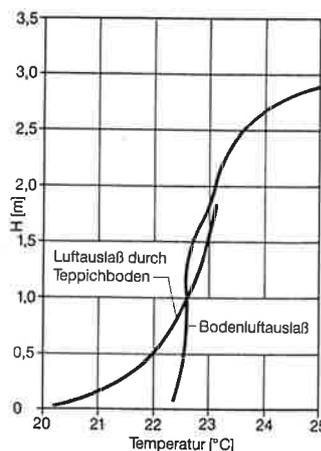
Wird die Zuluft über bodennahe Wandauslässe eingeführt, dann entstehen zwischen dem Brüstungsbereich und dem Flurbe-



(a) Temperaturverlauf in Abhängigkeit von der Raumhöhe bei einer Verdrängungsströmung; Literatur: »Raumluftströmung und ihr Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Klimatisierung«, Dr. Brockmeyer, KI 1/81



(b) Temperaturprofile; Beispiel mit $\dot{V} = 40 \text{ m}^3/\text{h}$, $\Delta t = 4 \text{ K}$; Literatur: Messbericht der Firma Rox



(d) Vertikale Temperaturänderung bei der Lüftung von oben nach unten und umgekehrt (nach Linke)

(c) Temperaturverteilung in Abhängigkeit der Raumhöhe; Literatur: Klöcknerhaus Duisburg, TAB 9/78

9 Hohe Raumlufttemperatur und Fußkälte bei Auftriebs- bzw. Verdrängungslüftung

Anmerkung: Die Lufteinführung in der Nähe des Fußbodens führt bei der Auftriebs- bzw. Verdrängungsströmung zur Fußkälte und zu überhöhten Raumlufttemperaturen im Aufenthaltsbereich der Büroinsassen. Bei Raumlufttemperaturen von 23 bis 24°C klagen die Rauminsassen über Ermüdungserscheinungen und Konzentrationsschwäche

reich horizontale Temperaturgradienten von bis zu ca. 3 K. Diese erheblichen Temperaturunterschiede führen zu Querströmungen, die Zegerscheinungen verursachen.

4.4 Zegerscheinungen

Zegerscheinungen und Fußkälte sind unvermeidlich, wenn die Lufteinführung von der Brüstungsseite in der Nähe der Schreibtische erfolgt. Das gleiche gilt auch für Arbeitsplätze, die in der Raummitte angeordnet sind, wenn die Lufteinführung von der Flurseite her vorgenommen wird.

4.5 Verbrauchte Raumluft

Wird die Zuluftmenge aus Gründen der Energiekostensparnis reduziert, dann ergibt sich eine ungenügende Raumluftdurchspülung mit Außenluft, insbesondere dann, wenn die Lufteinführung über Wandauslässe erfolgt (Bild 10b).



4.6 Staub- und Keimverbreitung

Durch die fußbodennahe Zuluftzuführung gelangt feiner Bürostaub, der auch ungesunden Straßenstaub enthält, in die Zuluftströmung. Außerdem wird der auf dem Fußboden befindliche Büro- und Straßenstaub von den Gehbewegungen der Rauminnsassen aufgewirbelt und gelangt damit über die Auftriebsströmung in den Aufenthaltsbereich der Rauminnsassen (Bild 10).

Die Verdrängungs- bzw. Auftriebsströmung ist aus hygienischer und gesundheitlicher Sicht unbedingt abzulehnen. Sie führt zu Erkältungskrankheiten und zu Erkrankungen allgemeiner Art, weil die Verdrängungs- bzw. Auftriebslüftung eine erhebliche Keimbelaftung verursacht.

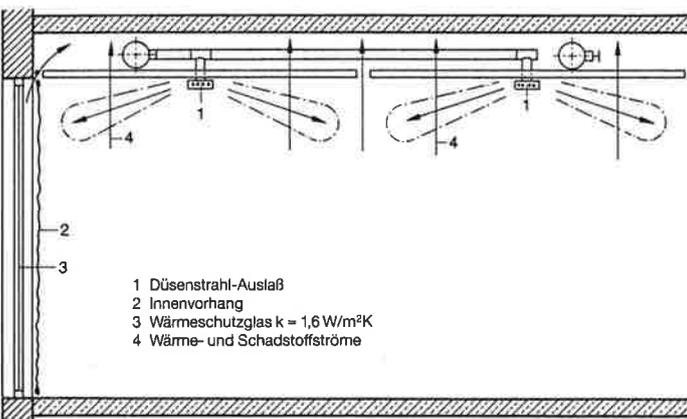
4.7 Luftstagnationserscheinungen – Lüftungsmotonomie

Bei der Verdrängungsströmung bzw. der Lüftung von unten nach oben sind die Luftstagnationserscheinungen besonders ausgeprägt (siehe Punkt 2.5). Sie werden noch verstärkt, wenn die Luftmenge aus Gründen der Energieersparnis reduziert wird.

5 Trennungslüftung

Die systembedingten Nachteile der Verdünnungslüftung (Punkt 2) oder Verdrängungslüftung (Punkt 4) lassen sich mit Hilfe einer Trennungslüftung völlig ausschalten. Die Luftführung ist so gewählt, daß die Zu- und Abluftströme getrennt voneinander geführt werden. Die zur Raumdecke aufsteigende Wärme- und Schadstoffströme und Luftverunreinigungen mischen sich nur sehr wenig mit den Zuluftströmen, so daß von einer Verdrängungsströmung im übertragenen Sinne gesprochen werden kann, obwohl die Luftzuführung von der Raumdecke aus erfolgt. Die Zuluft wird mit Hilfe spezieller Auslässe über Einzelstrahlen deckenfrei, unter Ausschaltung des Coanda-Effektes vierseitig in den Raum ausgeblasen.

Eine modifizierte Trennungslüftung wurde in mehreren Bürogebäuden realisiert. Die Büroinsassen dieser Bürogebäude sind mit der Klimatisierung bei reduzierter Krankheitsrate zufrieden. Inzwischen wurde das neuartige Luftführungssystem weiter entwickelt und verbessert. Die Energie- und Investitionskosten des



- 1 Düsenstrahl-Auslaß
- 2 Innenvorhang
- 3 Wärmeschutzglas $k = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- 4 Wärme- und Schadstoffströme

11 Beispiel für eine gesunde und kostenreduzierende Raumklimatisierung (Volksbank Warendorf)

Klimasystem: Konstantvolumenstrom-Klimaanlage ohne Heizkörper an den Fenstern

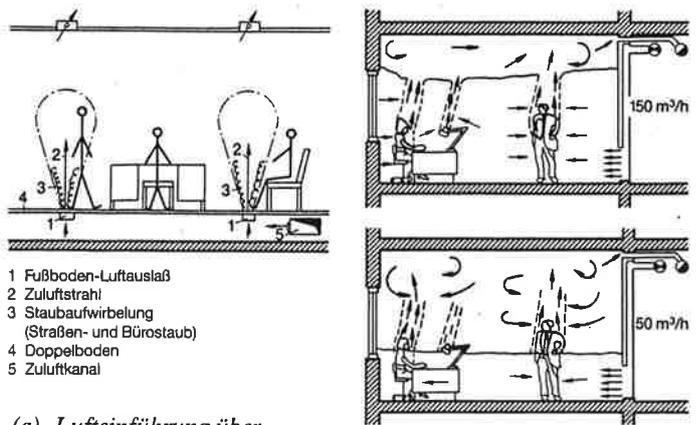
Luftführung: Optimale Wärme- und Schadstoffabfuhr durch segmentartige Zuluftausblasung und teilweise offene Raumdecke

Außenluft- bzw. Zuluftwechsel: 4fach/h ($12 \text{ m}^3/\text{h m}^2$)

Energiekosten: ca. 20 DM/m²a

Krankheitsrate: Die Krankheitsrate konnte mit Hilfe der Klimatisierung um ca. 38% reduziert werden

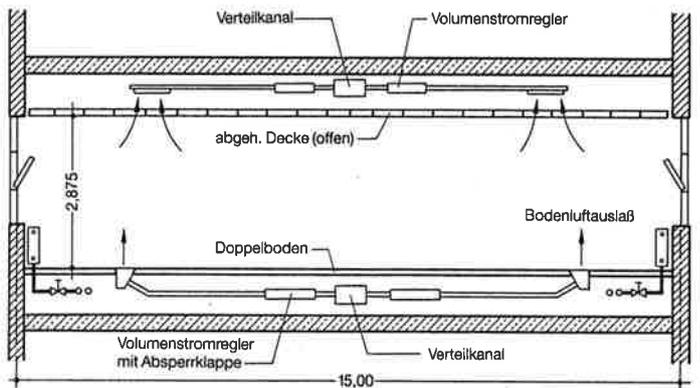
Klimabewertung: Die Büroinsassen und der Personalrat sind mit der Klimatisierung sehr zufrieden



- 1 Fußboden-Luftauslaß
- 2 Zuluftstrahl
- 3 Staubaufwirbelung (Straßen- und Bürostaub)
- 4 Doppelboden
- 5 Zuluftkanal

(a) **Luftzuführung über Fußboden Luftauslässe; Literatur: »Staub- und Keimverbreitung bei Verdünnungs- und Verdrängungslüftung«, Jakob Adam, Informationsschrift**

(b) **Zuluftmenge; oben: ausreichend, unten: zu gering; Literatur: »Verdrängungslüftung zur Energieeinsparung«, H. S. Socher, TAB 4/85**



(c) **Systemschnitt Gruppenraum, Colonia Versicherungen in Köln, (aus TAB 3/85)**

10 Staub- und Keimverbreitung durch Auftriebs- bzw. Verdrängungslüftung

Anmerkung: Durch die Luftzuführung im Fußbodenbereich gelangt der fußbodennahe feine Bürostaub, der auch ungesunden Straßenstaub enthält, infolge der systembedingten Auftriebsströmung in den Aufenthaltsbereich der Büroinsassen

sehr einfach aufgebauten Lüftungssystemen mit Trennungslüftung sind, bei wesentlich verbesserter Klimabehaglichkeit, sehr niedrig [6].

Mit der Trennungslüftung wurden u. a. bei der Volksbank Warendorf, Volksbank Bochum und AOK Wuppertal besonders gute Raumklimaverhältnisse ohne Zugserscheinungen erzielt, obwohl diese nicht den neuesten Erkenntnissen entspricht (Bild 11).

Literatur

- [1] Kröling, P.: Gesundheits- und Befindungsstörungen in klimatisierten Gebäuden, Zuckschwerdt-Verlag
- [2] Rakoczy, T.: Entwicklungsfrequenzen der RLT-Anlagen in Verwaltungsgebäuden, TAB 4/84
- [3] Adam, J.: Unbehagliche und ungesunde Raumluftverhältnisse bei der Klimatisierung mit Induktionsklimaanlagen, Informationsschrift
- [4] Fitzner: Büroklimatisierung, Kälte und Klimatechnik 10/85
- [5] Adam, J.: Die Problematik der Fensterlüftung und Wege zu deren Optimierung, Informationsschrift
- [6] Adam, J.: Gesundere Raumluftverhältnisse durch Trennungslüftung, Informationsschrift
- [7] Adam, J.: Ungesunde Raumluftverhältnisse durch Variabel-Volumenstrom-Klimatisierung, Humane Produktion 3/84
- [8] Adam, J.: Zur Heizung, Klimatisierung und Beleuchtung von Verwaltungsgebäuden, Bauwelt 6/75
- [9] Esdorn, H., Keller, G.: Gesundheits- und Befindungsstörungen in klimatisierten Gebäuden, CCI 4/86
- [10] Fungler, P.: Lower air velocities and higher air supply required in ventilated spaces, HLH 10/85
- [11] Rudolf, R.: Klimaanlage, TAB 10/85