

15 (1988) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

## Fraunhofer-Institut für Bauphysik

E. Mayer

### Welche Luftströmungsrichtung ist in Reinräumen zu bevorzugen?

#### Problemstellung

Die thermische Behaglichkeit in Reinräumen wird aufgrund der dort gegebenen hohen Luftwechselraten zu einem wesentlichen Teil vom Kriterium der "Zugfreiheit" bestimmt. Zugluftprobleme entstehen durch zu hohe konvektive Abkühlung der Körperoberflächen und können sowohl von zu hoher Luftgeschwindigkeit als auch von zu großer Turbulenz - bei vorgegebener Umgebungstemperatur - verursacht werden. Somit sind in Räumen mit hohen Luftwechselraten größere Luftgeschwindigkeiten dann noch "zugfrei", wenn der Turbulenzgrad der Luftbewegung entsprechend gering ist, wie z. B. in der Regel in Reinräumen (siehe [1]). Inwieweit auch die Anströmrichtung auf die konvektive Abkühlung und damit das Zugempfinden wirkt, wurde mit Hilfe von psychophysischen und physikalischen Messungen untersucht.

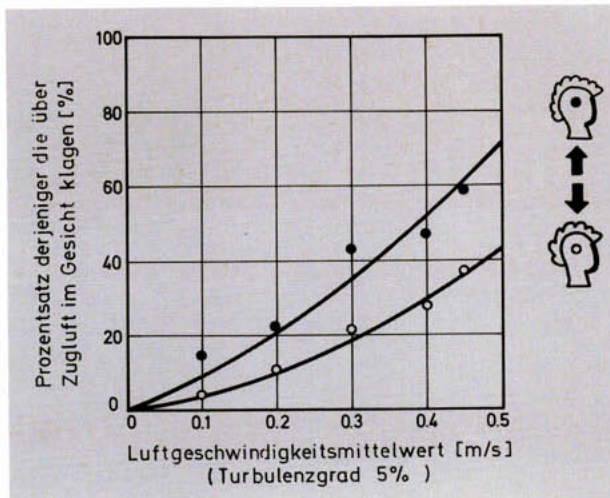
#### Psychophysische Untersuchungen

Im Klimatestrahlraum des Fraunhofer-Instituts für Bauphysik wurden fünfzig Versuchspersonen den vier Hauptströmrichtungen ausgesetzt, bei Luftgeschwindigkeiten zwischen 0 und 0,45 m/s mit geringer Turbulenz (Turbulenzgrad 5 %). Die körperliche Aktivität der Personen betrug bei sitzender Tätigkeit ca.  $1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2$ , und die Bekleidung bestand aus einem Trainingsanzug, was einem Wärmedurchlaßwiderstand von ca.  $0,8 \text{ clo} = 0,12 \text{ m}^2 \text{ K/W}$  entspricht. Dabei wurde die Lufttemperatur stets auf  $23 \text{ }^\circ\text{C}$  konstant gehalten. **Bild 1** gibt den Prozentsatz derjenigen wieder, die über Zugluft im Gesicht klagen bei aufwärts und abwärts gerichteter Luftströmung, in Abhängigkeit vom Luftgeschwindigkeitsmittelwert. Hieraus ist die Wirkung der Anströmrichtung der

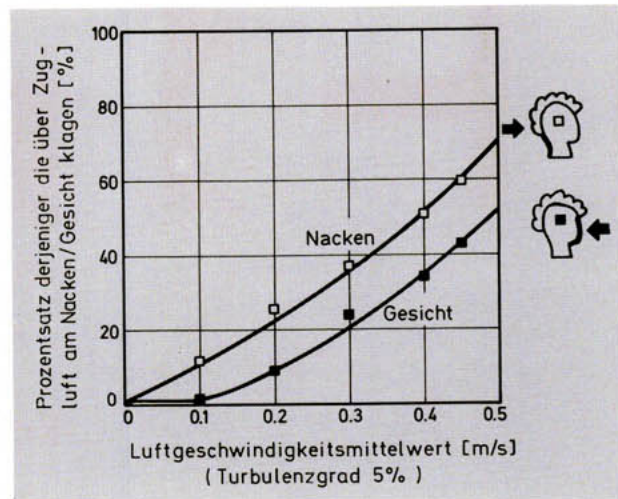
Luft auf die Wahrnehmung von Zugluft deutlich zu erkennen. Bei gleicher Luftgeschwindigkeit führt die abwärtsgerichtete Strömung eindeutig zu weniger Klagen über Zug als die aufwärtsgerichtete Strömung. Für Gesicht und Nacken ergeben sich bei vertikaler Strömung keine Unterschiede der Zugempfindlichkeit. Die Ergebnisse dieser Messungen liegen zwischen den beiden Kurven in **Bild 1**. **Bild 2** vermittelt die entsprechenden Ergebnisse bei horizontaler Luftströmung, mit Wahrnehmung von Zugluft im Gesicht bei Anströmung von vorne und am Nacken bei Anströmung von hinten. Demnach ist der Nacken empfindlicher als das Gesicht.

#### Physikalische Untersuchungen

Ergänzend zu den psychophysischen Messungen sollten Messungen des konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten an einem beheizten künstlichen Kopf eine physikalische Interpretation der Ergebnisse ermöglichen, siehe **Bild 3**. Unter Berücksichtigung des linearen Zusammenhangs zwischen Zunahme des konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten und Abnahme der Oberflächentemperatur des Körpers (hier Stirn) sowie der Bedeutung der Oberflächentemperatur für das Kaltempfinden, d. h. Zugempfinden (siehe [2]), ist folgendes festzustellen: die vom Körper erwärmte Luft in Körpernähe, die in ruhender Luft durch Eigenkonvektion aufsteigt, wird von abwärts strömender Luft in Körpernähe "festgehalten" und von aufwärts strömender Luft abtransportiert. Folglich ist der konvektive Wärmeentzug bei abwärts gerichteter Strömung kleiner als bei aufwärts gerichteter Strömung und damit die Wahrnehmung von Zug ebenfalls.



**Bild 1:** Prozentsatz der Menschen, die über Zugluft im Gesicht klagen bei aufwärts und abwärts gerichteter Luftströmung mit geringer Turbulenz, in Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit, bei einer Umgebungstemperatur von 23 °C.



**Bild 2:** Prozentsatz der Menschen, die über Zugluft im Gesicht und im Nacken klagen bei horizontaler Luftströmung mit geringer Turbulenz von vorne und von hinten, in Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit, bei einer Umgebungstemperatur von 23 °C.

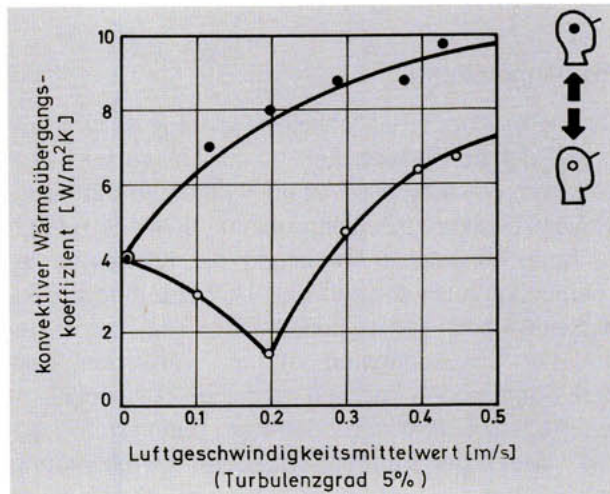
### Folgerungen für die Praxis

Aufgrund der bisher vorliegenden Untersuchungen sind folgende Feststellungen für den Aufenthalt von Personen mit sitzender Tätigkeit und einer anzugähnlichen Bekleidung in Reinnräumen mit geringer Turbulenz (Turbulenzgrad 5 %) zu treffen:

1. Um Luftzug im Gesichtsbereich zu vermeiden, wird eine Belüftung von oben nach unten empfohlen. Diese aus Gründen der Luftreinheit oft verwendete Strömungsrichtung stimmt somit überein mit Anforderungen an die thermische Behaglichkeit.
2. Auch bei dieser Strömungsrichtung, bei 23 °C Umgebungstemperatur, ist ab Luftgeschwindigkeiten von 0,3 m/s mit stärkeren Klagen über Zugluft zu rechnen (20 % und mehr). Höhere Umgebungstemperaturen und evtl. andere Bekleidung lassen höhere Luftgeschwindigkeiten zu.
3. Die horizontale Luftströmung ist im Hinblick auf thermische Behaglichkeit günstiger zu bewerten als die Strömung von unten nach oben.
4. Bei horizontaler Luftführung ist die Anströmung des Gesichts derjenigen des Nackens vorzuziehen.

### Literatur

[1] Mayer, E.: Bei welchen Luftbewegungen zieht es? IBP-Mitteilung Nr. 101 (1985).



**Bild 3:** Konvektiver Wärmeübergangskoeffizient an der Stirn eines auf 34 °C beheizten künstlichen Kopfes bei aufwärts und abwärts gerichteter Luftströmung mit geringer Turbulenz, in Abhängigkeit von der Luftgeschwindigkeit, bei einer Umgebungstemperatur von 23 °C.

[2] Mayer, E.: Untersuchungen von Zegerscheinungen mit Hilfe physikalischer Meßmethoden. Gesundheits-Ingenieur 106 (1985), H. 2, S. 65-73.

Die Untersuchungen wurden gefördert vom Bundesministerium für Forschung und Technologie, Forschungsprogramm Humanisierung des Arbeitslebens, im Rahmen des Vorhabens "Verbesserung der Arbeitsbedingungen in klimatisierten Räumen", Kennzeichen 01HK4841.



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK  
7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)6868-00  
8150 Holzkirchen (OBB), Postf. 1180, Tel. (08024)643-0

Herstellung und Druck:  
IRB Verlag, Informationszentrum RAUM und BAU  
der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart

Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des  
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik