

12 (1985) Neue Forschungsergebnisse, kurz gefaßt

Fraunhofer-Institut für Bauphysik

E. Mayer

## Bei welchen Luftbewegungen zieht es?

### Problemstellung

Bei Klagen über die thermischen Umgebungsbedingungen in Räumen rangieren Beschwerden über Zugluft an vorderster Stelle. Verursacht werden diese Beschwerden durch zu hohe lokale konvektive Entwärmung des Menschen, genauer: durch zu starke Erniedrigung der Oberflächentemperatur. Der entsprechende formelmäßige Zusammenhang lautet:

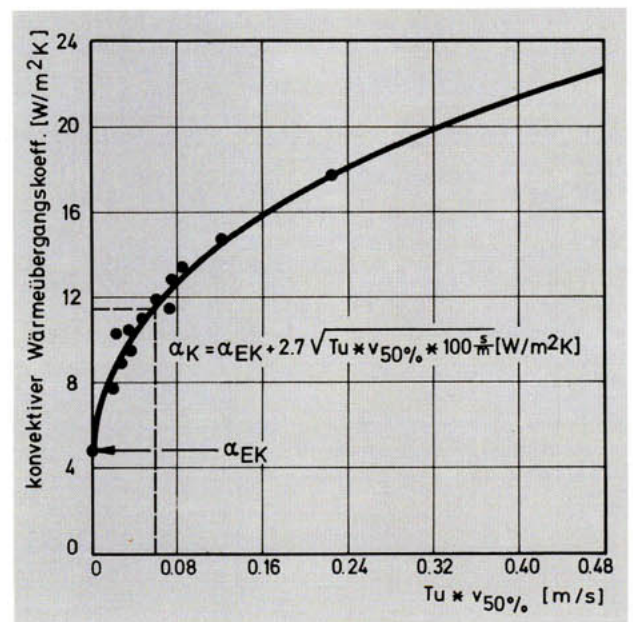
$$q_K = \alpha_K (\vartheta_o - \vartheta_L)$$

mit  $q_K$  : Dichte des konvektiven Wärmestroms  
 $\alpha_K$  : konvektiver Wärmeübergangskoeffizient  
 $\vartheta_o$  : Oberflächentemperatur des Körpers  
 $\vartheta_L$  : Lufttemperatur.

Der Gleichung ist zum einen die Auswirkung von kalter Luft auf die Konvektion zu entnehmen, zum anderen zeigt die Gleichung, daß der konvektive Wärmeübergangskoeffizient für eine weitere Analyse von Luftbewegungen in Hinblick auf die Zugluft die eigentlich interessante Größe darstellt.

### Ergebnisse von neuen Konvektionsuntersuchungen

Untersuchungen der Konvektion wurden an einem beheizten künstlichen Kopf mit neuartigen Geräten durchgeführt. Hierbei wurde nachgewiesen, daß nicht nur die mittlere Luftgeschwindigkeit, sondern auch die Turbulenz den konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten und damit das Zugempfinden bestimmen. Die Ergebnisse erster Messungen, bei Anströmung des Kopfes von vorne, sind in Bild 1 zusammengefaßt. Demnach besteht zwischen dem Produkt aus Turbulenzgrad (Quotient aus Standardabweichung und Luftgeschwindigkeitsmittelwert) und Luftgeschwindigkeitsmittelwert einerseits und dem konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten andererseits ein parabolischer Zusammenhang.



**Bild 1:** Gemessener Zusammenhang zwischen konvektivem Wärmeübergangskoeffizient und dem Produkt aus Turbulenzgrad und mittlerer Luftgeschwindigkeit, sowie daraus ermittelter rechnerischer Zusammenhang.

- $\alpha_K$  : konvektiver Wärmeübergangskoeffizient
- $\alpha_{EK}$  : konvektiver Wärmeübergangskoeffizient bei Eigenkonvektion
- $Tu$  : Turbulenzgrad
- $v_{50\%}$  : mittlere Luftgeschwindigkeit

### Praktische Anwendung und Ergebnisse aus der Praxis

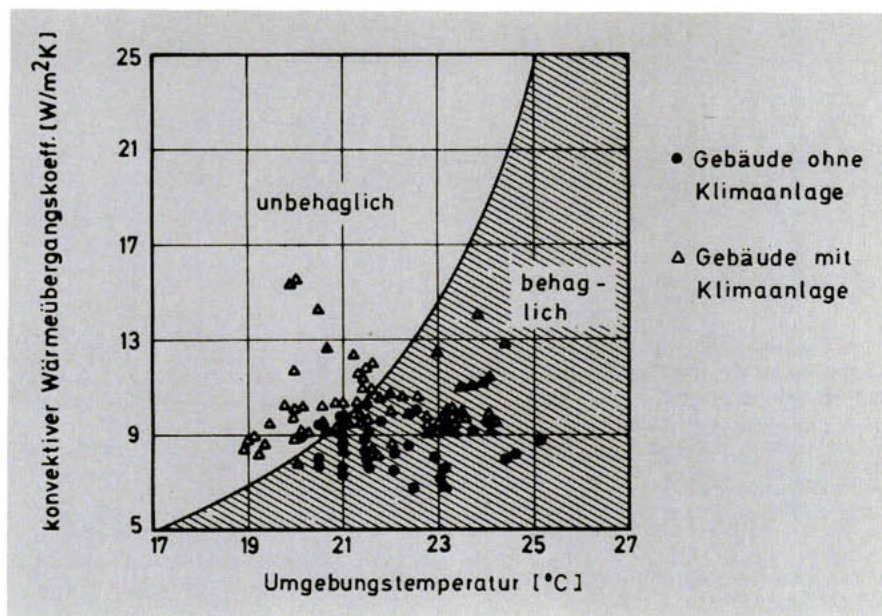
Unter Berücksichtigung früherer exemplarischer Raumklimamessungen in klimatisierten Büros und Reinen Räumen, bei denen für ca. 22 °C Umgebungstemperatur ein maximal zulässiger konvektiver Wärmeübergangskoeffizient von ca. 12 W/m²K

ermittelt wurde (gestrichelte Linien in Bild 1), sowie einer Wärmebilanzgleichung für die trockene Wärmeabgabe des Menschen (hier nicht näher erläutert), läßt sich die in Bild 2 wiedergegebene vorläufige Bewertungskurve herleiten.

Außer einer Bewertungskurve für thermische Behaglichkeit (Zugfreiheit) in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und dem konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten sind die Ergebnisse von Messungen in Gebäuden ohne und mit Klimaanlage eingetragen. Bringt man die Bewertungskurve in Bild 2 mit Bild 1 in Verbindung, so erhält man für einzelne Turbulenzgrade die in Tabelle 1 aufgeführten Wertegruppen als Grenze für Zugbelastigung.

Man ersieht aus Tabelle 1, daß es z.B. bei 22 °C und einem Turbulenzgrad von 0,6 ab einer mittleren Luftgeschwindigkeit von 0,10 m/s zieht.

Weitere gleichartige Untersuchungen sind nötig für eine genauere, umfassendere Aussage der Wirkung von Luftbewegungen auf die thermische Behaglichkeit - insbesondere wären die Anströmrichtung und Geometrie des angeströmten Körpers zu variieren sowie der Einfluß der Frequenz von Luftbewegungen zu überprüfen. Künftig sollte anstelle der mittleren Luftgeschwindigkeit der konvektive Wärmeübergangskoeffizient zur Basis für die Beurteilung der thermischen Behaglichkeit gemacht werden.



**Bild 2:** Vorläufige Bewertungskurve für thermische Behaglichkeit in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur und dem konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten, sowie Ergebnisse von Messungen in Gebäuden ohne und mit Klimaanlage.

Bereich des Turbulenzgrads $T_u$	Umgebungstemperatur [°C]	Zugluft ab einem konvektiven W.Ü. in $ W/m^2K $ von:	Zugluft ab einer mittleren Luftgeschwindigkeit in $ m/s $ von:
laminarer Bereich z.B. in Reinen Räumen mit besonders hohen Anforderungen $T_u < 0,05$	20 22 24	8 12 18	0,30 1,35 5,05
Übergangsbereich z.B. in üblichen Reinen Räumen $0,05 \leq T_u \leq 0,4$	20 22 24	8 12 18	0,05 0,15 0,65
turbulenter Bereich z.B. in klimatisierten und nicht klimatisierten Büroräumen $T_u > 0,4$ , z.B. $T_u = 0,6$	20 22 24	8 12 18	0,05 0,10 0,40

**Tabelle 1:** Zulässige mittlere Luftgeschwindigkeiten bei vorgegebenen typischen Turbulenzbereichen und Umgebungstemperaturen.

