

M. Szerman und H. Erhorn

Heizkörperanordnung und thermische Behaglichkeit

Einleitung

Thermisch behaglich fühlt sich der Mensch, wenn sich die Temperatur der ihn umgebenden Luft sowie die mittlere Temperatur der ihn umschließenden Raumbooberflächen in dem von [1] definierten Behaglichkeitsfeld befinden. Daneben muß sichergestellt sein, daß die Raumumschließungsflächen untereinander keine zu großen Temperaturdifferenzen aufweisen. Tun sie dies doch, so entwärmt sich der Mensch asymmetrisch, was häufig zu Unbehaglichkeit führt. Die Abhängigkeit der asymmetrischen Körperentwärmung von Heizsystem und Heizkörperanordnungen ist rechnerisch untersucht worden [2]. Die Ergebnisse werden im folgenden kurz dargestellt und interpretiert.

Untersuchte Heizsysteme und Randbedingungen

Bei den durchgeführten Untersuchungen werden Radiatorheizung, Fußbodenheizung und Deckenheizung zugrunde gelegt. Der Radiator ist dabei einmal unter dem Fenster, einmal an einer zweiten fensterlosen Außenwand und einmal an der dem Fenster gegenüberliegenden Innenwand angeordnet. Die Flächenheizung sei gleichmäßig verteilt, d.h. ihre Oberflächentemperatur ist über die Heizfläche konstant.

Der Modellraum besteht aus zwei Außenwänden, wovon eine fensterlos ist. Die beiden Innenwände, Decke und Fußboden werden als adiabat angenommen, d.h. es fließt keine Energie in angrenzende Räume. Der "Modellmensch" steht in Raummitte mit Blickrichtung zum Fenster und ist mit einem Büroanzug (Bekleidungsgrad nach [1] von 1 clo) bekleidet. Seine Körperoberfläche entspricht der mittleren Gesamtoberfläche eines Menschen von 1,80 m² [3], seine Körpertemperatur beträgt 37 °C.

Ergebnisse

Bei den Untersuchungen wird in erster Linie eine Betrachtung der thermischen Behaglichkeit vorgenommen. Hierbei finden die Behaglichkeitskriterien nach Frank [4] Anwen-

dung, wonach die asymmetrische Entwärmung für den Menschen dann spürbar wird, wenn die Differenz der über die verschiedenen Körperoberflächen abgegebenen Wärmestromdichten größer als 23 W/m² wird. Die Heizleistung und daraus resultierend die Lufttemperatur werden derart gewählt, daß die Gesamtwärmeabgabe des Menschen gleich dem gewählten Bruttoenergieumsatz ist. In Bild 1 sind für fünf untersuchte Heizsysteme die Wärmestromdichten der einzelnen Körperoberflächen in Abhängigkeit vom mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der Fassade aufgetragen. Es handelt sich hierbei nur um die Wärmeströme durch Konvektion und Strahlung. Die Wärmeverluste durch Atmung und Transpiration sind nicht dargestellt, da sie für die Bewertung nach [4] nicht von Interesse sind. Aus dem Bild erkennt man, daß die Wärmestromdichte des unbedeckten Kopfes etwa doppelt so groß ist, wie die des bedeckten Körpers. Zu dieser Aussage kommt auch Frank [4] auf Grund von Messungen. Nach Fanger [1] muß die Wärmestromdichte am unbedeckten Kopf mindestens ca. 70 W/m² betragen, was bei allen Anordnungen der Fall ist. Ferner zeigt sich, daß die größte Asymmetrie der Körperentwärmung auftritt, wenn der Radiator an der Innenwand plaziert ist. Die geringsten Asymmetrien stellt man bei Flächenheizsystemen sowie Radiatoranordnung unter dem Fenster fest. Eine mittlere Spreizung der asymmetrischen Entwärmung ergibt sich, wenn der Radiator an der fensterlosen Außenwand steht. Im Rahmen des nach der Wärmeschutzverordnung [5] zulässigen Bereiches des mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der Fassade ist mit allen Heizsystemen Behaglichkeit nach Fanger [1] und Frank [4] einzuhalten. Die Unterschiede bezüglich des Wärmeverlustes zwischen den einzelnen Heizsystemen liegen im Bereich von 3 %.

Zusammenfassung und praktische Konsequenzen

In dem durch die Wärmeschutzverordnung vorgegebenen Bereich der einzuhaltenden Wärmedurchgangskoeffizienten (k-Werte) lassen sich mit allen Heizsystemen behagliche thermische Verhältnisse herstellen. Die gleichmäßigste

Körpererwärmung des Menschen erfolgt bei Flächenheizungen und bei unter dem Fenster angeordneten Radiatoren.

Am stärksten ist der Einfluß auf die asymmetrische Körpererwärmung bei der Anordnung des Radiators an der Innenwand. Aber auch hierfür läßt sich thermische Behaglichkeit herstellen. Die Wärmeverluste sind bei gleichem Dämmwert der Fassade für alle Heizsysteme etwa gleich groß, es zeigen sich nur vernachlässigbar kleine Einflüsse des Heizsystems.

Literaturhinweise

- [1] Fanger, P. O.: Thermal Comfort. Mc Graw-Hill Book Company. New York, Düsseldorf, Toronto (1970).
- [2] Erhorn, H.; Szerman, M. und Gertis, K.: Wie beeinflußt die Heizkörperanordnung im Raum die thermische Behaglichkeit und den Wärmeverlust? Bauhysik 5, (1986), S. 146 - 153.
- [3] Glück, B.: Strahlungsheizung - Theorie und Praxis. Verlag C. F. Müller, Karlsruhe (1982).
- [4] Frank, W.: Die Erfassung des Raumklimas mit Hilfe des richtungsempfindlichen Frigorimeters. GI 89 (1968), H. 10, S. 301 - 308.
- [5] Verordnung über einen energiesparenden Wärmeschutz bei Gebäuden (Wärmeschutzverordnung). BG Bl., Teil 1 (1982), S. 209 - 219.

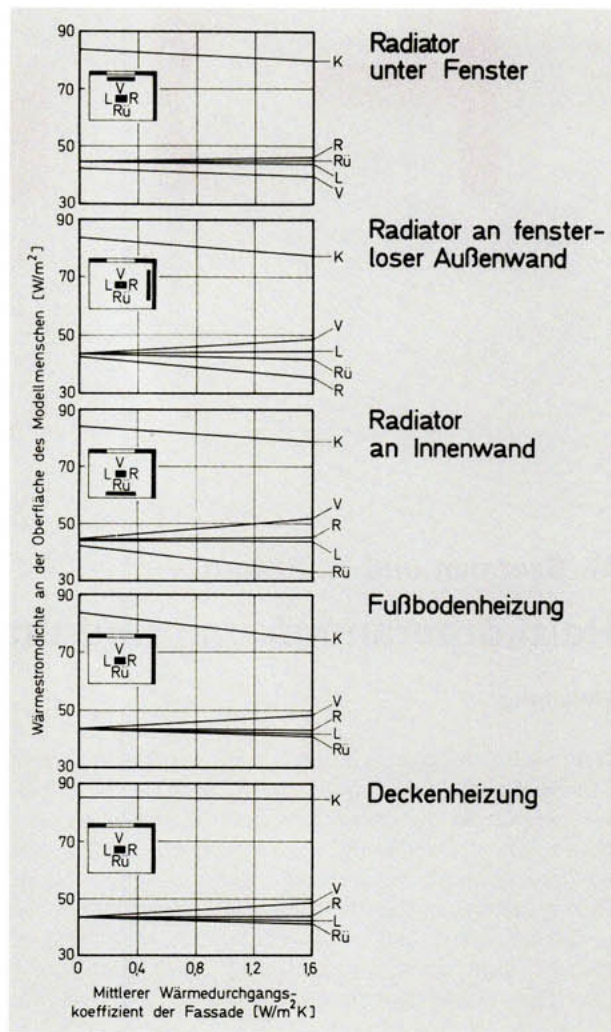


Bild 1: Richtungsabhängige Wärmestromdichte eines bekleideten Menschen im thermisch behaglichen Zustand in Abhängigkeit von mittleren Wärmedurchgangskoeffizienten der Fassade bei verschiedenen Heizsystemen im Raum (Kopf unbekleidet), nach [2].

Zugrunde gelegte Daten:

Bruttoenergieumsatz: 70 W/m²

Bekleidungsgrad: 1,0 clo.

- K: Kopf (unbekleidet)
- R: Rechte Körperseite (bekleidet)
- Rü: Rückwärtige Körperseite (bekleidet)
- L: Linke Körperseite (bekleidet)
- V: Vordere Körperseite (bekleidet)



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR BAUPHYSIK

Leiter: o.Prof. Dr. Dr. h.c. Karl Gertis

7000 Stuttgart 80, Nobelstraße 12, Tel.(0711)970-00

8150 Holzkirchen, Postfach 1180, Tel. (08024)643-0

O-1092 Berlin, Plauener Str. 163-165, Tel. (030)9783-3115

Herstellung und Druck:

SDSC, Informationszentrum RAUM und BAU
der Fraunhofer-Gesellschaft, Stuttgart

Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung des
Fraunhofer-Instituts für Bauphysik