

online | Vortrag der Gesundheitstechnischen Gesellschaft am 21. Oktober 2021.

Instationäre und stationäre thermische Behaglichkeit – Potentiale von Strahlungsheizsystemen

Lukas Schmitt, Berlin

Einleitung

Lukas Schmitt M.Sc., Hermann-Rietschel-Institut TUB, präsentierte am 21. Oktober vor 52 Mitgliedern und Gästen der Gesundheitstechnischen Gesellschaft Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt „OpTemp - Operative Temperatur als Mess-, Steuer- und Regelungsgröße für elektrische Direktheizungssysteme“ (FKZ: SWD-10.08.18.7-18.14). Es folgt eine Zusammenfassung wichtiger Aspekte des Vortrags.

Warum ist das Thema so relevant?

Wir heizen und kühlen, um in Innenräumen ein möglichst optimales Raumklima herzustellen. Um dies zu gewährleisten ist die Kenntnis über die Faktoren, die das Raumklima beeinflussen, unabdingbar. Die thermische Behaglichkeit wurde in den vergangenen Jahrzehnten ausführlich erforscht. Die DIN EN ISO 7730 mit dem PMV-Modell von Fanger (1970) stellt dabei die Grundlage zur Bewertung der thermischen Behaglichkeit dar. Im Vortrag geht es um das Aufzeigen von Potentialen, die sich aus der Nutzung von Strahlungsheizsystemen bezüglich der thermischen Behaglichkeit und der Energieeffizienz ergeben.

Motivation für das Projekt

Bild 1 zeigt das Temperaturprofil eines fiktiven Raumes. Die Absenkephase zwischen Minute 0 und 60 zeigt die thermische Trägheit des Raumes, die sich aufgrund der thermischen Trägheit des Wärmeübergabesystems, des Raumluftvolumens und der Baukonstruktion ergibt. Mit konventionellen Heizsystemen wie dem Heizkörper oder der Fußbodenheizung werden lediglich Nutzungsgrade der Wärmeübergabe im Bereich von 70 bis 80 % erzielt, da auch häufig dann geheizt wird, wenn keine Personen im Raum anwesend sind. Die genannten Literaturwerte ergeben sich in Räumen, in denen Nutzungsphasen verhältnismäßig größer sind als Nichtnutzungsphasen. Ändert sich dieses Verhältnis, z. B. in Besprechungsräumen oder Hotelzimmern, ergeben sich im Durchheizbetrieb weiter reduzierte Nutzungsgrade der Wärmeübergabe.

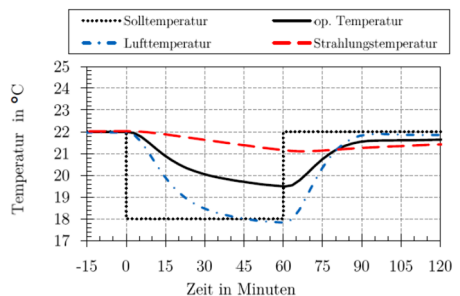


Bild 1: Temperaturprofil unter Einsatz hochkapazitiver Wärmeübergabesysteme

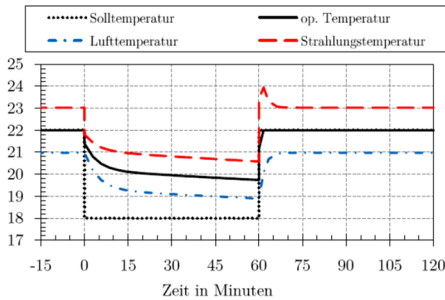


Bild 2: Temperaturprofil unter Einsatz niedrigkapazitiver Wärmeübergabesysteme bei präsenzüquivalenter Raumbeheizung

Heizsysteme, die Wärme primär konvektiv in den Raum übertragen sind allein deshalb ungeeignet, weil auch die Raumluft eine den Aufheizvorgang verzögernde thermische Trägheit aufweist.

Der Prüfraum



Zusätzlich wurden zwei Heizfenster (jeweils ca. 650 W) sowie eine Heiztür (ca. 350 W) installiert. Die Heiztür befindet sich auf der den Fenstern gegenüberliegenden Seite. Neben diesen niedrigkapazitiven Wärmeübergabesystemen wurden zwei Heizkörper mit einer Leistung von jeweils 550 W und eine vollflächig verlegte Fußbodenheizung mit einer Leistung von 50 W/m² als Referenzsysteme installiert.

Das Heizfenster unterscheidet sich optisch nicht von herkömmlichen Fenstern. Im Scheibenzwischenraum wird dabei auf die an den Innenraum grenzende Glasscheibe eine 200 nm dünne Zinkoxidschicht aufgedampft, sodass die Scheibe durch Anlegen einer Wechselstromspannung vollflächig, gemäß dem Prinzip eines ohmschen Widerstands, beheizt werden kann.

Bei einer Ausführung als Dreifachverglasung zeigen die Heizfenster um den Faktor 1,05 bis 1,1 erhöhte Energieverluste (in Abhängigkeit des Lastfalls) im Vergleich zum baugleichen unbeheizten Fenster.

Ziel des Projektes war die Optimierung des Nutzungsgrads der Wärmeübergabe in Abhängigkeit der vorliegenden Randbedingungen durch eine präsenzüquivalente Raumbeheizung.

Somit wird nur dann geheizt, wenn eine tatsächliche Nutzung des Raumes vorliegt. Niedrigkapazitive Strahlungsheizsysteme verfügen dabei über die erforderliche Reaktionsschnelligkeit, um die notwendige Wärmeenergie bereitzustellen.

Heizsysteme, die Wärme primär konvektiv

Bei den Heizgeweben handelt es sich um ein leitfähiges Polymer mit PTC-Verhalten. Mit steigender Temperatur steigt der elektrische Widerstand. Das System ist somit selbstbegrenzend. Die Textile können auf oder unter dem Putz angebracht werden. Flächenheizsysteme übertragen Wärme primär radiativ in den Raum. Heizfenster und wandmontierte Heizgewebe zeigen dabei einen Strahlungsanteil von ca. 60%, deckenmontierte Heizgewebe von ca. 80%. Maßgeblich für die genaue Zusammensetzung von radiativer und konvektiver Wärmeübergabe ist die treibende Temperaturdifferenz.

Temporale präsenzäquivalente Beheizung

Im Status quo dient auch für Flächenheizsysteme die Lufttemperatur als Mess- und Regelgröße. Aufgrund der hohen Strahlungswärmeabgabe dieser Systeme bildet diese Messgröße den thermischen Zustand des Raumes jedoch nur ungenau ab. Insbesondere bei Vorliegen instationärer Bedingungen (Aufheiz- und Absenkphasen) stellt die Lufttemperatur eine unzureichende Bewertungsgröße für die thermische Behaglichkeit dar. Für die Umsetzung einer tatsächlich präsenzäquivalenten Beheizung des Raumes wurde im durchgeführten Projekt die operative Temperatur als Mess- und Regelgröße eingesetzt. Die zusätzliche reaktionsschnelle Messung der mittleren Strahlungstemperatur verhindert ein Überheizen des Raumes zu Beginn einer Schnellaufheizphase und ermöglicht außerdem eine genauere Bestimmung des thermischen Komforts auch unter instationären Bedingungen. Ein entsprechender Temperatursensor wurde speziell für das Projekt am Hermann-Rietschel-Institut entwickelt.

Grundlagen zur operativen Temperatur

Die operative Temperatur berechnet sich aus der Lufttemperatur und aus der mittleren Strahlungstemperatur. In Abhängigkeit der vorliegenden Randbedingungen erfolgt eine Gewichtung theoretisch in Abhängigkeit des tatsächlichen Wärmeübergangs am Menschen. In der Praxis zeigt eine Gewichtung mit dem Faktor 0,5 für beide Messgrößen eine valide Annäherung für bei Einsatz von Strahlungsheizsystemen übliche Raumklimasituationen. Die operative Temperatur ist abhängig vom jeweiligen Messpunkt.

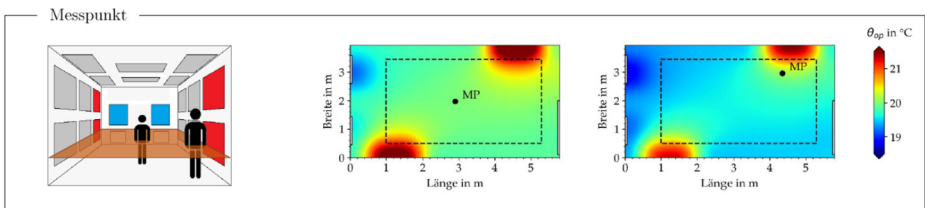


Bild 3: Temporale präsenzäquivalente Raumbeheizung

Die beiden rechten Abbildungen stellen einen horizontalen Schnitt durch den links abgebildeten Raum in einer Höhe von 1,1 m dar. In Abhängigkeit des Messpunktes, für den eine Solltemperatur von 20 °C eingeregelt wurde, ergeben sich unterschiedliche Temperaturverteilungen im gesamten Raum. Während sich links eine relativ homogene Temperaturverteilung im gesamten Aufenthaltsbereich des Raumes einstellt, zeigen

sich rechts größere örtliche Temperaturschwankungen im gleichen Bereich. Die mittlere operative Temperatur ist im gesamten Aufenthaltsbereich rechts kleiner als links, obwohl der zu beheizende Messpunkt die gleiche Solltemperatur aufweist. Hier offenbaren sich die Potenziale, die sich durch eine lokale präsenzäquivalente Beheizung unter Einsatz von Strahlungsheizsystemen ergeben: Der Raum kann punktuell beheizt werden, z. B. nur dort, wo sich auch tatsächlich eine Person befindet.

Fazit und Ausblick

Im Vortrag wurden die Potenziale von reaktionsschnellen Strahlungs-Heizsystemen beleuchtet. Insbesondere, wenn die operative Temperatur als Mess- und Regelgröße genutzt wird, sind signifikante Energieeinsparungen im Heizbetrieb möglich. Diese werden durch reaktionsschnelle Temperaturerhebungen und -absenkungen zu Beginn von Nutzungs- und Nichtnutzungsphasen ermöglicht. Die neu entwickelte Sensorik ermöglicht eine Erfassung des instationären thermischen Komforts in ausreichender Schnelligkeit, sodass trotz Absenkung der Raumtemperatur in Nichtnutzungsphasen ein im Vergleich zum Durchheizbetrieb äquivalenter thermischer Komfort in der Nutzungsphase ermöglicht werden kann. Es wurde festgestellt, dass die entwickelte Regelungsmethodik eine Steigerung der Energieeffizienz ermöglicht und höhere Nutzungsgrade in der Wärmeübergabe im Vergleich zur Fußbodenheizung und zum Heizkörper erzielt werden können. Bei der Einordnung der Ergebnisse bleibt zu berücksichtigen, dass eine Optimierung hinsichtlich des Nutzwärmebedarfs durchgeführt wurde. Soll die Vorteilhaftigkeit eines Systems auf Primärenergieebene nachgewiesen werden, muss ebenfalls der zusätzliche Aufwand durch Wärmeerzeugung, -speicherung und -verteilung sowie der Primärenergiefaktor der zu vergleichenden Systeme berücksichtigt werden. Die vorgestellten Lösungen eignen sich besonders für Gebäude, die einen sehr geringen Energiebedarf aufweisen. Ist dies gewährleistet (z. B. bei einem KfW40-Standard) steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich die Investition in ein reaktionsschnelles, direktelektrisches Strahlungsheizsystem anstelle eines Pumpen-Warmwassersystems als ökonomisch vorteilhaft erweist. Stammt der verwendete Strom aus regenerativen Energiequellen, stellen die vorgestellten Systeme zusätzlich eine energetisch und ökologisch nachhaltige Alternative zu den konventionellen Pumpen-Warmwassersystemen dar. Wird die Beheizung eines Raums über die operative Temperatur geregelt, lässt sich dieser Raum punktgenau lokal beheizen. Durch Einbeziehen eines zusätzlichen komfortrelevanten Parameters, der mittleren Strahlungstemperatur, wird außerdem ein im Vergleich zum Status Quo erhöhtes thermisches Behaglichkeitsniveau sichergestellt.

Autor | Referent

lukas.schmitt@tu-berlin.de

Lukas Schmitt M.Sc. ist seit zwei Jahren Research Associate am Hermann-Rietschel-Institut TU Berlin im Forschungsprojekt „OpTemp“ (FKZ: SWD-10.08.18.7-18.14).

Copyright © 2021

Gesundheitstechnische Gesellschaft e.V. (GG) - Technisch-wissenschaftliche Vereinigung