
Zu Fragen der Innenraumtemperatur, gefühlten Temperatur und Witterungstemperatur (Klaus Irrgang)

Die Ausführungen lehnen sich insbesondere an die erarbeiteten VDI/VDE-Richtlinie 3512 ... Temperaturmessung für die Gebäudeautomation an und behandeln die drei Temperaturspezifika:

- Innenraumtemperatur
- gefühlte Temperatur
- „Witterungstemperatur“

1. Innenraumtemperaturfühler / Innenraumtemperatur:

Zur Messung der Innenraumtemperatur liegen ausreichend viele Temperaturfühlerlösungen vor. Durch den Kostendruck in der H-K-L-Branche sind die Fühlerausführungen momentan auf ein technisches Niveau gerutscht, das aus messtechnischer bzw. energietechnischer Sicht bedenklich ist. Mit Bezug auf die VDI/VDE 3512 (Blatt 4) werden zukünftige Prüfvorschriften vorgestellt, die dieses Niveau haben sollen.

2. Gefühlte Temperatur / Behaglichkeitstemperatur:

Die gefühlte Temperatur bzw. die Behaglichkeitstemperatur sind Größen, die Bezug zur EN ISO 7730 nehmen. Vorläufer der diesbezüglichen Sensorik ist das Katathermometer, dessen sogenannter Katawert das menschliche Wärme-Wahrnehmungsgefühl nachbildete. Die gefühlte Temperatur wird im Vortrag am Klimamichel-Modell erklärt! ...!

Gemäß VDI/VDE 3512-Entwurf ergeben sich hierzu folgende Erläuterungen:

A Die gefühlte Temperatur ist ein Temperaturmesswert, der von folgenden Klimafaktoren beeinflusst wird:

- Lufttemperatur
- Luftfeuchte
- Luftströmung (Geschwindigkeit und Turbulenzgrad)
- Strahlungstemperatur

Die gefühlte Temperatur erfasst die Wirkung dieser Umgebungsfaktoren als Ganzes auf die Wärmebilanz des menschlichen Körpers. Physiologische und meteorologische Wärmebilanzmodelle beschreiben die gefühlte Temperatur bei den tatsächlich herrschenden Klimabedingungen als die Lufttemperatur in °C, die in der Standardumgebung herrschen müsste, um ein identisches Wärme-, Behaglichkeits- oder Kältegefühl bei einer Durchschnittsperson zu erzeugen. Die gefühlte Temperatur ist ein objektiver Messwert und keine individuelle Wohlfühltemperatur. Für Innenräume berechnet das in der DIN EN ISO 7730 hinterlegte Klimakomfort-Modell die gefühlte Temperatur als Grad des Unbehagens von Menschen in einem Wohn-, Arbeits- oder Versammlungsraum. Die Maßeinheit des Modells ist das PMV (Predicted Mean Vote), d. h. vorausgesagtes mittleres Votum über dem Klimakomfort. Der Index reicht von -3 (zu kalt) bis +3 (zu warm). Bei einem PMV = 0 herrscht ein Raumklima mit optimaler Behaglichkeit. Im Tabellenanhang der DIN EN ISO 7730 werden PMV-Werte als Funktion der operativen Raumtemperatur und Luftströmung bei konstanter Luftfeuchte dargestellt. Bei vorgegebenen Randbedingungen für Bewegungsgrad und Isolationswert der Kleidung leitet sich daraus ein Gradient der gefühlten Temperatur in °C ab, der vorwiegend von Luftzug und operativer Lufttemperatur abhängig ist. Unter bestimmten Bedingungen können einzelne Einflussgrößen dominieren, z. B. die Temperaturstrahlung bei Bauten mit Solararchitektur oder die Luftströmung bei stark lüftungsgeführten Bauten.

Einzelne oder mehrere Sensoren erfassen die Wärmebilanz eines menschlichen Körpers in der jeweiligen Umgebung als Energiefluss in Abhängigkeit von den genannten Klimaparametern. Das Messergebnis wird in einen integrierten Temperaturwert umgewandelt. Die physiologischen Faktoren der gefühlten Temperatur (Körperinnentemperatur, Hauttemperatur, Transpirationsrate, Körperfett u. A.) und weitere Randbedingungen (Bekleidung, Bewegung, Akklimatisationsgrad u. A.) lassen sich indirekt über mathematische Modellrechnungen oder direkt mit Hilfe geeigneter Bauelemente im Fühler berücksichtigen.

B Die Behaglichkeitstemperatur ist ein Unterbegriff zur gefühlten Temperatur.

Sie ist bei vorgegebenen, standardisierten physiologischen und individuellen Parametern diejenige gefühlte Temperatur in Innenräumen, die auf der Basis der DIN EN ISO 7730 bei einer statistisch signifikanten Personenzahl einen Zufriedenheitsgrad mit dem Raumklima von mindestens 90% erzeugt (Predicted Mean Vote PMV = 0 nach DIN EN ISO 7730). In normalen Raumklimaten ist der Einfluss der Feuchte dabei nur in Bereichen unter 30% rF oder über 70% rF für die thermische Behaglichkeit von Bedeutung und kann daher in der Regel vernachlässigt werden. Die Modellunschärfen lassen folgende Zielgrenzen zu:

- a) $-0,5 < PMV < +0,5$ (progr. mittleres Zufriedenheitsvolumen)
- b) DR (Zugluft) < 15% (führt zur Einhaltung der DIN 1946-6)

Die thermische Behaglichkeit ist definiert als das Zufriedenheitsgefühl mit dem Umgebungszustand in aktueller Personalsituation. Sie kann mittels Modellrechnungen und Messungen quantifiziert werden. Sie hängt von einer Reihe behaglichkeitsrelevanter Einflussfaktoren ab. Für die Gebäudeautomation sind folgende einen Raumzustand beeinflussende Elemente interessant:

- Lufttemperatur / Lufttemperaturverteilung
- Luftfeuchte
- Luftströmung (Geschwindigkeitsverteilung, Turbulenzgrad)
- Flächentemperatur und Emissionsgrad der Umschließungsflächen (Temperaturstrahlung)

Die Bewertungen und Anforderungen zur Bestimmung der Behaglichkeitstemperatur sind in der DIN EN ISO 7730 aufgeführt.

Sollen Beeinträchtigungen der Behaglichkeit im Rahmen des Raumregelungskonzeptes ausschließlich über Lufttemperaturregelungen ausgeglichen werden, stellen die Fühler für die gefühlte Temperatur ein relevantes Ausgangssignal zur Verfügung. Solche Fühler liefern zur Modellrechnung der Behaglichkeitstemperatur die relevanten Messwerte. Sie unterscheiden sich in Zielsetzung, Messprinzip und Aufbau.

Fühler zur Messung der gefühlten Temperatur besitzen ein oder mehrere Sensoren. Sie erfassen den thermischen Gesamteinfluss der relevanten Raumumgebungsfaktoren.

Integrierte Sensoren zu Messung der gefühlten Temperatur wandeln den thermischen Gesamteinfluss der Raumumgebungsfaktoren unter Einbeziehung einzelner objektiver physiologischer Faktoren direkt in ein Temperatursignal um.

Kombinationssensoren erfassen mehrere Raumumgebungsparameter mit mehreren Fühlern und unterschiedlichen Messverfahren als getrennte Eingangsdaten für nachgeschaltete Modellrechnungen, die zusätzlich die physiologische Faktoren und andere Randbedingungen berücksichtigen.

Die Sensoren können in verschiedene Güteklassen (Anwendungsklassen) eingeteilt werden.

C Wohlfühltemperatur:

Im Gegensatz zur Behaglichkeitstemperatur für große Personenzahlen ist die Wohlfühltemperatur eine individuell als behaglich empfundene gefühlte Temperatur.

3. Witterungstemperatur-Fühler:

Nicht nur die absolute Außentemperatur bestimmt das Heizungsmanagement, sondern auch die vorliegende Windlast bzw. die Sonneneinstrahlung u. a.. Genau diese Größen können im sogenannten Witterungsfühler verknüpft und zur Gebäuderegulation genutzt werden. Ergebnis: (Studie IKL Dresden) Einsparung 2...5% Heizkosten!

Das synthetische Mischsignal im Witterungsfühler könnte – analog zur Behaglichkeitstemperatur Witterungstemperatur genannt – ist jedoch momentan nicht standardisiert (auch nicht in der VDE/VDI 3512!). Mathematische Grundlage der Verknüpfung von Temperatur und Strömung sowie Strahlung sind vorliegende Windchill-Kurven, die in den Wärmestrahlungsbereich ergänzt wurden.

Witterungstemperaturfühler ist gemäß VDI/VDE wie folgt definiert:

Witterungsfühler sind vom Grundsatz her Gehäusefühler zur Messung der Außenlufttemperatur, deren Ausgangssignal jedoch aufgrund konstruktiver Maßnahmen noch von anderen Größen wie Sonnenstrahlung, Windgeschwindigkeit, Feuchtegehalt beeinflusst wird. Mit dem Ausgangssignal werden die Witterungsbedingungen als integrierter Temperaturwert für die Regelung gebäudetechnischer Anlagen verfügbar gemacht.

4. Literatur:

- VDI/VDE Richtlinie (Entwurf) 3512, Blatt 1...4
- Dokumentation Firma Vereta