Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 98 (1980)
Heft: 42

Artikel: Die Behaglichkeit in Wohn- und Arbeitsräumen und deren experimentelle Ermittlung
Autor: Hohl, Matthias / Ginsig, Robert
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-74229

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.10.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Die Behaglichkeit in Wohn- und Arbeitsräumen und deren experimentelle Ermittlung

Von Matthias Hohl und Robert Ginsig, Zürich

Im Zuge der allgemeinen Energieverknappung wird zunehmend auch in grösseren Betrieben die Möglichkeit Energie zu sparen, systematisch untersucht. Hierbei weisen *Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlagen oft ein grosses Sparpotential* auf. Abgesehen von den anlagetechnischen Verbesserungen muss auch das Raumklima als solches, im Hinblick auf Sparmöglichkeiten, neu beurteilt werden. So ergeben beispielsweise die Reduktion der Raumtemperatur um 1 °C oder die Drosselung des Luftwechsels von 3 auf 2, in einem Gebäude von 10000 m³ eine jährliche Ersparnis von etwa 35000 kg Öl. Damit wird die objektive Ermittlung der Behaglichkeit und mit ihr die ganze Komplexität des Raumklimas ein zentrales Problem.

Da bereits bei Ankündigung von Energiesparmassnahmen Diskussionen und Kritiken über das bestehende Raumklima entstehen, wird der verantwortliche Klimafachmann in der Regel vor die Aufgabe gestellt, anhand der Raumlufttemperatur als Beurteilungskriterium eine befriedigende Lösung zu finden. Zudem bestehen in grossen Räumen häufig Behaglichkeitsprobleme, die mit übersetzten Raumtemperaturen zu beheben versucht werden. Damit kommt ein Senken der Temperatur kaum in Frage bevor nicht andere, die Behaglichkeit bestimmende Grössen, optimiert werden.

Mit Hilfe spezieller Messgeräte, die in den letzten Jahren weiter entwickelt wurden, ist es möglich geworden, die Behaglichkeit objektiv zu messen, d.h. alle physikalisch messbaren Parameter so zu bestimmen, wie sie der Mensch empfindet. Messung und Auswertung verlangen Erfahrung und werden daher von Spezialisten als Dienstleistung angeboten.

Grundlagen

Unter thermischer Behaglichkeit wird der Zustand definiert, in dem man sich mit der thermischen Umgebung einverstanden erklärt. *P.O. Fanger,* (Technical University of Denmark, Laboratory of Heating and Ventilation) hat in einer grundlegenden Arbeit über die thermische Behaglichkeit neue Wege beschritten. Untersuchungen an College Besuchern haben ergeben, dass die *mittlere Hauttemperatur* und die *Schweisssekretion,* beide als Funktion des Aktivitätsgrades der Versuchsperson, als *Grundbedingungen für thermische Behaglichkeit* brauchbar sind.

Basierend auf diesen Tatsachen wurden bestehende physikalische und physiologische Kenntnisse genutzt, um eine *Behaglichkeitsgleichung* mit den folgenden grundsätzlichen Variablen abzuleiten:

1. Raumlufttemperatur;
2. Luftfeuchtigkeit (partieller Dampfdruck);
3. Mittlere Strahlungstemperatur;
4. Relative Luftgeschwindigkeit;
5. Aktivitätsgrad (innere Wärmeproduktion);
6. Isolierwert der Kleidung.

Alle Kombinationen dieser Variablen, welche die abgeleitete Behaglichkeitsgleichung erfüllen, mussten die thermische Behaglichkeit für den grösstmöglichen Prozentsatz einer grossen Gruppe von Versuchspersonen unter *Steady-State-Bedingungen* schaffen.

Aufgrund dieser Arbeit konzipierte *T.L. Madsen* das «Comfy-Test»-Gerät (Bild 1), ein elektronisches Messinstrument, mit dem an Ort und Stelle die thermische Behaglichkeit objektiv gemessen werden kann.

Messverfahren

Alle eingangs erwähnten Behaglichkeitsfaktoren bestimmen die Art und Weise und vor allem die Menge der Wärme, die der Mensch abgibt. Wirkt nun einer oder mehrere dieser Faktoren ungünstig, so wird die abgegebene Wärmemenge über das notwendige Mass hinaus vergrössert und das Raumklima wird unbehaglich kühl empfunden. Denselben Grad der Unbehaglichkeit empfindet man auch, wenn die Abgabe der nötigen Wärmemenge behindert wird, dann aber ist das Raumklima unbehaglich warm.

Der Fühler des «Comfy-Test»-Gerätes besteht aus einem beheizten, die menschliche Haut simulierenden Modellkörper, auf den sich die physikalischen Verhältnisse der Umgebung gleich auswirken, wie auf den Menschen. Die abgegebene Wärme ist also direkt ein Mass für die Behaglichkeit. Wird nun für einen bestimmten Aufenthaltsort sowohl die Bekleidung, als auch die Aktivität der Personen als Faktor ins Messgerät gegeben, werden diese Werte mit den physikalischen Daten zu einem ablesbaren «Behaglichkeitswert» verarbeitet.

Die Skala des «Behaglichkeitswertes» wurde folgendermassen von −3 bis +3 festgesetzt:

0: behaglich, entspricht dem bestmöglichen Wert, wobei statistisch 5 Prozent der Personen sich mit dem Raumklima nicht einverstanden erklären.

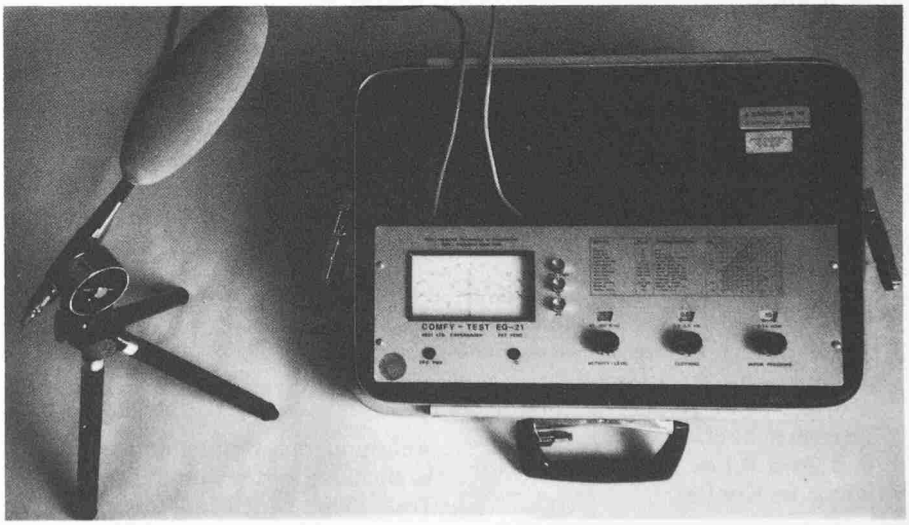
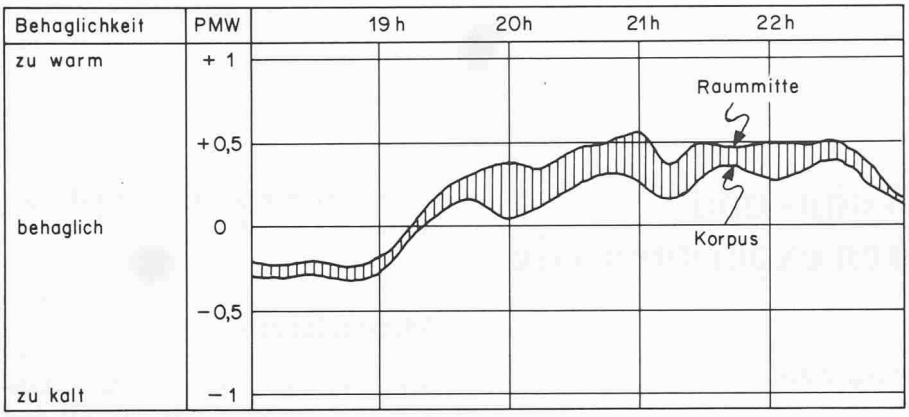


Bild 1. «Comfy-Test»-Gerät EQ-21. Links Modellkörper, der die Haut des Menschen simuliert; rechts elektronischer Messteil



Auditorium: Klimatisierung Strömung von unten nach oben

Auditorium: Klimatisierung von oben nach unten

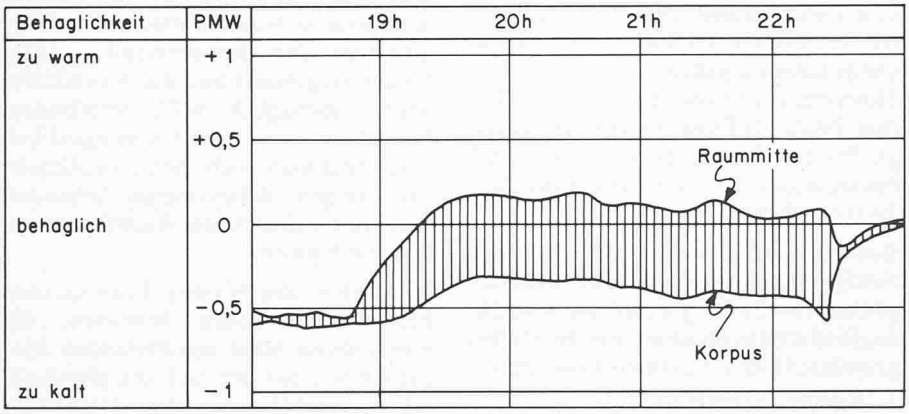


Bild 2. Vergleichende Messung von «Behaglichkeitswerten. PMW (Predicted Mean Vote) bedeutet: maximale Behaglichkeit, beim Wert 0, statistisch minimale Klagen von 5 Prozent, beim Wert 1, statistisch Klagen von 30 Prozent der Personen zu erwarten

± 1: zu warm, bzw. zu kalt, wobei statistisch 30 Prozent der Personen sich mit dem Raumklima nicht einverstanden erklären.

Für ein konkretes Beispiel wurden die zu verschiedenen Zeiten gemessenen «Behaglichkeitswerte» in zwei unterschiedlich ventilierten Hörsälen in Bild 2 dargestellt.

Gemessene «Behaglichkeitswerte» bilden den Ausgangspunkt für das weitere Vorgehen. Sind die «Behaglichkeitswerte» an einem Ort ungenügend, muss nach den *kritischen Einflussgrössen* gesucht werden:

- Raumlufttemperaturen und relative Feuchtigkeit sind, sowohl leicht zu beurteilen, als auch leicht zu erreichen.
- Ungünstige Strahlungsverhältnisse im Raum z.B. grosse, kalte Fensterflächen oder Kältebrücken können mit Hilfe der Thermographie lokalisiert werden.
- Zugserscheinungen und Luftbewegungen müssen nach Richtung und Ausmass quantifiziert werden. Folgende Richtwerte sollten dabei nicht überschritten werden: Kopf- und Fussbereich etwa 0,3 m/s (frontal) und etwa 0,1 m/s (seitliche Anströmung des Kopfes).

Ausser dem Messen von Strömungsgeschwindigkeiten ergeben Aufnahmen der vertikalen Temperaturprofile wertvolle Hinweise über mögliche Ursachen von beeinträchtigter Behaglichkeit. Der Temperaturgradient sollte 0,5 °C/m nicht überschreiten, damit keine zu grossen Strömungen durch «Thermik» oder «Fallwind» entstehen. Die Ursachen für zu starke Strömungen können recht mannigfaltig sein:

- Kältebrücken, Lichtkuppeln und Luftundichtigkeiten an Fenstern und Dachanschlüssen können mit Hilfe der Thermographie lokalisiert und quantifiziert werden.
- Unglückliche Geometrie von Räumen.
- Klimaanlagen mit unzweckmässiger Luftzuführung oder zu grossen Luftmengen. Luftwechselmessungen, die den Abfall eines «Tracer-Gases» in einem Raum bestimmen, geben Aufschluss über die effektive Durchlüftung und den Abtransport von verbrauchter Luft an bestimmten Stellen im Raum.

Möglichkeiten und Grenzen

Aufgrund der Bestimmung von «Behaglichkeitswerten» und dem «Comfy-Test»-Gerät können folgende *Planungs- und Entscheidungshilfen* gegeben werden:

- Objektive Beurteilung beanstandeter Aufenthaltsplätze und Vergleich mit Standorten ohne Klagen.
- Überwachen klimatischer Räume beim Einregulieren der Aggregate.
- Nachweis der Wirksamkeit von Energiesparmassnahmen (bessere Fensterisolation, Abdichtung, Isolation usw.), d.h. gleiche Behaglichkeit bei tieferem Temperaturniveau nach der Sanierung.
- Registrieren des «Behaglichkeitswertes» im Verlauf der Benützung von Schulungs- und Versammlungsräumen, Theater, Rechenzentren, Fabrikations- und Montagehallen.
- Vergleich unterschiedlicher Konstruktionselemente in bezug auf die Behaglichkeit; z.B. Testen unterschiedlicher Fenstergläser, Storen, Wandaufbau in vergleichbaren Räumen.

Das «Comfy-Test»-Gerät kann Einflüsse asymmetrischer Strahlungsverhältnisse nicht registrieren, d.h. vorhandene Asymmetrie muss vom Messingenieur beurteilt werden.

Psychologisch bedingte Einflüsse, wie Farben und Bilder, Geometrie des Raumes, Musik und Lärm können die Behaglichkeit beeinflussen, sind jedoch physikalisch nicht messbar.

Abschliessend kann festgehalten werden, dass mit der Möglichkeit, die Behaglichkeit zu ermitteln, den für das Raumklima verantwortlichen Ingenieuren und Architekten ein neues wirksames Hilfsmittel zur zielsicheren Lösung von Problemen zur Verfügung steht.

Literaturhinweise

Fanger, P.O. «Calculation of thermal comfort: Introduction of a basic equation.» ASHREA Transactions, Vol. 73, Part 11 (1967)

Fanger, P.O.: «Thermal Comfort, analysis and application in environmental engineering». McGraw-Hill Book Company, 1970, 244 p., 351 Ref.

Frank, W.: «Raumklima und Thermische Behaglichkeit». Literaturauswertung, durchgeführt im Auftrag des Bundesministeriums für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau. Heft 104 des Instituts für Bauphysik der Frauenhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (1975)

Hottinger, M. und *von Gonzenbach, W.:* «Die Heiz- und Lüftungsanlagen» Springer-Verlag, 1929, 191 Seiten, mit zahlreichen Literaturangaben im Text

Adresse der Verfasser: *M. Hohl* und Dr. *R. Ginsig*, Thermiscan AG, Universitätsstr. 33, 8006 Zürich.