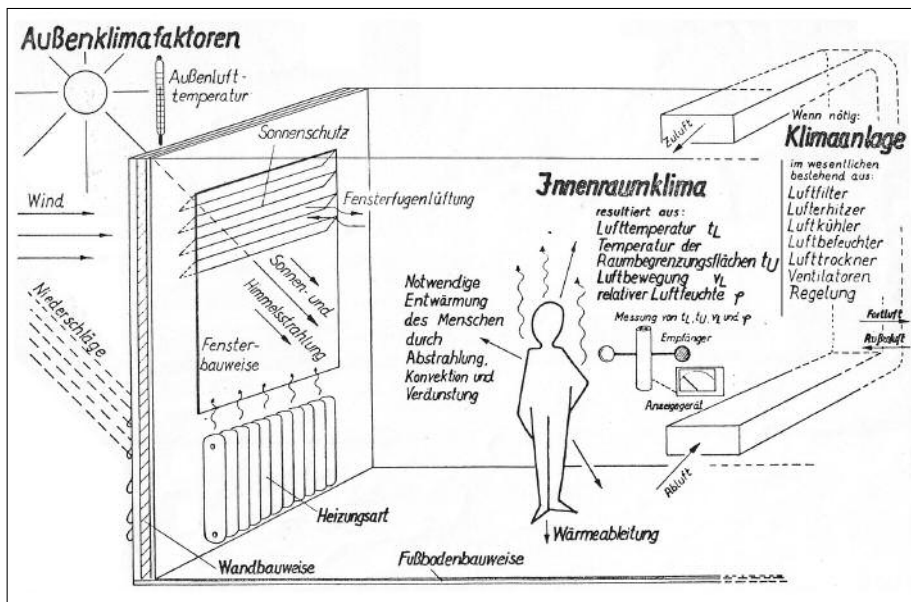


Prima Klima

Bewertung und Messung des thermischen Raumklimas in Räumen mit künstlicher Beleuchtung mittels eines elektronischen Raumklima-Analysators

Peter Marx

Mit dem Raumklima-Analysator werden in wenigen Minuten die zur Beurteilung des thermischen Raumklimas relevanten Klima-Parameter: Lufttemperatur, Infrarot-Strahlungstemperatur (= mittlere Temperatur der Raumumschließungsflächen), empfundene Temperatur, relative Feuchte und Luftbewegung gemessen und mittels eines speziellen Nomogramms dargestellt. Der Einfluss der Beleuchtung auf das Raumklima kann mit dem Gerät gemessen werden.



1 Der Mensch im thermischen Klima des umbauten Raumes

1 Anforderungen an das Raumklima

Das Behaglichkeitsempfinden von Menschen in Räumen wird im Wesentlichen von folgenden Gegebenheiten bestimmt:

- Raumlufttemperatur
- Temperatur der Raumbegrenzungsflächen
- relative Luftfeuchtigkeit
- Luftbewegung
- Kleidungsgewohnheiten
- Art der Tätigkeit

Der für ein behagliches Raumklima in Aufenthaltsräumen zulässige Bereich der genannten Parameter ist in DIN 1946 Teil 2 (VDI-Lüftungsregeln) festgelegt. Weitere Regeln und Vorschriften finden sich in DIN 1946 Teil 1.

2 Behaglichkeit

Die Behaglichkeit ist wechselseitig beeinflusst durch den individuellen Zustand des Menschen, wie geistige und /oder körperliche Tätigkeit, Bekleidung, psychisches und physisches Allgemeinbefinden usw.

Temperatur

Liegt die Temperatur der Umgebungsflächen zu weit unter der Raumlufttemperatur, was z. B. bei Räumen mit relativ großen Glasflächen im Winter vorkommen kann, so gibt der Mensch zuviel Wärme in Form von Strahlung an seine Umgebung ab, »er friert«. Andererseits kann bei zu hohen Temperaturen der Raumbegrenzungsflächen die zugestrahlte Wärme zu groß sein und ebenfalls zu Unbehaglichkeitsgefühlen führen. Bei sehr hohen Beleuchtungsstärken kann die Wärmestrahlung der Lampen und Leuchten auf Kopf und Schultern der Rauminassen lästig werden.

| Aktivitätsgrad | | Wärmeabgabe je Person (sensibel und latent) |
|----------------|--|---|
| I | sitzende Tätigkeit wie Lesen und Schreiben | 100W |
| II | leichte Arbeit im Stehen, z. B. Labortätigkeit | 150W |
| III | mittelschwere handwerkliche Tätigkeit | 200W |
| IV | schwere handwerkliche Tätigkeit | über 200W |

Tabelle 1: Wärmeabgabe je Person in Abhängigkeit von der Tätigkeit

| Bekleidung | Wärmeleitwiderstand R in m²K/kW |
|--------------------------|---------------------------------|
| ohne Kleidung | 0 |
| leichte Sommerbekleidung | 80 |
| mittlere Kleidung | 160 |
| warme Kleidung | 240 |

Tabelle 2: Anhaltswerte für den Wärmewiderstand der Bekleidung

Anmerkung: Wärmeleitwiderstand R – gelegentlich werden ca.160 m²K/kW = 1 clo bezeichnet

Prof. Dr.-Ing. Peter Marx,
MX-Electronic, Berlin

Raumluftfeuchte

Der Behaglichkeitsbereich für die Raumluftfeuchte ist nach unten durch Austrocknungserscheinungen der Schleimhäute und nach oben durch das Wärmegleichgewicht des Menschen begrenzt (Schwülegrenze). Die Feuchtwerte sollten deshalb $x = 6 \text{ g/kg}$ trockener Luft, das entspricht einer relativen Luftfeuchtigkeit von circa 35 % bei 22 °C, nicht unterschreiten und 11,5g/kg trockener Luft, das sind circa 65 % bei 23 °C, nicht überschreiten, (DIN 1946, Teil 2).

Bekleidung

Die Abgabe sensibler und latenter Wärme ist durch die Art der Bekleidung beeinflussbar. Für den Wärmewiderstand der Bekleidung gelten die Anhaltswerte aus Tabelle 2.

Luftbewegung

Die thermische Behaglichkeit des Menschen wird im besonderen Maße von der Luftbewegung im Aufenthaltsbereich mitgeprägt. Dabei sind obere und untere Grenzen der Raumluftgeschwindigkeit zu beachten. Die obere Grenze wird für raumlufttechnisch behandelte Räume durch die Zulässigkeitskurve festgelegt. Eine minimale Luftbewegung ist für den notwendigen Wärme- und Stofftransport aus dem Raum erforderlich. Diese kann qualitativ z. B. durch Rauchproben nachgewiesen werden.

3 Messung des Raumklimas am Arbeitsplatz

Mit dem Raumklima-Analysator werden in wenigen Minuten die zur Beurteilung des thermischen Raumklimas relevanten Raumklima-Komponenten in folgenden Messbereichen ermittelt:

- Lufttemperatur t_{Ltr} : +14 °C bis +34 °C
- relative Luftfeuchte ϕ : 10 % bis 100 %
- Infrarot-Strahlungstemperatur (entspricht der mittleren Temperatur der Raumumschließungsflächen) t_r : +12 °C bis +32 °C
- Luftbewegung v_L : 0 cm/s bis 60 cm/s
- empfundene Temperatur t_e : +13 bis +33 °C

Diese Parameter werden schnell und exakt gemessen und mittels eines speziellen Nomogramms (Bild 3) übersichtlich dargestellt und dokumentiert. Der Raumklima-Analysator wurde in Zusammenarbeit mit

dem Bundesgesundheitsamt in Berlin entwickelt.

Messkopf

Der Messkopf besteht aus zwei Halbleitersensoren zur Messung der Lufttemperaturen (trocken und feucht), sowie zwei Messkugeln zur Erfassung der Abkühlung durch Konvektion und Wärmestrahlung.

Elektronik

Die Mess- und Regelelektronik umfasst die Mess- und Regelverstärker, ein Anzeigeelement der Güteklasse 0,5 und die elektronisch geregelte Stromversorgung. Die relative Feuchte wird über die psychometrische Differenz bestimmt. Die mittlere Temperatur der Raumumschließungsflächen ergibt sich durch gleichzeitige Messung der Abkühlung durch Konvektion (vergoldete Messkugel) sowie der Abkühlung durch Konvektion und Strahlung (schwarze Messkugel). Die Luftbewegung resultiert aus konvektiver Abkühlung der vergoldeten Kugel und der Lufttemperatur. Die Kombination des elektronischen Raumklima-Analysators über ein spezielles Interface mit einem computergesteuerten Messdatenerfassungssystem (Datalogger) gestattet eine kontinuierliche Messung und Überwachung der thermischen Behaglichkeitskomponenten von Innenräumen.

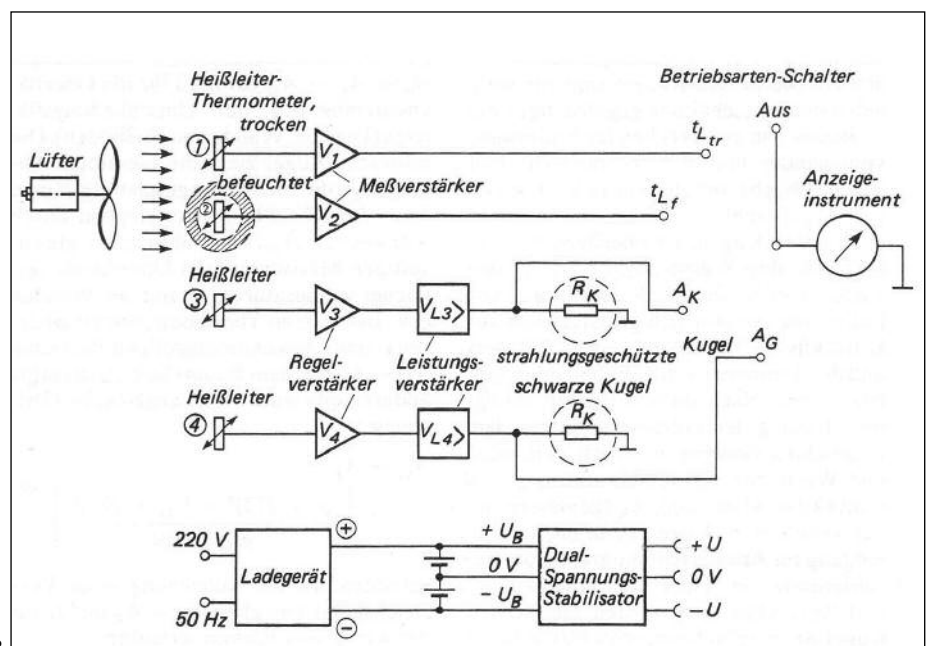
4 Anwendungen

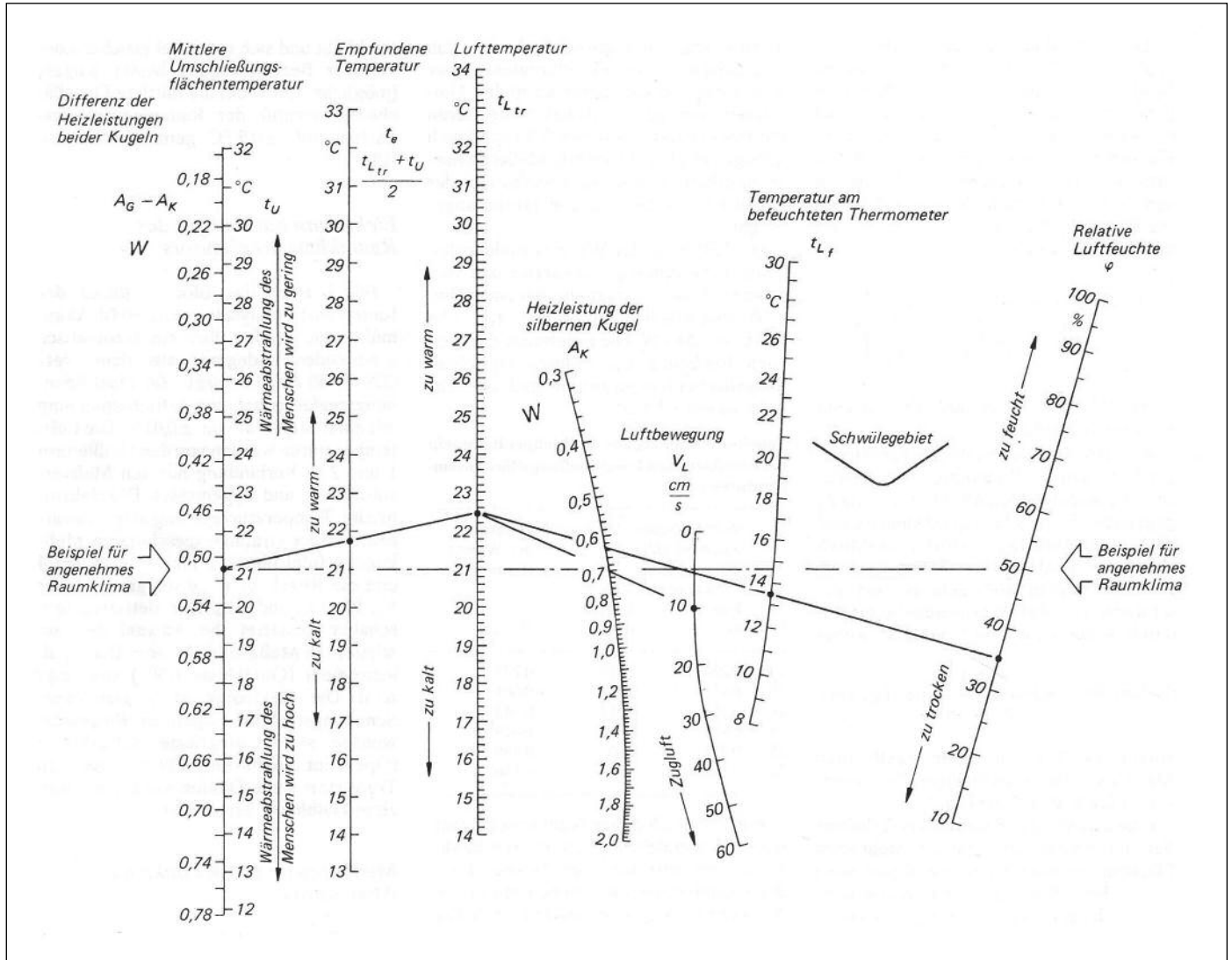
Für den Raumklima-Analysator eröffnen sich viele Anwendungsgebiete:

- Abnahme-Messungen,
- gutachtliche Messung bei Reklamationen,
- Betriebs- und Kontroll-Messungen,
- Einregulierung eines optimalen Raumklimas (Steigerung der thermischen Behaglichkeit bei minimalem Energieaufwand)
- Erfassung der bauphysikalischen Einflüsse mittels t_r -Messung (Wärmeschutz, Isolierung der Fensterflächen usw.),
- Klima-Messung in Verkehrsmitteln (Bahn, Kfz, Flugzeug, Schiff), in der Tierhaltung und in Gewächshäusern,
- technisch-wissenschaftliche Untersuchungen.

Als Anwender kommen infrage: Betreiber von Heizungs-, Lüftungs- und Klimaanlage in Industrie, Wirtschaft und Verwaltung, z. B. die Abteilungen für Haustechnik in Industriebetrieben, Behörden, Verwaltungsbauten, Krankenhäusern, Schulen, Wohnsied-

2 Blockschaltbild des rechnergeführten Raumklima-Analysators





3

3 Nomogramm zur Bestimmung des Raumklimas aus den einzelnen Komponenten
 Ablesebeispiel: Gemessen seien Lufttemperaturen $t_{Ltr} = 22,5^\circ\text{C}$ und $t_{Lf} = 13,5^\circ\text{C}$. Die geradlinige Verbindung dieser Werte ergibt $\phi = 35\%$. Beträgt z.B. $A_K = 0,7\text{W}$, ergibt die Verbindung dieses Wertes mit $t_{Ltr} = 22,5^\circ\text{C}$ eine Luftgeschwindigkeit von 10 cm/s . Wird gleichzeitig eine Gesamtabkühlung von z.B. $A_G = 1,21\text{W}$ gemessen, beträgt $A_G - A_K = 0,51\text{W}$ und damit $t_u \sim 21^\circ\text{C}$. Die Verbindung von t_u mit t_{Ltr} ergibt $t_e \sim 21,8^\circ\text{C}$.

lungen, Museen, Theatern, Kongresszentren, Ausstellungsgebäuden, Universitäten und Fachhochschulen, Forschungsinstitute für Klimatechnik, Bauphysik, Versorgungstechnik, Arbeitsmedizin, Hygiene, Tierhygiene, Hersteller von Klimaanlage, Werksärzte, Gesundheitsämter, Gewerbeaufsichtsämter.

Literatur

- [1] Marx, P; Schlüter, G.: Thermische Behaglichkeit und Messung des Raumklimas. Heizung-Lüftung-Haustechnik 26 (1975) Nr. 9, S. 317-321
- [2] Marx, P; Schlüter, G.: An Electronic Analyzer for Indoor Climate Environment International Vol. 3, pp. 265-269, Pergamon Press, 1980

4 Ansicht des Raumklima-Analysators

4

