

Wir messen es.



Praxisratgeber Behaglichkeitsmessung am Arbeitsplatz.

Einleitung.

18 Millionen Menschen in Deutschland haben einen Arbeitsplatz im Büro. Viele davon sind mit den klimatischen Bedingungen am Arbeitsplatz unzufrieden. Der häufigste Grund für Unwohlsein am Arbeitsplatz sind Beschwerden über die thermische Behaglichkeit und die Raumluftqualität.

Den Beschwerden muss im Regelfall der Klima-/Haustechniker auf den Grund gehen. Dieser steht vor der Herausforderung, die thermischen Empfindungen der Mitarbeiter objektiv zu bewerten, um feststellen zu können, ob die Klagen berechtigt sind und gegebenenfalls deren Ursachen zu lokalisieren und zu beseitigen.

Dabei steht außer Frage, dass die Beschwerden schon alleine aus betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten ernst genommen werden müssen, da die Leistungsfähigkeit von Mitarbeitern in direktem Zusammenhang mit den Umgebungsbedingungen am Arbeitsplatz steht.

Dieser Praxisratgeber soll den Verantwortlichen für das Raumklima unterstützen und Möglichkeiten aufzeigen, wie in Beschwerdefällen vorgegangen werden kann, um die subjektiven Eindrücke der Behaglichkeit objektiv zu bewerten.





Inhaltsverzeichnis:

| | |
|--|----|
| 1. Was ist thermische Behaglichkeit? | 4 |
| 2. Motivation und Gründe für den Einsatz von Messtechnik bei der thermischen Bewertung von Arbeitsplätzen. | 5 |
| 3. Vorgehen des Haus-/Gebäudeklimatechnikers im Beschwerdefall. | 6 |
| 3.1 Vorbereitung | 6 |
| 3.2 Messung Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte | 7 |
| 3.3 PMV/PPD Messung | 8 |
| 3.4 Messung Turbulenzgrad und Zugluft | 14 |
| 3.5 Weitere Kriterien zur Bewertung thermischer Behaglichkeit | 16 |
| 3.6 Bewertung der Raumluftqualität | 17 |
| 4. Wie sieht ein ideales Messgerät zur Beurteilung der Behaglichkeit von Arbeitsplätzen aus? | 19 |
| 5. Weiterbildung. | 22 |
| 6. Fazit. | 23 |

1. Was ist **thermische Behaglichkeit**?

Thermische Behaglichkeit ist eine entscheidende Größe für körperliches und geistiges Leistungsvermögen.

Das menschliche Wärmeempfinden hängt im Wesentlichen vom thermischen Gleichgewicht (Wärmebilanz) des Körpers ab. Dieses Gleichgewicht wird durch körperliche Tätigkeit und Bekleidung sowie durch die Parameter des Umgebungsklimas beeinflusst.

Diese sind:

- Lufttemperatur
- Strahlungstemperatur
- Luftgeschwindigkeit (Zug)
- Luftfeuchte.

Thermische Behaglichkeit tritt ein, wenn sich ein Mensch mit seinem Körper im Ganzen thermisch neutral fühlt. Das ist gegeben, wenn er die Klimaparameter (Temperatur, Feuchte, Zugscheinung und Wärmestrahlung) in seiner Umgebung als angenehm empfindet. Es wird weder wärmere noch kältere, weder trockenere noch feuchtere Raumluft gewünscht.

Auch die Art der Tätigkeit und die Kleidung bestimmen mit, wann thermische Behaglichkeit besteht.



Abb. 1: Thermische Behaglichkeit hängt von unterschiedlichen Faktoren ab.

2. Motivation und Gründe für den Einsatz von Messtechnik bei der thermischen Bewertung an Arbeitsplätzen.

Thermische Behaglichkeit an Arbeitsplätzen ist kein unnötiger Luxus für die Mitarbeiter, sondern Grundvoraussetzung für Leistungsfähigkeit und Produktivität. Daher müssen aus wirtschaftlicher Sicht entsprechende Umgebungsbedingungen geschaffen werden.

Wenn sich ein Mitarbeiter über Unbehaglichkeit am Arbeitsplatz beschwert, ist das für den Haus- bzw. Klimatechniker in jedem Fall ein Thema, dem er mit hoher Priorität nachgehen muss.

Mit Hilfe geeigneter Messtechnik wird die Aussage des Mitarbeiters zur thermischen Unbehaglichkeit in ein objektives Messergebnis umgewandelt. So kann die Situation optimal bewertet werden.

Sollten die Messergebnisse alle im Norm-Bereich liegen, kann der Haus- oder Gebäudeklimatechniker schon einmal eine Fehl-Konfiguration der RLT-Anlage ausschließen.

Dann muss die Analyse für das thermische Unwohlsein des Mitarbeiters auf anderer Ebene fortgesetzt werden.

Eventuell haben die Klagen andere Ursachen, beispielsweise können sich Unzufriedenheit mit der Arbeit, Probleme mit Kollegen und privater Natur oder gesundheitliche Beschwerden auf das Empfinden der thermischen Behaglichkeit auswirken.

Vorteile professioneller Messtechnik.

1. Subjektive Einschätzungen werden objektiv bewertet.
2. Die korrekte Funktionsweise der RLT-Anlage wird nachgewiesen.
3. Messungen werden dokumentiert und können analysiert werden.
4. Bei Einsatz hochwertiger Messtechnik fühlt sich der klagende Mitarbeiter ernst genommen.

3. Vorgehen des Haus-/Gebäudeklimatechnikers im Beschwerdefall.

3.1. Vorbereitung

Meldet sich ein Mitarbeiter und beschwert sich über die thermischen Gegebenheiten an seinem Arbeitsplatz, gilt es als Erstes, diese Beschwerde ernst zu nehmen und zeitnah mit der Untersuchung zu beginnen.

Kontrolle der RLT-Anlage. Vor einer eingehenden Untersuchung am Arbeitsplatz sollte der Techniker die Einstellungen der RLT-Anlage untersuchen:

Wie ist die Temperaturregelung der RLT-Anlage?

Hier sollte geprüft werden, welche Temperatur vor Ort durch die Raumtemperatursensoren rückgemeldet werden.

Oder sind in jüngerer Vergangenheit Änderungen an den Einstellungen der RLT-Anlage vorgenommen worden?

Erste Untersuchung am Arbeitsplatz. Bevor man mit einer Bewertung der Behaglichkeitskriterien am Arbeitsplatz beginnt, sollte man sich nach den genauen Beschwerden des Mitarbeiters erkundigen. Ist es ihm zu kalt, zu warm, zu trocken, zu schwül

oder leidet er unter Zugluft? Treten die Beschwerden dauerhaft oder nur zu bestimmten Tageszeiten auf?

Gegebenheiten vor Ort. Um sich ein erstes Bild vor Ort zu machen, sollte auf Folgendes geachtet werden:

- Fehlerhaft angebrachte Temperatursensoren im Raum (in direkter Sonneneinstrahlung, verdeckt, in der Nähe der Zugluft). Die Folge wäre eine fehlerhafte Rückmeldung an die zentrale Steuerung der RLT-Anlage.
- Zugestellte/verdeckte Luftauslässe
- Geöffnete Fenster
- Bauliche Veränderungen



Abb. 2: Zugestellter Luftauslass.

3.2. Messung Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte

Unabhängig der Beschwerden des Kunden ist eine erste Orientierung der klimatischen Verhältnisse mit einer einfachen Raumtemperatur/-feuchte Messung hilfreich.

Messablauf mit dem Multifunktions-Messgerät testo 480.

testo 480 in Raummitte aufstellen, Raumluft-Feuchtefühler in ca. 60 cm Höhe leicht hin- und her schwenken (ca. 1,5 m/s Geschwindigkeit). So lange schwenken, bis sich die angezeigten Werte stabilisieren.



Abb. 3: Messen der Raumlufttemperatur und Raumluftfeuchte mit dem Klima-Messgerät testo 480.

Messergebnis/Interpretation.

Als Messergebnis erhält man die Lufttemperatur in °C und die relative Luftfeuchte in %. Am wohlsten fühlt sich ein Mensch im Büro in der Regel bei einer Raumtemperatur von 22° - 24° Celsius und einer Raumluftfeuchte von 40 % - 60 %.

Zugelassen sind gemäß DIN EN 15251 Kategorie II maximale Temperaturen von 26° Celsius im Kühlfall und 20° Celsius im Heizfall bei einer Feuchte von 25 % - 60 %.

Diese Messung dient zu einer ersten Orientierung des Raumklimas. Falls die gemessenen Werte bereits stark von dem oben genannten Behaglichkeitsbereich abweichen, sind weitere Auswertungen vorerst überflüssig. Die Ursache liegt aller Wahrscheinlichkeit nach in einem Fehlverhalten der RLT-Anlage.

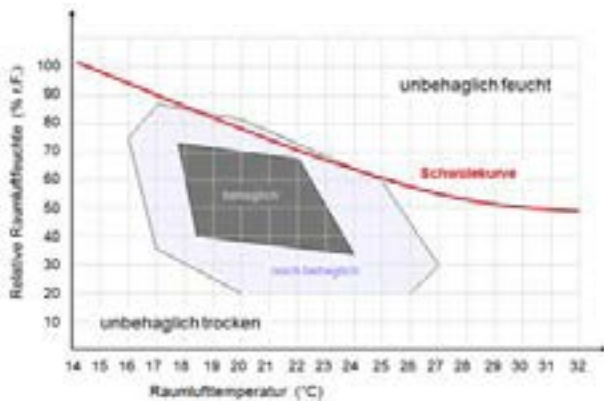


Abb. 4: Grafische Darstellung der Behaglichkeit in Abhängigkeit von Raumluftfeuchte und Raumlufttemperatur.

3.3. PMV/PPD Messung

Der PMV/PPD Wert sorgt für eine ganzheitliche Betrachtung der thermischen Gegebenheiten unter den jeweiligen Arbeits- und Umgebungsbedingungen am Arbeitsplatz. Als Ergebnis der Messung liegt eine objektive Aussage zur thermischen Behaglichkeit vor.

PMV (Predicted Mean Vote). PMV ist ein Maß für das mittlere thermische Empfinden einer größeren Anzahl von Personen.

Der Wert wird aus den Parametern

- Umgebungstemperatur,
- Strahlungstemperatur,

- Strömung,
 - relative Feuchte
- und aus den eingegebenen Werten
- Kleidungsindex,
 - Aktivität
- ermittelt.

Kleidungsindex. Die Bekleidung beeinflusst den Wärmehaushalt des Menschen. Sie stellt die Grenzschicht zwischen Körper und Raumklima dar und hat somit direkten Einfluss auf die thermische Behaglichkeit. Physikalisch wird Bekleidung durch ihren Wärmedurchlasswiderstand zwischen Haut und Umgebung gekennzeichnet.



Aktivität. Der Aktivitätsgrad ist ein Maß für den Energieumsatz des Menschen. Ein in völliger Ruhe befindlicher Mensch hat einen Grundumsatz von $M = 0,8$ met (met = metabolic rate = metabolische Einheit, 1 met = 58 W/m^2 Körperoberfläche).

PPD (Predicted Percentage Dissatisfied). PPD beschreibt den voraussichtlichen Anteil unzufriedener Personen mit einer raumklimatischen Situation. Der Wert wird in Prozent angegeben und sinkt nicht unter einen Anteil von 5 % Unzufriedener, da es aufgrund individueller Unterschiede unmöglich ist, ein Umgebungsklima festzulegen, das jeden zufrieden stellt.

Messparameter mit empfohlenen Sonden

| Messgröße | Artikel-Nr. | Beschreibung |
|--------------------------|-------------|---|
| (Strahlungs-) Temperatur | 0602 0743 | Globe-Thermometer |
| Lufttemperatur | 0632 1543 | IAQ-Fühler (empfohlen) oder Temperatur-/Feuchte-Fühler (Artikel-Nr. 0636 9743) |
| Relative Feuchte | | |
| Luftströmung | 0628 0143 | Behaglichkeits-Sonde |

Tabelle 1: Messparameter mit passenden Sonden.

Parameter für die PMV/PPD Berechnung

| Messgröße | Messbereich |
|-----------|------------------|
| Tätigkeit | 0,1 ... 4,0 met* |

| Parameter [met] | Erklärung |
|-----------------|-----------------------------------|
| 0,1 - 0,7 | Liegend, entspannt |
| 0,8 - 0,9 | Sitzend, entspannt |
| 1,0 - 1,1 | Sitzende Tätigkeit |
| 1,2 - 1,5 | Stehend |
| 1,6 - 1,7 | Stehend, leichte Tätigkeit |
| 1,8 - 1,9 | Stehend, mittel-schwere Tätigkeit |
| 2,0 - 2,3 | Langsames Gehen |
| 2,4 - 2,9 | Schnelles Gehen |
| 3,0 - 3,4 | Anstrengende Tätigkeit |
| 3,4 - 4,0 | Sehr anstrengende Tätigkeit |

*met = Metabolic Rate
(Bewertung der menschlichen Tätigkeit)

| Messgröße | Messbereich |
|-----------------|------------------|
| Kleidungsfaktor | 0,1 ... 3,0 clo* |

| Parameter [met] | Erklärung |
|-----------------|---------------------------|
| 0 - 0,02 | Keine Kleidung |
| 0,03 - 0,29 | Unterwäsche |
| 0,30 - 0,49 | Shorts und T-Shirt |
| 0,50 - 0,79 | Lange Hose und T-Shirt |
| 0,80 - 1,29 | Leichte Geschäftskleidung |
| 1,30 - 1,79 | Warme Geschäftskleidung |
| 1,80 - 2,29 | Jacke oder Mantel |
| 2,30 - 2,79 | Warme Winterkleidung |
| 2,80 - 3,00 | Sehr warme Winterkleidung |

*clo = Clothing factor
(Bewertung der Bekleidung)

Tabelle 2: Parameter für die PMV/PPD Berechnung.

Messablauf mit dem testo 480.

1. Das Klimamessgerät testo 480 mit den entsprechenden Fühlern wird am „Beschwerde-Arbeitsplatz“ aufgebaut. Die Sonden werden dabei auf Arbeitshöhe des Mitarbeiters ausgerichtet (es gibt in der Norm DIN EN ISO 7730 keine genaue Angabe zur Messhöhe).
2. Bevor mit der eigentlichen PMV/PPD Messung begonnen wird, muss vor allem die Angleichzeit der Globe-Sonde beachtet werden (ca. 20 - 30 min). Daher sollte mit dem Start des Messprogrammes gewartet werden, bis sich ein stationärer Wert der Globe-Temperatur eingestellt hat.
3. Das PMV/PPD Messprogramm führt den Techniker Schritt für Schritt durch die Messung. Neben dem Kleidungsindex und Tätigkeit muss auch Messdauer und Messtakt definiert werden. Dabei hängen Messdauer bzw. Messtakt vor allem von der jeweiligen Messaufgabe bzw. der Art der Beschwerde ab.



Abb. 5: Oft genügt eine relativ schnelle Messung, um sich ein Bild über die thermischen Gegebenheiten zu machen.



Abb. 6: Mit einem Blick erkennt man sofort die thermischen Bedingungen.

Messtakt/Messdauer. Klagt ein Mitarbeiter bspw. über allgemeine, dauerhafte thermische Unbehaglichkeit an seinem Arbeitsplatz, genügt oft eine schnelle Messung von einigen Minuten, um sich ein Bild über die thermischen Gegebenheiten zu machen.

Ist der Mitarbeiter aber nur punktuell zu unterschiedlichen Zeiten mit den thermischen Bedingungen unzufrieden, macht eine Langzeitmessung über den ganzen Arbeitstag Sinn.

Eventuell kommt es durch die tagesabhängige Steuerung der RLT-Anlage zu temporärer thermischer Unbehaglichkeit. Der Messtakt zur Langzeitmessung sollte durchaus relativ eng gewählt werden (5 – 30 s), da mehr Daten eine zeitlich exaktere Untersuchung ermöglichen. Das testo 480 kann mit seinem Messspeicher von bis zu 60 Millionen Messwerten auch sehr große Datenmengen problemlos dokumentieren.

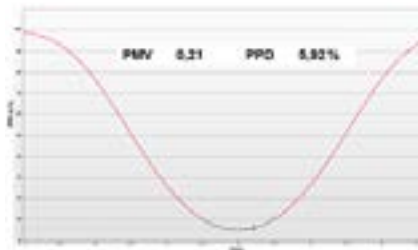


Abb. 7: Auszug aus dem Messprotokoll des testo 480.

Messergebnis/Interpretation.

Unabhängig davon, ob eine relativ kurze Messung oder eine über einen Tag dauernde Langzeitmessung vorgenommen wird, erhält man beim Beenden des Messprogrammes einen gemittelten PMV/PPD Wert über die jeweilige Messdauer.

Dieser kann unter Umständen schon hinreichend aussagekräftig sein.

Es besteht aber auch die Möglichkeit einer Einzelwertanalyse der PMV/PPD-Werte, um etwa bei einer Langzeitmessung Werte herauszufiltern, welche nur zu einer bestimmten Zeit außerhalb der Norm liegen. Dies funktioniert mit der mitgelieferten Software EasyClimate sehr komfortabel.

Das Ergebnis der Messung ist ein Wert der zwischen +3 und -3 liegt und sich auf die Umgebung bezieht. Ein PMV Wert von -0,5 bis +0,5 entspricht thermischer Behaglichkeit.

PMV Klimabeurteilungsskala

| | |
|----|------------|
| +3 | heiß |
| +2 | warm |
| +1 | etwas warm |
| 0 | neutral |
| -1 | etwas kühl |
| -2 | kühl |
| -3 | kalt |

Tabelle 3: PMV Klimabeurteilungsskala.

Die Auswertung kann grafisch oder tabellarisch erfolgen. In Abbildung 7 sieht man das Messergebnis als Grafik, bei dem ein PMV Wert von 0,21 und ein PPD-Wert von 5,92 % als blauer Punkt auf der grünen Linie dargestellt wird. Alle Werte auf der grünen Linie entsprechen einer thermischen Behaglichkeit Kategorie B nach DIN EN ISO 7730.

Befindet sich der PMV Wert außerhalb der +/- 0,5 Grenze, muss eine Ursachen-Analyse durchgeführt werden. Als erste Maßnahme sollten die Messergebnisse der Einzelparameter Globetemperatur, Raumtemperatur, Feuchte und Strömungsgeschwindigkeit genauer

betrachtet werden (siehe Tabelle 4). Stellt man beispielsweise einen hohen Temperaturunterschied zwischen Raum- und Globetemperatur fest, könnte die Ursache eine starke Sonneneinstrahlung durch das Fenster sein.

Je nachdem welche Einzelparameter von der Norm abweichen, sind die Ursachen eventuell bei defekten Bauteilen, einer fehlerhaften Einstellung der RLT-Anlage oder in den Umgebungsbedingungen vor Ort (Luftauslässe, Fenster, bauliche Veränderungen) zu suchen.

| Raumtyp | Aktivität in met | Kleidungs-Faktor in clo | | Kategorie | Operative (Globe-) Temperatur in °C | | Max. mittlere Luftgeschwindigkeit in m/s | |
|---|------------------|-------------------------|--------|-----------|-------------------------------------|--------------------|--|--------|
| | | Sommer | Winter | | Sommer | Winter | Sommer | Winter |
| Einzelbüro Bürolandschaft Konferenzraum Auditorium Cafeteria / Restaurant Klassenraum | 1,2 | 0,5 | 1,0 | B | 24,5 +/- 1,5 | 22,0 +/- 2,0 | 0,19 | 0,16 |
| Die maximale mittlere Luftgeschwindigkeit beruht auf einem Turbulenzgrad von 40 % und einer Lufttemperatur, die gleich der Globetemperatur ist. Für den Sommer und Winter wird eine relative Luftfeuchte von 60 % bzw. 40 % angewendet. Zur Bestimmung der maximalen mittleren Luftgeschwindigkeit wird sowohl im Sommer als auch im Winter die niedrigere Temperatur des Bereichs gewählt. | | | | | | | | |

Tabelle 4: Auszug aus DIN EN ISO 7730.

3.4. Messung Turbulenzgrad und Zugluft

Neben der PMV/PPD-Messung gibt es noch weitere Messmethoden, um Beschwerden von Mitarbeitern objektiv zu bewerten. Klagt ein Mitarbeiter beispielsweise konkret über Zugerscheinungen, sollte in jedem Falle eine Turbulenzgrad- bzw. Zuglufttrisiko-Messung durchgeführt werden.

Definition der Messgrößen. Die Messung ist eine richtungsunabhängige Aufzeichnung der Luftgeschwindigkeiten mit der Behaglichkeitssonde. Die Behaglichkeitssonde von Testo entspricht den technischen Anforderungen der DIN 1946 Teil 2/EN 13779.

Turbulenzgrad. Der Turbulenzgrad beschreibt die Gleich- oder Ungleichförmigkeit der Luftströmung und ist notwendig zur Berechnung des Zuglufttrisikos. Zur Berechnung des Turbulenzgrades muss die Standardabweichung (S_v) des ermittelten Luftgeschwindigkeitswertes gemessen werden.

$$\Gamma_a = \frac{S_v}{\bar{v}} \cdot 100 [\%]$$

S_v = Standardabweichung der Momentanwerte der Luftgeschwindigkeit
= mittlere Luftgeschwindigkeit



Abb. 8: Erste Messung der Zugluft auf 0,1 m Höhe am Boden.



Abb. 9: Zweite Messung der Zugluft auf Tischhöhe (0,6 m).

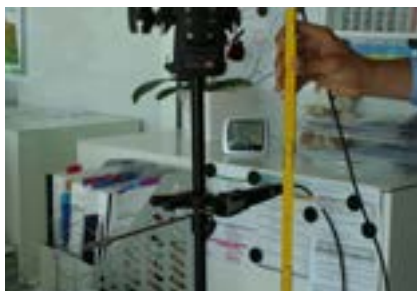


Abb. 10: Dritte Messung der Zugluft über dem Schreibtisch auf 1,1 m Höhe.

Zugluft. Die Zugluft rate stellt den vorausgesagten Prozentsatz an unzufriedenen Raumnutzern aufgrund von zu hohen Luftgeschwindigkeiten dar. In die Berechnung fließen die Raumlufttemperatur (t_a), die mittlere Luftgeschwindigkeit (v) und der Turbulenzgrad (T_u) ein.

$$DR = (34 - t_a) \cdot v \cdot 0,05^{0,6} \cdot (0,77 \cdot v \cdot T_u + 3,14) \text{ [%]}$$

DR = Zugluft rate
 t_a = lokale Lufttemperatur [°C]
 v = lokale mittlere Luftgeschwindigkeit [m/s]
 T_u = lokaler Turbulenzgrad [%]
 (berechnete Größe)

Messung. Für die Messung sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- schneller, masseloser thermischer Strömungssensor (Behaglichkeitssonde)
- 3 Messhöhen je nach Tätigkeit:
 - Messhöhen stehende Tätigkeit:
0,1 m/1,10 m/1,70 m
 - Messhöhen sitzende Tätigkeit:
0,1 m/0,6 m/1,10 m
- Messdauer 180 Sekunden je Messhöhe (empfohlen)
- Messtakt 1 Sekunde

Messergebnis/Interpretation.

Mit dem testo 480 erhält man folgendes Messprotokoll:



| Messwert | Einheit |
|----------|---------|
| 0,10 | m/s |
| 23,76 | °C |
| 49 | % |
| 7 | % |

Abb. 11: Auszug Messprotokoll.

Hier kann die gemessene mittlere Strömungsgeschwindigkeit, mittlere Temperatur und der daraus berechnete Turbulenzgrad und die Zugluft rate betrachtet werden. Im Beispiel haben wir eine Zugluft rate von 7 %.

Eine maximal zulässige Zugluft rate nach DIN EN ISO 7730 – Kategorie B entspricht $DR = 20$ %. Somit kann diesem Messort eine Zugluft rate der DIN EN ISO 7730 – Kategorie B zugeordnet werden.

3.5. Weitere Kriterien zur Bewertung der Behaglichkeit

Vertikaler Lufttemperaturunterschied. Ein hoher vertikaler Lufttemperaturunterschied im Bereich zwischen Kopf und Fußgelenk kann zu Unbehaglichkeit führen.

Messung. Bei der Kontrolle des vertikalen Lufttemperaturunterschiedes genügt eine punktuelle Messung der Differenztemperatur zwischen Kopf (1,10 m) und Knöchelhöhe (0,10 m) bei sitzenden Personen.

Messergebnis/Interpretation. Will man die Behaglichkeitskriterien nach DIN ISO 7730 Kategorie B einhalten, sollte die Temperatur-Differenz kleiner als 3 K sein.

Warme und kalte Fußböden. Falls der Fußboden zu warm oder zu kalt ist, können sich die im Raum befindlichen Personen auf Grund der Wärmeempfindung ihrer Füße unbehaglich fühlen. Bei Personen, die leichte, für Innenräume geeignete Schuhe tragen, ist für die Behaglichkeit nicht das Material des Bodenbelages, sondern die Fußbodentemperatur entscheidend.

Messung. Die Fußbodentemperatur kann mit dem testo 480 und einem Oberflächenfühler (Kreuzbandkopffühler) oder noch schneller mit einem Infrarotmessgerät ermittelt werden.



Abb. 12: Messung am Fußboden.

Messergebnis/Interpretation. Nach DIN EN ISO 7730 muss die Temperatur des Fußbodens zwischen 19° und 29 °C betragen.

3.6. Bewertung der Raumluftqualität

Neben der thermischen Behaglichkeit ist das Einhalten der Raumluftqualität ein wichtiges Kriterium der Behaglichkeit. Dabei gilt die Kohlendioxidkonzentration (CO_2) als wesentlicher Indikator für eine „gute“ Raumluftqualität. Eine aus zu hoher CO_2 -Konzentration resultierende „schlechte“ Luftqualität führt zu Müdigkeit, Konzentrationsschwäche und kann sogar Krankheiten hervorrufen.



Abb. 13: Raumluftqualität messen mit testo 480.

Messung. Das Multifunktions-Messgerät testo 480, wie bereits bei der Messung der Raumtemperatur/-feuchte beschrieben, in Raummitte positionieren und den Fühler außerhalb des eigenen „Dunstkreises“ halten (Höhe 0,6 m). Je nach Beschwerde kann schon nach kurzer Angleichzeit des CO_2 -Fühlers (ca. 30 - 60 s) eine erste Aussage getätigt werden.

Bei der CO_2 -Messung macht gewöhnlich eine Langzeitmessung über einen Arbeitstag Sinn. Hier kann anschließend über eine Auswertung per Software analysiert werden, zu welcher Tageszeit hohe Konzentrationen erreicht werden und ob die Klimaanlage für eine entsprechende Luftwechselrate sorgt. Aus der CO_2 -Konzentration können außerdem Rückschlüsse auf das Lüftungsverhalten der Raumnutzer gezogen werden.

Messergebnis/Interpretation.

In Tabelle 5 sind die zulässigen Eckwerte für die CO_2 -Konzentration aufgelistet. In der Praxis sollte die CO_2 -Konzentration am Arbeitsplatz 1000 ppm nicht überschreiten (nach Pettenkofer). Um eine entsprechende Raumluftqualität zu erreichen, sollte eine Luftwechselrate von mindestens $50 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Raumnutzer eingehalten werden.

| CO ₂ -Konzentrationen – Eckwerte | | |
|---|---------------------|---|
| CO ₂ Vol% | CO ₂ ppm | Beschreibung |
| 0,033 ... 0,04 | 330 ... 400 | Frischlufft in freier Natur |
| 0,07 | 700 | Stadtluft |
| 0,1 | 1.000 | Grenzwert in Büros, Maximalwert nach Pettenkofer |
| 0,5 | 5.000 | MAK - Wert |
| 0,7 | 7.000 | Maximalwert in Kinos nach der Vorstellung |
| 2 | 20.000 | häufig als physiologisch kurzzeitiger Toleranzwert |
| 2 ... 4 | 20.000 ... 40.000 | verstärkte Atmung, erhöhte Pulsfrequenz |
| 4 ... 5,2 | 40.000 ... 52.000 | Ausatmungsluft |
| 4 ... 8 | 40.000 ... 80.000 | Kopfschmerzen, Schwindelgefühl |
| 8 ... 10 | 80.000 ... 100.000 | Krämpfe, schnelle Bewußtlosigkeit, Verlöschung einer brennenden Kerze |
| 20 | 200.000 | in wenigen Sekunden tödlich |

Tabelle 5: Eckwerte CO₂-Konzentration.

Die Kurve zeigt den Prozentsatz jener Personen, die mit der Raumluftqualität bei einer bestimmten CO₂-Konzentration unzufrieden sind.

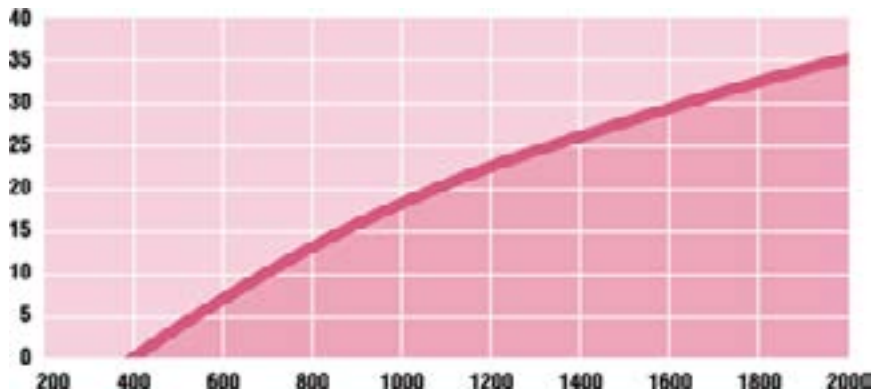


Abb. 14: Prozentsatz unzufriedener Personen bei bestimmter CO₂-Konzentration.

4. Wie sieht ein **ideales Messgerät** zur Beurteilung der Behaglichkeit von Arbeitsplätzen aus?

Im Bereich der Klima-Messung gibt es unterschiedliche Hersteller von Temperatur- und Klima-Messgeräten. Doch die Behaglichkeitsmessung an Arbeitsplätzen ist mehr als „nur“ eine Temperatur- oder Feuchte-Messung vor Ort.

Deswegen sollte man sich vor der Anschaffung eines Klima-Messgerätes neben den üblichen persönlichen Auswahlkriterien vor allem auf folgende Auswahlfaktoren konzentrieren:

1. Welche Messgrößen können erfasst werden?
2. Messe ich mit dem Messgerät normkonform? Wie werde ich dabei unterstützt?
3. Sind Langzeitmessungen (Speicherfähigkeit, Akkulaufzeit, Netzteil) problemlos möglich?
4. Gibt es eine Software zur Analyse meiner Messungen?
5. Wie kann ich meine Messungen dokumentieren?



Abb. 15: Multifunktions-Messgerät testo 480.

Die Lösung: Multifunktions-Messgerät testo 480.

1. Welche Messgrößen können erfasst werden?

testo 480 erfasst alle klimarelevanten Parameter:

- Lufttemperatur
- Globetemperatur
- Oberflächentemperatur
- Luftfeuchte
- Strömung (Turbulenzgrad, Zugluft)
- CO₂
- Druck
- Beleuchtungsstärke
- Zusätzlich berechnete Größen wie Taupunkt, Differenztemperatur...

Dabei kann das testo 480 je nach Messaufgaben individuell mit Sonden bestückt werden.



Abb. 16: testo 480 kann mit zahlreichen Sonden bestückt werden.

2. Messe ich mit dem Messgerät normkonform? Wie werde ich dabei unterstützt?

Besonders im Bereich der Behaglichkeitsmessung unterstützt das testo 480 den Anwender sehr komfortabel mit Hilfe von integrierten Messprogrammen, welche Schritt für Schritt durch die Messung führen. Dabei wird mit dem PMV/PPD Messprogramm ein nach DIN EN ISO 7730 eindeutig und objektives Messergebnis ermittelt.

Auch die Turbulenzgradmessung nach EN 13779 zur Berechnung des Zugluft-risikos kann intuitiv durchgeführt werden.

3. Sind Langzeitmessungen (Speicherfähigkeit, Akkulaufzeit, Netzteil) problemlos möglich?

testo 480 ist geradezu für Langzeitmessungen prädestiniert. Zum einen verfügt es über einen sehr großen internen Speicher, welcher 60 Millionen Mess-

werte aufzeichnen kann.

Zum anderen können mit Hilfe des leistungsstarken Li-Ion Akku oder des mitgelieferten Netzteils über längere Zeiträume Messungen durchgeführt werden.



Abb. 17: Software zur Messanalyse.

4. Gibt es eine Software zur Analyse meiner Messungen?

Die Messergebnisse können per USB-Kabel direkt an einen PC übertragen und mit der mitgelieferten Software „EasyClimate“ ganz einfach dargestellt und analysiert werden. Vor allem bei Langzeitmessungen ist die Software für Filterung und Auswertung der Messdaten behilflich.

5. Wie kann ich meine Messungen dokumentieren?

Die Messergebnisse werden über USB oder SD Karte an einen PC übertragen und dann mit wenigen Klicks in einen fertigen Messbericht überführt. Diese können mithilfe des mitgelieferten Berichtdesigners individuell gestaltet werden. Bei Bedarf können die Messergebnisse auch direkt vor Ort mit dem optional erhältlichen Schnelldrucker ausgedruckt werden.



Abb. 18: Ausschnitt Software.

5. Weiterbildungen.

Das standardmässige Bedienen eines Klima-Messgerätes dürfte einen Klima-/Haustechniker nicht vor allzu große Probleme stellen. Fragen und Unklarheiten kommen eher im Bereich auf:

- Wie messe ich richtig?
- Was wird laut Norm vorgegeben?
- Was sind die größten Ursachen bei Fehlmessungen?
- Wie interpretiere ich meine Messergebnisse richtig?
- Welche Schlussfolgerungen ziehe ich?

Diese und noch mehr Fragen kann in speziellen Seminaren der Testo Akademie beantwortet werden.

Zum Thema Behaglichkeitsmessung empfiehlt sich besonders das 2-Tages-Klima-Seminar „Praxisorientierte Messtechnik an RLT-Anlagen“, welches mit einem Zertifikat des Deutschen Fachverbandes für Luft- und Wasserhygiene abgeschlossen werden kann.

Die Themenschwerpunkte sind:

- Messgrößen Temperatur, Feuchte, Strömung, Druck und CO₂ im Raum
- Indoor Air Quality, Behaglichkeit, Turbulenzgrad



Abb. 19: Klima-Seminar bei der Testo Akademie.

- Staurohr-, Flügelrad- und Hitzdrahtmessung
- Lux-, Schallmessung
- Messstellenplanung am Luftkanal
- Volumenstrommessung mit Fehlerberechnung nach DIN
- °C Tauch-, Oberflächen-, Infrarot- und Globemessung
- Saugende und blasende Öffnungen mit Praxismessungen
- Behaglichkeitsmessung am Arbeitsplatz
- Praxismessung am Luftkanal.



6. Fazit.

Mit zunehmender Anzahl vollklimatisierter Arbeitsplätze in neuen oder energetisch sanierten Gebäuden steigen auch die Beschwerden von Mitarbeitern über Unwohlsein am Arbeitsplatz.

Ohne entsprechende Messtechnik ist es für den Klima-/Haustechniker nahezu unmöglich, den Unterschied zwischen persönlichem Unwohlsein und realen, negativen Raumklimaeinflüssen festzustellen. Dies ist aber zwingend notwendig, um eventuelle negative Einflüsse der RLT-Anlage regulatorisch zu eliminieren. Dabei steht die einfache und wirtschaftliche Durchführung der Messverfahren in keinem Verhältnis zu den Risiken, die eine schlecht bzw. falsch eingestellte

Belüftungs- und Klimatechnik in Gebäuden verursachen kann.

Mit dem Klima-Messgerät testo 480 und seinem umfangreichen Sondenangebot können Verantwortliche relativ einfach alle wichtigen Parameter erfassen, analysieren und dokumentieren, um entsprechend korrektiv tätig zu werden.

Wir messen es.



Änderungen, auch technischer Art, vorbehalten.

Testo AG
Testo-Straße 1, 79853 Lenzkirch
Telefon +49 7653 681-700
Telefax +49 7653 681-701
E-Mail vertrieb@testo.de

www.testo.de/behaglichkeit

2980 1085 15/hahne/06.2014