



Hintergrundwissen: Thermische Behaglichkeit

Thermische Behaglichkeit beschreibt das Zusammenwirken der physikalischen Parameter, die den Wärmehaushalt des Menschen beeinflussen. Diese umfassen Lufttemperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und die Temperatur der Umgebungsflächen, aber auch Beleuchtung und Luftqualität. Sind sie in einem bestimmten Gleichgewicht, ist das Raum- oder Mikroklima der Umgebung für den Menschen behaglich. Kurt Engelmann beschreibt das für einen Menschen angenehmste Raumklima mit einem lauen Sommertag:

Das für den Menschen angenehmste Raumklima, bei dem er sich behaglich fühlt, kann am besten mit einem milden Sommertag im Freien, an einem ruhigen windstillen Platz im Halbschatten verglichen werden. Temperatur und Luftfeuchtigkeit sind angenehm, weder zu hoch noch zu niedrig; die Luft ist frei von Staub, Ozon und anderen Schadstoffen sowie frei von unangenehmen Gerüchen. Im Hintergrund ist nur ein leises Rauschen der Blätter zu hören, das Licht ist nicht zu grell und nicht zu düster, die Farben in der Natur sind unaufdringlich, aber dennoch abwechslungsreich. (<http://www.iesysteme.at/dl/Engelmann-Inst07-08.pdf> am 19.02.2018)

Einige der zugrundeliegenden Zusammenhänge zu verstehen, kann helfen, ein behagliches und gesundes Raumklima herzustellen und ein tieferes Verständnis für energiesparendes Heizen und Lüften zu erlangen. Zu den dafür zentralen Parametern zählen die Lufttemperatur, die Umgebungs- bzw. Wandtemperatur sowie die relative Luftfeuchtigkeit.

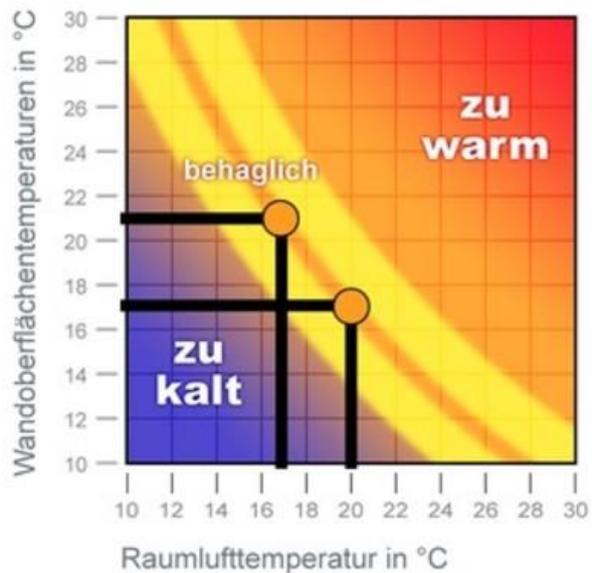
Die Wandtemperatur nimmt Einfluss auf die Behaglichkeit

Jeder kennt das Gefühl: je näher wir an eine kalte Wand oder ein kaltes Fenster herantreten desto unangenehmer bzw. größer wird der Einfluss der Oberflächentemperatur auf unser Behaglichkeitsempfinden. Das physikalische Phänomen dahinter ist einfach: Der menschliche Körper steht ständig mit den ihn umgebenden Flächen und der Umgebungsluft in einem Strahlungsaustausch. In diesem Strahlungsaustausch gibt es verschiedene Gleichgewichtspunkte zwischen Raumlufttemperatur und Oberflächentemperatur, bei denen es für den Menschen im Raum behaglich ist. Ist man von Flächen umgeben, die eine Oberflächentemperatur von 20°C abstrahlen, so wird schon eine Raumlufttemperatur von 18°C von fast allen Menschen als thermisch behaglich empfunden. Dies ist bei gut gedämmten Häusern



der Fall. Bei unzureichender Dämmung können schnell Wandoberflächentemperaturen von unter 18°C auftreten und es muss mehr geheizt werden (vgl. Abb., Quelle: www.fachwerk.de).

Ein gleichmäßig beheizter Raum, in welchem dank Stoßlüftung keine einzelnen Bauteile auskühlen, wird auch nach dem Lüften schnell wieder als behaglich wahrgenommen. Durch das kurze, kräftige Lüften wird nur die Raumluft ausgetauscht. Wände und Möbel strahlen weiter Wärme ab, sodass es nur kurze Zeit dauert bis der Raum nach dem Lüften wieder behaglich ist, obwohl die Lufttemperatur noch nicht wieder 20°C erreicht hat. Umgekehrt fühlt es sich in einem lange Zeit unbeheizten Raum erst dann wirklich angenehm an, wenn sich nicht nur die Raumluft sondern nach einigen Tagen auch die Wandflächen und Möbel vollständig erwärmt haben.



Exkurs: Die Spezifische Wärmekapazität

Die spezifische Wärmekapazität gibt an, wieviel Energie pro Kilogramm eines Stoffes aufgewendet werden muss, um ihn zu erwärmen. Es befinden sich nicht sehr viele Kilogramm Luft in einem Raum (1293 Gramm pro Kubikmeter), jedoch viele Kilogramm Einrichtungsgegenstände und Mauerwerk. Aus diesem Grund ist es nicht sehr energieaufwändig Luft aufzuheizen, im Vergleich dazu aber sehr energieaufwändig, ausgekühlte Möbel und Wände zu erwärmen.

Fazit: Es empfiehlt sich, kurz und kräftig zu lüften, sodass die Luft ausgetauscht wird, die Wände und Möbel jedoch warm bleiben können. Dauerlüften bei gekippten Fenstern ist zu vermeiden, weil dies die Wände stark auskühlt und den Heizenergiebedarf stark erhöht.

Übrigens: Bei Gebäuden mit einfachverglasten Fenstern kann in der Nähe des Fensters eine Zegerscheinung entstehen. Diese entsteht aber nicht unbedingt durch eine Ritze, sondern kann auch durch die niedrige Oberflächentemperatur des Fensters entstehen. Die Glasscheibe strahlt auf einem niedrigeren Temperaturniveau Wärme ab und es fühlt sich an wie „Zug“. (Testen Sie selbst: Halten sie ein Feuerzeug oder eine Kerze an Fenster, von denen Sie annehmen, sie seien undicht. Brennt die Kerze gleichmäßig, fühlt es sich nur aufgrund der geringen Oberflächentemperatur zugig an).

Thermische Behaglichkeit

Heizen mit dem Hygrometer: Der Zusammenhang von relativer Luftfeuchtigkeit und Raumtemperatur

Ob wir uns behaglich fühlen oder nicht, hängt nicht nur von der Umgebungstemperatur, sondern auch von der Luftfeuchtigkeit ab. Wenn Schweiß auf der Haut verdunstet, wird dem Körper Wärme entzogen, die Verdunstungskälte kühlt den Körper. An einem heißen Sommertag in Norddeutschland ist es meist unangenehm heiß, weil die Luftfeuchtigkeit sehr hoch ist und der Schweiß von der Haut nicht von der Luft aufgenommen werden kann. Dagegen ist ein heißer Sommertag im trockenen Südeuropa angenehmer, da die Luftfeuchtigkeit dort deutlich niedriger ist und die körpereigene Kühlung funktioniert.

Soll in geschlossenen Räumen Behaglichkeit hergestellt werden, ist auch hier die Luftfeuchtigkeit ein Faktor. Wenn die Raumluft zu trocken ist (<30% rel. Luftfeuchtigkeit), fühlen wir uns nicht wohl. Das Konzentrationsvermögen leidet und die Schleimhäute trocknen aus. Wenn die Schleimhäute durch zu geringe Wasserzufuhr ausgetrocknet sind, steigt außerdem die Infektionsgefahr, weil Krankheitserreger über die ausgetrockneten Schleimhäute leicht eindringen können. Eine zu hohe Luftfeuchtigkeit dagegen (>65%) begünstigt das Schimmelwachstum. Da sich Schimmelsporen überall in der Luft befinden, brauchen sie nur noch etwas Staub und Feuchtigkeit als Nährboden, um gedeihen zu können. Und weil die Kondensationsgefahr (das Ausfällen von Feuchtigkeit an kalten Oberflächen) mit steigender rel. Luftfeuchtigkeit zunimmt, sollte hohe relative Luftfeuchtigkeit verhindert werden. Des Weiteren muss das Wasser in der Luft beim Aufheizen von Räumen mit erwärmt werden, was in einem erhöhten Heizenergiebedarf resultiert.

Ein ausgeglichenes Verhältnis aus Temperatur und Luftfeuchte innerhalb eines bestimmten Rahmens ist also anzustreben. Dieses Gleichgewicht herzustellen, ist eine Herausforderung, weil sich die Luftfeuchtigkeit relativ zur Temperatur verändert. Kalte Luft ist schneller feuchtigkeitsgesättigt, warme kann hingegen mehr Feuchtigkeit aufnehmen, hat also eine geringere relative Luftfeuchtigkeit bei der gleichen absoluten Menge Wassergehalt. Daher kommt es im Winter in beheizten Räumen zu starken Schwankungen der Luftfeuchtigkeit mit negativem Behaglichkeitsempfinden, gegen das dann angeheizt wird – teilweise unnötig, wenig erfolgreich oder zu viel.

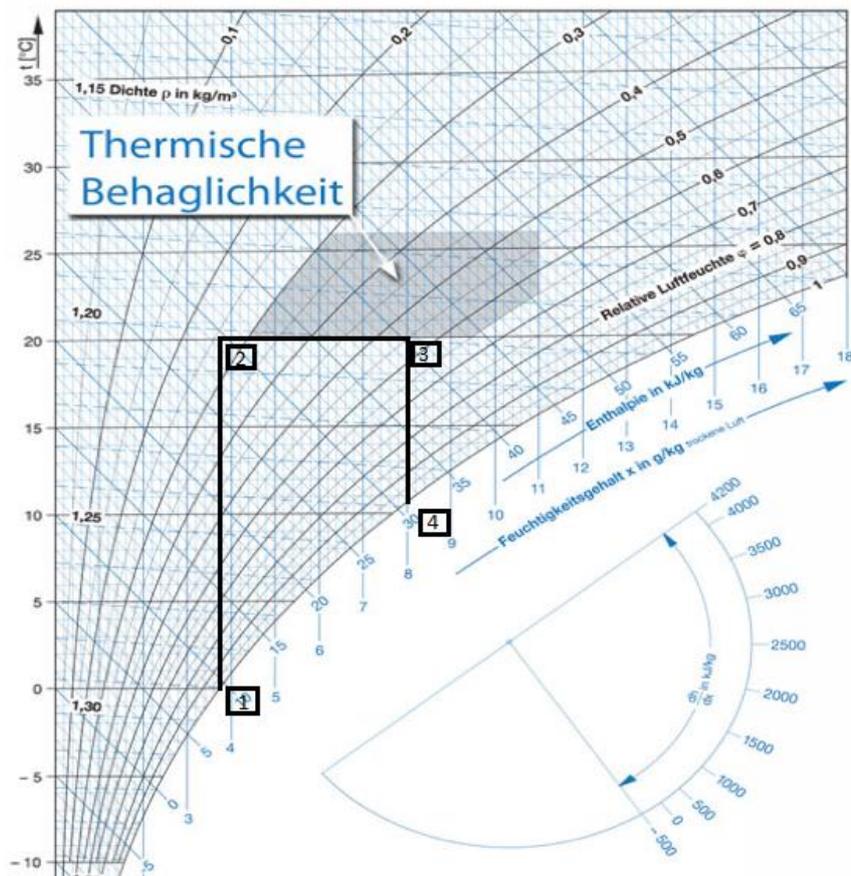
Das hx-Diagramm als Wegweiser zeigt den Zusammenhang zwischen rel. Luftfeuchtigkeit (oder Luftfeuchte) und Temperatur

In der Physik wird der Zusammenhang zwischen Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur der Luft im sogenannten hx-Diagramm dargestellt. Es beschreibt die Fähigkeit der Luft Wasser aufzunehmen und stellt die absolute und relative

Thermische Behaglichkeit

Luftfeuchte für die unterschiedlichen Temperaturen dar. Mithilfe dieses Diagramms lässt sich gut verdeutlichen, wie sich das Raumklima im Zuge des Lüftens verändert.

Auf der senkrechten Achse ist die Temperatur abzulesen (von -10°C am unteren Bildrand bis 35°C). Die relative Luftfeuchtigkeit ist auf den schwarzen Kurven aufgetragen, die von links unten nach rechts oben durch das Diagramm verlaufen ($0,1=10\%$ bis $1=100\%$ rel. Luftfeuchtigkeit). Zusätzlich sind noch blaue senkrechte Linien eingezeichnet. Diese geben die absolute Feuchte an. Ein Beispiel wird im nächsten Absatz gegeben.



Wie verändert sich die relative Luftfeuchtigkeit nach dem Lüften?

An einem kalten Wintertag mit 0°C und 100% rel. Luftfeuchtigkeit (Punkt 1) enthält 1kg Außenluft (ungefähr) $3,8\text{g}$ Wasser. Wird nun gelüftet, wird die gesamte Raumluft innerhalb kurzer Zeit durch Außenluft ersetzt. Anschließend erwärmt sich die frische Luft auf 20°C (Punkt 2). Die Luft enthält noch die gleiche (geringe) Menge Wasser, aber die relative Luftfeuchtigkeit ist auf 26% ($0,26$) gefallen. Bleibt das Fenster im Folgenden geschlossen, wird der Luft Wasser zugeführt (z.B. durch Feuchtigkeit aus Möbeln, Teppichen, Wäsche trocknen, Atmen, Zimmerpflanzen). Im abgebildeten Beispiel steigt die rel. Luftfeuchtigkeit bis auf 8g Wasser/kg Luft (Punkt 3). Hier ist

Thermische Behaglichkeit

nun ein behaglicher Zustand mit 55% rel. Luftfeuchte erreicht. Wird nun weiter Wasser eingetragen durch Duschen, Kochen etc., so nimmt die Luft immer mehr Wasser auf. Die Behaglichkeit sinkt und die rel. Luftfeuchte sollte durch Luftaustausch und Zuführen trockener Luft erneut gesenkt werden.

Fazit: Wenn sich die relative Luftfeuchtigkeit in den Räumen durch oben genannte Faktoren über 60% erhöht, so ist es wichtig, die Luft bei weit geöffneten Fenstern auszutauschen.

Wie verhält sich abkühlende Raumluft?

In Punkt 3 des Diagramms misst die Luft 20°C und enthält 8g Wasser. Gibt es einen Punkt im Raum, der beispielsweise nur 5°C hat (eine Zimmerecke oder einen Fenstersturz, der z.B. durch langes Kipplüften extrem ausgekühlt ist), so kühlt sich eine kleine Luftschicht auf diese Temperatur ab, wenn die Raumluft an diesem Bereich „vorbeistreicht“ (Punkt 4). Bei 5°C kann die Luft jedoch nur maximal 5,5g Wasser aufnehmen, d.h. die Luft kann das enthaltene Wasser nicht mehr halten (der sog. Taupunkt ist erreicht) und das Wasser kondensiert an der kalten Wand → die Wand wird feucht und es kann zu Schimmelbildung kommen.

Stand 05.2018

Für praktische Tipps und Hinweise siehe auch die Kurzinfo „Energieeffizientes Lüften und Heizen“ auf www.kirche-fuer-klima.de/gebaeude.

Weitere Informationen:

Oke Dethlefsen / Annette Piening
Telefon: 040 / 306 20 1415
oke.dethlefsen@umwelt.nordkirche.de