

Positionspapier zu Auswirkungen energiesparender Maßnahmen auf die Innenraumluft

Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK), Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Autorinnen und Autoren: Mitglieder des Arbeitskreises Innenraumluft im BMK

Weitere Expertinnen und Experten: DI Felix Twrdik (IBO Innenraumanalytik OG), Dr. Tobias Waltjen (Österreichisches Institut für Baubiologie und Ökologie – IBO)

Gesamtumsetzung: DI Peter Tappler, Assoz.-Prof. PD DI Dr. Hans-Peter Hutter

Wien, 2023. Stand: 23. März 2023

Copyright und Haftung:

Auszugsweiser Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet, alle sonstigen Rechte sind ohne schriftliche Zustimmung des Medieninhabers unzulässig.

Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung des BMK und der Autoren ausgeschlossen ist. Rechtausführungen stellen die unverbindliche Meinung der Autoren dar und können der Rechtsprechung der unabhängigen Gerichte keinesfalls vorgreifen.

Werden Personenbezeichnungen aufgrund der besseren Lesbarkeit lediglich in der männlichen oder weiblichen Form verwendet, so schließt dies das jeweils andere Geschlecht mit ein.

Vorwort

Der vorliegende Text basiert zum Teil auf einem Fachartikel der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) des deutschen Umweltbundesamtes. Es wurden gegenüber dem Originaltext einige, vor allem österreichspezifische Ergänzungen, Streichungen sowie Anpassungen durchgeführt. Der Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie dankt dem IRK und den Autoren für die Möglichkeit und Erlaubnis, Textteile und Erkenntnisse für das vorliegende Positionspapier verwenden zu dürfen.

Der Originalartikel ist verfügbar unter:

umweltbundesamt.de/themen/faq-absenkung-der-raumtemperatur-in-herbst-winter

Positionspapiere des Arbeitskreises Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie werden zu aktuellen Themen im Bereich Innenraumklimatologie und -toxikologie ausgearbeitet und stellen das jeweilige Thema kurz und leicht aktualisierbar dar. Sie werden von Fachleuten der Umwelthygiene der Medizinischen Universität Wien, der Bundesländer, der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) und Messtechnik sowie aus Forschungseinrichtungen des Bundes (Umweltbundesamt) und privater Institutionen erstellt und richten sich in erster Linie an Fachleute, aber auch an interessierte Laien, an Behörden, an den Öffentlichen Gesundheitsdienst und Personen aus den einschlägigen Gewerbebereichen.

Der Arbeitskreis Innenraumluft im BMK erstellt und veröffentlicht unterschiedliche Typen von Dokumenten: Die einzelnen Teile der „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft“ werden unter Mitwirkung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften erstellt und definieren Richt- und Referenzkonzentrationen für häufig auftretende Schadstoffe in Innenräumen. Beim „Wegweiser für eine gesunde Raumluft“ handelt es sich um eine Konsumentenbroschüre, in der in leicht verständlicher Form Empfehlungen zum Thema „Innenraumluft“ gegeben werden. Zu einzelnen Themen werden Positionspapiere veröffentlicht, die gegebenenfalls durch Leitfäden ergänzt werden, in denen in umfangreicherer Form Informationen bereitgestellt werden.

Leitfäden und Positionspapiere sowie der Corona-Rechner legen prinzipielle Vorgangsweisen für Experten fest und schneiden offene Fachfragen an. Sie spiegeln die Fachmeinung der im Arbeitskreis vertretenen Experten und Expertinnen (Umwelthygiene, Messtechnik, Verwaltung usw.) zu einem aktuellen Problemkreis im Themenbereich

„Innenraumluft“ wider. Sie haben keinen normativen Charakter und können nach einer Evaluierung auch erneut bearbeitet werden.

Zum Zeitpunkt der Drucklegung sind erschienen:

- Leitfaden Gerüche in Innenräumen
- Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“)
- Leitfaden zur technischen Bauteiltrocknung

- Positionspapier zu Luftströmungen in Gebäuden
- Positionspapier zu Schimmel in Innenräumen
- Positionspapier zu Lüftungserfordernissen in Gebäuden
- Positionspapier zu Formaldehyd in Saunaanlagen
- Positionspapier zu technischer Bauteiltrocknung
- Positionspapier zu Verbrennungsprozessen und Feuerstellen in Innenräumen
- Positionspapier zur Sanierung von Schimmelbefall nach Wasserschäden in Krankenanstalten
- Positionspapier zur Lüftung von Schul- und Unterrichtsräumen – SARS-CoV-2
- Positionspapier zu Lüftungsunterstützenden Maßnahmen zur Infektionsprophylaxe – Einsatz von Luftreinigern und Einbringung von Wirkstoffen in die Innenraumluft
- Positionspapier zur Bewertung von Innenräumen in Hinblick auf das Infektionsrisiko durch SARS-CoV-2
- Positionspapier zur Beurteilung der maschinellen Kühlung von Innenräumen in Hinblick auf SARS-CoV-2
- Positionspapier zu Auswirkungen energiesparender Maßnahmen auf die Innenraumluft

- Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft (mehrere Teile)
- Wegweiser für eine gesunde Raumluft
- Corona-Rechner VIR-SIM: Tool zur Berechnung des Infektionsrisikos durch SARS-CoV-2 über Aerosolpartikel in Innenräumen: corona-rechner.at

Alle Publikationen sind auf der Website des BMK zum Download verfügbar:

bmk.gv.at/themen/klima_umwelt/luft/innenraum/arbeitskreis.html

Positionspapier zu Auswirkungen energiesparender Maßnahmen auf die Innenraumluft

Das Positionspapier des Arbeitskreises Innenraumluft basiert auf einer Empfehlung der Innenraumlufthygiene-Kommission (IRK) am deutschen Umweltbundesamt und soll Behörden, Raumnutzern und Gebäudebetreibern helfen, die Auswirkungen energiesparender Maßnahmen auf das Innenraumklima zu evaluieren und damit auch das Risiko für daraus resultierende mögliche gesundheitliche Beeinträchtigungen bzw. Erkrankungen zu verringern. Die im Positionspapier getroffenen Aussagen sind sinngemäß auch für andere Fragestellungen in Innenräumen in Zusammenhang mit Raumklimaveränderungen anwendbar. Das Positionspapier dient auch im Rahmen der Zuständigkeit des Arbeitskreises Innenraumluft im BMK zur Präzisierung und Ergänzung der von der Bundesregierung, verschiedenen Bundesministerien und weiteren Institutionen herausgegebenen Empfehlungen in Bezug auf Veränderungen der Raumtemperaturen und andere energiesparende Maßnahmen.

Der voranschreitende Klimawandel erhöht in Österreich die Anzahl an Hitzetagen und Tropennächten. Daraus resultiert eine notwendige Anpassung des Nutzerverhaltens in Wohngebäuden. Die Bewertung der Kriterien Effektivität, Kosten und Komfort spielt dabei eine wesentliche Rolle. Im Zuge von Bestrebungen zur Energieeinsparung werden Maßnahmen diskutiert, die auch im Wohn- und Arbeitsbereich rasch umsetzbar sind. Durch die gestiegenen Energiepreise überlegen Wohnbaugesellschaften und öffentliche Einrichtungen bspw. eine Absenkung der Raumtemperaturen in der kalten Jahreszeit sowie eine Verringerung des Ausmaßes der Kühlung von Räumen im Sommer durchzuführen. Eine diesbezüglich oftmals geäußerte Empfehlung lautet, dass die Raumtemperatur im Winter tagsüber auf bis zu 19 Grad und nachts auf geringere Temperaturen eingestellt werden soll.

Berechnungen zeigen, dass eine um wenige Grade veränderte Raumtemperatur sich nachgewiesenermaßen positiv auf der Kostenseite bemerkbar macht, insbesondere gilt dies generell für die Heizsaison und speziell für klimatisierte Gebäude im Sommer. Mit dem Senken der Raumtemperatur um 1°C im Winter können bereits sechs Prozent des Energieverbrauchs eingespart werden¹.

Der Arbeitskreis Innenraumluft im BMK spricht für Veränderungen des Temperaturniveaus in Innenräumen nachfolgende Empfehlungen aus, die sich am Stand der Technik orientieren. Welche Temperaturabsenkungen aus gesundheitlicher und bauphysikalischer Sicht akzeptabel sind und was Betroffene im Herbst und Winter, aber auch bei sommerlich hohen Außentemperaturen beachten sollen, um etwa Schimmelbildung und andere Folgen zu vermeiden, mindestens aber zu reduzieren, wird im Folgenden dargelegt.

Wohlbefinden und Behaglichkeit im Innenraum

Das Wohlbefinden des Menschen in Innenräumen hängt (neben dem Einfluss von diversen psychosozialen Faktoren und der Abwesenheit von Schadstoffen) stark vom Raumklima ab. Am bedeutendsten sind dabei jene Faktoren, die das Gleichgewicht des Wärmehaushaltes des Menschen beeinflussen. Dazu gehören Luftfeuchtigkeit, Luft- und Wandtemperaturen, Luftströmungen sowie Aktivität und Kleidung der Raumnutzer (vgl. dazu EN ISO 7730²).

Vereinfacht lässt sich die vom Menschen empfundene "operative Raumtemperatur" als Mittelwert zwischen der örtlichen Strahlungstemperatur und der Lufttemperatur beschreiben, sie wird im Außenbereich auch "gefühlte Temperatur" genannt. Dies ist der Grund dafür, dass wir an kalten, sonnigen Tagen ohne Kälte zu empfinden in der Sonne sitzen können oder bei Wind und bedecktem Himmel zu frösteln beginnen. Die empfundene Raumtemperatur ist daher auch in Innenräumen nicht nur von der Lufttemperatur, sondern sehr stark von der Temperatur der den Nutzer umgebenden Oberflächen abhängig. Diese Tatsache bewirkt, dass bei Vorhandensein warmer Oberflächen, bspw. einem Kachelofen oder Infrarotpaneelen, deutlich niedrigere

¹ [bmk.gv.at/service/presse/gewessler/20220912_energiesparen-kampagne.html](https://www.bmk.gv.at/service/presse/gewessler/20220912_energiesparen-kampagne.html)

² ÖNORM EN ISO 7730 (2006): Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Indexes und Kriterien der lokalen und thermischen Behaglichkeit. 2006-05-01

Lufttemperaturen für das Erreichen eines ähnlichen Behaglichkeitsniveaus wie ohne diese Strahlungsflächen erforderlich sind und dass sich eine unbefriedigende kalte Raumtemperatur durch eine entsprechende Erhöhung der Oberflächentemperatur kompensieren lässt. Umgekehrt bewirken kalte Oberflächen wie schlecht gedämmte Außenwände oder ältere Fenster ein Gefühl der thermischen Unbehaglichkeit.

Empfundene Temperaturen unterhalb von 18°C verschlechtern den Komfort für viele Menschen deutlich [1], was dazu führen könnte, dass im Winter vermehrt Zusatzheizgeräte zum Einsatz kommen und dadurch Energiesparbemühungen wieder zunichte gemacht würden. Auch zu trockene Luft, die insbesondere im Winter auftritt, kann zur Austrocknung bzw. zu Reizungen der Schleimhäute der oberen Atemwege und der Bindehäute der Augen führen und macht diese empfindlicher für chemische Luftschadstoffe, Stäube, Mikroorganismen und Viren. Der Effekt einer Erhöhung der Luftfeuchte in der kalten Jahreszeit durch Absenkung der Raumtemperatur bei gleichem Nutzungsverhalten wäre daher in gut belüfteten Büros, öffentlichen Gebäuden oder Schulklassen sogar erwünscht, da die Luftfeuchte im Winter in zahlreichen Fällen ohnehin viel zu niedrig liegt. Dies liegt daran, dass in derartigen Räumen wenig Feuchte produziert wird, und die Luftfeuchtigkeit in den Räumen bei kalter Außentemperatur auf deutlich unphysiologische Werte unter 20% absinken kann.

Feucht-warme Wetterlagen, die im Sommer auf Grund des Temperaturanstieges im Zuge der Klimakrise in unseren Breiten immer häufiger vorkommen, werden generell als körperlich und mental belastend empfunden. Die sogenannte „Schwülegrenze“ der absoluten Luftfeuchte liegt bei etwa 12 g Wasser pro m³ Luft. Ein völliger Wegfall der Kühlung von Innenräumen auf Grund von Energiesparbestrebungen würde sich daher im Einzelfall auf Wohlbefinden und Gesundheit auswirken. Zwischen den im arabischen oder US-amerikanischen Raum durchaus üblichen 18°C und den auch bei sehr heißen Tagen aus europäischer Perspektive ausreichenden Zieltemperaturen von etwa 25°C für die Kühlung von Innenräumen liegt aber regelungstechnisch einiger Spielraum.

Sehr oft wird übersehen, dass unser Kälteempfinden stark durch Training und Anpassung bestimmt wird – schon allein durch den Wechsel der Jahreszeiten erfolgt in unseren Breiten eine Veränderung der äußeren Gegebenheiten und damit auch des Kälteempfindens. Eine längerfristige Erhöhung der Kältetoleranz ist bspw. durch regelmäßige und idealerweise tägliche Exposition möglich [2]. Diese Anpassungsfähigkeit kann man sich bspw. auch dafür zunutze machen, sich in einem weniger stark beheizten

Innenraum wohlzufühlen. Insgesamt verbessert sich so die Fähigkeit des Körpers, kühle Temperaturen noch als angenehm wahrzunehmen.

Auch regelmäßiges Ausdauertraining wie Krafttraining, Radfahren oder Joggen verbessert die Durchblutung. Auch die Kälterezeptoren in der Haut sowie die Verarbeitung der entsprechenden Signale im Gehirn können einem Training unterzogen werden. Sind wir häufiger niedrigen Temperaturen und Temperaturwechseln ausgesetzt, reagiert der Organismus weniger empfindlich auf Kälte, entwickelt ein toleranteres Kältegefühl und löst nicht sofort Zittern aus. Gut sind Spaziergänge an der frischen Luft, Wechselduschen und/oder Saunagänge [2]. Ähnliche Akklimatisierungsmöglichkeiten gibt es ebenso für Hitze. Wichtig erscheint in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass derartige individuelle Anpassungsmaßnahmen niemals verordnet, sondern freiwillig erfolgen müssen, um nicht unerwünschte Gegenreaktionen zu provozieren.

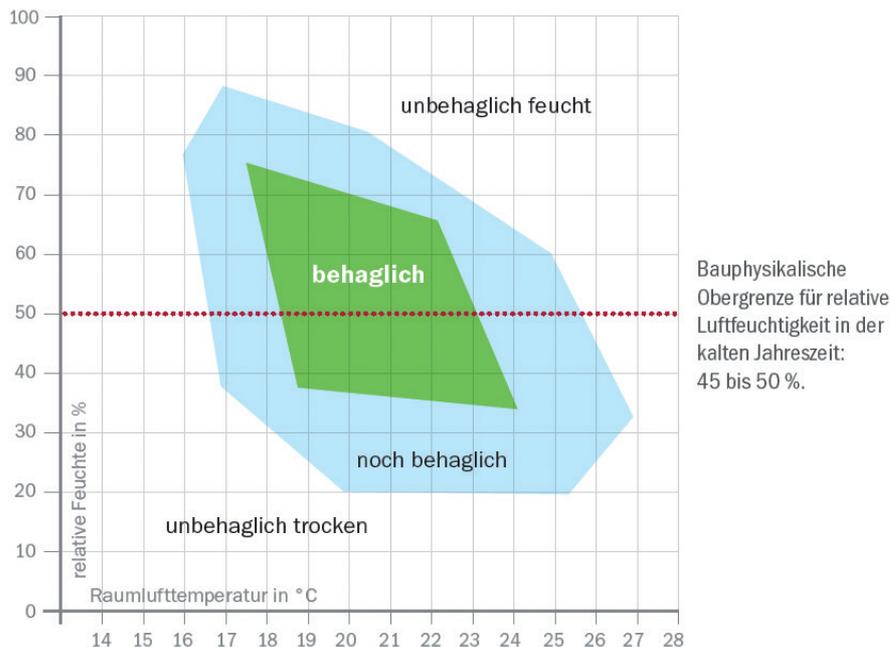
Alle Anpassung ist limitiert – eben auch, weil vieles beim Kälteempfinden von nicht veränderbaren Faktoren abhängt. Rezeptoren auf unserer Haut messen ständig, ob die Temperatur unserer Umgebung von der Körpertemperatur, etwa 36-37°C, abweicht. Bei anhaltender Kälte wird das vegetative Nervensystem (Sympathikus) aktiviert: Die Blutgefäße in der Peripherie (Hände, Füße) verengen sich. Ein Vorgang, der Zentralisation genannt wird. In dessen Verlauf wird das Blut von außen nach innen geleitet. Fangen wir an zu zittern, ist das ein Versuch des Körpers, mittels Minimalbewegungen Wärme zu produzieren. Diese Reaktionen auf Kälte sind bei den meisten Menschen gleich – nicht aber der Punkt, an dem sie einsetzen. Auch bei der Kälteempfindlichkeit – wie beim Wärmeempfinden – gibt es individuell sehr große Unterschiede.

In der Regel haben Frauen eine geringere Körper- und Muskelmasse als Männer. Dadurch haben sie einen geringeren Grundumsatz, was dafür sorgt, dass der Körper weniger Energie in Form von Wärme produziert. Frauen haben außerdem dünnere Haut und geben dadurch mehr Wärme ab. Frauen haben zwar in der Regel einen höheren Körperfettanteil, und Unterhautfett hat grundsätzlich eine isolierende Wirkung, Körperfett hingegen ist aber nicht gleichmäßig verteilt, sondern sammelt sich oft beispielsweise am Bauch an, mit begrenzter Wirkung auf den Wärmeverlust. Niedrige Temperaturen bedeuten auch, dass Zellen, Gewebe und Organe langsamer und nicht mehr mit gleicher Qualität arbeiten. Sind beispielsweise die Schleimhäute nicht gut durchblutet, produzieren sie weniger Schleim, der Viren davon abhält, an den Zellen anzudocken. Durchs reine Frieren erkältet man sich also nicht, macht es Erkältungserregern aber leichter, den Organismus zu befallen [2].

Verschiedene Faktoren führen dazu, dass Frauen tendenziell bereits bei höheren Temperaturen als Männer zu frösteln beginnen. Die Ergebnisse einer umfangreichen Studie zeigten signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede in Bezug auf thermischen Komfort und Temperaturpräferenzen. Frauen sind mit Raumtemperaturen allgemein weniger zufrieden als Männer, bevorzugen höhere Raumtemperaturen als Männer und frieren häufiger. Ihnen ist aber auch häufiger unangenehm heiß [3]. Es existieren hingegen auch Studien, die keine statistisch signifikanten Unterschiede in der Komforttemperatur zwischen den beiden Geschlechtern beobachtet haben. Mittlere operative Komforttemperaturen wurden mit $26,8 \pm 1,5^\circ\text{C}$ und $27,6 \pm 1,7^\circ\text{C}$ im Sommer und $22,7 \pm 2,3^\circ\text{C}$ und $22,3 \pm 2,0^\circ\text{C}$ im Winter für weibliche bzw. männliche Bewohner in Schlafräumen berechnet [4].

Den Zusammenhang zwischen Behaglichkeit in Abhängigkeit zur Raumlufttemperatur und relativer Raumluftfeuchte zeigt sehr vereinfacht eine Grafik von Leusden und Freymark, die häufig zur Darstellung dieser Zusammenhänge – allerdings ohne die beschriebenen Akklimatisierungsmöglichkeiten – verwendet wird [5, 6].

Abbildung 1 Behaglichkeit in Abhängigkeit zur Raumlufttemperatur und relativer Raumluftfeuchte nach Leusden und Freymark (erweitert mit Angaben zur bauphysikalischen Obergrenze)

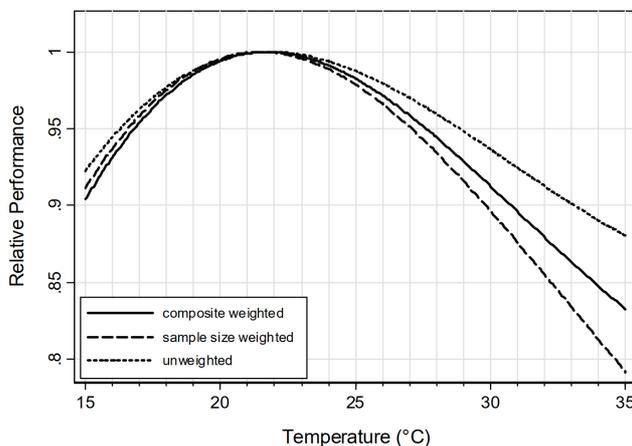


Es gibt Hinweise, dass thermische Variabilität in Innenräumen den Komfort verändern und – richtig eingesetzt – einen geringeren Energieverbrauch des Gebäudes zur Folge haben kann. Eine Übersichtsarbeit von Studien, die solche Variationen in der Innenraumumgebung wie räumliche und zeitlich sich verändernde Zustände, Ungleichmäßigkeiten und Temperaturdriften thematisieren, zeigte, dass diese Faktoren einen erheblichen Einfluss auf die empfundene Raumtemperatur haben. Schwankende Lufttemperaturen können sogar für bessere Zufriedenheit sorgen und reduzieren den Stress der Raumnutzer im Vergleich zu festen Sollwerten [7, 8].

Temperatur und Leistungsfähigkeit

Die Leistungsfähigkeit bei geistigen Tätigkeiten in Innenräumen ist von der Raumlufttemperatur abhängig [9]. Die Ergebnisse einer umfangreichen Meta-Studie [10] zeigten, dass ein Maximum kognitiver Leistungsfähigkeit im Temperaturbereich um etwa 22°C gegeben ist (Abb. 2). Bei höheren Temperaturen ist eine Abnahme der geistigen Leistungsfähigkeit gegeben. Beispielsweise beträgt die Leistung bei einer Temperatur von 30°C nur etwa 91% des Maximums. Eine Verringerung der Kühlung von Räumen in der warmen Jahreszeit hätte daher spürbare Performanceeinbußen zur Folge. Andererseits würde auch eine zu starke Absenkung der Raumtemperatur in allen Jahreszeiten – sei es auf Grund von Energiesparbemühungen im Winter oder zu starker Kühlung im Sommer – die Leistungsfähigkeit beeinträchtigen. Generell kann der Bereich ab etwa 19°C in Hinblick auf eine zumutbare Senkung der Leistungsfähigkeit als noch akzeptabel betrachtet werden.

Abbildung 2 Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit von der Raumtemperatur, aus [10]



Auch liegt vermutlich ein Gendereffekt vor: Frauen fühlen sich tendenziell bei wärmeren Temperaturen wohler und sind leistungsfähiger, das ergab eine Studie, bei der Forschende 543 Männer und Frauen bei unterschiedlichen Temperaturen Rechenaufgaben und Worträtsel lösen ließen [11].

Risiko für Feuchteschäden und Schimmelbefall

Feuchtigkeit und Raumtemperatur stehen in einer unmittelbaren Wechselwirkung: Wärmere Luft kann physikalisch mehr Feuchte aufnehmen als kältere. Im Umkehrschluss erhöht kältere Raumluft bei nicht niedriger Luftfeuchte die Gefahr für das Auftreten von Schimmelbefall (ab 80% relativer Luftfeuchte) und für Feuchte Kondensation (Bildung eines flüssigen Wasserfilms) entlang kühler Oberflächen. Gefährdet sind besonders Bereiche wie z.B. kalte Außenwände, gekühlte Flächen im Raum, aber auch Nischenbereiche, wo anfallende Feuchte nicht mit dem Luftstrom beim Lüften abtransportiert wird. Für mehr Informationen zu Schimmel und Zusammenhänge mit der Luftfeuchtigkeit wird auf den österreichischen Schimmelleitfaden [12] verwiesen.

Es gibt ein spezifisches Auskühlungsverhalten von Gebäudeinnenoberflächen abhängig von Dämmung und Speichermasse, sodass in verschiedenen Gebäuden die kritische Temperatur für Schimmelbefall verschieden rasch erreicht wird. Studien sowie bauphysikalische Berechnungen belegen, dass bei Absenken der Raumlufttemperaturen unterhalb von 18°C tagsüber im Winter auch das Risiko für Feuchteschäden und Schimmelbefall besonders in schlecht gedämmten Altbauten deutlich zunimmt. Als Nachtabsenkung können allerdings solche Temperaturen toleriert werden, wenn tagsüber die Raumlufttemperaturen bei modernen, gut gedämmten Gebäuden auf mindestens 19°C gehalten werden und mehrmals verteilt am Tag kurz und intensiv gelüftet wird, sollte die Luftfeuchte zu hoch sein.

Energieeffiziente, gut gedämmte moderne Gebäude sind in der Regel im Vorteil gegenüber älteren Gebäuden. Die Temperaturen der Außenwandoberflächen zur Raumseite hin sind in energieeffizienten Gebäuden im Winter im Allgemeinen höher als in älteren, schlecht gedämmten Gebäuden (bspw. Nachkriegsbauten) mit oft nur 10-15°C. Allerdings gibt es auch hier Ausnahmen, Gründerzeitbauten weisen bspw. auf Grund ihrer dicken Außenwände in der Regel ausreichend hohe Wandtemperaturen auf, aber auch hier kann es bspw. an nachträglich zugemauerten Wanddurchbrüchen oder unbeheizten Parapeten von Fenstern zu Wärmebrücken und zu Kondensationserscheinungen kommen.

Die kritische bauphysikalisch berechnete Oberflächentemperatur der Außenbauteile, die in Innenräumen nicht unterschritten werden sollte, um das Risiko von Schimmelbefall hintanzuhalten, ist von der Luftfeuchte innen und der Außentemperatur abhängig. Bei einer Innenlufttemperatur von 20°C und üblicher Luftfeuchte zwischen 55 bis fallweise 65% sowie Außentemperaturen von minus 10°C würde die untere Grenze bei etwa 12°C liegen, um dauerhaft Schimmelbefall zu vermeiden.

Gefeit vor Schimmel sind jedoch auch neue, gut gedämmte Wohnbauten nicht, da deren Fenster sehr dicht ausgeführt und Lüftungsmöglichkeiten mitunter nicht ausreichend sind. Entscheidend ist auch die Frage der Haushaltsgröße – je mehr Personen in der Wohnung leben, desto mehr Wasserdampf entsteht und desto schneller wird der kritische Wert von 80% relativer Luftfeuchte an den Außenwänden erreicht, dies nicht nur im Winter. Je kleiner der Wohnraum ist, desto wichtiger ist es daher, die entstehende Feuchte dort, wo sie entsteht, abzuführen und Räume regelmäßig zu heizen und zu lüften.

Wohnungen, die nicht regelmäßig genutzt werden, und in denen sich keine Feuchtigkeit – sei es nutzerbedingt oder aufgrund von baulichen Mängeln – im Innenraum anreichern kann, können im Winter im Leerstand durchaus bei geringeren Raumtemperaturen von 10-15°C gehalten werden.

Die Raumlufttemperatur kann daher – unabhängig von Behaglichkeitsüberlegungen – in der kalten Jahreszeit aus bauphysikalischer Sicht tagsüber auf niedrigere Temperaturen abgesenkt werden, wenn die Luftfeuchte nicht zu hoch ist und dies auch kontrolliert wird. Nachts können die Temperaturen per Heizkesselvorlaufregelung oder zeitgesteuerten Thermostaten auf ca. 17-18°C eingestellt werden. Weitere Temperaturabsenkungen sind nicht sinnvoll, sie erfordern mehr Energieaufwand beim morgendlichen Wiederaufheizen.

Vermeidung sommerlicher Überwärmung

Anzustreben sind aus Gründen der Energieersparnis grundsätzlich Methoden der Klimatisierung von Räumen, die ohne maschinelle, energieintensive Luftkühlung auskommen wie eine geeignete Ausrichtung des Gebäudes, Verschattung, Bauteilaktivierung, Außenjalousien und andere Maßnahmen des Schutzes vor sommerlicher Überwärmung.

Um die Sommertauglichkeit zu erfüllen, werden verschiedene passive Maßnahmen, z.B. geringe interne Lasten, mechanische Lüftung (RLT-Anlage), innen- und außenliegender Sonnenschutz, Anpassung der Gebäudegeometrie, Absorptionsgrad, speicherwirksame Bauteile und Sonnenschutzgläser genannt [13].

Vor allem führen hohe Speichermassen, wie sie vor allem bei massiven Betonbauteilen, aber auch in aus Ziegel errichteten Gründerzeithäusern bestehen, zu einer relevanten Verzögerung der Erwärmung von Gebäuden, leider aber auch zu einer verzögerten Abkühlung. Themen der Zukunft sind thermische Bauteilaktivierung oder sonnenschutzintegrierte Photovoltaik bzw. solarthermische Systeme [13].

Dauernd genutzte Wohnungen und ähnliche Räume

Die folgenden Ausführungen gelten schwerpunktmäßig für Wohnungen und Wohnräume in Heimen, Betreuungseinrichtungen, Krankenanstalten und sinngemäß auch für ähnliche Nutzungen.

Viele Personen auf engem Raum erhöhen die Wasserdampfabgabe – ein Drei-Personenhaushalt produziert täglich bis zu 10 Liter Wasser als Dampf in der Wohnung. In Nassräumen weist die Luft in der Regel zeitlich begrenzt nach einer Dusche oder einem Vollbad immer einen deutlich höheren Anteil an Feuchtigkeit auf. Dies ist problemlos, wenn die Feuchte direkt von der Feuchtequelle nach außen abgeführt wird und sich nicht so stark in der Wohnung verteilen kann, dass zu hohe Luftfeuchte entsteht. In weniger intensiv genutzten, größeren Wohnungen kann in der kalten Jahreszeit der Fall eintreten, dass sich eine Absenkung der Raumtemperatur positiv auf das Raumklima auswirkt und tendenziell zu niedriger Luftfeuchte (< 30% rel. Feuchte) vermieden wird.

Bei guter Lüftung und geringem Feuchteeintrag hat in der kalten Jahreszeit eine generelle Absenkung der Raumlufttemperaturen in regelmäßig genutzten Wohnräumen keine oder im Einzelfall sogar positive Auswirkungen. Bei Absenkung von Innenraumlufttemperaturen in der Heizperiode unter 16-18°C steigt jedoch auch grundsätzlich das Risiko für Schimmelbildung an den Außenbauteilen von intensiv genutzten, dichten Wohnungen. Schimmel in Innenräumen (auch wenn er verdeckt ist) erhöht das Risiko für die Entstehung und Verschlimmerung von Asthma und für weitere mit Schimmel assoziierte gesundheitliche Probleme.

In den Sommermonaten und in der Übergangszeit kann die Luftfeuchte in der Regel nicht beeinflusst werden und liegt mitunter über 90%. Dies ist allerdings nur dann bedenklich, wenn Oberflächen kühler sind als die sie umgebende Raumluft (siehe Kapitel Sommerkondensation im österreichischen Schimmelleitfaden [12]).

Aus hygienischer Sicht (präventiver Gesundheitsschutz) sind in Wohnungen und Gebäuden mit ähnlicher Nutzung folgende Punkte zu beachten.

- In dichter belegten Wohnungen mit modernen Fenstern empfiehlt sich ein sogenanntes „Temperatur- und Feuchtemanagement“. Dies bedeutet, dass die Nutzer aktiv die Zieltemperatur in den unterschiedlichen Räumen festlegen, die jeweils sich einstellende Luftfeuchte ermitteln und ihr Handeln darauf abstimmen. Anschließend können situativ die notwendigen Maßnahmen wie verstärktes Lüften, Öffnen oder Schließen von Türen etc. getroffen werden.
- Die Innenraumtemperatur kann ohne weiteres auf Temperaturen in der Bandbreite von $21\pm 2^{\circ}\text{C}$ abgesenkt werden, wenn die Luftfeuchte nicht zu hoch wird. Ob Handlungsbedarf in der kalten Jahreszeit besteht, kann mittels kostengünstiger, kalibrierter Thermo-Hygrometer in den Wohnräumen ermittelt werden. Bei schlecht gedämmten Nachkriegsbauten sollte die mittlere relative Luftfeuchte bei kalten Außentemperaturen etwa 45% nicht überschreiten, bei modernen gut gedämmten Gebäuden darf dieser Wert problemlos bis etwa 55-60% ansteigen. 30% Luftfeuchte sollte aus physiologischen Gründen tunlichst nicht dauerhaft unterschritten werden, die untere Grenze (auch in Hinblick auf Materialschäden) liegt bei 20%.
- Um sich bei niedrigeren Raumtemperaturen weiterhin behaglich zu fühlen, kann man sich wärmere Kleidung anziehen und den Gewöhnungseffekt nutzen: Bei schrittweiser Absenkung des Temperaturniveaus mit der Zeit werden niedrigere Temperaturen immer besser akzeptiert. Von gesunden Menschen können auch andere Mittel wie z.B. kaltes Duschen oder Sport im Freien gewählt werden, um sich an kältere Temperaturen zu gewöhnen.
- In zahlreichen Fällen erscheint eine Anpassungsleistung an niedrigere Temperaturen jedoch unrealistisch und/oder unerwünscht bzw. führt zu einem permanenten Gefühl der Kälte und Unbehaglichkeit. In solchen Fällen kann es das Ziel sein, wenigstens eine Überheizung der Räume zu vermeiden. Jedes Grad weniger wirkt sich in relevanter Weise auf die Energiekosten aus.
- Bei Abwesenheit während des Tages oder während Urlauben kann die Raumtemperatur jedenfalls abgesenkt werden, ohne negative Effekte befürchten zu

müssen. Bei längeren Urlauben nach intensiver Nutzung empfiehlt sich im Winter eine Kontrolle der Luftfeuchte durch Angehörige oder Nachbarn, um dauerhaft erhöhte Feuchte zu vermeiden.

- Wenig benutzte Räume können ein niedriges Temperaturniveau aufweisen, wenn die Türen geschlossen sind und keine erhöhte Luftfeuchte auftritt. Grundsätzlich sollten aber möglichst alle genutzten Räume einer Wohnung beheizt werden.
- In Wohnungen soll im Winter 2-3-mal am Tag für jeweils ca. einige Minuten zum Lüften ein oder mehrere Fenster weit geöffnet werden (Stoßlüften), wenn die Wohnung permanent genutzt wird. Die Länge des Lüftens ergibt sich aus der Außentemperatur. Ist es draußen kalt, sollte man kurz lüften und braucht die Heizung nicht abdrehen, ist es wärmer, kann länger gelüftet werden. Ausreichendes Lüften dient auch zur Abfuhr von CO₂, Gerüchen und anderen vom Menschen verursachten Luftverunreinigungen. Eine Dauerkippstellung der Fenster ist im Winter tunlichst zu vermeiden, da dies nur zu verstärkten Wärmeverlusten führt, aber wenig zu einem raschen Lüftungserfolg beiträgt.
- Im Schlaf- und Kinderzimmer soll morgens nach dem Aufstehen für zumindest einige Minuten bei weit offenem Fenster gelüftet werden, da hier der Wasserdampfanfall über Nacht besonders hoch ist und die beim Schlafen entstehenden Geruchsstoffe abgelüftet werden sollten.
- Bei höherer Luftfeuchte vorzugsweise nach außen und nicht in benachbarte, kühlere Räume lüften. Vor allem in den Nassräumen sollte die entstehende Feuchte bei zu hoher relativer Luftfeuchte in der Wohnung direkt ins Freie abgeführt werden. Zu diesem Zweck müssen die Fenster, soweit vorhanden, unmittelbar nach dem Baden oder Duschen für einige Minuten weit geöffnet werden, die Türe zu anderen Räumen sollte dann verschlossen bleiben. Nasse Fliesen im Bad kann man zuvor mit einem Abzieher abwischen.
- Wesentlich effizienter als Fensterlüften erweisen sich Abluftventilatoren, die entweder mit ausreichendem Nachlauf mit der Beleuchtung gekoppelt sind oder (besser, da auch ohne Beleuchtung wirksam) der Einbau von Hygrostaten, die bei Überschreiten einer bestimmten Luftfeuchte die Abluftventilatoren in Betrieb setzen. Wichtig ist dabei, die Filter regelmäßig zu wechseln oder zu reinigen, da sonst trotz gleicher Stromkosten die Abluftleistung massiv reduziert wird.
- Zur wirkungsvollen, automatischen Abfuhr der Luftfeuchte wird die Einstellung der Feuchteregelung der Ventilatereinheit im Hygrostat auf Sollwerte von etwa 50-55% im Winter und etwa 75-80% im Sommer empfohlen. Unter Umständen können die Werte im Winter etwas höher eingestellt werden, wenn zu wenig Feuchte in der Wohnung (< 30%) gemessen wird oder wenn der Abluftventilator zu

oft in Betrieb ist. Die Einstellung der Sollwerte sollte durch einen extern zu regelnden Drehknopf erfolgen, wodurch der Sollwert einfach durch den Nutzer angepasst werden kann.

- Sinngemäß gilt die Forderung nach ausreichender Lüftung auch für Kochvorgänge – hier ist auch auf Grund von unerwünschten Kochgerüchen eine direkte Abfuhr der entstehenden Emissionen ins Freie anzustreben.
- Ist in der kalten Jahreszeit die mittlere relative Luftfeuchte in der Wohnung zu niedrig, kann die Türe zu den übrigen Wohnräumen und auch zum Bad geöffnet bleiben, um eine Erhöhung der Luftfeuchte auf den Zielwert von mindestens 30% zu erreichen. Wenn der Wäschetrockner aus Energiespargründen nicht mehr so oft verwendet werden soll und die Wäsche im Raum getrocknet wird, ist dies bei laufender Kontrolle der Luftfeuchte ohne weiteres möglich, bei zu trockenen Räumen sogar eine sinnvolle Maßnahme.
- Eine bedarfsgeregelte, moderne Komfortlüftungsanlage verhindert verlässlich Schimmelbefall. Bei einem durch eine mechanische Lüftungsanlage bewirkten hygienischen Luftwechsel, der den Vorgaben der ÖNORM H 6038³ und der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft – Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter [15] entspricht, empfiehlt sich der Einbau einer Feuchterückgewinnung, um niedrige Luftfeuchte zu verhindern. Dies bewirkt in Büros eine Erhöhung der mittleren Luftfeuchte um einige Prozent. Dies reicht in der Regel aus, damit in der überwiegenden Zeit der Zielwert von 30% relativer Luftfeuchte nicht unterschritten wird. Näheres dazu findet man unter komfortlueftung.at.

³ ÖNORM H 6038: Lüftungstechnische Anlagen - Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung - Planung, Ausführung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung. 2020 02 15

Büroräume und Bildungseinrichtungen

Die Formulierung von Vorgaben für den thermischen Komfort in Innenräumen ist eine herausfordernde Aufgabe, wenn man bedenkt, dass diese Vorgaben sowohl die Erwartungen der Gebäudenutzer in Bezug auf die thermische Behaglichkeit in Innenräumen berücksichtigen als auch den Energieverbrauch des Gebäudes unter erschwerenden Bedingungen des Außenklimas und der Verfügbarkeit und Preisvolatilität von Energie optimieren sollen.

Die Temperatur am Arbeitsplatz hat einen großen Einfluss auf Gesundheit und Wohlbefinden. Nicht umsonst spricht man im Zusammenhang mit der richtigen Temperatur am Arbeitsplatz gerne von „Wohlfühltemperatur“. Diese Wohlfühltemperatur wird in Arbeitsräumen, in denen mehr als nur eine Arbeitnehmerin oder ein Arbeitnehmer tätig sind, schnell zur heißen Diskussionsgrundlage. Wie der Begriff „Wohlfühlen“ bereits andeutet, ist die Wohlfühltemperatur eine Angelegenheit individuellen Empfindens. Verschiedene Personen können demnach die gleiche Temperatur als passend (angenehm) oder unpassend (zu warm oder zu kalt) empfinden [14].

Niedrigere Temperaturen führen vor allem bei längerer sitzender Tätigkeit zu Frösteln und Auskühlen des Körpers – dies auch bei ausreichender Bekleidung. Eine Möglichkeit, dem entgegen zu wirken, ist Aufstehen und sich bewegen.

Daher ist es sinnvoll, die Raumtemperatur schrittweise – unter Einbeziehung der Beschäftigten – abzusenken. Eine zu weitgehende Absenkung der Raumlufttemperatur in einem Büro oder in Bildungseinrichtungen erscheint aber praxisfremd zu sein. Eine derartige Maßnahme kann auf Grund des trotz der nur schrittweisen Absenkung der Temperatur möglicherweise persistierenden Gefühls der Kälte und Unbehaglichkeit bei manchen Beschäftigten, die dem Gewöhnungseffekt nicht unterliegen, zu Unzufriedenheit führen. Wenn eine derartige Maßnahme nur zentral für ein ganzes Gebäude umgesetzt werden kann und die Nutzer keinen Einfluss auf die Raumtemperatur gewinnen können, wie das in älteren Gebäuden mitunter der Fall ist, sind situativ weitere Überlegungen zu treffen. Ein weit verbreitetes betriebliches Problem im Winter, das durch zu niedrige Innenraumlufttemperaturen verschärft wird, kann im Einzelfall auch die Zugluft sein.

Ein Anspruch auf „Wärme“ ist zwar nicht ausdrücklich gesetzlich geregelt, die Lufttemperaturen in Arbeitsräumen müssen jedoch zumindest den Grenzwerten der

österreichischen Arbeitsstättenverordnung⁴ entsprechen. Diese Vorgaben sind verbindlich einzuhalten. Nachstehend ein Auszug aus diesen gesetzlichen Regelungen:

„§ 28. (1) Es ist dafür zu sorgen, dass die Lufttemperatur in Arbeitsräumen beträgt:

1. zwischen 19 und 25°C, wenn in dem Raum Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung durchgeführt werden;
2. zwischen 18 und 24°C, wenn in dem Raum Arbeiten mit normaler körperlicher Belastung durchgeführt werden;...

(2) Abweichend von Abs. 1 ist dafür zu sorgen, dass in der warmen Jahreszeit

1. bei Vorhandensein einer Klima- oder Lüftungsanlage die Lufttemperatur 25°C möglichst nicht überschreitet oder
2. andernfalls sonstige Maßnahmen ausgeschöpft werden, um nach Möglichkeit eine Temperaturabsenkung zu erreichen...

(4) Von Abs. 1 bis 3 darf abgewichen werden, wenn die Einhaltung dieser Werte auf Grund der Nutzungsart des Raumes nicht möglich ist und

1. zumindest im Bereich der ortsgebundenen Arbeitsplätze den Abs. 1 bis 3 entsprechende Werte herrschen oder, wenn auch dies nicht möglich ist,
2. andere technische oder organisatorische Maßnahmen zum Schutz der Arbeitnehmer/innen vor unzuträglichen raumklimatischen Einwirkungen getroffen sind (wie z.B. Abschirmen von Zugluftquellen oder wärmestrahlender Flächen, Kühlen, Einblasen trockener oder feuchter Luft, Verminderung der Einwirkungsdauer).“

In Bezug auf die Luftfeuchte gilt für Büroräume ohne Klimaanlage sinngemäß das für Wohnungen Gesagte mit der Einschränkung, dass es in derartigen Innenräumen in der Regel keine relevanten Feuchtequellen mit Ausnahme der Nutzer gibt. Gerade in der kalten Jahreszeit haben erfahrungsgemäß viele Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer mit trockener Luft zu kämpfen. Wenn die Raumluft durch die Heizung erwärmt wird, wird sie zugleich trockener. Durch trockene Luft können Belästigungen durch elektrostatische Effekte, trockene Augen und Haut auftreten und Krankheitserreger besser überleben. Konzentrationsschwierigkeiten und Müdigkeit sowie ein erhöhtes Infektionsrisiko sind weitere Folgen.

⁴ Arbeitsstättenverordnung AStV, BGBl. II Nr. 368/1998, zuletzt geändert durch BGBl. II Nr. 309/2017

Für die relative Luftfeuchte sind nur für klimatisierte Arbeitsplätze rechtlich verbindliche Wertebereiche in der Arbeitsstättenverordnung festgelegt:

„§ 28. (5) Wird eine Klimaanlage verwendet, muss

1. die relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40% und 70% liegen, sofern dem nicht produktionstechnische Gründe entgegenstehen, und
2. in der Arbeitsstätte ein Raumthermometer und ein Hygrometer vorhanden sein... “

Aus hygienischer Sicht (präventiver Gesundheitsschutz) sind in Büros, Bildungseinrichtungen und Gebäuden mit ähnlicher Nutzung folgende Punkte zu beachten:

- Wenn es möglich ist, sollte die Raumtemperatur individuell und situativ gesenkt und es sollten überheizte Räume vermieden werden. Die Innenraumtemperatur in Büros kann auf niedrigere Temperaturen abgesenkt werden, wenn die Luftfeuchte – wie dies die Regel ist – nicht zu hoch ist. Um sich weiterhin behaglich zu fühlen, sind begleitende Maßnahmen sinnvoll (entsprechende Bekleidung, Bewegung zwischendurch). Zu hohe Raumlufttemperaturen sind aus den genannten Gründen ebenfalls nicht empfehlenswert.
- Wenn die Raumtemperatur nicht individuell geregelt werden kann, erscheint es realistisch, ein allgemeines Niveau in der Bandbreite $21\pm 2^{\circ}\text{C}$ zu wählen, die Akzeptanz bei den Nutzern abzufragen und gegebenenfalls Anpassungen durchzuführen. Bei derartigen Temperaturen ist im Schnitt auch die höchste Leistungsfähigkeit gegeben.
- In üblich gelüfteten Schulklassen, Kinderbetreuungseinrichtungen sowie Räumen mit ähnlicher Zweckbestimmung ist die relative Luftfeuchte in der kalten Jahreszeit in der Regel nicht zu hoch, da keine relevanten Feuchtequellen außer den Nutzern gegeben sind – das Problem ist eher die zu niedrige Luftfeuchte.
- Wenig genutzte Räume wie Archive oder Nebenräume wie Gänge können ein deutlich niedrigeres Temperaturniveau haben.
- Ob in Büros oder in Nebenräumen in der Heizperiode Handlungsbedarf in Bezug auf die Luftfeuchte besteht, kann mittels kalibrierter Thermo-Hygrometer ermittelt werden. Die mittlere relative Luftfeuchte sollte generell 30% nicht unterschreiten, bei sehr kalten Außentemperaturen können 20% kurzfristig als untere Grenze dienen. Die oberen Grenzen sind eher bauphysikalisch bedingt und ähnlich wie in Wohnungen anzusetzen.

- In Büros sollte alle 2-3 Stunden kurz für einige Minuten das Fenster geöffnet werden, um die Vorgaben der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft – Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter zu erfüllen [15]. Durch kurzes Lüften wird nur wenig Energie zum neuerlichen Aufheizen der Raumluft benötigt.
- Bei einem durch eine mechanische Lüftungsanlage bewirkten hygienischen Luftwechsel, der den Vorgaben der ÖNORM H 6039⁵ in Bildungseinrichtungen und der Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft – Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter [15] entspricht, empfiehlt sich der Einbau einer Feuchterückgewinnung, um niedrige Luftfeuchte in der kalten Jahreszeit zu verhindern. Dies bewirkt in Büros eine Erhöhung der mittleren Luftfeuchte um einige Prozent. Dies reicht in der Regel aus, damit in der überwiegenden Zeit der Zielwert von 30% relativer Luftfeuchte nicht unterschritten wird. Näheres dazu findet man unter komfortlueftung.at.

⁵ ÖNORM H 6039: Lüftungstechnische Anlagen - Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Schul-, Unterrichts- oder Gruppenräumen sowie Räumen mit ähnlicher Zweckbestimmung - Anforderungen, Dimensionierung, Ausführung, Betrieb und Wartung. 2023 02 01

Literatur

1. Gundermann KO, Rüden H, Sonntag, HG (Hrsg.) (1991): Lehrbuch der Hygiene. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, New York.
2. Korff T, Institut für Physiologie und Pathophysiologie der Universität Heidelberg, zitiert in Die Zeit vom 23.10.2022: Kann man sich antrainieren, weniger zu frieren?
3. Karjalainen S (2007): Gender differences in thermal comfort and use of thermostats in everyday thermal environments. *Build Environ* 42: 1594–1603
4. Asif A, Zeeshan M, Khan SR, Sohail NF (2022): Investigating the gender differences in indoor thermal comfort perception for summer and winter seasons and comparison of comfort temperature prediction methods. *Journal of Thermal Biology* 110: 103357, ISSN 0306-4565. doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103357
5. Leusden P, Freymark F (1951): Darstellung der Raumbehaglichkeit für den einfachen praktischen Gebrauch. *Gesundheitsingenieur* 72, Nr. 16, 271-273
6. BMNT (2018): Wegweiser für eine gesunde Raumlufte, 6. Auflage. Erstellt durch den Arbeitskreis Innenraumlufte im Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (derzeit BMK).
7. Mishra A, Loomans MGLC, Hensen J (2016): Thermal comfort of heterogeneous and dynamic indoor conditions — An overview. *Building and Environment* 109: 82-100. [sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132316303560](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132316303560)
8. Miura M, Ikaga T (2016): Human response to the indoor environment under fluctuating temperature. *Sci Technol Built Environ* 22: 820-830. doi.org/10.1080/23744731.2016.1184550
9. Seppänen O, Fisk WJ, Faulkner D (2003): Cost benefit analysis of the night-time ventilative cooling. In: *Proceedings of the Healthy Buildings 2003 Conference*. Singapore 2003, Vol 3: 394-399

10. Seppänen O, Fisk WJ, Lei QH (2006). Effect of temperature on task performance in office environment. 5th International Conference on Cold Climate Heating, Ventilating and Air Conditioning

11. Chang TY, Kajackaite A (2019): Battle for the thermostat: Gender and the effect of temperature on cognitive performance. PLOS ONE 14: e0216362.
doi.org/10.1371/journal.pone.0216362

12. BMNT (2019): Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“). Erstellt durch den Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (derzeit BMK), Wien, 01-2019

13. Pfeiffer M (2019): Passive Maßnahmen zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung in einem Wohnraum. Masterarbeit FH Burgenland

14. AK Salzburg (2022): Die richtige Temperatur am Arbeitsplatz. Internet, Zugriff 13.11.2022:
sbg.arbeiterkammer.at/beratung/arbeitsundgesundheit/arbeitsumfeld/Wohlfuehl-Temperatur.html

15. BMK (2022): Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft – Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter. Überarbeitete Fassung, erarbeitet vom Arbeitskreis Innenraumluft im Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK) unter Mitarbeit der österreichischen Akademie der Wissenschaften. Blau-Weiße Reihe

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und
Technologie**

Abteilung V/11, Stubenbastei 5, 1010 Wien

+43 1 71162 612119

v11@bmk.gv.at

bmk.gv.at