

Trockene Raumluft

Ein Problem für das Raumklima? Der Mensch gibt täglich ca. 1 kg Wasserdampf an seine Umgebung ab. Trockene Luft fördert dabei die passive Wasserdampf-Abgabe unseres Körpers. Ist das ein gesundheitliches Problem?

Dipl.-Ing.
Jens Bellmer VDI
Baubiologe IBN
www.hausanalyse.de

Wasserdampfabgabe des Menschen:

- **Über die Atmung** wird der in der Lungenluft entstandene Wasserdampf mit jedem Atemzug an die Umgebung abgegeben.
- **Diffusion durch die Haut:** Aus tieferen Gewebeschichten kommt es zu einer ständigen Diffusion durch die Haut hindurch.
- **Transpiration über Schweißdrüsen:** Falls die Wärmeabgabe des Menschen deutlich behindert wird, setzt die Transpiration (Perspiratio sensibilis) ein. Dies ist ein Prozess, bei der Schweißdrüsen Wasser auf die Hautoberfläche befördern.

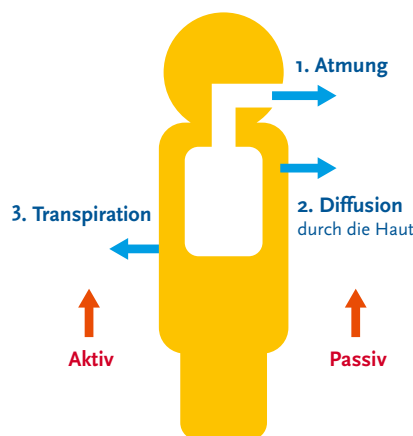


Abb. 1: Wasserdampfabgabe des Menschen

Die genannten Wasserdampf-Abgabeformen unterteilen sich noch einmal in „aktiv,“ und „passiv“:

- **Aktive Wasserdampf-Abgabe:** Der Körper reagiert mittels Regelprozeduren aktiv, wenn beispielsweise das Raumklima aus dem Behaglichkeitsbereich herausgelangt.
- **Passive Wasserdampf-Abgabe:** Der Körper reagiert vollkommen passiv auf Änderungen des Raumklimas.

Auch wenn die vorgenannte Unterscheidung in aktiv und passiv hilfreich ist, so kommt es dennoch zu Überlagerungen und Überschneidungen. Der tatsächlich stattfindende Trocknungsvorgang des Menschen ist unmöglich in seiner Gesamtheit exakt einteilbar oder gar vorhersagbar. Es bestehen beispielsweise zahlreiche Einflüsse, die die Entfeuchtung über Haut und Lunge verändern können, wie individuelle Veranlagung, Konstitution, Veränderungen der Muskelarbeit, Luftbewegung, Kleidung, Art und Menge der Nahrungsaufnahme, psychische Anspannung etc. Nun aber zu dem, was aus raumklimatischer und biophysikalischer Sicht beschreibbar und wichtig ist.

Absolute und relative Luftfeuchte

Die massebezogene absolute Luftfeuchte, auf die nachfolgend Bezug genommen wird, gibt die Masse des Wasserdampfes an, die sich in einer bestimmten Masse trockener Luft befindet (in g/kg tr. L. = Gramm je Kilogramm trockener Luft). Die relative Luftfeuchte gibt das Verhältnis des momentanen Wasserdampfgehalts zum maximal möglichen Wasserdampfgehalt bei derselben Temperatur in Prozent an. Der Wassergehalt der oberen Hautschicht verändert sich über den Prozess der Sorption. Dieser vermindert sich bei der gesunden Haut in engen Grenzen in Abhängigkeit von der relativen Feuchte. Jedoch: Eine niedrige relative Luftfeuchte, die im Raum entsteht, nur weil es wärmer wird, erhöht nicht das Diffusionspotenzial der passiv-wirkenden Körper-trocknung, wenn denn der reale Wasserdampfgehalt der Raumluft, also die absolute Luftfeuchte, gleich bleibt. Ursache für trockene Raumluft im Winter ist die trockene

Winterluft an sich. Passive Trocknung durch die Umgebungsluft basiert also auf dem niedrigen realen Wasserdampf-Angebot der Umgebung. Wie bei allen anderen Diffusions- oder Massentransport-Vorgängen ist auch hier der absolute (und nicht der relative) Unterschied das entscheidende „Antriebskriterium“. Daraus lässt sich folgendes schlussfolgern: Die kalte Jahreszeit mit real niedrigen absoluten Luftfeuchten führt zu einer Trocknungsintensivierung auch bei wechselnden relativen Luftfeuchten. Das „moderne“ Problem niedriger Luftfeuchten in Büros, die aufgrund eines hohen Außenluftwechsels durch Lüftungs- oder Klimaanlage entstehen, bewirken selbstverständlich starke Körper-trocknung. Aber man sollte genauer hinschauen, bevor Maßnahmen zur Behebung erfolgen. Es könnte neben weiteren Problemen auch das Problem einer Überheizung bestehen.

Pro und contra

Die Konsequenz trockener Luft ist, dass beispielsweise unsere Haut rau und risig wird im Winter. Und auch auf den Atemtrakt wirken größere Belastungen ein, als im Sommer. Das ist Fakt. M.E. ist es aber nicht zielführend, v.a. den erhöhten Staubgehalt unserer Räume als ursächliches Problem zu benennen. Selbstverständlich sind heute erhöhte Feinstaubprobleme vorhanden (hierzu später mehr). Dennoch bleibt vorrangig festzuhalten: Trockene Luft trocknet direkt. Und das passiert besonders intensiv während der langen Zeit von November bis April. Jeder kann die Wirkung dieser Trocknungswirkung an sich selbst beobachten. Heißt das aber auch, dass uns trockene Luft krank macht? Gemäß [2.2] zeigte eine amerikanische Studie, dass Grippeviren in trockener Luft länger aktiv bleiben.

Dennoch kann der Einzelparameter „Luftfeuchte“ m.E. nicht als Sündenbock für fast alles Krankmachende im Winter herhalten. Mit den vorgenannten Problemen kommt der gesunde Mensch seit Urzeiten und auch in den trockensten Siedlungszonen der Welt gut klar. Gemäß [1] konnte zudem keine medizinische Studie eruiert werden, die eine untere (gesundheitliche) Grenze von beispielsweise 30 % r. F. medizinisch begründet bzw. einen anderen Grenzwert herleiten ließe. Außerdem ist es so, dass niedrige absolute Luftfeuchten bei der für das Wohlbefinden und die Gesundheit wichtigen Wärmeabgabe des Menschen nachweislich helfen. Wir erkennen das daran, wenn man von einem überfeuchten Hallenbad in die herrlich frische Winterluft hinausgeht und sofort besser durchatmen kann. Dies ist nicht nebensächlich, sondern hilft bei einem lebenswichtigen Vorgang, mit dem der Körper fortwährend und ständig beschäftigt ist. Der Mensch braucht ständig „Kühlung“, selbst im beheizten Raum. Und da hilft trockene Luft [10]. Im Gegensatz zum gut funktionierenden Temperatursinn kann man niedrige Luftfeuchten nicht direkt wahrnehmen. Dennoch wird beispielsweise die gesunde Haut durch körpereigene, natürliche Mechanismen (NMF) vor zu starker Austrocknung (beispielsweise durch trockene Winterluft) geschützt. Dies ist ähnlich auch für den Atemtrakt der Fall, siehe [1] und [2.1]. Die Problematik hoher Luftfeuchten ist bauphysikalisch und gesundheitlich nachgewiesen. Zu hohe Luftfeuchten werden vom Menschen auch subjektiv als „schlechte Luft“ oder „schwül“ wahrgenommen, wenn sie mit Überheizung einhergehen.

„Trockene“ Luft: Normale Raumluft mit 50 % relativer Luftfeuchte (und 20 °C) lässt eine nasse Innenwand-Tapete recht langsam trocknen. An einem Wintertag kann es jedoch vorkommen, dass die Luftfeuchte im Raum auf 20 % r. F. sinkt. Die Reduzierung der absoluten Luftfeuchte im Raum (von 7,4 auf 2,9 g/kg) führt dabei zu einer intensiveren Trocknung der Tapete.

Wie sieht es mit dem menschlichen Atemtrakt aus? Der menschliche Atemtrakt ist aufgrund des hohen

Rel. Luftfeuchte	Wasserdampf-Abgabe ca.	Anstieg
50 %	11,1 g/h	–
30 %	12,5 g/h	1,4 g/h
20 %	13,2 g/h	2,1 g/h

Tab. 1: Wasserdampf-abgabe des Menschen (über die Atmung) in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte – bei Umgebungstemperatur von 20 °C. Ermittlung über mittl. stündlichem Atemluft-Massenstrom und absoluten Feuchten im Atmungstrakt und Umgebung. Berechnungsbeispiele in [7 und 9]

Feuchte- und Temperaturlevels von 32 °C und 100 % r.F. von Natur aus auf starken Entfeuchtungsmodus „geicht“. Dies ist visuell eindrucksvoll im hx-Diagramm [Luftfeuchte-Buch, 9] erkennbar anhand der riesigen Trocknungsstrecke für eingeatmete normalfeuchte Luft. Dadurch sorgt dies für den Normalfall schon für eine starke Wasserdampf-abgabe von ca. 11,1 g/h (vgl. Tab. 1). Viele vermuten nun bei niedrigen rel. Luftfeuchten eine deutliche Trocknungsintensivierung des Atemtraktes. Für das hohe Feuchte- und Temperaturlevel des Atemtraktes bedeutet die Raumluftfeuchte-Änderung von 50 % r.F. auf 20 % r.F. aber nur einen geringen Anstieg der Wasserdampf-abgabe von 11,1 g/h auf 13,2 g/h.

Überheizung: Zu hohe Lufttemperaturen behindern die Wärmeabgabe und lösen aktive Körper-Reaktionen aus! So kommt es zu einer Erhöhung der Wasserdampf-Abgabe. Erwärmt man Luft, sinkt zwar die relative Luftfeuchte, es steigt aber nicht das passive Trocknungspotenzial, solange die absolute Luftfeuchte im Raum bleibt. Die Intensivierung der Körpertrocknung, die hier gemeint ist, geschieht autark durch Überheizung. In Arbeitsräumen, die beispielsweise erst mit 20 °C und nun mit 24 °C beheizt werden, bewirkt das eine Erhöhung der Wasserdampf-Abgabe des Körpers von 50 g/h auf 71,6 g/h (vgl. Tab. 2, also um 21,6 g/h). Das ist deutlich! Diese oder ähnliche Überheizungs-Situationen sind Alltag in vielen Arbeits- und Wohnräumen. Das etablierte Behaglichkeitsdiagramm nach Bedford und Liese und in Konsequenz der Einsatz von Strahlungsheizungen helfen dabei, die Luft- und Wandtemperaturen in einem behaglichen Bereich zu halten.

Raumlufttemperatur	Wasserdampf-Abgabe ca. [Quelle: 5 – bei sitzender Tätigkeit, Büro, Schule, Labor]	Wasserdampf-Abgabe ca. [Quelle: 5 – bei sitzender Tätigkeit, Büro, Schule, Labor]	Anstieg
20 °C	38 g/h	50,0 g/h	–
22 °C	47 g/h	60,8 g/h	10,8 g/h
24 °C	58 g/h	71,6 g/h	21,6 g/h

Tab. 2: Wasserdampf-abgabe des Menschen (gesamt) in Abhängigkeit von der Raumlufttemperatur.

Wichtig ist, dass man diesen Sachverhalt als ein Behaglichkeitsproblem (und auch Trockenheitsproblem) des Winters anerkennt. Luftbefeuchter haben für zahlreiche Einsatzfälle ihre Berechtigung. Was aber hilft es, die Luft zu befeuchten, wenn die Ursachen der Probleme rund um Behaglichkeit und Gesundheit gar nicht geklärt sind? Wie bereits beschrieben, könnte beispielsweise auch eine zu hohe Raumtemperatur Ursache für Behaglichkeitsprobleme sein.

Trockene Luft und gewerbliche Anwendungen sind manchmal nicht vereinbar, wenn es beispielsweise um zu vermeidende Elektrostatik im Winter geht. Bei den Lösungen werden aber häufig die Bedürfnisse der Mitarbeiter missachtet. Dies passiert, wenn die Befeuchtungsleistung zu stark ausfällt oder auch ganz besonders, wenn konstante Regelsollwerte bestehen, was oft in Produktions- und Arbeitsbereichen anzutreffen ist. Ein deutlicher Unterschied zwischen trockener Winter-Außenluft und feuchter Raumluft am Arbeitsplatz wird dabei häufig als erheblich belastend empfunden und der Zustand der Raumluft als „schlechte Luft“ beschrieben, selbst dann, wenn keine Geruchsbelästigung gegeben ist. Falls technisch luftbefeuchtet wird, egal ob für die Verbesserung eines Produktionsprozesses oder um beispielsweise Belastungen an der Haut oder Schleimhaut betroffener Menschen zu verbessern, sollte dies behutsam nach folgender Regel erfolgen: Feuchtebelastung der Außenluft = max. 3 g/kg (siehe Tab. 3, nächste Seite).

Die Beachtung der Tabelle ist wichtig, weil sie auf den monatlich unterschiedlichen Wasserdampfgehalten der Außenluftfeuchte aufbaut. Wenn Regelanlagen anstatt mit konstanten Luftfeuchten mit „gleitenden“ ▶

Monat	Relative Luftfeuchte (max.)
November	50,0 %
Dezember	43,5 %
Januar	41,0 %
Februar	42,0 %
März	45,0 %
April	51,5 %

Luftfeuchtetabelle 3 für den Wohn- und Arbeitsraum basierend auf 20 °C (von J. Bellmer).

Max.-Richtwerte bzw. noch reales Feuchteaufkommen, bei guter bis mittlerer Lüftung (max. 3 g/kg tr. L. Wasserbeladung der Außenluft. Durchschnittliche Ermittlung auf Basis mitteleuropäischer Klimaverhältnisse)

Sollwerten arbeiten, wäre schon viel erreicht. Raumtemperaturen und Raumluftfeuchten werden individuell unterschiedlich empfunden. Daher sind dezentrale Lösungen für die Beheizung, Luftbefeuchtung und Regelung ratsam.

WICHTIG: Bei gesundheitlichen Studien oder Herstellerangaben über die gute Praktikabilität von Luftbefeuchtern wird die vorgenannte maximale Luftfeuchterhöhung zumeist unterschritten. Es wird also nicht das Problem der Überfeuchtung betrachtet. Dadurch kommt es häufig zu Aussagen, welche die realen Risiken der Luftbefeuchtung nicht widerspiegeln.

Die vorgenannte 3 g/kg-Regel ist durch zahlreiche meiner Raumluftuntersuchungen belegt und wird in etwa eingehalten, wenn die angegebenen relativen Luftfeuchten (vgl. Luftfeuchtetabelle 3) nicht häufig über längere Zeiträume überschritten werden. Die Tabelle ist auch allgemein und grob einsetzbar zur Beantwortung der Frage, wie weit die Luftfeuchte im Raum ansteigen kann, ohne dass bauphysikalische Probleme entstehen. Sie gilt grob für eine Raumtemperatur von 20 °C. Der Vorteil liegt zudem darin, dass die Absolutwerte „übersetzt“ wurden in Werte der relativen Luftfeuchte.

Holz

Holz schwindet bei Trocknung. Daher wird dies immer mal wieder als Argument für die Schädlichkeit trockener Luft schlechthin verwendet. Eine im Raum verbaute Holzoberfläche (bei 20 °C) hat aber nichts zu tun

mit deutlich höher temperierten und feuchten Körperoberflächen. Ein Baustoff mit seinen ausschließlich passiven Trocknungseigenschaften kann deshalb nicht verglichen werden mit einem lebenden Organismus, der auf Raumklimaänderungen mit passiven und aktiven Wasserdampfabgabe-Arten reagiert. Aus diesen Gründen kann das Holz-Thema nicht als Argument herangezogen werden, wenn es um gesundheitlich belastende Aspekte geht. Holz kann zudem schadensfrei gehalten werden, wenn es genügend trocken verbaut wird. In alten Kirchen oder denkmalgeschützten Gebäuden mit Holzeinbauten hilft die Einhaltung der Regel: Luftaufheizung oder und Luftabkühlung: max. 1 °C pro Stunde.



Abb. 2: Tendenzielle, indirekte Ermittlung der Partikelanzahl (PM2,5 und PM10). Es sollte innen und außen gemessen werden (Messgerät Fa. Trotec)

Staub, Schadstoffe und Viren

Feinstäube im wenig gelüfteten Raum können unsere Schleimhäute belasten und auch trocknen, zumal an Stäuben toxisch wirksame und/oder die Schleimhäute reizende Stoffe haften können. Bevor nun aber Partikel mittels technischer Luftbefeuchtung zum Absinken gebracht werden (was selbstverständlich machbar ist), sollte erst einmal eine genaue Raumluftuntersuchung erfolgen. Heute können beispielsweise schon mit preiswerten Geräten schnelle Aussagen zur Feinstaubkonzentration getroffen werden (Beispiel: Abb. 2).

Wenn sich dieses Problem dann tatsächlich als gravierend darstellt, könnte zunächst versucht werden, u. a. durch den Einsatz guter Staubsauger (mit HEPA-Filter) und ergiebiges Lüften mit frischer, staubarmer Außenluft für Besserung zu sorgen. Die Luft, die wir zum Atmen benötigen, „entsteht“ nun einmal außen. Auch hilft es wohl

kaum, verbrauchte Raumluft (bei geringem Austausch) noch weiter zu befeuchten, um damit eine eventuell erhöhte Viren-Konzentration zu senken. Es wäre doch besser, die verbrauchte Raumluft durch neue zu ersetzen. Selbstverständlich gibt es auch Einsatzfälle, wo eine Befeuchtung – nach Abwägung aller Möglichkeiten und genauer Analyse sinnvoll sein kann. Falls die regional vorhandene Außenluft derart mit Schadstoffen oder Feinstäuben belastet ist, dass diese eine Gefahr für die Gesundheit darstellt, könnte auch über den Einsatz einer geeigneten Frischluftanlage mit geeigneten Filtern nachgedacht werden (unter Beachtung baubiologischer und VDI-Vorgaben).

Luftfeuchte-Langzeitmessungen

Mit Luftfeuchte-Langzeitmessungen der absoluten Luftfeuchte (vgl. Abb. 3) ist gut kontrollierbar, ob der vorgenannte 3 g/kg-Richtwert signifikant und dauerhaft überschritten oder weitgehend eingehalten wird. Vor allem in Wohnungen mit Schimmelproblemen werden häufig stark erhöhte absolute Luftfeuchten im Vergleich zur Außenluft festgestellt. Hohe Luftfeuchten im Innenraum erzeugen zumeist bauphysikalische und auch gesundheitliche Probleme. Falls es an Arbeitsplätzen Beschwerden gibt, sollten zudem die Lufttemperaturen aufgezeichnet werden, um Überheizungen festzustellen oder auszuschließen. Selbstverständlich helfen auch manuelle Messungen.

Der krankmachende Winter und der Übergang zum Frühling

Im nord- und mitteleuropäischen Winter leiden wir häufig unter einem Mix erheblicher Belastungen, wie beispielsweise niedrigen Wasserdampf-Gehalten, Sonnenlichtmangel, Vitaminmangel, kalte Außenluft in Verbindung mit Windeinflüssen, erhöhten Virenkonzentrationen etc. Dieser Mix und auch die individuelle Konstitution kann erhöhte Infektionsanfälligkeit, rissige Haut, Schleimhauttrocknung etc. verursachen. Die ganzheitliche Klärung all dieser Einflüsse kann und soll hier nicht geleistet werden. Zusätzlich gibt es oft auch andere nachweisbar krankmachende Einflüsse in Arbeitsräumen. (Umwelt-)Mediziner stehen an dieser „Front“ und berichten von zahlreichen Problemen. Es gehören aber

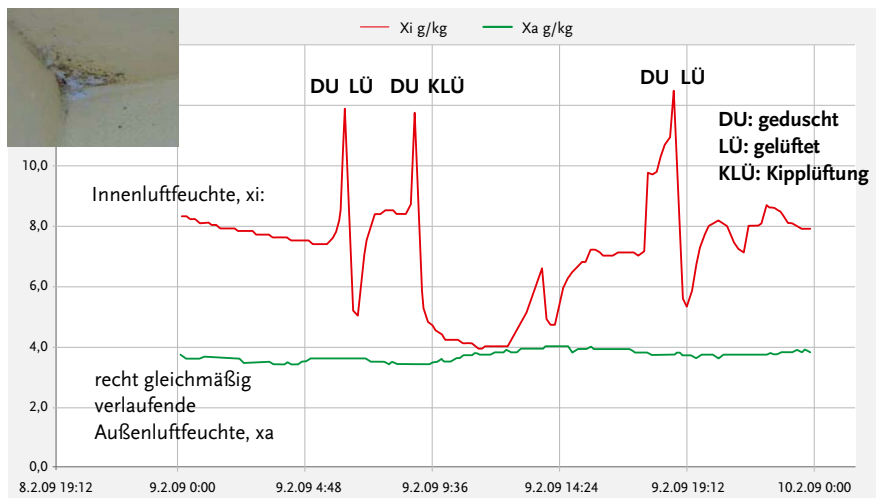


Abb. 3: Datenlogger-Aufzeichnung in einem Badezimmer (zeitlicher Ausschnitt eines Tages). Hier sorgte das Zuviel an Luftfeuchte für eine Kondensation an einer geometrischen Wärmebrücke.

eben alle Einflüsse des Winters auf den Prüfstand und nicht nur diejenigen der trockenen Luft.

Selbstverständlich trocknen Haut und Schleimhäute im Winter stärker als im Sommer. Selbstverständlich hilft es keinem Menschen mit verstärkter Neurodermitis, wenn ihm berichtet wird, dass der gesunde Mensch mit dem niedrigen Wasserdampfgehalt (oder der geringen absoluten Luftfeuchte) des Winters recht gut klarkommt. Es gibt aber eben auch nicht DIE „Trockene Luft-Krankheit“ und vielleicht wird es dem Neurodermitis-Kranken helfen, wenn man die Tipps (siehe Infokasten) wie eine eventuelle Überheizung angeht, bevor technisch luftbefeuchtet wird. Gesundheitliche Belastungen im Winter, müssen mit offenen Augen für alle möglichen Ursachen angegangen werden. Wie wichtig das ist, erlebe ich oft bei meinen Raumluftanalysen, wie z. B. bei dem Disput zwischen einer Lagerarbeiterin und einem Hausmeister. Die Lagerarbeiterin klagte allgemein über schlechte Luft. Der Hausmeister musste eingestehen, dass der Hallenkomplex mithilfe eines zentralen Luftbefeuchters „Strich“ gefahren wurde, also alles war auf konstante Werte eingestellt. Und zusammen mit der viel zu warmen Raumluft kam man den physiologischen Bedürfnissen der Arbeitnehmerin nicht nach. Das alles wurde dort als hausgemachter Stress der Wintermonate wahrgenommen.

Falls trockene Luft allein kritisiert wird, sollte man wissen, dass an manchen Maiabenden genau die Luftbedin-

gungen vorherrschen (normal-warm und trocken), welche die meisten Menschen sehr angenehm empfinden.

Zurück zu den Wurzeln

Aus guten Gründen setzte sich ab Mitte des 20. Jh. immer mehr eine bewusste Abkehr von der relativen Feuchte hin zur „physiologischen Feuchte“ durch. Seitdem kann eine absolute Luftfeuchte mit einer physiologischen Feuchte beschrieben werden. Damit war die veranschaulichende Bewertung des physiologisch-passiven Einflusses von unterschiedlichen Luftfeuchten besser möglich. Zudem ist wichtig, dass der Körper aktiv auf Veränderungen des Raumklimas reagiert. Der Einzelparameter „Luftfeuchte“ kann nicht als Sündenbock für fast alles Krankmachende im Winter herhalten. Die Natur ist es, die die trockene Winterluft erzeugt. Das ist erst einmal nichts Krankmachendes. Wir haben uns darauf seit Urzeiten eingestellt. Zudem gibt es unterschätzte autark wirkende Behaglichkeitsprobleme, wie z. B. die Überheizung, die früher meist nicht in diesem Umfang gegeben war. Wenn denn trockene Luft im Raum entsteht, durch ergiebige eingebrachte Winterluft, bei gleichzeitigem Einsatz möglichst behaglicher Strahlungswärme und baubiologisch einwandfreier Bauweisen, dann wird dies in den allermeisten Fällen der Gesundheit zuträglich sein. Dies ist ein Beitrag aus raumklimatischer und biophysikalischer Sicht. Es wäre wichtig, den interdisziplinären Erfahrungs- und Wissensaustausch zu vertiefen. ■

Tipps für ein behagliches und gesundes Raumklima im Winter

- Ausreichendes Lüften, sodass die Monats-Luftfeuchtwerte der Luftfeuchtetabelle 3 i. d. R. eingehalten werden.
- Raumtemperatur reduzieren auf z. B. 21 °C, im Schlafzimmer noch weniger.
- Beheizung mittels Strahlungswärme (Beachtung des Behaglichkeitsdiagramms nach Bedford- und Liese).
- Möglichst dezentrale Raumregelung unabhängig vom Heizsystem. Weitere individuelle Anpassungen wie z. B. warme Kleidung im Winter, Abstimmung mit anderen Gebäudenutzern etc.
- Einsatz baubiologischer Baumaterialien und Bauweisen, die sich u. a. nicht statisch aufladen.
- Staubarme Luft z. B. durch Verwendung guter Staubsauger mit HEPA-Filter und feuchtes Wischen.
- Viel trinken, Bewegung an der frischen Luft, gesunde Lebensweise.

Falls befeuchtet werden muss, sollte dies ergänzend zu diesen Ratschlägen behutsam und dezentral erfolgen – unter Beachtung der vorgenannten Luftfeuchtetabelle.

BUCH-TIPPS

Empfehlenswerte weiterführende Literatur:

- **Das Luftfeuchte-Buch ...** – siehe [8]
- **Praxisratgeber Luftfeuchte ...** – siehe [9]

Literatur

- [1] – N. von Hahn: „Trockene Luft“ und ihre Auswirkungen auf die Gesundheit – Ergebnisse einer Literaturstudie“, Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz – BGIA, Sankt Augustin, März 2007
- [2.1] – Ib Anderson und weitere Wissenschaftler: „Human Response to 78-Hour Exposure to Dry Air“– Archives of Environmental Health, Volume 29, Dec. 1974
- [2.2] – R. Mühlbauer: „Trockene Luft: Wann befeuchten und wie?“, Apotheken-Umschau unter www.apotheken-umschau.de aktualisiert: 2016
- [3] – S. Ückert: „Temperatur und sportliche Leistung“, Meyer & Meyer Verlag Aachen, 2012
- [4] – DIN 4710 (2003) - Statistiken meteorologischer Daten zur Berechnung des Energiebedarfs von heiz- und raumluft-technischen Anlagen in Deutschland, Beuth-Verlag, DIN
- [5] – VDI 2078:2015-06 - Berechnung der thermischen Lasten und Raumtemperaturen (Auslegung Kühllast und Jahres-simulation), Beuth-Verlag, VDI
- [6] – W. Liese: „Gesundheitstechnisches Taschenbuch“, 2. Auflage, Oldenbourg Verlag München – Wien 1969
- [7] – W. Oczenski: „Atmen – Atemhilfen Atemphysiologie und Beatmungstechnik“ 10. Auflage – Georg Thieme Verlag KG Stuttgart
- [8] – J. Bellmer: „Das Luftfeuchte-Buch – Vom Luftfeuchte-Vergleich bis zur Kondensations-Bewertung in Gebäuden“, Gebund. Buch, 4. Aufl., 2011, Bezug unter www.baubiologie-shop.de und www.hausanalyse.de
- [9] – J. Bellmer: „Praxisratgeber Luftfeuchte und Raumklima – Luftfeuchtetipps, Lüftungshilfen für ein gutes Raumklima – Für Wohnungsnutzer und Fachleute“, Broschüre, Erscheinungsdatum voraussichtlich Ende 2019, Vorbestellung unter www.hausanalyse.de
- [10] – J. Bellmer: „Einfluss trockener Atemluft“ Fachartikel in „WOHNUNG+GESUNDHEIT“, IBN 2003