

TROCKENE WÄNDE – SICHERER WÄRMESCHUTZ

Es häufen sich die Fälle von Durchfeuchtungen der Innenoberflächen von Außenwänden auch in Neubauten. Vielfach ist Schimmelbildung die Folge.

Ob sich Wasser in flüssiger Form an den Fensterscheiben absetzt oder die Innenoberflächen der Außenbauteile an bestimmten Stellen Feuchtigkeit zeigen, in jedem Fall handelt es sich um Tauwasser.

Streicht die Raumluft an kälteren Wandoberflächen, einschließlich Fensterflächen, vorbei und ist die innere Oberflächentemperatur geringer als die Taupunkttemperatur der in der Raumluft in dampfförmiger Form enthaltenen Feuchtigkeit, setzt sich diese als Tauwasser an diesen Bauteilflächen ab. Es kann also mit Sicherheit festgestellt werden, daß die Ursache dieser Feuchtigkeit der in der Raumluft befindliche Wasserdampf ist.

Die in der gültigen Norm DIN 4108 Wärmeschutz im Hochbau Teil 2 festgelegten Mindestwerte der Wärmedurchlaßwiderstände ($1/\Lambda$) und Maximalwerte der Wärmedurchgangskoeffizienten (k) von Bauteilen sind so bemessen, daß bis zu einem Innenraumklima von 20° C und 60 % relativer Luftfeuchte eine dauernde oder langwährende Tauwasserbildung auf der Bauteiloberfläche mit großer Sicherheit ausgeschlossen wird.

HEIZENERGIEVERBRAUCH

Nicht nur der sparsame Umgang mit Ressourcen, auch der Schutz unserer Umwelt zwingen uns, mit Heizenergie sparsam umzugehen:

Der Heizenergieverbrauch eines Gebäudes wird von vielen Faktoren bestimmt:

- Wärmeschutz der Gebäudehülle (Außenwand, Dach, Fenster, Kellerdecke/Fußboden)
- Qualität der Heizungsanlage
- Gebäudeform und Größe
- Wärmegewinne durch Solareinstrahlung über die Fenster und durch innere Wärmequellen
- Lüftung

Dabei spielt insbesondere hinsichtlich der Lüftungswärmeverluste das individuelle Verbraucherverhalten eine große Rolle.

Im Zusammenhang mit dem Energiesparen hat die Wohnungslüftung einen besonderen Stellenwert.

Immerhin betragen unter den Bedingungen der z.Zt. geltenden Norm die Wärmeverluste durch Lüftung je nach Gebäudeform und -größe zwischen 46 und 72 % der Gesamtverluste über die Gebäudehülle.

HEIZEN UND LÜFTEN

Nun dürfen als Beitrag zum Energiesparen die Wärmeverluste durch die Wohnungslüftung nicht nach Belieben verringert werden.

Ein Minimum an Luftaustausch zwischen innen und außen ist aus hygienischen und bauphysikalischen Gründen notwendig. Auch die ständig vorhandenen Ausdünstungen aus Textilien, Möbel usw. müssen abgeführt werden.

So kommt es vielfach aufgrund falsch verstandener Energiesparbestrebungen dazu, daß einerseits zu wenig und unüberlegt geheizt wird und andererseits zu wenig und nicht richtig gelüftet wird.

Art der Tätigkeit	Ausgeatmetes Kohlendioxid Liter/Stunde	Notwendige Frischluftmenge m³/Stunde
Schlafen/Ruhe	10–13	17–21
Lesen, Fernsehen	12–16	20–26
Schreibtischarbeit	19–26	32–42
Hausarbeit	32–43	55–72
Handwerker/in	55–75	90–130

Kohlendioxidproduktion und erforderliche Frischluftmenge erwachsener Personen bei unterschiedlicher Betätigung

Ergebnis dieses Wohnverhaltens ist eine verstärkte Wasserdampfentwicklung in der Raumluft. Die dadurch verursachte Überschreitung der Grenzwerte für die relative Raumluftfeuchtigkeit führt zu einer Tauwasserbildung an den Bauteiloberflächen. Diese Tauwasserbildung ist unbedenklich, wenn das ausgefallene Tauwasser von den Oberflächen aufgenommen und zwischen den erhöhten Feuchtebelastungen wieder vollständig an die Raumluft abgegeben wird. Kommt es nicht zu dieser Feuchtigkeitsabgabe, sind längerfristige Durchfeuchtungen, die dann für das Bauteil und die raumhygienischen Verhältnisse schädlich sind, die Folge.

Neben den Prozessen im Rahmen des Bewohnens der Räume können auch andere Faktoren den Feuchtegehalt der Luft beein-

Topfpflanzen	7–15 g/Stunde
Mittelgroßer Gummibaum	10–20 g/Stunde
Trocknende Wäsche 4,5-kg-Trommel geschleudert	50–200 g/Stunde
Wannenbad	ca. 1100 g/Bad
Duschbad	ca. 1700 g/Bad
Kurzzeitgericht	400–500 g/Stunde Kochzeit
Langzeitgericht	450–900 g/Stunde Kochzeit
Braten	ca. 600 g/Stunde Garzeit
Geschirrspülmaschine	ca. 200 g/Spülgang
Waschmaschine	200–350 g/Waschgang
Menschen – Schlafen – Haushaltsarbeit – anstrengende Tätigkeit	40–50 g/Stunde ca. 90 g/Stunde ca. 175 g/Stunde

Abgabemengen von Feuchtigkeit in Wohnungen in Form von Wasserdampf

flussen. Herausragend ist dabei die Feuchtigkeit, die im Verlauf der Errichtung des Bauwerkes eingebracht wird und nun bis zum Austrocknen während der ersten Zeit der Nutzung des Gebäudes die Raumluft zusätzlich mit Feuchtigkeit belastet.

Wenn diese Erscheinung auch nur vorübergehend ist, so wird sie jedoch mitunter, je nach Grad der Feuchtebelastung, als sehr störend empfunden.

Die Austrocknungszeiten hängen u. a. auch von den verwendeten Baumaterialien ab. Ziegelmauerwerk hat aufgrund der Kapillarität des Ziegelscherbens im Vergleich zu den anderen bekannten Baustoffen die weitaus kürzeste Austrocknungszeit. Aus den unterschiedlichsten Gründen hat sich die Austrocknungszeit – unabhängig vom verwendeten Baustoff – in den letzten Jahren verlängert. Neben den veränderten Lüftungsbedingungen wird mitunter auch durch die in den heutigen Putzen vorhandenen Additiven (u. a. Wasserrückhaltestoffe und Hydrophobierungsmittel) die Austrocknung behindert.

Ungünstig hinsichtlich der Austrocknung wirkt sich auch der heute allgemein übliche Baufertigstellungstermin und Nutzungsbeginn zum Jahresende aus. Die erste Nutzungsperiode fällt in die kalte Jahreszeit, in der allgemein weniger gelüftet wird.

Auch dichtere Gebäudeaußenhüllen führen zum geringeren Luftaustausch und damit zu höheren Raumluftfeuchten.

Die zulässige Feuchtigkeit in den Räumen ist von einer Vielzahl von Einflußgrößen abhängig und kann im Einzelfall nicht immer mit Sicherheit angegeben werden.

Aus der Schadenshäufigkeit in Bauten mit fugendichten Fenstern läßt sich jedoch schließen, daß hier die Aufnahmefähigkeit der Raumluft für Feuchtigkeit nahe der Grenzwerte liegt. D.h. bei normaler Wohnungsnutzung hinsichtlich Heizen, Lüften usw. wird dieser Grenzwert oft überschritten. Folglich ergibt sich daraus, daß zum Abführen der nicht nutzungsbedingten Feuchte (z.B. Baufeuchte) ein zusätzlicher Luftwechsel notwendig ist.

Die Räume, die durch Feuchteerscheinungen und Schimmelpilze, vor allem in den Raumaußenecken und hinter Möbeln, am häufigsten betroffen sind, sind diejenigen, die sparsam beheizt werden (Schlafzimmer) und bei denen eine hohe Wasserdampfmenge entsteht (Küche und Bad).

Der extrem hohe Wasserdampfanfall im Bad wird durch Tauwasserbildung an Fliesen, Spiegeln und Fensterscheiben deutlich sichtbar, was die Nutzer in der Regel dazu bewegt, ausreichend zu lüften. So kommt es in derartigen Räumen, wenn nicht bauliche Mängel vorliegen, unter Berücksichtigung des hohen Feuchtigkeitsanfalls im allgemeinen seltener zu Schadensfällen.

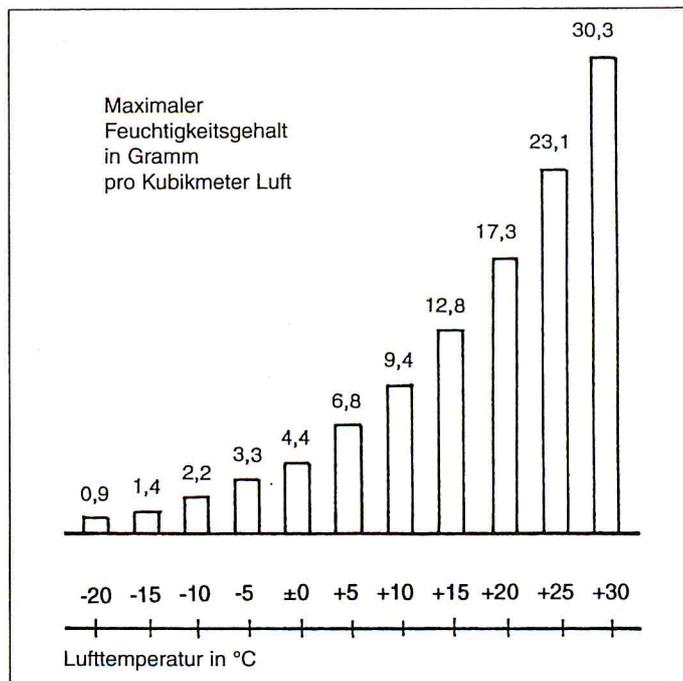
TAUWASSERBILDUNG

Der Tauwasseranfall ist abhängig von

- Luftwechselzahl
- Wasserdampfanfall
- Raumlufttemperatur
- Wärmedurchgangskoeffizient des Bauteils
- Wärmeübergangswiderstand der Wandoberfläche

Prinzip der Wasserdampfkondensation, die zum Tauwasserausfall führt:

Die uns umgebende Luft enthält stets mehr oder weniger große Mengen an Wasser in Form von unsichtbarem Wasserdampf. Die Größe dieser Wasserdampfmenge ist klimabedingt. In der Außenluft sind sie abhängig von der geographischen Lage und der Wetterlage, im Inneren von Gebäuden noch zusätzlich von der Raumnutzung (Atmen der Bewohner, Pflanzen, Waschen, Kochen u.a.). Warme Luft kann mehr Wasserdampf aufnehmen als kalte Luft: z.B. nimmt 1 cbm Luft bei 0° C eine Höchstmenge von 4,8 g und bei 20° C von 17,3 g auf. Ist diese Höchstmenge an Wasser in der Luft enthalten, spricht man von einer Sättigung der Luft (100 % relative Luftfeuchte).



Maximaler Wasserdampfgehalt (= 100 % relative Luftfeuchte) in Gramm pro m³ Luft bei verschiedenen Temperaturen

Sinkt nun die Lufttemperatur eines Raumes unter die zu einem vorhandenen Wasserdampfgehalt gehörenden Sättigungstemperatur, den sogenannten Taupunkt ab, so fällt ein Teil des Wasserdampfes als flüssiges Wasser-Kondensat aus. Gleiches geschieht, wenn einer Raumluft mit einer bestimmten Lufttemperatur und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 50 % Wasserdampf in solchen Mengen zugeführt wird, daß der zu der vorhandenen Lufttemperatur gehörende Sättigungsdampfdruck überschritten wird. Gerät nun solche Raumluft mit einem bestimmten Wasserdampfgehalt – besonders im Winter – an eine Bauteiloberfläche, deren Temperatur unter der Taupunkttemperatur der Raumluft liegt, so fällt das Wasser als Oberflächenkondensat aus. Ist die Oberfläche glatt und dicht, wie z.B. an Fensterscheiben, Fliesen oder Ölanstrichen, so wird das Wasser unmittelbar sichtbar. Bei saugfähigen und porigen Oberflächen steigt zunächst der Feuchtegehalt in den oberflächennahen Schichten. Bei länger anhaltender Kondensatbildung wird die Wärmedämmung des Bauteils vermindert, da die Luft in den Poren durch Wasser ersetzt wird, das die Wärme um ein Vielfaches schneller und besser leitet. Eine weitere Verringerung der raumseitigen Oberflächentemperatur ist dann die Folge.

Durchfeuchtungen über einen längeren Zeitraum führen zur Bildung von Schimmelpilzbewuchs.

Wo bildet sich Tauwasser?

Tauwasser bildet sich an inneren Bauteiloberflächen dort, wo die Oberflächentemperaturen am niedrigsten sind.

Derartige Stellen können sein:

– Baustoffbedingte Wärmebrücken

Das sind Bereiche in der Außenhüllkonstruktion, die baustoffbedingt einen größeren Wärmefluß nach außen aufweisen, was dann an der Innenoberfläche eine größere Abkühlung zur Folge hat.

– Geometrische Wärmebrücken

Hier handelt es sich um Bereiche, bei denen aufgrund der Bauteilgeometrie die Wärmeabgabe nach außen größer ist als die Wärmeaufnahme innen. Das führt wiederum zu einem erhöhten Wärmefluß an diesen Stellen.

T °C	50 %	55 %	60 %	65 %	70 %	75 %	80 %	85 %	90 %	95 %
+ 30	18,4	20,0	21,4	22,7	23,9	25,1	26,2	27,2	28,2	29,1
29	17,5	19,0	20,4	21,7	23,0	24,1	25,2	26,2	27,2	28,1
28	16,6	18,1	19,5	20,8	22,0	23,1	24,2	25,2	26,2	27,1
27	15,7	17,2	18,6	19,8	21,1	22,2	23,3	24,3	25,2	26,1
+ 26	14,8	16,3	17,6	18,9	20,1	21,2	22,3	23,3	24,2	25,1
25	13,9	15,3	16,7	18,0	19,1	20,2	21,3	22,3	23,2	24,1
24	12,9	14,4	15,7	17,0	18,2	19,3	20,3	21,3	22,3	23,2
23	12,0	13,5	14,8	16,1	17,2	18,3	19,4	20,3	21,3	22,2
+ 22	11,1	12,5	13,9	15,1	16,3	17,4	18,4	19,4	20,3	21,2
21	10,2	11,6	12,9	14,2	15,3	16,4	17,4	18,4	19,3	20,2
20	9,3	10,7	12,0	13,2	14,4	15,4	16,5	17,4	18,3	19,2
19	8,3	9,8	11,1	12,3	13,4	14,5	15,5	16,4	17,3	18,2
+ 18	7,4	8,8	10,1	11,3	12,4	13,5	14,5	15,4	16,3	17,2
17	6,5	7,9	9,2	10,4	11,5	12,5	13,5	14,5	15,4	16,2
16	5,6	7,0	8,2	9,4	10,5	11,5	12,5	13,4	14,3	15,2
15	4,7	6,0	7,3	8,5	9,6	10,6	11,6	12,5	13,4	14,2
+ 14	3,7	5,1	6,4	7,5	8,6	9,6	10,6	11,5	12,4	13,2
13	2,8	4,2	5,4	6,6	7,7	8,7	9,6	10,5	11,4	12,2
12	1,9	3,2	4,5	5,6	6,7	7,7	8,7	9,6	10,4	11,2

Taupunkttemperaturen von Luft mit unterschiedlichen Temperaturen in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte

Beispiel: Bei einer Raumlufttemperatur von 20° C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 75 % fällt schon ab einer Wandoberflächentemperatur von 15,4° C Wasser aus

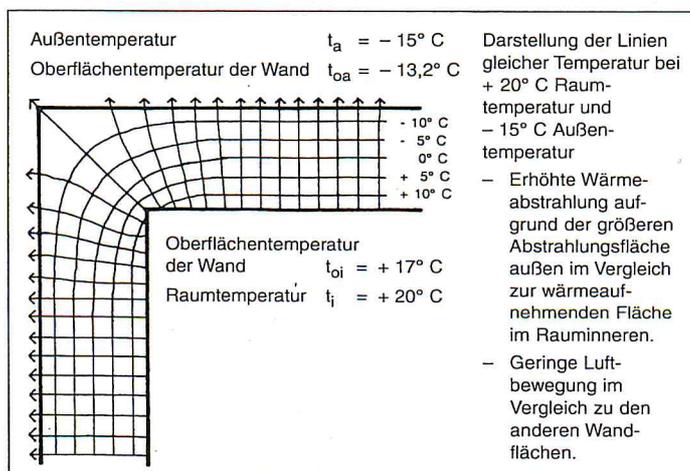
Besonders markante geometrische Wärmebrücken sind Gebäudeecken, Fenster- und Türleibungen und Heizkörpernischen. Bei den Gebäudeecken wird im Bereich der Deckeneinbindung in die Außenwand der Wärmefluß nach außen noch verstärkt, so daß die Feuchtigkeits- und Schimmelbildung in der Regel im Eck, das durch die Außenwände und die Decke gebildet wird, beginnt.

– Wandflächen hinter Möbeln, Vorhängen und Bildern

Einrichtungsgegenstände, die mit zu geringem Abstand vor den Wänden eingeordnet sind, senken die Innenoberflächentemperatur der Wand ab.

Diese Gegenstände wirken, wenn die Luftbewegung zwischen ihnen und der Wand zu gering ist, als innere Wärmedämmschicht.

Es kommt zur Verlagerung des Taupunktes ins Rauminnere und führt zur Feuchtigkeits- und als Folge Schimmelpilzbildung auch an der Rückseite der Einrichtungsgegenstände.



Gebäudeaußenecke (geometrische Wärmebrücke)

VERMEIDUNG VON FEUCHTIGKEIT UND SCHIMMELPILZBILDUNG

Neben der Planung, die baustoffbedingte Wärmebrücken ausschließen bzw. minimieren kann, ist das richtige Verhalten der Bewohner gefragt.

Geometrische Wärmebrücken dagegen sind nur mit großem Aufwand zu vermeiden. Sie gelten nach der gültigen Norm DIN 4108 Wärmeschutz nicht als Schwachpunkte der Konstruktion. Temperaturabsenkungen durch Einrichtungsgegenstände können durch entsprechende Umsicht der Bewohner vermieden werden.

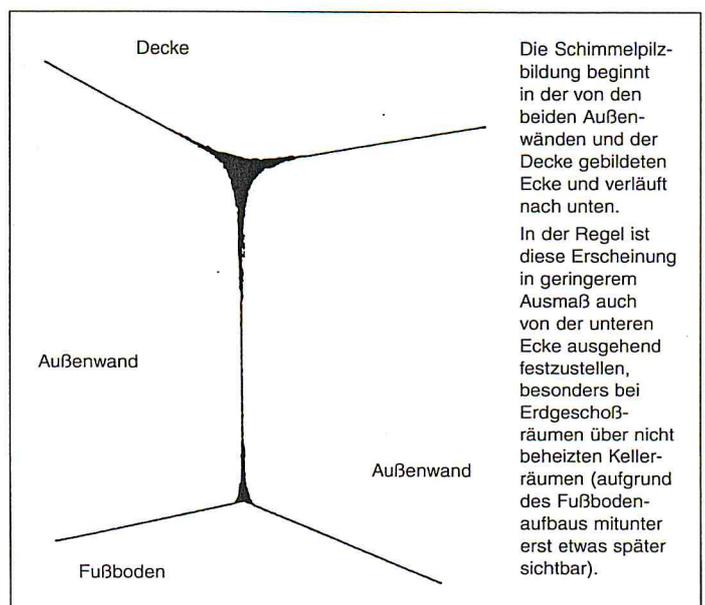
Eine Folge der Wohnnutzung ist die ständige Erzeugung von Wasserdampf durch die Bewohner. Wird dieser Wasserdampf nicht in ausreichendem Maß abgeführt, so erreicht die Luft sehr schnell ihren Sättigungsgrad und es kommt zur Kondensatbildung. Das kann nur durch Absenkung des Wasserdampfgehaltes verhindert werden.

WAS MACHEN DIE BEWOHNER FALSCH?

Viele Bauherrn und Mieter wollen nicht glauben, daß die Feuchteerscheinungen in ihren Häusern und Wohnungen auf falsches Wohnverhalten zurückzuführen sind und leiten sie von einem zu geringen Wärmeschutz der Außenwand ab. Es müßte jedoch von jedem leicht zu verstehen sein, daß eine Wand auch bei noch so guter Wärmedämmung auskühlt, wenn ihr in der kalten Jahreszeit nicht von innen ständig Wärme zugeführt wird.

Ein großer Fehler der Bewohnung und eine häufige Ursache für die Feuchteerscheinungen in den Wohnungen ist aber gerade das zu sparsame Heizen, oft auch in Verbindung mit starker Wohnnutzung durch mehrere Bewohner. Geringe Heizung verleitet zu verminderter Lüftung, weil die Wärme nicht durch Lüftung verlorengehen soll. Wegen der ständigen Erzeugung von Wasserdampf durch die Bewohner wird bei fehlender Lüftung daher der Wasserdampfgehalt der Luft gesteigert.

Die Hauptursache für die Kondensatbildung ist jedoch die indirekte Heizung von Räumen und hier meist von Schlafräumen. Nicht oder nur schwach beheizte Räume mit zwangsläufig niedrigen inneren Oberflächentemperaturen der Außenbauteile werden durch Luftumwälzung aus anderen beheizten und stärker genutzten Räumen, wie Wohnzimmer und Küchen, temperiert. Die warme, oft hoch mit Wasserdampf angereicherte Luft aus den bewohnten Räumen kühlt auf dem Weg in den unbeheizten Raum schnell ab. Diese Luft trifft nun in dem unbeheizten Raum



Typisches Schadensbild (Schimmelpilz) an einer Gebäudeaußenecke

auf stark unterkühlte Innenoberflächen der Außenbauteile, so daß die Taupunkttemperatur sehr rasch unterschritten wird und eine erhebliche Menge an Kondensat ausfällt.

Ähnliche Verhältnisse treten jedoch auch ein, wenn Räume zu stark belüftet werden; in diesen Fällen kommt es dann zu Feuchteerscheinungen auch an den Innenwänden. Gerade in Bädern konnte oft festgestellt werden, daß sich Schimmelpilze auch auf den Fugen an den Fliesenbelägen der Innenwände und sogar an Duschvorhängen bilden. Sie haben ihre Ursache nicht in einer schlechten Wärmedämmung der Außenwand, sondern ausschließlich in der zu starken Auskühlung des Raumes und seiner Innenwände.

Die am weitesten verbreitete Lüftungsart, das gekippte Fenster, führt zu hohen Heizenergieverlusten ohne das Übel, die Schimmelpilzbildung, auszuschließen.

WAS IST DIE LUFTWECHSELRATE?

Um den überschüssigen Wasserdampf aus der Wohnung zu entfernen – und das ist das eigentliche Problem – sind entsprechende Luftwechselraten erforderlich, die je nach Jahreszeit unterschiedlich sind. Im Winter ist die Außenluft in der Regel trotz Nebel, Regen und Schnee wesentlich trockener als im Sommer. Die Luftwechselrate gibt an, wie oft pro Stunde ein kompletter Luftaustausch erzielt wird.

Die für die angegebenen Lüftungszeiten besonders zutreffenden Monate	Ungefähre Lüftungszeit in Abhängigkeit von der Außentemperatur
Dezember, Januar, Februar	4 bis 6 Minuten
März, November	8 bis 10 Minuten
April, Oktober	12 bis 15 Minuten
Mai, September	16 bis 20 Minuten
Juni, Juli, August	25 bis 30 Minuten

Lüftungszeitdauer in Abhängigkeit von den Jahreszeiten (Orientierungswerte bei vollkommen geöffnetem Fenster)
Wie oft gelüftet werden muß, richtet sich nach der Belastung der Raumluft

Die erforderliche Luftwechselrate, von der in der z.Zt. geltenden Wärmeschutzverordnung ausgegangen wird, beträgt 0,8 und bedeutet, daß im Mittel einmal pro Stunde die Luft zu 80 % erneuert wird.

RICHTIGES HEIZEN UND LÜFTEN – RICHTIGES WOHNVERHALTEN

1. Wer nicht sicher ist, daß er die relative Luftfeuchtigkeit ohne Hilfsmittel kontrollieren kann, sollte sich ein Hygrometer kaufen. Damit kann überwacht werden, daß die relative Feuchte der Raumluft möglichst zwischen 40 und 60 % liegt.
2. Die Lüftungsdauer über die Fenster muß sich am Außenklima orientieren und sollte wesentlich vom Frischluftbedarf bestimmt werden.
3. Die sogenannte „Stoßlüftung“ bei ganz geöffnetem Fenster darf aus Energiespargründen nur kurzzeitig erfolgen. Ausreichend sind im Winter 4 bis 6 Minuten und in den Übergangszeiten 12 bis 15 Minuten. Da die Luft um so weniger Feuchtigkeit (absolut) enthält, je kälter sie ist, sind bei tiefen Temperaturen die Fensteröffnungszeiten geringer zu wählen.
4. Alle Räume sollten möglichst auf gleicher Raumlufttemperatur gehalten werden. Unbedingt ist zu vermeiden, daß unbeheizte oder weniger beheizte Räume zeitweise durch Raumluft anderer Räume mit höherer Temperatur mitbeheizt werden.
Der in der Luft der warmen Räume enthaltene Wasserdampf würde die relative Luftfeuchtigkeit in den kalten Räumen rasch ansteigen lassen und sich als Tauwasser an den kälteren Innenoberflächen der Außenwände dieser Räume absetzen.
Nur selten beheizte Räume können auch bei gutem Wärmeschutz der Außenbauteile auf Dauer nicht tauwasserfrei gehalten werden.

Nach dem Schließen der Fenster soll die Luft langsam und gleichmäßig wieder auf die gewünschte Temperatur erwärmt werden.

7. Besonderes Augenmerk muß der Lüftung im Schlafzimmer geschenkt werden, da hier in der Regel eine geringere Beheizung vorgenommen wird. Dagegen ist aus Energiespargesichtspunkten auch nichts einzuwenden. Niedrige Raumlufttemperaturen bedeuten jedoch auch niedrigere innere Oberflächentemperaturen der Außenwände. Wer nachts bei offenem Fenster schläft, sollte die Tür zum Schlafzimmer geschlossen halten.

Werden nachts die Fenster geschlossen gehalten, ist folgendes zu beachten: Die im Verlauf durch Atmen abgegebene Feuchtigkeit bleibt nicht in der Luft, sondern wird von den Oberflächen der saugfähigen Stoffe (z.B. Gardinen, Vorhänge, Möbel, Holzverkleidungen, Tapeten, Teppiche) des Raumes aufgenommen. Wird die Raumluftfeuchte abgesenkt, geben diese Stoffe die Feuchtigkeit wieder an die Raumluft ab. Dieser Vorgang verläuft jedoch sehr langsam. Eine Stoßlüftung am Morgen reicht dafür nicht aus.

Deshalb sollte folgendermaßen verfahren werden:

Nach Beendigung der Nacht sollte zunächst durch Lüften über einen kurzen Zeitraum Frischluft hereingelassen werden. Bei anschließend geschlossenen Fenstern wird durch kurzes Aufheizen der Prozeß der Feuchteabgabe aus den Oberflächen der im Raum befindlichen Materialien an die Raumluft eingeleitet. Eine Stunde danach ist die nun feuchte Raumluft durch Stoßlüftung auszutauschen.

8. Kellerräume werden im Winter ebenso gelüftet wie die Wohnräume der Geschosse über Erdreich. Anders verhält es sich im Sommer und in den Übergangszeiten. Insbesondere im Frühjahr, wenn die Temperaturen der Außenluft und damit auch die absolute Luftfeuchtigkeit entsprechend hoch sind, setzt sich die Feuchtigkeit der Außenluft an den Innenoberflächen der vom Winter her noch kalten Kelleraußenwände als Tauwasser ab.

Auch im Sommer werden die Kelleraußenwände durch das angrenzende Erdreich immer etwas kühler gehalten. Deshalb sollten Kellerräume in den wärmeren Jahreszeiten weniger, besser nur nachts, gelüftet werden, da zu dieser Zeit die Außenluftfeuchte geringer ist als tagsüber.