



ENERGIE TIROL

Beratung-Forschung-Förderung

Energiesparinformationen



Energiesparen durch richtiges Lüften

Wissenswertes über den Luftwechsel und moderne Lüftungsmethoden

- 4 Energiesparen bei der Lüftung?!
- 4 Lüftungswärmebedarf – wieviel macht das aus?
- 5 Luftwechselrate und Energieverbrauch
- 6 Wieviel Frischluft braucht der Mensch?
- 7 Wasserdampf – das versteckte Risiko
- 9 Lüften mit dem Fenster
- 11 Lüften nach Maß! – Aber wie?
- 12 Praktische Fragen – Praktische Antworten



**OPET
Austria**

OPET Austria ist ein Mitglied des OPET-Netzwerkes der Europäischen Union zur Promotion von innovativen Energietechnologien.

OPET Austria ist ein Konsortium aus Energieverwertungsagentur, Österreichischer Energiekonsumverband, Büro für Internationale Technologiekooperation, Energieinstitut Vorarlberg, Ökologische Betriebsberatung Salzburg, Arbeitsgemeinschaft Erneuerbare Energie und ENERGIE TIROL.

Energiesparen bei der Lüftung?!

Die Wohnungslüftung ist im Zusammenhang mit dem Energiesparen ein besonders heikles Thema: Zum einen gehen die Meinungen darüber, wie groß die mengenmäßige Bedeutung der Lüftung für den gesamten Heizenergiebedarf eines Hauses tatsächlich ist, weit auseinander; zum anderen lassen sich die Wärmeverluste durch Wohnungslüftung nicht beliebig verringern, da ein hygienisch und bauphysikalisch notwendiges Minimum an Lüftung nicht unterschritten werden darf.

Auf den folgenden Seiten wird es deshalb um etwas gehen, was manchen wie die Quadratur des Kreises anmuten wird: Nämlich ein Maximum an Raumluftqualität bei einem Minimum an Energieverbrauch zu bewerkstelligen. Eine Garantie für eine dauerhaft gute Raumluftqualität bei geringsten Lüftungswärmeverlusten bietet letztlich nur der Einsatz der kontrollierten Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung. Solche Lüftungsanlagen werden in der Energiesparinformati-on Nr. 2 behandelt.

Lüftungswärmebedarf – wieviel macht das aus?

Es gibt sehr viele Faktoren, die den Heizenergieverbrauch eines Hauses bestimmen – angefangen bei der Gebäudeform und dem Wärmeschutz von Wänden, Dach, Fenster etc. über die Qualität der Heizanlage, bis hin zum individuellen Verbraucherverhalten. Der relative Anteil der Lüftung am gesamten Energiebedarf hängt von der Gebäudequalität ab, wie in der Abb. 1 dargestellt ist. Der absolute Verbrauch für den hygienischen Lüftungsbedarf ist bei allen Wohngebäuden theoretisch gleich groß.

Altbauten

Unangenehme Zugerscheinungen an undichten Fenstern in Altbauten führen vielfach zu einer subjektiven Überbewertung des Luftwechselanteils an den Gesamtwärmeverlusten. Bei nicht sanierten Gebäuden, die bis Anfang der siebziger Jahre gebaut wurden, gehen 75–85 % der Wärme per Wärmeleitung (Transmission) durch luftdichte (!) Bauteile wie Wände, Dächer, Glasscheiben etc. verloren (siehe Balken 1 „Altbau“). Nur 20–35 % des Heizbedarfs gehen auf Kosten der Lüftung. Das heißt nicht, dass der Lüftungswärmebedarf deswegen niedriger ist, nur ist der Anteil aufgrund der hohen Transmissionsverluste geringer.

Neubauten

Neubauten, die nach dem Mindeststandard der Technischen Bauvorschriften erstellt wurden, oder nachträglich vergleichbar gedämmte Altbauten (siehe Balken 2) haben zwar dichte Fenster, dennoch steigt der Anteil durch die der Lüftung zuzuordnenden Wärmeverluste auf 25–45 % an.

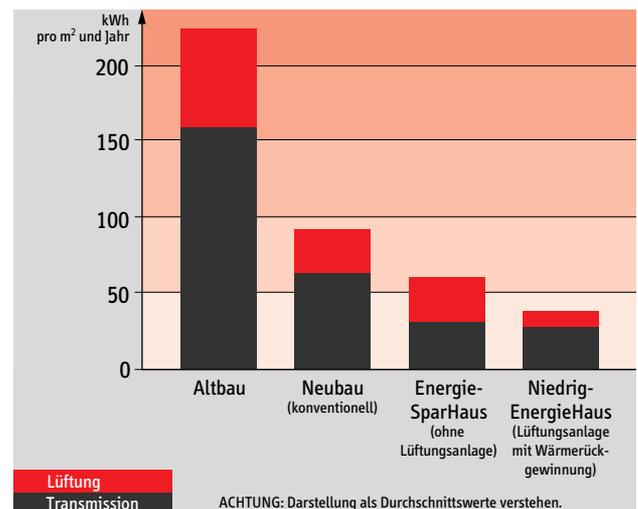


Abb. 1: Anteil der Lüftung an den Gesamtwärmeverlusten eines Wohnhauses.

Der Grund, warum der relative Beitrag der Lüftung bei Neubauten ansteigt, liegt in der besseren Wärmedämmung und der Verringerung der Wärmeverluste durch die Wände, Dach, Keller und Fenster. Dies wird besonders deutlich bei „Niedrig-EnergieHäusern“.

Geändertes Lüftungsverhalten notwendig

Eine große Anzahl von Untersuchungen in Wohnungen hat gezeigt, dass viele Bewohner mit der neuen, gedichteten Fenstertechnik noch nicht richtig umzugehen wissen und ein falsches Lüftungsverhalten an den Tag legen. Es bedarf daher weiterer Aufklärung, die verständlich macht, wie man sparsam lüften kann, ohne Bauschäden oder ein schlechtes Raumklima befürchten zu müssen. Dazu will diese Informationsschrift beitragen.

NiedrigEnergieHäuser

In NiedrigEnergieHäusern werden alle heute wirtschaftlich vertretbaren Wärmedämmmaßnahmen durchgeführt. Diese Häuser sind so gut gedämmt, dass nur noch 30–50 % der Gesamtwärmeverluste auf die Transmissionsverluste (= Verluste durch Wände, Dach, Scheibe etc.) entfallen. Der Lüftungswärmebedarf verursacht dann bis zu 70 % der Gesamtwärmeverluste.

Da der übermäßig starke Einfluss der aktiven Wohnungslüftung in solchen Fällen auch die Regulierbarkeit der Heizung überfordern kann, gehört die kontrollierte Wohnungslüftung, mit Wärmerückgewinnung und Erdvorwärmung, zum Konzept dieser Bauweise. Damit können die Lüftungswärmever-

luste wieder auf ein Drittel des Gesamtenergiebedarfs zurückgedrängt werden.

Das bedeutet:

Die Lüftungswärmeverluste in Gebäuden haben schon immer eine große Rolle gespielt. Dass dagegen früher nichts getan wurde, liegt daran, dass es dichte Fenster und Rahmen einfach nicht gab, und daran, dass die Transmissionsverluste durch die Wände, Dach, Keller und Scheiben nach außen so immens hoch waren, dass es vordringlicher war, sich um eine Verbesserung der Wärmedämmung statt um die Verringerung der Lüftungsverluste zu kümmern.

Luftwechselrate und Energieverbrauch

Um die Auswirkungen des individuellen Lüftungsbedarfs auf den gesamten Energieverbrauch abschätzen zu können, interessiert den betroffenen Verbraucher natürlich besonders: Wieviel Holz, Heizöl, Erdgas braucht mein Haus, um die Energie für den notwendigen Luftaustausch bereitzustellen?

Die Größe, die entscheidend die Höhe des Verbrauchs bestimmt, ist die sogenannte „Luftwechselrate“. Die Luftwechselrate gibt an, wie oft pro Stunde ein kompletter Luftaustausch erzielt wird. Sie hängt ohne mechanische Lüftungsanlage davon ab, wieviel Wind bei geschlossenen Fenstern durch die Fugen pfeift, und davon, wie lange und wie oft Fenster geöffnet sind. Eine Luftwechselrate von „1“ bedeutet, dass im jeweiligen Raum bzw. Gebäude im Mittel einmal pro Stunde die Luft komplett erneuert wird. Beträgt die Luftwechselrate „0,5“, wird die Luft in zwei Stunden einmal erneuert.

Eine Luftwechselrate von „1“ in einer 75-m²-Etagenwohnung bedeutet z. B. einen Heizölverbrauch von knapp 700 Liter pro Winter (siehe Abb. 2). Bei einem Einfamilienhaus (140 m²) werden bei gleicher Luftwechselrate im Mittel schon 1.250 Liter Öl pro Jahr benötigt – entsprechend dem größeren Raumvolumen. Würden durch falsches Lüften gar Luftwechselraten von 2 und mehr pro Stunde erzielt, würde der Energieverbrauch nur für die Lüftung auf über 3.000 Liter pro Einfamilienhaus steigen. (Der Einfluss eines veränderten Lüftungsverhaltens auf den Energieverbrauch lässt sich aus Abb. 2 entnehmen.)

Aber wieviel Luftwechsel ist denn nun wirklich nötig? Diese Frage wird im nächsten Kapitel eingehend erörtert.

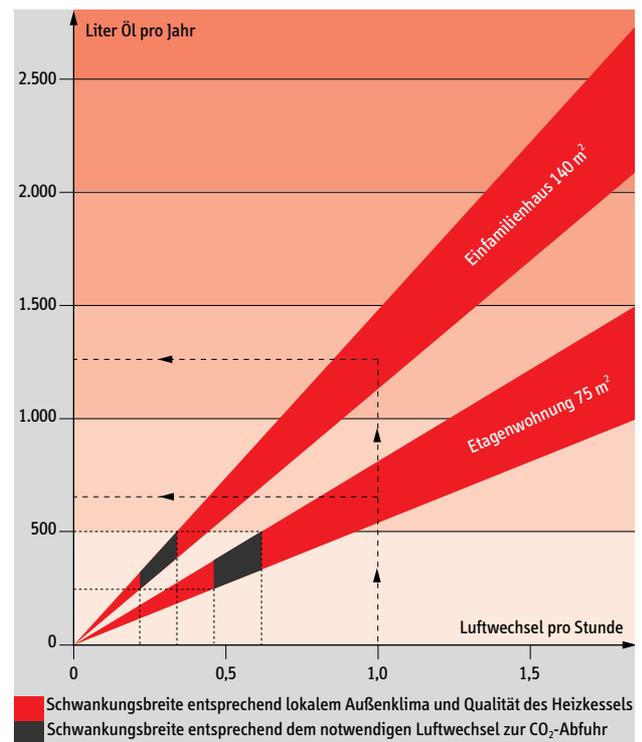


Abb. 2: Heizenergieverbrauch für die Lüftung in Abhängigkeit von der durchschnittlichen Luftwechselrate.

Orientiert man sich aber an der dort genannten „Pettenkofer-Grenze“ (Seite 6), ergibt sich daraus für einen 4-Personen-Haushalt eine notwendige Lüftererneuerung etwa alle eineinhalb bis zwei Stunden bei der Etagenwohnung bzw. alle drei Stunden im größeren Einfamilienhaus. Dies entspricht einer mittleren Luftwechselrate von 0,3 bzw. 0,6. Wie in Abb. 2 zu erkennen ist, sind dann bei beiden Wohnungstypen nur noch zwischen 250 und knapp 500 Liter Öl nötig, um den Lüftungswärmebedarf zu decken.

Wieviel Frischluft braucht der Mensch?

Wie im vorigen Kapitel bereits angedeutet wurde, sind dem Energiesparen beim Lüften natürliche Grenzen gesetzt. Die Frage ist jedoch: Welches sind die Kriterien für gute Raumluftqualität?

Sauerstoff

Der Ruf nach dem Fensteröffnen, „weil der Sauerstoff verbraucht ist“, ist so verbreitet, wie er falsch ist. Denn bei den üblichen Betätigungen im Haushalt braucht ein Erwachsener nur zwischen 15 und 50 Liter Sauerstoff (O_2) pro Stunde. Dem steht z. B. in einem 20 m² großen Zimmer ein Angebot von 10.000 Litern O_2 in der Luft gegenüber. Also könnten sich bei einem Luftwechsel pro Stunde (theoretisch) in diesem Raum rund 200 Menschen „leicht körperlich arbeitend“ betätigen, ohne dass Sauerstoffmangel eintreten würde.

Luftschadstoffe

Auch die – auf den ersten Blick einleuchtende – Forderung, die notwendige Mindestlüftung an der Abfuhr von Luftschadstoffen (z. B. Lösungsmittel, Formaldehyd, Radon) zu orientieren, ist bei näherem Hinsehen wenig hilfreich. Einerseits nehmen unsere Sinnesorgane diese Verunreinigungen spät oder gar nicht wahr, weil sie entweder geruchlos sind oder schon weit unter der Riechbarkeitsschwelle bei empfindlichen Menschen allergische Reaktionen auslösen können. Andererseits ist eine einfache laufende Messung und Überwachung von Luftschadstoffen aufgrund der Vielzahl von „Wohngiften“ praktisch unmöglich. Der wirksamste Schutz gegen gesundheitliche Risiken ist nicht das vermehrte Lüften, sondern – wie Untersuchungen in belasteten Häusern ergeben haben – die vorbeugende Vermeidung und die Beseitigung oder die Abdichtung möglicher Emissionsquellen.

Das hilft wirklich gegen Luftschadstoffe:

- Nicht rauchen; keine offenen Feuerstellen
- Vermeidung von lösungsmittelhaltigen Farben und Reinigungsmitteln
- Verwendung giftfreier Holzschutz- und Oberflächenbehandlungsmittel
- Strenge Vorschriften bei der Produktion von Möbeln, Teppichen usw. bis hin zum Verbot der Verwendung toxischer Chemikalien
- Einsatz von Baustoffen mit geringer Radioaktivität (Gegen Radon aus dem Boden ist eine Abdichtung des Kellerbodens bzw. die Verwendung einer Dampfsperre wirksamer als eine erhöhte Lüftungsrate)

Doch auch wer sein Haus „biologisch“ und auf strahlenarmen Boden baut, und wer seine Wohnung gesundheits- und umweltverträglich reinigt und renoviert, d. h. wer dafür sorgt, dass Luftschadstoffe in der Wohnung gar nicht erst entstehen, muss lüften. Maßgebend hierfür sind zwei Inhaltsstoffe der Luft, die überall dort entstehen, wo Menschen sich aufhalten: Kohlendioxid und Wasserdampf. Über die Entstehung und den Umgang mit diesen „natürlichen“ Gasen geben die folgenden Abschnitte Auskunft.

Kohlendioxid – ein menschliches Problem?

Was den berechtigten Wunsch nach Frischluft auslöst, sind Gerüche von Körperausdünstungen und das mit der Atmung abgegebene Kohlendioxid (CO_2). Bei jeder Verbrennung wird aus den kohlenstoffhaltigen Energierohstoffen durch Oxidation mit Sauerstoff Kohlendioxid (CO_2) erzeugt. Auch bei der Energieumwandlung im Körper entsteht laufend CO_2 , das vorwiegend über die Atmung abgegeben wird.

Nun ist das Kohlendioxid (CO_2) glücklicherweise kein Gas, das zu akuten Vergiftungserscheinungen führen kann. Jedoch gehen zu hohe CO_2 -Konzentrationen in Wohnräumen mit Ermüdungserscheinungen, Konzentrationsschwierigkeiten und Empfindungen wie „miefige, stickige, verbrauchte Luft“ einher.

Aus einer Vielzahl von Raumklimauntersuchungen hat sich ein direkter Zusammenhang zwischen der CO_2 -Konzentration und anderen die Raumluft verschlechternden Gerüchen, Körperausdünstungen usw. ergeben. Bei der Bestimmung der nötigen Frischluftmengen liefert daher die CO_2 -Abgabe des Menschen einen guten Anhaltspunkt, um auch alle anderen durch normale Benutzung entstehenden Luftverunreinigungen zu beseitigen.

Umgekehrt bedeutet dieser Zusammenhang auch, dass durch einfaches Fensteröffnen entsprechend dem eigenen Geruchsempfinden auch das ausgeatmete, geruchlose CO_2 in ausreichender Menge aus den Wohnungen entfernt wird.

Schon vor 130 (!) Jahren hatte der deutsche Forscher Max Pettenkofer den CO_2 -Gehalt der Luft als Maßstab für die Raumluftqualität erkannt. Die von ihm empfohlene maximale Konzentration von 0,1 % CO_2 in der Raumluft (ein in Europa anerkannter Grenzwert) führt zu Frischlufttraten abhängig von der CO_2 -Abgabe der Personen. Die notwendige Frischluftmenge liegt – je nach Aktivität – bei Erwachsenen zwischen 10 und 75 Litern pro Stunde (siehe Abb. 3).

Art der Tätigkeit	Ausgeatmetes Kohlendioxid Liter/Stunde	Notwendige Frischluftmenge m ³ /Stunde
Schlafen/Ruhe	10–13	17–21
Lesen, Fernsehen	12–16	20–26
Schreibtischarbeit	19–26	32–42
Hausfrau-/mann	32–43	55–72
Handwerker/in	55–75	90–130

Abb. 3: Kohlendioxidproduktion und notwendige Frischluftmenge erwachsener Personen bei unterschiedlicher Betätigung.

Konkret: in einem 4-Personen-Haushalt wird hiernach pro Tag eine Frischluftmenge von 2.000–3.000 m³ benötigt. Das bedeutet, dass z. B. in einer 75-m²-Etagenwohnung im Schnitt alle eineinhalb bis zwei Stunden ein Austausch der Raumluft erforderlich wird. Im Einfamilienhaus (140 m²) reicht bei gleicher Belegung wegen des größeren Volumens eine Erneuerung etwa alle 3 Stunden. Selbst unter extremen Voraussetzungen (alle Bewohner sind ganztägig zu Hause, 60 % höherer CO₂-Gehalt der Außenluft, z. B. Innenstadt bei „austauscharmer Wetterlage“) braucht auch in einer kleinen Etagenwohnung nur etwa einmal pro Stunde die „verbrauchte“ Luft erneuert zu werden.

Wasserdampf – das versteckte Risiko

Wasserdampf wird in bewohnten Räumen ständig in großen Mengen produziert (siehe Abb. 4). 8 bis 15 kg können in einem 4-Personen-Haushalt durchschnittlich pro Tag entstehen. Das ist soviel, als ob man den Inhalt eines Putzeimers auf dem Herd verkochen würde.

In diesem Wasserdampfgehalt der Raumluft liegt ein verstecktes Gesundheitsrisiko:

Einerseits ist Wasserdampf ein farb- und geruchloses Gas, das genau so ungiftig ist wie Wasser in flüssiger Form. Auch können Menschen eine recht weite Spannbreite von Luftfeuchtigkeiten als angenehm oder erträglich finden. Das reicht von 2 g (pro Kubikmeter Luft) an klaren Wintertagen bis zu 20 g Wasserdampf (pro Kubikmeter Luft) nach einem Sommergewitter. Auch in beheizten Innenräumen (ca. 20° C) können die relativen Luftfeuchtwerte von 35 % bis 70 % reichen, ohne dass dies direkt als unangenehm empfunden wird.

Zu trockene Luft...

In den Randzonen dieser tolerierbaren Bereiche können aber Raumklimasituationen entstehen, die ungesund sind. Das gilt besonders für zu trockene Luft. Unterhalb von Raumluftfeuchtwerten von ca. 40 % besitzen bestimmte Bakterien und Viren, die für Bronchialerkrankungen verantwortlich sind, eine größere Überlebensdauer. Außerdem werden elektrostatische Aufladungen, die Austrocknung der Schleimhäute und das „Kratzen im Hals“ durch zu trockene Luft begünstigt. Letzteres hat aber ursächlich mehr mit der Staubverschmelzung und Staubaufwirbelung durch zu heiße Heizkörper als mit zu geringer Luftfeuchtigkeit zu tun.

... zu feuchte Luft

Dauerhaft hohe Luftfeuchtwerte (oberhalb 60–65 % bei 20° C) führen, wenn Kondenswasserbildung an kalten Außenwänden eintritt, zu feuchten Stellen. In Verbindung mit den organischen Bestandteilen der Wandoberfläche (Tapete, Kleister, Anstrich) entsteht dadurch der ideale Nährboden für Schimmelpilze. Die Sporen hiervon sind z. T. extrem giftig und können Allergien und chronische Erkrankungen der Atemwege auslösen.

Abgabe von Feuchtigkeit in Wohnungen	
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	40–50 g/Stunde
- Haushaltsarbeit	ca. 90 g/Stunde
- anstrengende Tätigkeit	ca. 175 g/Stunde

Abb. 4: Abgabe von Feuchtigkeit (Wasserdampf) in Wohnungen. Insgesamt werden in einem 4-Personen-Haushalt ca. 10 Liter Wasser freigesetzt.

Bevor nun beschrieben wird, wie der richtige Wasserdampfgehalt der Luft durch Lüften erreicht werden kann, ist zunächst zu klären, was sich hinter den Begriffen „relative“ und „absolute“ Luftfeuchtigkeit versteckt.

Relative, absolute... – verwirrende Luftfeuchtigkeit

Angesichts der wachsenden Zahl von Feuchteschäden und häufigen Klagen über unbehagliches Raumklima ist es wichtig geworden, sich ein Grundverständnis des Zusammenhangs von Luftfeuchtigkeit und (Raum-)Temperatur zu verschaffen. Den wichtigsten, zunächst paradox klingenden „Merksatz“ dazu wollen wir gleich vorwegschicken:

Im Winter ist die Luft draußen absolut gesehen stets trockener als in beheizten Wohnräumen. Relativ gesehen ist die Luft draußen jedoch feuchter.

Die Möglichkeit zur Wasserdampfaufnahme in der Luft ist begrenzt. Jeder Kubikmeter Luft kann nur eine bestimmte Menge Wasser als Dampf „verkräften“. Alles, was darüber hinaus geht, schlägt sich wieder als Wasser in flüssiger oder fester Form nieder (z. B. Regen, Nebel, Kondenswasser, Eis, Schnee).

Die absoluten Dampfmengen, bei denen die Sättigung der Luft erreicht wird, hängen allerdings von der Lufttemperatur ab. Warme Luft kann wesentlich mehr H₂O-Dampf aufnehmen als kalte. Dies entspricht auch der Alltagserfahrung, dass man mit Wärme Nasses trocknen kann. Aber mit kalter Winterluft Räume entfeuchten?

Um dies zu verstehen, muss zunächst die Verwirrung, welche die gängigen Prozentangaben oft stiften, geklärt werden: Die Bezugsgröße für die sogenannte „relative Luftfeuchtigkeit“ ist immer die bei der jeweiligen Temperatur mögliche maximale Luftfeuchte (s. Abb. 5): So kann z. B. Luft von 20° C bis zu 17 g Wasserdampf pro Kubikmeter aufnehmen. Bei diesem Sättigungswert sind 100 % relative Feuchte erreicht. (Zeigt bei dieser Temperatur ein Hygrometer 50 % relative Luftfeuchte an, so bedeutet das: Es sind 50 % von 17 Gramm, also absolut 8,5 Gramm Wasserdampf in jedem Kubikmeter Luft enthalten.) Luft von 15° C kann nur noch knapp 13 g Wasserdampf halten, ohne dass es zur Kondensation kommt.

Ein Beispiel für außen: Bei ca. 0° C kann die Luft maximal 4,5 g/m³ Dampf (dies entspricht 100 % relativer Feuchte) enthalten. Die 4,5 g/m³ bedeuten aber bei 20° C gerade 25 % relative Feuchte.

Wenn nun beim Lüften die relativ feuchte, aber absolut gesehen sehr trockene Außenluft gegen die nur relativ trockene Raumluft mit 20° C und 50 % relativer Feuchte ausgetauscht wird, so verlassen mit jedem Kubikmeter Luft 8,5 – 4,5 = 4 g Wasserdampf das Haus. Und genau das ist der Effekt, der durch Lüften erreicht werden soll!

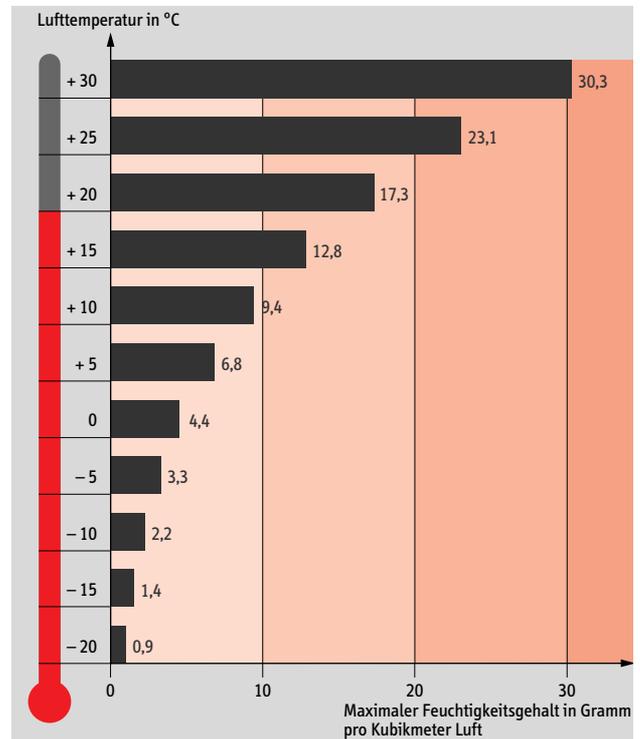


Abb. 5: Maximaler Wasserdampfgehalt (= 100 % relative Luftfeuchte) in Gramm pro m³ Luft bei verschiedenen Temperaturen.

Weglüften von Feuchtigkeit – jahreszeitlich unterschiedlich

Um den überschüssigen Wasserdampf aus der Wohnung zu entfernen, sind je nach Jahreszeit recht unterschiedliche Luftwechselraten erforderlich. Denn die Menge Wasserdampf, die mit einem kompletten Luftaustausch weggelüftet werden kann, hängt vom aktuell herrschenden Unterschied zwischen der absoluten Außen- und Innenluftfeuchte ab (s. vorheriger Abschnitt). Da im Winter die Außenluft selbst bei Regen, Schnee oder Nebel wesentlich trockener ist, reicht es auch in einer kleineren Etagenwohnung, höchstens alle zwei Stunden einmal durchzulüften (d. h. Luftwechselrate = 0,5 pro Std.), um die relative Innenluftfeuchte nicht über 50 % steigen zu lassen (siehe Abb. 6).

Bei Außentemperaturen oberhalb + 5° C steigt der Lüftungsbedarf jedoch stark an, da pro Luftwechsel immer weniger Dampf abgeführt werden kann. Bei + 10° C ist gesättigte Außenluft schon absolut feuchter als Raumluft von 20° C mit 50 % relativer Feuchte. D. h. an Tagen mit relativ mildem, aber feuchtem Wetter muß 2- bis 3-mal häufiger gelüftet werden als an kalten Wintertagen. Wer im Wohnzimmer ein Hygrometer hängen hat, wird zu dieser Zeit einen Anstieg der relativen Raumluftfeuchte auf Werte über 60 % beobachten können. Die vielfach befürchteten Feuchteschäden (Taufwasserbildung, Schimmelflecken etc.) sind jedoch zu dieser Jahreszeit nicht zu erwarten: Bei Temperaturunterschieden

von maximal 15° C zwischen drinnen und draußen sind die Wandoberflächen auch an den kritischen Stellen warm genug (siehe Frage 5, Seite 13). Ausnahme: unbeheizte und falsch gelüftete Schlafzimmer! (siehe Fragen 6 und 10, Seite 13 bzw. 14).

Kritisch und schadensträchtig sind jedoch Situationen mit Außentemperaturen in Gefrierpunktnähe bei gleichzeitig hoher Raumlufffeuchte (über 65 %). Bei ungedämmten Außenwänden kann dann im Bereich von Wärmebrücken (Außenecke, Deckenanschluss, Fensterlaibung u. ä.) die raumseitige Oberflächentemperatur schon so niedrig sein, dass sich über einen längeren Zeitraum Kondenswasser bildet. Abhilfe schafft bei diesem Problem:

1. Lückenlose Außendämmung für das gesamte Haus.
Falls dies nicht möglich ist, ist eine (Innen)Dämmung der tauwassergefährdeten Stellen anzubringen (Beratung durch Fachmann unbedingt notwendig).
2. Einbau einer einfachen Lüftungsanlage bzw. bewusste aktive Lüftung, damit die Raumlufffeuchte in der kritischen Zeit nicht über 50–55 % ansteigt.

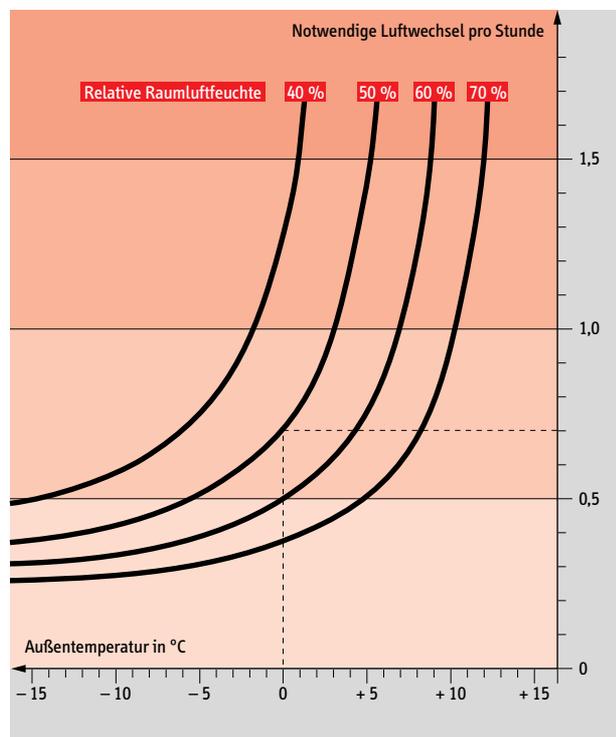


Abb. 6: Notwendige Luftwechselraten zur Wasserdampfabfuhr in Abhängigkeit von der Außentemperatur.
(Rahmendaten: Relative Luftfeuchtigkeit außen = 100 %, Wasserdampfproduktion in der Wohnung 500 g/Stunde, Etagenwohnung 75 m²).
Ablesebeispiel: Um bei einer Außentemperatur von 0° C die relative Raumlufffeuchte nicht über 50 % (Schnittpunkt mit der Kurve) steigen zu lassen, ist – bei den obigen Rahmenbedingungen – eine Luftwechselrate von mindestens 0,7 pro Stunde erforderlich.

Lüften mit dem Fenster

Wie kann man ein gesundes und behagliches Raumklima mit einer möglichst energiesparenden Fensterlüftung bewerkstelligen? Wie lange sollen die Fenster wie weit geöffnet werden? Zu diesen Fragen gibt es keine für alle möglichen Witterungssituationen einheitliche Antwort. Die Kunst des optimalen Wohnungslüftens ist jedoch erlernbar, wenn Folgendes beachtet wird:

Selbstlüftung

Kein Haus ist ganz dicht. Selbst Massivbauten mit neuen, gedichteten Fenstern haben – ohne Fenster und Türen öffnen – noch einen durchschnittlichen Luftaustausch von mindestens 2- bis 3-mal am Tag. Bei Häusern mit einer Leichtbau-Gebäudehülle (Holzständer- oder Holzrahmenbauweise, Fertighäuser und vor allem bei Dachgeschoßbauten) können wegen der vielen hundert Meter Bauteilfugen Selbstlüftungsraten auftreten, die im Mittel schon über dem raumhygienisch Notwendigen liegen. Wissenschaftliche Unter-

suchungen an typischen Dachdämmungssystemen lassen die Hochrechnung zu, dass ein großer Teil der Dachausbauten der letzten 10–20 Jahre natürliche Luftwechselraten hat, die einem ein- bis zweifachen mittleren stündlichen Luftaustausch entsprechen. Solche hohe Leckraten sind u. U. auch bei alten Häusern mit zugigen Fenstern anzutreffen.

Das heißt allerdings noch lange nicht, dass derartig undichte Wohnungen nicht mehr aktiv gelüftet werden müssen. Denn je nach Witterung können die Antriebskräfte (z. B. Wind, Auftrieb) für die Selbstlüftung nicht nur oft viel zu hoch, sondern auch manchmal viel zu niedrig sein, um eine ausreichende Frischluftversorgung zu gewährleisten (siehe Abb. 7).

Ein hoher Energieverbrauch und Bauschäden sind daher die Folgen solcher Undichtigkeiten. Denn wenn die feuchte, warme Luft durch die Ritzen nach außen dringt, kondensiert der Wasserdampf und verursacht massive Feuchteschäden.

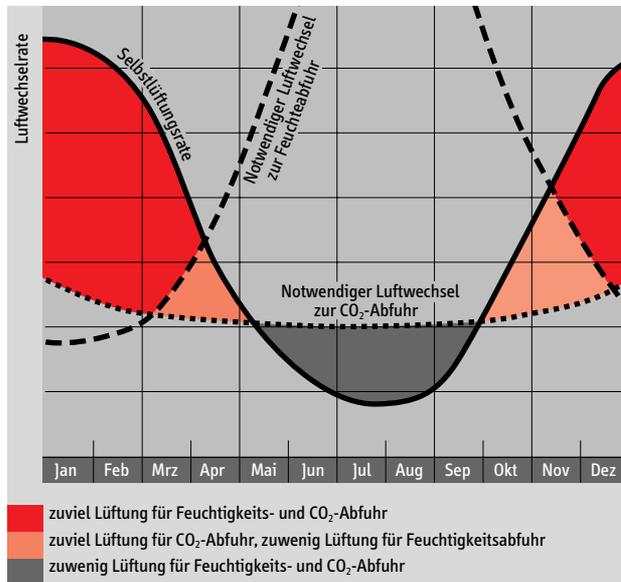


Abb. 7: Qualitativer jahreszeitlicher Verlauf der Selbstlüftung bei Fenstern ohne Fugendichtung im Vergleich mit der notwendigen Lüftungsrate (ohne Berücksichtigung des Windeinflusses).

Einfluss von Thermik

Der natürliche Auftrieb von warmer Luft ist die wichtigste und gleichzeitig am meisten unterschätzte Antriebskraft für die Lüftung. Das gilt einerseits für den Luftaustausch am offenen Fenster, als auch für Fugen und Ritzen. Dieser schleichende, aber meist nur bei sehr kaltem Wetter fühlbare, Luftstrom macht, weil er praktisch ständig mehr oder weniger stark stattfindet, den Hauptbestandteil der Lüftungswärmeverluste aus.

Je größer der Temperaturunterschied zwischen drinnen und draußen ist, desto stärker ist das Bestreben der warmen Zimmerluft beim Fensteröffnen, nach draußen aufzusteigen. Die notwendige Öffnungsdauer, um einen kompletten Luftaustausch im Raum zu erzielen, ist daher im Winter erheblich kürzer (ca. 5 Min. bei ganz geöffnetem Fenster) als in der Übergangszeit (15 Min., siehe Abb. 8).

Windeinflüsse

Dass auch schon ein mäßiger Wind (5 m/s) z. B. am gekippten Fenster den Verlust gegenüber Thermik verdoppeln kann (s. Abb. 9), und dass solche Windstärken auch im Binnenland häufig vorkommen, dürfte weniger bewusst sein. In ähnlicher Weise wirkt sich natürlich der Wind auch auf den ständigen unkontrollierbaren Luftaustausch durch Fugen und Ritzen aus. Dabei kommt der Windrichtung eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu: Auf der windzugewandten Seite herrscht ein starker Überdruck, der sich auch in Form

Die für die angegebenen Lüftungszeiten besonders zutreffenden Monate		Ungefähre Lüftungszeit in Abhängigkeit von der Außentemperatur	
Januar Februar Dezember	ca. -5°C	4–6 Minuten	
März November	ca. 0°C	8–10 Minuten	
April Oktober	ca. +10°C	12–15 Minuten	
Mai September	ca. +15°C	16–20 Minuten	
Juni Juli August	ca. +20°C	25–30 Minuten	

Abb. 8: Notwendige Lüftungsdauer für einen Luftwechsel bei Stoßlüftung (ganz geöffnetes Fenster bei Windstille) je nach jahreszeitlicher Außentemperatur.

von eindringender Kaltluft bemerkbar macht (s. Abb. 10). Auf allen anderen Seiten entsteht durch die vorbeiströmende Luft ein (schwächerer) Unterdruck, der aber weniger fühlbar ist, da hier warme Luft nach außen gesogen wird. D. h. die Fugenlüftung durch Windeinfluss führt zu einer sehr ungleichmäßigen Frischluftzufuhr. Auf der windzugewandten Seite (LUV-Seite) viel zu viel, auf der windabgewandten Seite (LEE-Seite) eher zu wenig.

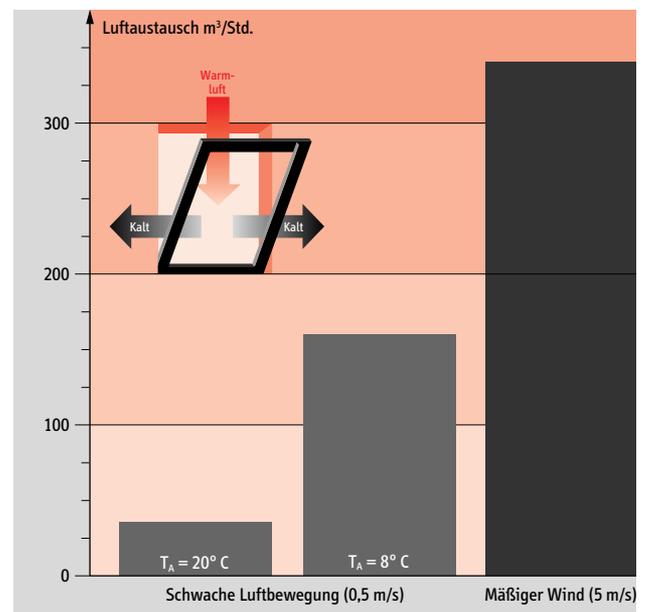


Abb. 9: Luftaustausch an einem gekippten Fenster durch Thermik und Windeinfluss.

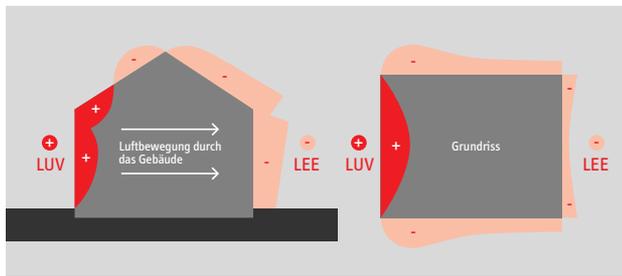


Abb. 10: Winddruck und -sog bei einem freistehenden Gebäude.

Der Versuch, dies durch Offenlassen der Zimmertüren auszugleichen, führt zu noch höheren Wärmeverlusten (Querlüftung!) und hilft bei der Verbesserung der Luftqualität nur begrenzt, da die Räume auf der windabgewandten Seite ihre Zuluft hierbei nach wie vor aus den Nachbarräumen und nicht als Frischluft von außen bekommen.

Lüften nach Maß! – Aber wie?

Die energiesparendste Art, Wohnungen zu lüften, orientiert sich am tatsächlichen momentanen Frischluftbedarf.

Dafür lassen sich folgende einfache Regeln aufstellen:

Nur aktiv lüften, wenn Zimmer benutzt werden. In nicht belegten Räumen reicht meist die Selbstlüftung durch Fugen zur Lufterneuerung. Eventuell pro Woche 1 mal lüften.

Die weit verbreitete Lüftungs(un)art durch ein gekipptes Fenster führt zu mehrfach überhöhten Luftwechselraten, weil die einströmenden Luftmengen unterschätzt werden. Zur Dauerlüftung ist die Kippstellung nur außerhalb der Heizperiode von Mai bis September sinnvoll. Im Winterhalbjahr braucht ein Fenster aus hygienischen Gründen im Mittel nicht mehr als 7–20 Minuten pro Stunde gekippt sein.

Die „Stoßlüftung“ als empfohlene Lüftungsart durch ein ganz geöffnetes Fenster ist im Winter nur dann energiesparend, wenn dies sehr „diszipliniert“ und kurzzeitig geschieht (siehe Abb. 8). Bei Querlüftung durch mehrere Zimmer reichen max. 3 Minuten zum kompletten Luftaustausch.

Gute Ergebnisse können auch bei bequemer Dauerlüftung durch regulierbare Lüftungsspalte (Dosierlüfter) erzielt werden. Ihr maximaler Luftaustausch liegt bei 10–20 % des gekippten Fensters und kann stufenlos weiter reduziert werden. Ein solches Element pro Raum reicht für alle normalen Situationen.

Bei allen Arten der Bedarfslüftung muss die Dauer des Fensteröffnens am Außenklima orientiert werden. Abgesehen von der Berücksichtigung des Windeinflusses gilt folgende Faustregel: Je kälter es draußen wird, desto kürzer müssen die Lüftungszeiten werden (wegen der verstärkten Thermik). Dies darf auch so sein, weil die notwendige Wasserdampfabfuhr um so besser funktioniert, je kälter, d. h. je (absolut) trockener die Außenluft ist.

Luftwechsel bei verschiedenen Lüftungsarten		
	Luftwechselrate pro Stunde	Öffnungsdauer für 1 Luftwechsel
Fenster und Türen dicht	0,1–0,3	
Undichte Häuser (i. M.)	bis 2,0	
Regulierbare Lüftungsspalte (Dosierlüfter)	0,2–0,8	75–300 Min.
Fenster gekippt		
- ohne Querlüftung	0,8–2,5	25–75 Min.
- mit Querlüftung	2–4	15–30 Min.
Fenster ganz offen		
- ohne Querlüftung	9–15	4–7 Min.
- mit Querlüftung	> 20	bis 3 Min.

Abb. 11: Luftwechsel bei verschiedenen Lüftungsarten.

1. Ist zuviel Lüften gesundheitsschädlich?

Nein, aber...

Zuviel Lüften bedeutet einen unnötig hohen Energieverbrauch und führt zu trockener Luft mit all seinen negativen Auswirkungen.

Wer auf weitgehende Natürlichkeit und/oder Umweltfreundlichkeit bei der Ausstattung seiner Wohnung und bei der Verwendung von Putzmitteln usw. achtet, kann ruhig nach der eigenen Nase gehen. D. h. sparsames Lüften, das sich am empfundenen Frischluftbedarf orientiert, ist dann allemal ausreichend, um ein gesundes Raumklima zu schaffen (siehe S. 6/7). Voraussetzung ist allerdings auch, dass die Bausubstanz soweit „in Ordnung“ ist, dass die sich einstellende Raumluftfeuchtigkeit nicht zu Schimmelbildung führt.

2. Müssen Außenwände „atmungsfähig“ sein?

Nein!

Wenn man unter „Atmung“ versteht, dass Luft oder insbesondere Wasserdampf gut durch die Außenwand diffundieren können muss, kann diese Frage eindeutig mit „Nein“ beantwortet werden. Beim Gebrauch des Begriffs der „atmenden Wände“ wird oftmals der Eindruck erweckt, dass ein großer Teil des Luftaustausches zwischen drinnen und draußen über die Wände stattfindet. Auch bei einem bekanntermaßen gut „atmungsfähigen“ Ziegelmauerwerk macht die Wasserdampfdiffusion jedoch nur 1–3 % der über normale (Fenster-) Lüftung abgeführten Feuchtigkeitsmenge aus.

Um im Bild zu bleiben: Der „Wandatmung“ eine größere Bedeutung für die Raumluftqualität beizumessen, als ihr nach diesen Prozentzahlen zusteht, ist genauso töricht, wie sich Mund und Nase zuzuhalten, um dann die Körperatmung der Haut zu überlassen.

Das sogenannte „Atmen“ der Wand findet nur in den ersten 1–2 cm der Wandinnenseite statt (s. nächste Frage), eine Außendämmung (z. B. Thermohaut) beeinflusst daher das Raumklima nur insofern, als dadurch die Wände wärmer werden und die Behaglichkeit steigt. Wichtig ist jedoch, auf den bauphysikalisch richtigen Wandaufbau bzw. die geeignete Dämmstoffwahl zu achten.

3. Verschlechtern absperrende Oberflächen das Raumklima?

Ja, aber...

Von Oberflächen, die mit der Raumluft in Verbindung stehen, können „überschüssige“ Mengen an Luftschadstoffen aufgenommen werden. Diese sogenannte Sorptionsfähigkeit ist bei Naturfasern (Teppiche, Vorhänge, Polster), Papier (Tapeten, Bücher) und porösen Holzweichfaserplatten am besten, bei Holz gut und bei mineralischen Kalk- und Lehmputzen zufriedenstellend. Ungünstig wirken sich aus: Lack- und Ölfarbenastriche, alle Kunststoffoberflächen, Oberflächen aus synthetischen Textilien, keramische Fliesen und Zementputze. Dies gilt insbesondere für die Abpufferung von Feuchtigkeitsspitzenwerten in Küche und Bad und bei starker Belegung von Wohnräumen.

Aber: Die aufgenommenen Dämpfe werden (wenn auch zeitverzögert) wieder an den Raum abgegeben. Auch die Hoffnung, dass die absorbierte Feuchtigkeit von Außenwänden „weggeatmet“ werden könnte, ist trügerisch (s. Frage 2). Die hier behandelten Sorptionsprozesse spielen sich nur zwischen Raumluft und den ersten 1–2 cm der Wandstärke ab, sodass man allenfalls von einer Art „Oberflächenatmung“ sprechen kann. Richtig „durchatmen“ kann auch ein „Bio“-haus nur durch Lüften.

4. Was tun, wenn die Luft zu trocken ist?

Zuerst: Hygrometer kaufen (z. B. Kaufhaus, Optikerladen) und überprüfen, ob und wann die relative Luftfeuchte unter 40 % sinkt. Ist das besonders bei sehr kaltem und/oder windigem Wetter der Fall, dann hilft am besten:

Abdichten von Fenster- und Türfugen (bei ausgebauten Dachgeschoßen können erhebliche zusätzliche Undichtigkeiten in der Wandverkleidung und Dämmung auftreten!). Generell führt eine Absenkung der Raumtemperatur um 1 bis 2° C zu einer Erhöhung der relativen Luftfeuchte um bis zu 10 Prozentpunkte (siehe S. 8/9). Wenn dies durch eine Absenkung der Heizwassertemperatur geschieht, wird außerdem die Staubumwälzung durch den Auftrieb am Heizkörper reduziert. Dies trägt ebenfalls dazu bei, dass Schleimhautreizungen u. ä. Beschwerden des „Trockene-Luft-Syndroms“ vermieden werden. Hygienisch bedenkliche und in ihrer Wirksamkeit umstrittene Luftbefeuchter werden durch die oben beschriebenen Maßnahmen überflüssig.

Tipp: Pflanzen sind natürliche Luftbefeuchter.

5. Schimmelflecken nach dem Einbau neuer Fenster! Sollte man die Fugendichtung wieder rausreißen?

Nein! Hier hilft nur aktives Lüften.

Feuchteschäden dieser Art haben zwei Hauptursachen:

Anstieg der Luftfeuchtigkeit und zu kalte Oberflächentemperaturen an den Außenwänden. Sind die feuchten Stellen von begrenzter Ausdehnung (Wärmebrücken!), dann reicht zur Schadensbeseitigung oft schon eine 1,5–3 cm starke Innendämmung, um die Oberflächentemperatur auf ein unkritisches Niveau anzuheben.

Achtung: Wird die Innendämmung im betroffenen Bereich räumlich zu knapp ausgeführt, wird die Schimmelbildung nur an den Rand der Dämmung verschoben.

Damit es nicht hinter der Dämmung weiter „gammelt“, müssen die entsprechenden Dämmplatten aus relativ dampfdichtem Material sein (z. B. extrudiertes Polystyrol (XPS), erkennbar an hellgrüner, rosa oder blauer Einfärbung).

In manchen Fällen ist auch die Verwendung eines kapillarwasserleitfähigen Dämmstoffs, z. B. reinexpandierter Kork oder Holzfaserdämmplatten, ausreichend, in jedem Fall ist eine fachliche Beratung anzuraten.

Auf keinen Fall sollte man den Schimmelsymptomen auf chemische Weise zu Leibe rücken, ohne die Schadensursache zu beheben. Das hilft nur kurze Zeit und vergiftet die Raumluft. Sind eine durchgehende Außenwanddämmung oder eine partielle Innendämmung kurzfristig nicht umsetzbar, dann hilft so lange nur ein bewußtes und wohl dosiertes Mehr an Heizung und aktiver Lüftung, insbesondere bei Außentemperaturen unter + 5° C.

Eine einfache Beseitigung der Fugendichtung würde zu Zugerscheinungen und zu übermäßig großen Luftwechselraten führen, ohne sicher gewährleisten zu können, dass einmal vorhandene Schäden auch rasch wieder austrocknen. Die Lösung lautet daher selber aktiv Lüften bzw. der Einbau einer einfachen (raumweisen) Lüftungsanlage.

6. Feuchteschäden im Schlafzimmer: Besser doch mehr heizen?

Es ist aus Energiespargesichtspunkten vernünftig, Schlafzimmer weniger zu beheizen, d. h. die Heizung in der Regel auszulassen. Niedrige Raumlufttemperaturen bedeuten aber auch niedrigere Oberflächentemperaturen der Außenwände. Besonders ungünstig wirkt sich deshalb die weit verbreitete Unsitte aus, in der kalten Jahreszeit die Tür zu den Wohnräumen zu öffnen, um das Schlafzimmer etwas zu „temperieren“. Dabei strömen große Feuchtemengen ein, die von der kühleren Schlafzimmerluft nicht aufgenommen werden können, sondern an den Außenwänden kondensieren. Auch in diesem Fall ist Wärmedämmung der kalten Flächen die beste und sicherste Lösung (siehe Frage 5). Wenn das Schlaf-

zimmer beheizt werden sollte, dann durch den eigenen Heizkörper bei geschlossenen Türen.

Wer nachts bei geschlossenem Fenster schläft, muss außerdem Folgendes beachten: Pro Nacht geben zwei Personen allein durch Atmen ca. 500 g Feuchtigkeit ab. Der größte Teil dieses Wassers bleibt nicht in der Luft, sondern wird durch saugfähige Oberflächen (Textilien, Holz, Tapeten) im Raum absorbiert (s. auch Frage 3). Diese sogenannten „Sorptionsprozesse“ haben allerdings einen Haken: Sie verlaufen so langsam, dass eine einfache morgendliche Stoßlüftung nicht ausreicht, um den Feuchtigkeitspuffer wieder zu entladen. Folgende Verhaltensregel hilft da weiter: Nach dem Aufstehen erst kurz lüften, um frische Luft in den Raum zu bekommen. Dann den Raum bei wieder geschlossenem Fenster 5–10 Min. anheizen (Heizkörper wieder abdrehen!). Erst etwa 1 Std. später (z. B. nach dem Frühstück) kurz und kräftig durchlüften. Dadurch verdunstet auch die in Bettzeug und Matratze gespeicherte Feuchtigkeit (Bettdecke zurückschlagen!). Bei hoher Luftfeuchte und ungünstiger Witterung muss dieser Vorgang (bei geschlossener Schlafzimmertür!) einige Male wiederholt werden.

So kann auch bei sparsamem Heizen der Muff im Schlafzimmer verhindert werden.

7. Soll man Badezimmer sicherheitshalber dauernd lüften?

Bloß nicht!

In Bädern entstehen, besonders bei häufigem Duschen, die größten Feuchtigkeitsbelastungen in der ganzen Wohnung. Da Bäder in der Regel jedoch gut geheizt werden, ist die Gefahr der Kondensation an kalten Oberflächen meist wesentlich geringer als z. B. in Schlafzimmern.

Faustregel: Wenn ständiges Beschlagen der Innenseite der Fensterscheibe im Bad vermieden wird, dann ist auch im Bereich von Wärmebrücken kaum mit einer dauerhaften Taupunktunterschreitung zu rechnen.

Wesentlich kritischer ist allerdings die Feuchteabsorption in porösen Oberflächen (Putz, Holz, Handtücher) zu bewerten (siehe Frage 3 und 6). Dies gilt besonders dann, wenn die relative Luftfeuchtigkeit über längere Zeit auf 80 % und mehr ansteigt.

Da hilft nur eines: Sofort nach dem Duschen oder Baden lüften, damit der Feuchtigkeit möglichst wenig Zeit bleibt, um zu tief in die Materialien einzudringen.

Denn: Je länger die Eindringzeit, desto länger dauert es auch, bis das aufgenommene Wasser wieder verdunstet. Die Zeit, die der Luftfeuchtigkeit zum Einwirken gelassen wird, entspricht in etwa auch der anschließend notwendigen Lüftungsdauer.

Dauerlüftung führt zu unnötig starker Auskühlung des Raums und erhöht die Gefahr der Tauwasserbildung.

8. Wie soll man Kellerräume richtig lüften?

Für die winterliche Kellerbelüftung gelten im Prinzip die gleichen Regeln wie für Wohnräume: Je kälter es draußen ist, desto besser wirkt die Entfeuchtung durch Lüftung.

Die kritischste Zeit beginnt für die Kellerbelüftung im späteren Frühjahr, dann, wenn in den Kellerwänden noch die Winterkälte steckt, draußen aber schon recht warmes Wetter mit entsprechend hoher absoluter Luftfeuchtigkeit herrscht. Dann setzt sich die Feuchtigkeit an den Kellerwänden ab. Im Sommer gilt für Keller, aber auch andere kühle Nebenräume (z. B. Speisekammern): Am besten nur nachts lüften, dann ist die Außenluftfeuchte am geringsten.

9. Lohnt es sich bei Regen zu lüften?

Im Winter fast immer.

Raumluft hat z. B. bei 20° C und 60 % relativer Luftfeuchte einen absoluten Wasserdampfgehalt von 10,2 g/m³ (siehe Seite 7). Bei einer Temperatur von weniger als + 12° C ist auch „gesättigte“ Außenluft (100 % relative Luftfeuchte) absolut trockener als die Raumluft im Beispiel. Zwar wäre der Wassergehalt in der Außenluft eigentlich noch höher, wenn man die Regentropfen mitzählen würde, aber solange es beim Lüften nicht hereinregnet, ist dies für den Dampfaustausch unerheblich.

10. Ist Schlafen bei offenem Fenster Energieverschwendung?

Nein, wenn...

man auch „baupsychologische“ Probleme ernst nimmt, dann sollte kein Energieberater jenem Drittel der Bevölkerung, das für einen ruhigen Nachtschlaf ein zumindest leicht geöffnetes Fenster braucht, dies ausreden wollen. Die mit dieser Dauerlüftung unbestritten erhöhten Wärmeverluste lassen sich in Grenzen halten, wenn Folgendes beachtet wird:

- Es sollte Durchzug vermieden werden, d. h. die Schlafzimmertür muss geschlossen bleiben und am besten mit einer Fugendichtung versehen werden.
- In der Heizperiode ist auch bei Windstille maximal ein gekipptes Fenster nötig, um den Gehalt des „Leitschadstoffs“ für schlechte Luft, das Kohlendioxid, unter der altbewährten „Pettenkofer-Grenze“ (Seite 6/7) zu halten.
- Je kälter es draußen wird, desto kleiner braucht die Fensteröffnung zu sein, um den gleichen Effekt zu erzielen (zunehmende Thermik!). In Haushaltsgeschäften gibt es für wenig Geld Feststeller, mit denen sich der Kippgrad des Flügels stufenlos einstellen lässt!

Ein Vorteil dieser wohldosierten nächtlichen Dauerlüftung besteht darin, dass kritische Feuchtigkeitsansammlungen in Wänden usw. von vornherein vermieden werden (s. Frage 6).

11. Dürfen Räume mit Ofenheizung eine Fugendichtung haben?

Nur dann, wenn...

die Feuerstätte eine raumluftunabhängige Luftzuführung hat. Bei Gaseinzelöfen mit Außenwandanschluss und Gas-etageneheizungen ist dies heute die Regel, bei neuen Kachel- und Kaminöfen sollte man einen Zuluftschacht unbedingt einplanen. Die für alte Miethäuser typischen Kohle- und Ölöfen holen sich jedoch immer ihre Verbrennungsluft aus dem Raum. Bei Zuluftmangel wird die Verbrennung schlechter und es entsteht in großem Maße giftiges Kohlenmonoxid (CO, nicht verwechseln mit dem ungiftigen Kohlendioxid CO₂). Alleine auf Kohlenmonoxid-Vergiftungen sind alle tragischen Todesfälle zurückzuführen, die nach Einbau abgedichteter Fenster passiert sind.

Aber das Problem der Dichtigkeit von Feuerraum und Ofentür sollte auch nicht unterschätzt werden. Bei bestimmten Wetterlagen und bei zu geringem Auftrieb im Kamin können Öfen erfahrungsgemäß „niederschlagen“. Deshalb sollten in Schlafräumen – wenn überhaupt – gerade auch ausbrennende Öfen nur bei geöffnetem Fenster betrieben werden. In zentral beheizten Wohnungen sind lebensbedrohende CO₂-Konzentrationen infolge von Fugendichtung unmöglich.

IMPRESSUM

Herausgeber: ENERGIE TIROL ©
Adamgasse 4, 6020 Innsbruck
Tel. 0512/5899 13-0, Fax. 0512/5899 13-30
E-Mail: office@energie-tirol.at
Homepage: <http://www.energie-tirol.at>

Redaktionelle Überarbeitung: Dipl.-Ing. Andreas GremI
Gestaltung Titel/Gestaltungsadaptierungen: Scheiber Design

Basierend auf einer Broschüre des
 Hessischen Ministeriums für Umwelt, Energie,
Jugend, Familie und Gesundheit
Postfach 3109, 65021 Wiesbaden

Wissenschaftliche Betreuung: IWU, Institut Wohnen und Umwelt
Annastr. 15, 64285 Darmstadt

Texte: Robert Borsch-Laaks

Grafiken: Robert Borsch-Laaks, Marlies Ante, RWE Bauhandbuch,
H. Habgen, BINE, Stiftung Warentest, Fa. Strulik, Fa. Fresh,
Arbeitsgemeinschaft der Verbraucher, K. Mährlein

Foto: Bärbel Högler

Druck: Druckerei Aschenbrenner, Kufstein
Gedruckt auf 100 % Recycling-Papier

2. Auflage Dezember 2001

Nachdruck und Vervielfältigung auch auszugsweise
nur mit Genehmigung des Herausgebers.