

# Wohnungslüftung

– Ein praktischer Ratgeber –

Herausgeber: Thorsten Hausmann, Autorin: Eva Lemmer

3. Auflage



 **Hausmann®**  
**Immobilien Beratung**  
Familienunternehmen seit 1954

» Die Unternehmerfamilie Hausmann möchte Sympathie entwickeln und glaubhaft nach außen tragen. Sie möchte den Spirit und die Kultur des seit 1954 bestehenden Familienunternehmens mit traditionellen Wertevorstellungen leben und dies die Menschen und Kunden täglich erleben lassen! «



Thorsten Hausmann



Hildegart Hausmann



Tjersti Hausmann



Tanja Hausmann



Dorte Hausmann

**Für ein Beratungsgespräch freuen wir uns über Ihren Anruf:**

**(040) 529 600 48**

Ihr fairer Partner für Verkauf, Vermietung und Verwaltung von Immobilien!

Herausgeber: Thorsten Hausmann  
Autorin: Eva Lemmer

# Wohnungslüftung

– Ein praktischer Ratgeber –

# Inhalt

Einleitung .....	5
Gebäudesubstanz .....	6
Gebäudeschäden .....	7
Luft und Luftqualität .....	10
Wasserdampf .....	12
Tauwasser .....	13
Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Raumtemperatur und der relativen Luftfeuchte / Bestimmung der Tauwasserfreiheit .....	15
Wohlfühlen / Behaglichkeit .....	15
Neubaufeuchte .....	18
Normalfeuchte / Praktische Feuchte .....	19
Zu trockene Luft .....	20
Maßnahmen zur Luftbefeuchtung .....	21
Zu feuchte Luft und Kondensatbildung .....	23
Kontrollierte Wohnungslüftung unabhängig von Nutzern .....	24
Maßnahmen zur Lufttrocknung .....	25
Größe von Fenstern u. Glasflächen für die natürliche Belichtung u. Belüftung ...	26
Luftwechsel .....	27
Richtwerte für die erforderliche Belüftungszeit .....	29
Lüftung mit Fensterstellung gekippt (Spalllüftung) .....	30
Stoßlüftung .....	32
Querlüftung .....	32
Grundlüftung .....	33
Badlüfter – erforderliche Luftmenge (mit und ohne Fenster) .....	36
Lüftung für innenliegende Küchen (ohne Fenster) und Kochnischen .....	37
Gründe, warum die Grundlüftung oft nicht mehr ausreicht .....	37
Mindestlüftung .....	38
Gebäudeenergiegesetz (GEG) .....	40
Lüftungskonzept .....	42
Normallüftung .....	42
Feuchtelastspitzen / Erfahrungswerte .....	43
Details zur kontrollierten Wohnraumlüftung zum Feuchteschutz .....	49
Kontrollierte Wohnraumlüftung .....	51
Lüftungstechnische Anlagen und Filtertausch .....	51

Vorteile einer kontrollierten Wohnungslüftung .....	53
Zusammenfassung – Energiesparen und Lüften .....	54
Heizkosten und Raumtemperatur .....	56
Wärmespeicherkapazität der Raumhülle und des Inventars .....	56
Verdunstung von Wasser an Wandoberflächen .....	58
Schimmelbildung .....	58
Sofortmaßnahmen gegen Schimmel .....	59
Anheizeffekt mit Tauwasserbildung (Alt- und Neubauten) .....	60
Hinreichende Beheizung und Belüftung .....	63
Wärmedämmung der Außenwände und Dachflächen .....	64
Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen / Luftdichte Anschlüsse .....	65
Feuchtespeicherung in Luft und Materialien / hygroskopische Feuchtaufnahme .....	66
Kellerräume .....	68
Tiefgaragen .....	70
Hobbyräume im Kellergeschoss .....	74
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) und Qualität der Raumluft (Keime/Infektionsrisiko), Steuerung Lüftungstechnischer Anlagen .....	76
Alternative Heizungen, Abbrand von Kerzen, Gas und Alkohol .....	78
Entfernen von flüchtigen Schadstoffen aus der Luft (SVOC / Vermeidung von Fogging / Magic Dust) .....	80
Haushaltsgeräte, Energie intelligent nutzen .....	81
Organisation des intelligenten Lüftungsverhaltens im Alltag .....	82
Zusammenfassung für eilige Leser .....	87
 Quellen, Normen und weiterführende Literatur, Abbildungsverzeichnis .....	 90
 Die Autorin / Der Herausgeber .....	 92
 Firmengeschichte .....	 94
 Impressum .....	 96

**Gender-Hinweis:** Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird bei Personenbezeichnungen und personenbezogenen Hauptwörtern die männliche Form verwendet. Entsprechende Begriffe gelten im Sinne der Gleichbehandlung grundsätzlich für alle Geschlechter. Die verkürzte Sprachform hat nur redaktionelle Gründe und beinhaltet keine Wertung.



## Einleitung

In unseren Wohnungen wollen wir uns behaglich und wohl fühlen. Damit es sich so anfühlt, müssen die Baukonstruktion und das Nutzerverhalten aufeinander abgestimmt sein. Grundlegend ist dafür insbesondere die angepasste und sinnvolle Wohnungslüftung.

Die vorliegende Broschüre (nach Schlagworten geordnet) soll Ihnen hierzu Informationen, Tipps und Anregungen geben.

Diese können Sie immer wieder einmal nachlesen, um für Ihr eigenes Wohnverhalten Optimierungen vorzunehmen.

Die derzeitige Verteuerung von Energie (Gas, Strom, Öl, Holz) gibt einen Anlass für die aktualisierte, nunmehr dritte und erweiterte Auflage dieser Informationsschrift.

Sie möge Ihnen eine praktische Hilfestellung geben, wie man es sinnvoll anstellt, um einerseits behaglich zu wohnen und andererseits keine teure Energie ungenutzt zu verschwenden.

Ausgewählte Zahlen und Fakten (und etwas Bauphysik) sowie praktisch erprobte Tipps und Anregungen werden anhand von kurzen Beispielen erläutert.

Hamburg, im Januar 2023

Thorsten Hausmann  
Hausmann Immobilien

 **Hausmann**<sup>®</sup>  
Immobilien Beratung

Eva Lemmer, Dipl.-Ing. (FH) Architektur  
Gutachterin & Wirtschaftsmediatorin



## **Gebäudesubstanz**

Eine große Anzahl an Gesetzen, Normen und technischen Richtlinien legen die allgemeinen Anforderungen an Wohngebäuden und deren Nutzung fest. Damit sollen die Grundlagen für ein hygienisch unbedenkliches Wohnklima und zugleich sinnvolle Energieeinsparmaßnahmen umgesetzt werden.

Diese vielen Vorgaben wirken alle zusammen, beispielsweise im Mietrecht, in den Bauordnungen, Hinweisen für Erhaltung und Sanierung von Altbauten und auch für den neueren Wohnungsbestand sowie für gegenwärtige und in Planung befindliche Neubauten nach den unterschiedlichen energetischen Standards. Jedes Jahr kommen wichtige Änderungen, Förderprogramme mit Bedingungen und andere politisch veranlasste Maßnahmen hinzu, was nicht nur Laien in der praktischen Umsetzung der Maßnahmen verunsichert.

Zusammengefasst gilt, dass die äußere Gebäudehülle (die tragende Konstruktion und deren Wärmedämmung, einschließlich der Fenster und Außentüren) keine Wärmebrücken aufweisen soll. Alle Fenster und Türen sollen so dicht schließen, dass übermäßige Wärmeverluste im Winter nicht auftreten.

Im Sommer soll eine übermäßige Aufheizung mit Hilfe von Verschattung und Sonnenschutzeinrichtungen vermieden werden.

Ferner muss eine ausreichende Beheizung sichergestellt werden; ebenso auch die Belüftung und Belichtung, die Entfernung von diversen Schadstoffen und Ausdünstungen sowie der Feuchteschutz von Wohnungen (Vermeidung von Schimmel und unnötigen Heizkosten). Die Anforderungen an die Innenraumluft beziehen sich ferner auf die Reduzierung von Schadstoffen, CO<sub>2</sub>-Konzentration, Radon-Gas, u.a.

Wohnungen sollen also derart beschaffen sein, dass stets hygienische Verhältnisse vorliegen. Eine zu hohe Feuchtigkeit, welche Schimmel verursachen kann, sollte nicht vorhanden sein.

Um ein angenehmes und gesundes Wohnklima zu erzielen, ist neben den baulichen Gegebenheiten stets auch ein der Witterung angepasstes Beheizen und Belüften der Wohnungen notwendig.



Die empfohlenen Verhaltensweisen unterscheiden sich je nach Jahreszeit.

- Im Winter und in den Übergangsjahreszeiten liegt der Schwerpunkt der Empfehlungen für Beheizung und Belüftung auf dem Feuchteschutz, um das Risiko für Schimmel zu vermindern.
- Im Sommer kann eine angepasste Lüftung einen Hitzestau vermeiden und die Kondensatbildung (Stockflecken und Schimmel) in Keller- und Hobbyräumen reduzieren.

## **Gebäudeschäden**

Grundsätzlich gilt: Alle Wohnungen, welche nach den Regeln der Technik und den jeweiligen Bauordnungen errichtet sind und keine offensichtlichen Feuchte- und Wasserschäden oder anderweitige gravierende Fehlstellen in der Konstruktion aufweisen, können (der Witterung angepasst) üblicherweise mangelfrei bewohnt werden, egal, ob Altbau oder Neubau.

Es kommt hierbei nur darauf an, dass man als Bewohner (Nutzer) Bescheid weiß, wie man sich in Wohnungen richtig verhält.

**Das „richtige Lüften“ spielt hierbei eine besonders wichtige Rolle.**

Hier werden Sie im Folgenden viele Informationen erhalten, warum Sie das eigene Wohnverhalten immer wieder einmal einer kritischen Betrachtung unterziehen sollten. Kostenlos haben Sie damit ein hohes Potenzial zur Energieeinsparung in Ihrer Hand.

Gebäudeschäden mit verschiedenartigen Ursachen führen mitunter auch zu Feuchteschäden und in der Folge zu Schimmelschäden. Diese mitunter recht komplexen Problemkreise können innerhalb dieser Broschüre nicht dargestellt werden.

Probleme, die auf Gebäudeschäden beruhen, bekommen Sie mit einem optimierten Beheizungs- und Belüftungsverhalten nicht in den Griff. Hier gilt es, stets die zutreffenden Ursachen zu finden und wirksam zu beheben.

Bei derartigen Fragestellungen sind die Erfahrung und der Sachverstand von Fachleuten erforderlich. Hier geht es um die Prüfung, Bewertung und Beurteilung eines jeden Einzelfalles.

Die häufigsten Gebäudeschäden sind beispielsweise Ausführungsfehler bei der Herstellung sowie beim Umbau und der Sanierung von Bauwerken (beispielsweise undichte Anschlüsse, fehlende Abdichtungen, Verwendung

ungeeigneter Werkstoffe, vorzeitige Schad- und Rissbildungen). Ebenso führen verschiedenartige technische Mängel und typische Schadstellen infolge von Alterung und Abnutzung häufig zu Feuchteschäden (beispielsweise Verwitterung von Putz und Anstrichen, Versprödung von Abdichtungen, Schäden an der Dachdeckung und Regenentwässerung, Tauwasserschäden wegen Fehlern bei der Schichtenabfolge im Aufbau der Baukonstruktion, Undichtigkeiten an den Anlagen und Rohrleitungen der Haustechnik). Mängel bei der Herstellung der raumseitigen Wind- und Luftsperrung sowie Lücken und offene Spalten in den Bauteilschichten der Wärmedämmung führen allmählich zu fortschreitenden Diffusions- und Feuchteschäden.

Schwierig beeinflussbare Veränderungen des Baugrundes (Hebungen und Senkungen, Veränderungen der Bodenfeuchtigkeit, Anstieg von Grundwasserspiegeln) haben mitunter wasserführende Risse und damit auch Feuchteschäden zur Folge.

Die Vermeidung von Gebäudeschäden liegt zunächst in der Hand der Gebäudeplaner und Ausführenden sowie nach der Fertigstellung und dem Ablauf der Gewährleistung bei den Eigentümern und Betreibern.

Regelmäßige Kontrollen über den mit dem Alter veränderlichen Zustand der Bauteile und der technischen Anlagen, das Abarbeiten von Wartungs- und Instandhaltungsplänen und auch die Bereitstellung ausreichender finanzieller Rücklagen, welche frühzeitiges Eingreifen ermöglichen, helfen, kostspielige Versäumnisse, fortschreitende Schädigungen der Bausubstanz und Verschlechterungen einzugrenzen.

Die Nutzung von Gebäuden und Wohnungen setzt stets ein verantwortungsvolles und sinnvolles Benutzerverhalten voraus, um Gebäudeschäden zu vermeiden bzw. möglichst frühzeitig entdeckte Schäden fachgerecht zu beheben.

In dieser Broschüre befasse ich mich nur mit dem Thema Lüften und Heizen. Schwerwiegende Fehler beim Heizen und Lüften können beispielsweise kostspielige Maßnahmen auslösen, welche erforderlich werden, um die deswegen eingetretenen Feuchte- und Schimmelschäden zu beseitigen.

Gebäudeschäden können durch ungeeignete Maßnahmen bei der Renovierung und Nutzung verursacht werden, z. B. durch Lacke und Farben der Möbel, Textilien, Haushaltsreiniger und Haarsprays. Kerzen oder der Abbrand von nicht geeignetem Heizmaterial in Kaminöfen können schwer zu entfernende Fogging-Beläge, ähnlich wie klebriger Ruß, verursachen.

Bei der Durchführung von Renovierungen von Wohnungen muss man auf die geeignete Auswahl an Werkstoffen achten. Die jeweiligen Produktdatenblätter und die Verarbeitungsrichtlinien der Hersteller sollten gründlich studiert werden. Mitunter gehen belassene Bauteilschichten wie alte Kleber mit neuen Klebern und den neuen Bodenbelägen unerwünschte chemische Verbindungen ein, so dass flüchtige Schadstoffe (mit und ohne Geruchsbildung) ausgedünstet werden. Die Beschichtungen an den Wänden und Bodenflächen (und ggf. auch auf Fliesen und Mobiliar) müssen dementsprechend aufeinander abgestimmt werden.

Kommt es deswegen zu Schäden, zu gesundheitlich bedenklichen Ausdünstungen und Geruchsbildungen oder zu gesundheitlichen Beschwerden, ist es auch für versierte Sachverständige oftmals sehr schwierig und zeitaufwendig, die Ursachen dafür zu ermitteln.

Möglicherweise müssen dann auch relativ neue Bodenbeläge oder andere Beschichtungen gleich nochmals komplett erneuert werden, lange bevor sich deren technische Nutzungsdauer amortisiert. Ärger und ein hoher Kostenaufwand sind vorprogrammiert.

**Auch wenn in dieser Broschüre die Gebäudeschäden nicht umfänglich dargestellt werden, können Ihnen diese wenigen Hinweise vorbeugend nützlich sein, so dass Schäden und Mängel am Bauwerk erst gar nicht entstehen.**

**Besonders häufig sind Tauwasser- und Schimmelschäden in Wohnungen vorzufinden, die unzureichend beheizt und belüftet werden.**

Alle derartigen Schäden und Mängel oder sonstige nachhaltige Beeinträchtigungen können Sie grundsätzlich durch ein angepasstes und geeignetes Wohnverhalten vermeiden. Dies ist Ihre Aufgabe für den sachgerechten Gebrauch und für die verantwortungsbewusste Nutzung von Wohnungen (BGB/Mietrecht/Schadensersatzrecht/u.a.).

**Dies erreichen Sie einfach dadurch, dass Sie ein hinreichend geeignetes Beheizungs- und Belüftungsverhalten praktizieren.**

- Ferner kann dadurch die allgemeine Qualität der Innenraumluft deutlich verbessert werden.
- Sie vermindern – auch Ihrer Gesundheit zuliebe – typische Ansteckungsrisiken, beispielsweise nach den AHA-Regeln, die Sie als Corona-Schutzmaßnahmen kennengelernt haben.

- Versorgt mit ausreichend frischer Luft (Sauerstoff) können Sie sich besser konzentrieren. Sie schlafen besser.
- Ein zu geringer Luftwechsel kann Ihnen a) wegen eines zu geringen Sauerstoffgehalts und b) wegen einer zugleich erhöhten Kohlendioxidkonzentration Probleme bereiten.

**Die kleine Mühe für die Bewohner, für eine optimierte Beheizung und Belüftung hinreichend Sorge zu tragen, wird im Regelfall mit einer höheren Behaglichkeit und einer spürbaren Energieeinsparung belohnt.**

### **Luft und Luftqualität**

Luft setzt sich im Wesentlichen aus Stickstoff und Sauerstoff und einer Vielzahl an Spurengasen sowie aus Wasserdampf zusammen (78Vol-% Stickstoff, 20,94Vol-% Sauerstoff, 0,93Vol-% Argon, 0,04Vol-% Kohlenstoffdioxid, weitere Edelgase weniger als 1Vol-%).

Über unsere Atmung verbrauchen wir einen Teil des Sauerstoffgehalts in der Luft. Sorgen wir nicht für ausreichend „frische Luft“, treten sehr häufig Konzentrationsstörungen, Kopfweh und Übelkeit auf, insbesondere auch wegen eines erhöhten Kohlendioxidgehalts der Raumluft und diverser Ausgasungen flüchtiger Stoffe.

Betrachtungen der Raumluftqualität – begrenzt nur auf den momentanen Gehalt an Wasserdampf (relative Luftfeuchte in Abhängigkeit von der Temperatur) – in Hinsicht auf den Feuchteschutz erfassen vereinfacht nur zum Teil das, was mit einer ausreichenden Belüftung automatisch erreicht wird, nämlich dass Geruchs- und Schadstoffe entfernt werden und die Luftqualität im Innenraum verbessert wird.

Zusammen mit einer zusätzlichen Belastung durch verschiedenartige Schadstoffe in der Innenraumluft kann insbesondere durch einen zu hohen Kohlendioxidgehalt der Raumluft das Sick-Building-Syndrom (SBS) auftreten.

Nutzen Sie Kerzen, Kaminöfen oder offene Flammen (Gasherd, Gasheizgeräte), dann muss zusätzlich zur normalen Belüftung über ausreichend dimensionierte Nachström-Öffnungen (manuell oder automatisch geregelt) und in ausreichender Menge immer für frische Luft gesorgt werden.

Vor Kohlenstoffmonoxidvergiftungen ist eindrücklich zu warnen! Es ist ein farb-, geschmacks- und geruchsloses Gas und ist absolut lebensgefährlich. Kohlenstoffmonoxid (umgangssprachlich Kohlenmonoxid) entsteht bei der unvollständigen Verbrennung von kohlenstoffhaltigen Stoffen unter unzureichender Sauerstoffzufuhr. Es ist hoch toxisch und sorgt dafür, dass Sauerstoff im Blut nicht mehr transportiert wird, was im schlimmsten Fall zum Tode durch Ersticken führen kann.

Kaminöfen erfordern für den sicheren Betrieb eine geregelte Frischluftzufuhr. Erkundigen Sie sich vor dem nachträglichen Einbau, welche baulichen Voraussetzungen Sie vorher schaffen müssen (Schornsteinfeger) und ob für die Öfen eine aktuelle bauaufsichtliche Zulassung vorliegt.

Lassen Sie deshalb offene Flammen und Verbrennungsvorgänge nie unbeobachtet. Im Handel gibt es preiswerte Messgeräte, sogenannte Kohlenstoffmonoxidwächter, die bei Überschreitung von kritischen Messwerten Alarm auslösen.

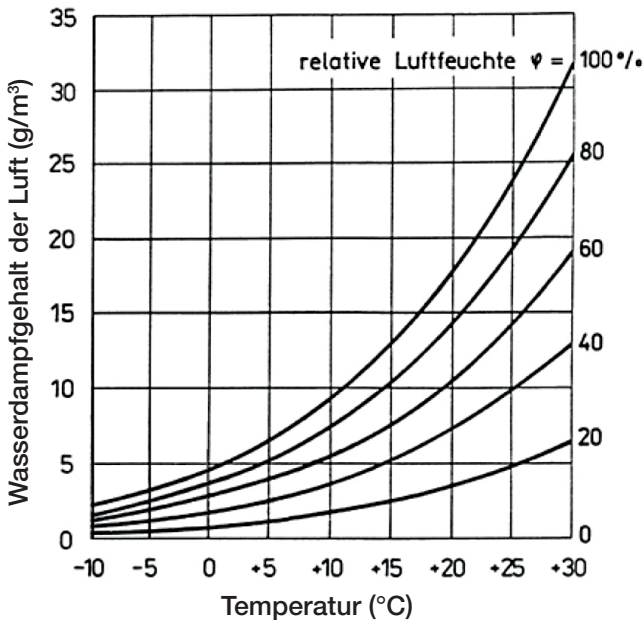
### **Das Ziel der hinreichenden Wohnungslüftung ist zusammengefasst:**

- die ausreichende Versorgung mit Frischluft (Reduzierung von Kohlendioxid und Kohlenstoffmonoxid)
- das Abführen von Schadstoffen und Ausdünstungen mit der verbrauchten Luft
- das Reduzieren von Keimen und Virenlast in der Raumluft
- die Einhaltung einer hinreichend reduzierten Luftfeuchte (durch Wohnungsnutzung und vom Nutzer erzeugte Feuchte sowie durch bauliche Feuchte, z. B. Neubaufeuchte).

## Wasserdampf

Die Behaglichkeit und die gesundheitliche Qualität der Raumluft werden wesentlich durch den Wasserdampfgehalt bestimmt.

- Zu wenig Wasserdampf in der Luft lässt unsere Schleimhäute austrocknen und für Krankheiten anfällig werden.
- Zu viel Wasserdampf in der Luft empfinden wir als unangenehme Schwüle, wenn sie in warmer Luft vorhanden ist.
- Zu viel Wasserdampf in kühler Luft empfinden wir als unangenehm und klamm.



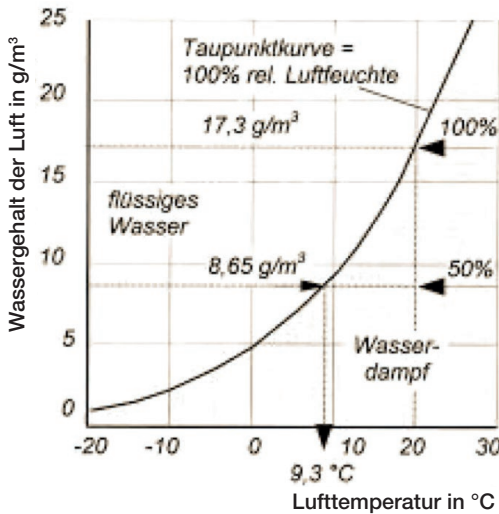
[ 1 ] Carrier-Diagramm

Das Carrier-Diagramm ist für das Verständnis der physikalischen Zusammenhänge zwischen Temperatur (T), Luftfeuchte in Gramm/m<sup>3</sup> (absolute LF) und der relativen Luftfeuchte (rel. LF) sehr wichtig. Ich nehme im Folgenden zur Erläuterung mehrfach darauf Bezug.

Die vorhandene absolute Menge an Wasserdampf in der Luft (in Gramm/m<sup>3</sup>) können wir nicht sehen bzw. auch nicht differenziert genug erfühlen und auch nicht direkt messen.

Nur das relative Verhältnis zur 100-% Wasserdampfsättigung **in Prozent** kann man in Abhängigkeit von der Raumtemperatur mit einem Hygrometer messen.

## Tauwasser



[ 2 ] Diagramm Taupunktkurve/Wassergehalt der Luft in Gramm/ $\text{m}^3$

Jeder Lufttemperatur ist die entsprechende Taupunkttemperatur zugeordnet.

Bei der Taupunkttemperatur ist die maximale Sättigung der Luft mit Wasserdampf erreicht (Wasserdampf-sättigungsdruck). Wird sie unterschritten, fällt flüssiges Wasser als Kondensat/Tauwasser aus.

Bei  $20^{\circ}\text{C}$  mit 50 % rel. Luftfeuchte wird der Taupunkt bei  $9,2^{\circ}\text{C}$  erreicht.

### ► Beispiel:

Bei  $+20^{\circ}\text{C}$  beträgt der Wasserdampfgehalt der Luft 70 % rel. LF =  $12,2 \text{ Gramm/m}^3$ , bei 100 % rel. LF =  $17,3 \text{ Gramm/m}^3$ .

Die meist kühlere Außenluft mit angenommen  $+10^{\circ}\text{C}$  bei z. B. 80 % relativer Luftfeuchte enthält  $7,5 \text{ Gramm/m}^3$ .

Das Diagramm [ 1 ] zeigt den Unterschied an Wasserdampfgehalt für jede beliebige Temperatur und dazu die relative Luftfeuchte in Prozent im Verhältnis zum temperaturabhängigen Maximum an Wassersättigung. Dieses Diagramm ist ein wichtiges Hilfsmittel für Sie zur Abschätzung Ihres Lüftungsverhaltens.

Die Differenz zwischen dem Feuchtegehalt der Innenluft zur Außenluft (in jedem Kubikmeter Raumluft in  $\text{Gramm/m}^3$  als gasförmiger Wasserdampf) steht uns aufgrund physikalischer Grundgesetze für die natürliche Lüftung zur Verfügung, wenn wir mittels Fensterlüftung einen Luftwechsel herbeiführen. Durch das

Ablüften des Luftvolumens mit dem höheren Wasserdampfgehalt und dem Zuführen frischer Luft mit dem niedrigeren Feuchtegehalt reduzieren wir die relative Luftfeuchte im Raum.

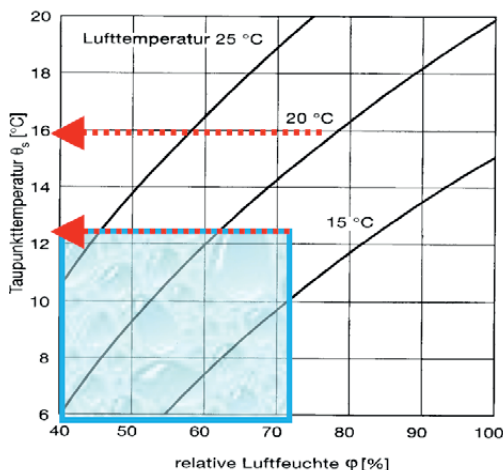
Jeder Temperatur ist eine Taupunkttemperatur zugeordnet. Erreicht die Luftfeuchtigkeit 100 %, ist die maximale Sättigung des Luftvolumens mit Wasserdampf erreicht. Jeder weitere Überschuss an Feuchtigkeit fällt immer als Kondensat aus.

Dieses Naturgesetz haben Sie sicher selbst schon beobachtet. Sie bringen im Hochsommer ein frisch eingeschenktes Glas mit einem sehr kalten Getränk an den Tisch. Innerhalb kurzer Zeit bildet sich auf der gesamten Glasoberfläche zuerst ein fein verteilter Feuchtigkeitsfilm. Warten wir ein wenig ab, so werden die Tropfen von Tauwasser immer größer, bis sie am Glas abperlen.



Diesen **Bierglas-Effekt** beobachten Sie auch an Fensterscheiben oder an den Spiegeln im Bad nach dem Duschen.

Abbildung/Quelle:  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Kondenswasser> (12/2022)



[ 3 ] Tauwasserbildung und Mindestoberflächentemperaturen

Die Begründung für die magische Zahl der Anforderungen an die Mindesttemperatur von Außenwänden >12,6°C: Bei 16° bis 20°C mittlere Raumtemperatur liegt der Taupunkt an der ungünstigsten Stelle im Raum bei 12,6°C bei 80 % rel. LF. Unterhalb von 12,6°C muss an der Oberfläche mit Tauwasserbildung gerechnet werden, [ 3 und 5 ].



## Taupunkttemperatur in Abhängigkeit von der Raumtemperatur und der relativen Luftfeuchte / Bestimmung der Tauwasserfreiheit

Der Wärmedurchlasswiderstand der Außenwandkonstruktion muss so hoch sein, dass bei einer dauerhaften, durchschnittlichen Beheizung mit 20°C Raumtemperatur bei 50 % relativer Luftfeuchte die erforderlichen Mindestoberflächentemperaturen von 12,6°C erreicht werden, um die **Tauwasserfreiheit sicherzustellen**. Nächtliche Temperaturabsenkungen oberhalb von 16°C sind für eine Dauer von maximal 8 Stunden zulässig. (Mindestanforderungen an den Wärmeschutz nach DIN 4108).

Für das Schimmelwachstum ist das Feuchteangebot aus zu hoher relativer Luftfeuchte ab 70 - 80 % und flüssigem Wasser (Kondensatfeuchte/zu hohe Bauteilfeuchte) ausreichend. Auf trockenen Wandoberflächen kann sich kein Schimmel entwickeln, weil dieser für sein Wachstum stets Wasser benötigt.



[ 4 ] Abbildung:  
Messung der Mindestoberflächentemperatur mit einem Infrarotthermometer/Pyrometer

## Wohlfühlen / Behaglichkeit

Bei einer **relativen Luftfeuchte von 40 - 60 %** fühlen wir uns besonders wohl. Als kritische Maximalgrenzen (für die Spitzenwerte) können 30 - 70 % rel. LF angenommen werden.

Der Mensch fühlt sich behaglich (thermische Behaglichkeit), wenn die Schwellenwerte (Orientierungswerte) nicht unter- bzw. überschritten werden und die Hauttemperatur zwischen 33°C und 37°C liegt.

Die behagliche Raumtemperatur ist insbesondere von unserer körperlichen Aktivität und unserer Bekleidung abhängig. Sind wir in Bewegung, so sind beispielsweise 16°C ausreichend. Sitzen wir oder sind wir ganz in Ruhe, so werden bis zu 23°C mit normaler Tagesbekleidung als angenehm empfunden.

Die Fußbodenoberfläche sollte optimal 19 - 21°C betragen (was jedoch zumeist nur mit Fußbodenheizungen realisiert werden kann).

Das Tragen einer angepassten Fußbekleidung ist deshalb zu empfehlen, weil wir uns bereits ab 19°C in Wohn- und Aufenthaltsräumen mit einem kuscheligen Pullover und warmen Socken durchaus wohl fühlen, wenn die Füße als ausreichend warm empfunden werden (Hauttemperatur ca. 28°C).

Energieeinsparungen kann man auf diese Weise ohne Einbußen bezüglich der Behaglichkeit anstreben, wenn die verschiedenen Bereiche der Wohnung je nach deren Nutzung und der individuellen Aktivität (bei geschlossenen Zimmertüren) unterschiedlich hoch beheizt werden.

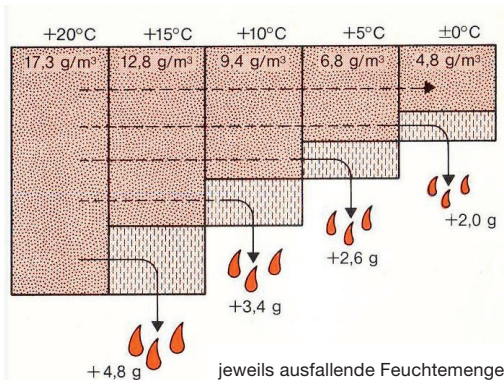
- Vermeiden sollten Sie jedoch sorgfältig, dass die warme Zimmerluft in niedrig beheizte oder eher unbeheizte Flure/Räume abströmt, indem Sie die Zimmertüren immer gut geschlossen halten.

Unsere Empfindung der Behaglichkeit wird ferner durch subjektive Wahrnehmungen stark beeinflusst; das sind beispielsweise Farben der Wand- und Bodenflächen, die im Groben empfundene Luftfeuchte (zu trocken – schwülfeucht), die Geschwindigkeit der Luftbewegung (windstill – zugig) sowie die Temperaturunterschiede zwischen Raumluft und Oberflächentemperaturen der Wand- und Bodenflächen (3 - 7 Kelvin gelten als behagliche Orientierungswerte).

Die Art der Beheizung und der Wärmeverteilung (Anteil der Strahlungswärme/ Konvektionswärme) und der Zustand der allgemeinen Luftbeschaffenheit bilden weitere Einflussgrößen.

Auch die Lichtfärbung hat einen hohen Einfluss auf unsere Befindlichkeit bei Kunst- und Tageslicht. 1.000 K (Kelvin) entsprechen einer sehr warmen, rötlichen Färbung. 5.000 - 7.000 K entsprechen einem Neutralweiß. Tageslichtlampen (Arbeitsleuchten) mit 11.000 K haben einen hohen Blau-Violett-Farbtönen. Die verschiedenen Lichtfarben nehmen ferner Einfluss auf unseren biologischen Wach- und Schlafrhythmus.

Das übergeordnete Ziel der Bauwerkserrichtung und -erhaltung sowie das Ziel der Bewohner ist es, dass in der Kombination der verschiedenartigen Ausführungen und Maßnahmen ein subjektiv angenehmer und einwandfreier hygienischer Zustand erreicht wird und damit auch die **thermische Behaglichkeit**.



[ 5 ] Darstellung der ausfallenden Tauwassermenge bei schrittweiser Verringerung der Raumtemperatur

### ► Beispiel:

Wird beispielsweise 1 m<sup>3</sup> Luft (mit 100 % relativer Luftfeuchte) von +20°C auf +/-0°C abgekühlt, können von ursprünglich maximal 17,3 Gramm Wasser/m<sup>3</sup> nur noch 4,8 Gramm/m<sup>3</sup> in Form von Wasserdampf in der Luft gehalten werden.

Die Differenz, also 12,5 Gramm/m<sup>3</sup>, fallen schrittweise (vereinfachte stufenweise Darstellung eines kontinuierlichen Vorgangs) bei der allmählichen Absenkung der Lufttemperatur als Kondensat an.

Verteilt auf eine Fläche von z. B. 1 m<sup>2</sup> entsteht somit ein dünner Wasserfilm, der von porösen Werkstoffen zunächst unsichtbar aufgesogen wird, solange der Werkstoff Wasser aufnehmen kann.

Bei Abkühlung in geringeren Temperaturunterschieden fällt, wie durch die vereinfachende Darstellung durch die Stufen zeigt, jeweils eine Teilmenge an Kondensat an (die Angabe erfolgt in Gramm pro m<sup>3</sup> Raumluftvolumen).

### ► Beispiel:

Senken Sie beispielsweise die Temperatur von 20°C auf 15°C, so ergibt sich im Raum mit einer üblichen Größe von 50 m<sup>3</sup> ein **Feuchteüberschuss** von 50 m<sup>3</sup> x 4,8 Gramm/m<sup>3</sup> = 240 Gramm.

Diese Feuchtigkeit, die als Kondensat ausfällt, muss an die Außenluft abgelüftet werden.

Wird sie nicht rasch genug an die Außenluft abgelüftet, nehmen Baustoffe und das Inventar diesen Feuchteüberschuss hygroskopisch saugend auf, bis auch dort die Wassersättigungsgrenze des jeweiligen Materials erreicht wird.

Wenn Sie diese Feuchtigkeit nicht regelmäßig entfernen, nehmen sämtliche Materialien an den Wand- und Bodenflächen sowie Ihr Hausrat (Textilien, Holz, Papier) diese Feuchtigkeit unsichtbar auf und speichern diese Feuchtigkeit.

Wenn Sie nun das Ablüften verzögern oder teilweise unterlassen, dann muss auch diese in den Poren der verschiedenartigen Werkstoffe des Inventars gespeicherte Feuchtigkeit mit Zeitverzögerung und **mit einem erhöhten Aufwand abgelüftet werden.**

All die in den Werkstoffen gespeicherte Luft muss physikalisch zuerst verdunstet werden, um dann als Wasserdampf dem Luftwechsel wieder zugeführt zu werden.

### **Neubaufeuchte**

Bei der Neubaufeuchte handelt es sich um einen vorübergehenden und übermäßigen Überschuss an Wasserdampf, welcher aus einer langsamen Austrocknung der Baustoffe stammt. Fast alle Baustoffe sind mit Wasser angemacht oder waren während der Bauzeit der Witterung ausgesetzt (Beton, Ziegel, Putz, Estrich, Kleber, usw.).

Üblicherweise wird erst nach **1 bis 2 abgeschlossenen Heizperioden** ein hinreichend ausgetrockneter Neubauzustand erreicht (DIN 4108 – praktische Feuchte als Referenzwert).

Will man mit dem Bezug des Neubaus oder einer grundlegend sanierten Altbauwohnung nicht so lange abwarten, bis eine hinreichende Trocknung abgeschlossen ist, muss diese noch gespeicherte überschüssige Feuchtigkeit mit einem Mehraufwand abgelüftet werden. Dies erfordert vorübergehend eine intensivierete Beheizung und Belüftung, die erst nach Erreichen der Normalfeuchte auf einen durchschnittlich üblichen Aufwand reduziert werden kann. Erst nach dem Erreichen der **Normalfeuchte** soll man an ein optimiertes Energieeinsparverhalten denken.

## Normalfeuchte / Praktische Feuchte

Physikalisch betrachtet, ist das Wort „Feuchte“ nicht richtig. Es ist nichts anderes als **Wasser**. Der Gebrauch des Wortes „Feuchte“ ist jedoch in der bautechnischen Fachsprache üblich und wird auch hier verwendet.

Nach DIN 4108 – Wärme- und Feuchteschutz – gibt es objektive Vergleichswerte für den absoluten Feuchtegehalt für typische Baustoffe im hinreichend ausgetrockneten Zustand. Diesen Referenzwert für den normalen hygroskopischen Feuchtegehalt nennt man **praktische Feuchte**.

Dieser praktische Feuchtegehalt stellt sich erst allmählich als eine Bilanz zwischen hygroskopischer Feuchteaufnahme und -abgabe aller Baustoffe und des Inventars ein. Diese ist jedoch stets auch abhängig von der dauerhaften durchschnittlichen relativen Luftfeuchte und den Temperaturen. Sie ist das Ergebnis der über einen längeren Zeitraum praktizierten Beheizung und Belüftung.

Die gemessene Holzfeuchte an Massivholzbauteilen des Inventars oder von Massivholzparkett ist ein zuverlässiger Indikator für die Beurteilung zurückliegender Zeiträume. Die praktische Normalfeuchte des Wohnklimas bewirkt 11 - 12 % Holzfeuchte (kleine Unterschiede je nach Holzart) bei 20°C und bei 60 - 65 % relativer Luftfeuchte.

In zu trockener Luft sinkt die Holzfeuchte auf ca. 7 % ab. Oberhalb von 15 % bis 20 % Holzfeuchte setzen Pilzbefall und Schädigungen der Holzsubstanz ein.

Die von Ihnen beeinflussbaren klimatischen Umgebungsbedingungen (Wohnklima) spielen überwiegend für die Wahrscheinlichkeit eines Befalls durch Holz zerstörende Insekten und für die beginnende Vermoderung durch Schimmelpilze und Entstehung von irreversiblen blau-schwarzen Verfärbungen (Bläuepilz) eine große Rolle.

Nach einem Rohrbruch und Wasserschaden oder nach Tauwasserschäden innerhalb der Konstruktion werden in kurzer Zeit ab einer Holzfeuchte von >15 % Schädigungen an der Holzsubstanz verursacht (DIN 1052-1: 1988-4).

Ziel der „richtigen“ Wohnungslüftung ist es, dass – insbesondere für Neubauten oder grundlegend renovierte Wohnungen – möglichst bald die praktische Feuchte erreicht wird (Referenzwert für hinreichend trockene Baustoffe und das Wohnklima).

Erst danach entsteht ganz allmählich ein optimal behagliches Wohnklima.

## Zu trockene Luft

Überwiegend in Neubauten, aber auch im Altbau, kann der unerwünschte Effekt auftreten, dass die Raumluft infolge einer dauerhaft zu intensiven Beheizung (und nur selten wegen der zu intensiven Belüftung) – insbesondere im Winter – viel zu trocken wird.

Dadurch können Schäden und Mängel auftreten, weil die Baustoffe unter zu hohem Wasserverlust übermäßig schrumpfen und schwinden. Massivholzparkett wird z. B. bei anhaltend zu trockener Luft rissig und die Fugen verbreitern sich übermäßig.

Die dadurch eintretenden Längenveränderungen (Schrumpfen) zeigen sich durch typische Rissbildungen, Verwölbungen, Versprödungen, usw. Insbesondere Gipskartonplatten-Belankungen, Holzwerkstoffe und Parkettbodenbeläge erfahren sehr häufig Schädigungen durch zu trockene und zu warme Luft. Schubladen und Zimmertüren „verziehen“ sich und die Passungsfugen werden verändert. Türen klemmen oder schließen nicht mehr ordnungsgemäß.

Die Bewohner klagen zudem dann über zu trockene Schleimhäute, trockene Augen, juckende Haut und eine erhöhte Infektanfälligkeit.

Sie können mitunter auch beobachten, dass Sie sich elektrostatisch aufladen und sich bei Berührung mit Metallteilen (Tür- oder Fenstergriff) kleine Entladungen einstellen.



Die Luftfeuchte kontrolliert man zweckmäßig mit einem Hygrometer. Es gibt preiswerte Haarhygrometer und digitale Geräte, die mit einer Temperaturanzeige kombiniert sind. Wie bei jedem Messgerät, sollten Sie sich über die Messgenauigkeit informieren und wann die Geräte neu kalibriert oder ersetzt werden müssen.

[ 18 ] Abbildung: Haarhygrometer

Ziel einer „richtigen“ Wohnungslüftung und Beheizung ist es, notfalls auch eine ausreichende **Luftbefeuchtung** vorzunehmen, so dass eine relative Luftfeuchte von 30 % nicht unterschritten wird. **Optimal sind 40 - 50 % rel. LF.**

## Maßnahmen zur Luftbefeuchtung

Luft in Wohnungen können Sie sehr einfach befeuchten, indem Sie beispielsweise Wäsche zum Trocknen in der Wohnung aufhängen. Ein feuchtes Handtuch über dem Heizkörper hilft auch. Luftbefeuchtergeräte und Zimmerpflanzen sind ebenfalls gut geeignet.

### **Die Luftbefeuchtung soll jedoch einen oberen Richtwert von 60 % relativer Luftfeuchte nicht übersteigen.**

Durch Aufnahme von Wärme- und/oder Bewegungsenergie verdunstet flüssiges Wasser zu Wasserdampf. Die relative Luftfeuchte (prozentualer Gehalt an Wasserdampf, abhängig von der Raumtemperatur) steigt dann an.

- Bei 100 % rel. LF ist die maximale Wasserdampfsättigung erreicht [ 1 ].
- Bereits bei 80 % rel. LF, die man in der Raummitte festgestellt hat, kann es in den kühleren Raumecken zur Sättigung mit 100 % rel. LF kommen und Tauwasser fällt dort aus.

Noch weiterhin zugeführte Feuchtigkeit fällt tropfenförmig als Nebelfeuchtigkeit/Kondensat aus und benetzt die Oberflächen mit einem dünnen Wasserfilm. Saugfähige und poröse Materialien nehmen diese Feuchtigkeit saugend auf und speichern diese. Verschiedene Materialien können sehr große Mengen an Feuchtigkeit aufnehmen (Holz, Naturfasern, Papier, Lehmputz, Gips, u.a.)

Ziel der gelegentlich erforderlichen Luftbefeuchtung ist es, nur so viel Wasser zur Verdunstung zu bringen, dass Sie eine behagliche Luftfeuchte von **40 bis 50 %** erzielen und um eine zu trockene Luft etwas mehr zu befeuchten.

**Bitte übertreiben Sie dabei nicht!** Kontrollieren Sie die zur Verdunstung gebrachte Wassermenge in Abhängigkeit zur Raumgröße und Raumtemperatur!

#### ➤ **Beispiel:**

In einem Raum von angenommen 50 m<sup>3</sup> wollen Sie beispielsweise die relative Luftfeuchte bei 20°C von 30 % auf 40 % anheben, um ein behagliches Wohnklima zu erzielen.

Nutzen Sie für die Abschätzung Tabelle [ 1 ], das Carrier-Diagramm – Wasserdampfgehalt der Luft als Funktion der Temperatur und der relativen Luftfeuchte –!

Für die Anhebung der Luftfeuchte (zu trockene Luft mit 30 % rel. LF) benötigen Sie ausgehend von einem Wasserdampfgehalt der Luft nach Tabelle mit 6 Gramm/m<sup>3</sup> auf einen Zielwert von 7,5 Gramm/m<sup>3</sup> also nur den Unterschiedsbetrag von 1,5 Gramm/m<sup>3</sup>.

Für den gesamten Raum reicht es aus, 50 m<sup>3</sup> x 1,5 Gramm/m<sup>3</sup>, hier also insgesamt 75 Gramm Wasser zu verdunsten. Diese kleine Menge entspricht einem halben Wasserglas.

Bei einer höheren Raumtemperatur benötigen Sie eine größere Menge, weil die Luft in diesem Falle mehr Wasserdampf aufnehmen kann [ 1 ].

Handelsübliche Verdunstergeräte leisten mit einer mittleren Einstellung deutlich größere Verdunstungsmengen von ca. 1.000 Gramm innerhalb einer Stunde. Das ist ein Vielfaches mehr, als Sie beabsichtigen.

Bei 20°C kann die Raumluft nur 17,3 Gramm/m<sup>3</sup> maximal bis zur Wassersättigung aufnehmen (100 % rel. LF). Für 50 m<sup>3</sup> sind das insgesamt 865 Gramm Wasser, wobei im Ausgangszustand bei 30 % rel. LF bereits 300 Gramm Wasser in der Luft vorhanden waren.

Aller überschüssiger Wasserdampf wird vom Inventar und den Baustoffen aufgenommen und/oder er muss mittels einer intensivierten Belüftung an die Außenluft wieder abgelüftet werden. Es ist wenig energieeffizient, Strom und Heizenergie einzusetzen, welche durch das Ablüften wieder verloren geht, weil Sie die Raumluft zunächst zu stark befeuchtet haben.

Sie streben bei einer gewünschten Befeuchtung der Luft kein schweißtreibendes Saunaklima an, sondern nur eine geringe Anhebung der relativen Luftfeuchte. Dafür sind, wie das Beispiel zeigt, nur geringe dampfförmige Wassermengen ausreichend.

**Dieses Beispiel zeigt ferner auf, welchen großen Einfluss Ihr Wohnverhalten auf den Feuchteschutz der Wohnung hat.**

Beim Kochen, Duschen, Wäschewaschen und -trocknen wird sehr viel Wasserdampf erzeugt. Mit der Beheizung müssen Sie auch den erhöhten Wasserdampfgehalt der Luft erwärmen, was sich nachteilig auf Ihre Heizkosten auswirkt.



## Zu feuchte Luft und Kondensatbildung

Auch in Altbauten muss darauf geachtet werden, dass die bauphysikalischen Gegebenheiten in der Weise berücksichtigt werden, dass die **praktische Feuchte/Normalfeuchte** stets erhalten bleibt.

So ist eine übermäßige Austrocknung weder für die Werkstoffe noch für die Benutzer anzustreben, jedoch entstehen die häufigsten Schäden an Gebäuden eher infolge zu hoher Feuchtigkeit.

**Diese Schäden treten nicht plötzlich und unvermeidbar auf, sondern sind stets eine Folge von dauerhaft praktizierten Fehlern im Beheizungs- und Belüftungsverhalten.**

Feuchteschäden, welche durch zu hohe Luftfeuchte entstanden sind, sind vielfach die Ursache für einen Schimmelbefall, ohne dass irgendwelche Veränderungen oder wesentliche Verschlechterungen am Bauwerk vorhanden sind.

Eine wesentliche Veränderung für das Beheizungs- und Belüftungsverhalten der Bewohner bedeutet stets der Einbau von neuen und sehr dichten Fenstern und/oder wenn die Fassade mit Wärmedämmverbundsystemen bekleidet wird und/oder wenn die Gebäudeaußenhülle mit luftdichten Fugen abgedichtet wird. Dann verändern sich die bauphysikalischen Gegebenheiten oft erheblich.

Die Bewohner müssen daraufhin ein grundsätzlich neues und angepasstes **Wohnverhalten** erlernen. Das bedeutet eine große Umstellung der Alltagsgewohnheiten.

Darauf müssen Sie achten:

- Die relative Luftfeuchte sollte im optimalen Bereich zwischen 40 - 60 % rel. LF liegen.
- Die Beheizung sollte tagsüber ca. 20°C erreichen; nachts kann für eine Dauer von max. 8 Stunden die Temperatur auf ca. > 16°C abgesenkt werden.
- Achten Sie auf eine regelmäßige und ausreichende Belüftung.
- Die notwendige Belüftung (Luftwechselrate) ist der jeweils anfallenden Feuchtemenge anzupassen.

Sind die Bewohner berufstätig und häufig über längere Zeitdauer abwesend, so kann es vorkommen, dass die ausreichende Beheizung und Belüftung nicht mehr gewährleistet sind.

Dies hat starke Auswirkungen auf das bauphysikalische Verhalten der Gebäudesubstanz.

## **Kontrollierte Wohnungslüftung unabhängig von Nutzern**

Eine Vorsorge schaffen bauliche Maßnahmen, welche für eine Grund- und Mindestlüftung sorgen und die unabhängig vom Verhalten der Bewohner funktionieren.

Es gibt sehr viele verschiedene technische Lösungen, wie z. B. eine Fensterfalzlüftung, Außenwanddurchbrüche mit wechselnder Luftstromregelung (mit/ohne Wärmerückgewinnung), mit Ventilatoren unterstützte raumluftechnische Anlagen (RTL), für jeden Einzelraum oder für eine gesamte Wohnungseinheit.

DIN 1946-6 – Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung – fordert die Einhaltung des zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderlichen Mindestluftwechsels.

Die Norm legt weiterhin fest, dass bei Neubauten und Sanierungen von Wohngebäuden ein **detailliertes Lüftungskonzept** vorliegen muss.

Dennoch besteht nach wie vor keine generelle Verpflichtung, die natürliche Fensterlüftung zwingend mit anderweitigen Maßnahmen zu ersetzen.

Die Fensterlüftung ist nach wie vor eine sehr wirksame Methode, den erforderlichen Luftwechsel herbeizuführen, insbesondere um die **kurzzeitig auftretenden Lastspitzen an Feuchtezunahme abzulüften**, welche beim Kochen, Duschen, Wäschewaschen und -trocknen entstehen.

Ziel der hinreichend geeigneten Beheizung und Belüftung ist es, dass ein behagliches Raumklima erreicht wird.

Ein übermäßig trockener oder ein übermäßig zu feuchter Zustand des Wohnklimas sollten vermieden werden.

Alle Maßnahmen müssen zudem auf die Witterung wirtschaftlich und technisch sinnvoll abgestimmt werden.

Ein Lüftungskonzept (nicht in jedem Fall Pflicht) unterstützt hierbei, weil dabei für den Einzelfall rechnerisch überprüft wird, wie der geforderte Mindestluftwechsel unabhängig von den Bewohnern sichergestellt werden kann.

Technische Anlagen, wenn sie korrekt eingestellt und betrieben werden, unterstützen die Bewohner, insbesondere in den Stunden ihrer Abwesenheit.

Die Bewohner werden dadurch ausdrücklich nicht von ihrer Sorgfalt entbunden, sich auch weiterhin an bestimmte erforderliche Mindestregeln zu halten, die für eine notwendige Beheizung und Belüftung einer Wohnung unabdingbar sind.

## **Maßnahmen zur Lufttrocknung**

Mittels Luftaustausch des Raumluftvolumens mit trockener Luft von außen wird der überschüssige Wasserdampf aus dem Raum an die Außenluft fortgelüftet.

- Den einmaligen Luftaustausch der gesamten Volumenmenge der Raumluf mit der gleichen Menge an Außenluft nennt man Luftwechsel [ n ], bezogen auf die Einheit pro Stunde [ /h ].

Das Volumen der Raumluf enthält in der Regel eine höhere Menge Wasserdampf als das entsprechende Volumen der Außenluft. Der Unterschiedsbetrag des enthaltenen Wasserdampfgehalts von Luft gleicht sich aufgrund natürlicher Gesetzmäßigkeit bis zum physikalischen Gleichgewichtszustand aus. Nur diese Unterschiedsmenge kann mit Hilfe der natürlichen Lüftung (Fensterlüftung) fortgelüftet werden, siehe Diagramm [ 1 ].

Die Wasserdampfmenge im Luftvolumen (innen/außen) ist jahreszeitlich sehr unterschiedlich und hängt wesentlich von den Temperaturen (innen/außen) und den Witterungsverhältnissen ab.

Wenn die Außenluft kälter als die Raumluf ist, enthält sie in der Regel sehr viel weniger Wasserdampf als die Raumluf. Diesen Unterschied macht man sich bei der natürlichen/freien Fensterlüftung zunutze. Der mit dem Luftwechsel erzeugte Feuchtestrom erfolgt deshalb i.d.R. von innen nach außen.

Der natürliche Luftwechsel wird unterstützt durch den Wind.

- Auf der der Windrichtung zugewandten Fassade drückt Wind frische Luft in den Raum.
- Auf der dem Wind abgewandten Hausseite entsteht ein Sog, der Luft aus dem Raum zieht.

Je nach geografischer Lage der Bebauung und Exponiertheit ist der Einfluss der Windstärke auf den physikalisch möglichen mehrfachen Luftwechsel pro Stunde erheblich.

Reichen Maßnahmen zur natürlichen Lüftung (Fensteröffnung) alleine nicht aus, um den Mindestluftwechsel zu bewirken, müssen technische Systeme den Mechanismus des Luftwechsels unterstützen oder ersetzen.

Neben der natürlichen Lüftung kommen gelegentlich **Klimageräte** zum Einsatz, welche die eingeblasene Frischluft zusätzlich nach Bedarf vortrocknen oder befeuchten. Diese Geräte ermöglichen vielfach auch eine zusätzliche Abkühlung oder Erwärmung der eingeblasenen Luft (ggf. mit Wärmerückgewinnung aus den Abluftsystemen). Diese Geräte benötigen jedoch immer auch Strom. Klimatisierte Räume finden Sie vorzugsweise in Hochhäusern in den obersten Stockwerken, weil dort oben die Windgeschwindigkeit mitunter so hoch ist, dass die Fensterlüftung sehr unangenehm wird, wenn Ihnen beispielsweise die Zeitung vom Tisch flattert.

### **Größe von Fenstern und Glasflächen für die natürliche Belichtung und Belüftung**

Fenster müssen deshalb in einem angemessenen Verhältnis zur Grundfläche des Raums ( $> 1/16$ ) ausreichend groß sein und ferner für die notwendige Stoßlüftung auch vollständig geöffnet werden können. In jedem Zimmer muss mindestens ein Fenster bzw. eine Fenstertüre vorhanden sein, welche/-s zur Durchführung der Stoß-/Querlüftung vollständig aufgeschwenkt oder aufgeschoben werden kann.

Für die natürliche Belichtung werden noch größere Fensterflächen erforderlich ( $>1/8$  der Grundfläche). Festlegungen der Mindestfenstergrößen sind im Bauordnungsrecht enthalten.

- Die beweglichen Fensterflügel müssen also stets frei zugänglich und leicht zu bedienen sein.
- Halten Sie die Fensterbänke grundsätzlich frei. Sie sind nicht als Ablagen für eine Wohnungsdekoration oder Blumentöpfe gedacht.

Ziel der natürlichen/freien Wohnungslüftung ist es, kostenlos und mit vernünftigem Aufwand für ein behagliches Wohnklima zu sorgen und übermäßige Feuchte aus dem Raum nach draußen abzulüften.

## Luftwechsel

Natürliche Fensterlüftung ist also in der Wirkungsweise von Windrichtung, Luftdruckunterschieden, Temperaturunterschieden zwischen Innen- und Außenluft und dem Unterschied des Gehalts an Wasserdampf stark abhängig.

Die kontrollierte Wohnraumlüftung gleicht einen Teil dieser vom Bewohner nicht beeinflussbaren physikalischen Abhängigkeiten mehr oder weniger aus.

Für die natürliche Fensterlüftung spielt es eine große Rolle, dass man stets das Fenster vollständig öffnet (selten in Kippstellung, generell **Stoßlüftung, Querlüftung**) und für welche Zeitdauer das/die Fenster (je nach Witterung) geöffnet ist/sind.

Nach den jahreszeitlichen Gegebenheiten muss der Bewohner dafür Sorge tragen, dass er die Fensterlüftung in einem angepassten Verhältnis zur Witterung durchführt. Insoweit helfen grob vereinfachte Angaben nicht, die sich auf eine feststehende Minutenzahl pro Tag/pro Std. beziehen.

- Im Sommer kann man die Fenster getrost lange Zeit offenstehen haben. Ein leichter Luftzug ist im Hochsommer sogar recht angenehm.
- Im Winter reichen nur wenige Minuten mit Stoßlüftung aus.

In der kalten Jahreszeit soll man die Zeitdauer der natürlichen Fensterlüftung auch nicht übertreiben, weil ansonsten die Oberflächen der Wände und des Inventars zu stark auskühlen können. Sie benötigen dann unnötig viel Heizenergie, um den Raum wieder angenehm zu temperieren.

Bei schwül-warmer Außenluft sollte man im Hochsommer die Fenster bevorzugt geschlossen halten und – soweit vorhanden – Sonnenschutzrichtungen benutzen. Sie vermeiden so, dass heiße Außenluft nach innen in den Raum kommt.

Wird im Sommer der Aufheizung des Raums nicht entsprechend vorgebeugt, so kommt es über eine Folge von heißen Tagen hinweg zu einer stetig ansteigenden Raumtemperatur mit Hitzestau. Pro Tag wird von den Wandbaustoffen soviel Wärmeenergie aufgenommen und gespeichert, dass die mittlere Raumtemperatur von Tag zu Tag in einer Hitzeperiode um 2 - 4 Kelvin/Tag ansteigt.

- Bevorzugen Sie im Sommer deshalb stets die kühleren Nachtstunden und die frühen Morgenstunden für eine intensivierete natürliche Fensterlüftung.

Ein Luftwechsel bedeutet, dass das Raumvolumen einmal pro Stunde mit Frischluft erneuert wird ( $n = 1/h$ ).

Ein Luftwechsel von z. B.  $n = 0,5/h$  bedeutet also, dass der Luftwechsel einmal in 2 Stunden vollzogen wird.

Direkt messen kann man die Luftvolumenströme nicht, welche sich über die Fensterlüftung austauschen.

Anhand der Schwankungen der relativen Luftfeuchte kann man mit Hilfe der Tabelle [ 1 ] auf den Unterschiedsbetrag von absoluter Feuchte der Innen- und Außenluft rückschließen.

Ergänzt mit Aufzeichnungen der relativen Luftfeuchte und der Raumtemperatur (mittels Messgeräte) kann ein Sachverständiger oder Fachmann das witterungsabhängige Potenzial für die Tendenz abschätzen, ob über einen längeren Beobachtungszeitraum eher eine Befeuchtung oder Entfeuchtung der Raumluft erfolgt ist. Er kann damit beurteilen, ob durch die Bewohner Störungen der langfristig betrachteten Luftfeuchtebilanz im Vergleich zur Normalfeuchte verursacht wurden. In grafischen Auswertungen bildet sich gut ab, wie die Luftfeuchte bei der Nutzung immer weiter zunimmt, welche Feuchtelastspitzen wann im Tagesverlauf erreicht werden und welchen Effekt die Lüftung auf die Reduzierung der Feuchte im Raum hat.

Das Risiko von Schimmelbildung aufgrund zu hoher Luftfeuchte und deren Ursachen kann aufgezeigt werden.

**Als hygienisch notwendig werden etwa 25 - 40 m<sup>3</sup> Luftmenge pro Person und Stunde angesehen.**

Kleine Räume benötigen deshalb in der Regel in kürzeren Zeitabständen einen Luftwechsel, wenn sich mehrere Personen dort aufhalten.

## Richtwerte für die erforderliche Belüftungszeit

Als Bewohner können Sie sich an folgenden allgemeinen Richtwerten für die erforderliche Lüftungszeit in Minuten pro Stunde (je nach der Art der Fensteröffnung) orientieren:

Monat	Fenster gekippt	Halb offen	Ganz offen	Querlüftung
Jan.	11	3	2	1
Feb.	12	3	2	1
März	14	4	3	1
April	21	6	4	1
Mai	53	16	10	3
Okt.	48	15	9	3
Nov.	18	5	3	1
Dez.	12	4	2	1

[ 6 ] Notwendige Lüftungszeit in Minuten pro Stunde – in Abhängigkeit von der Fensterstellung

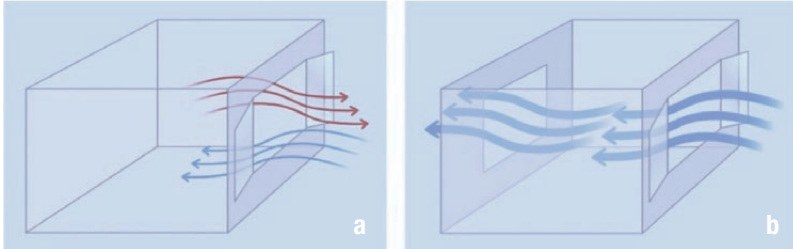
Vergleichen Sie den Effekt auf den erzielbaren Luftwechsel von einer Lüftung mit Fenster in Kippstellung zur sehr viel effektiveren Querlüftung nach [ 6 ], welche ca. >10- bis 17-fach wirksamer ist.

In den folgenden Abschnitten schauen wir uns die Unterschiede der erzielbaren Lüftungsraten je nach Bedarf näher an.

## Lüftung mit Fensterstellung gekippt (Spalllüftung)

Diese Art der Fensterlüftung ist nur wenig effektiv.

**Zum Zweck der Wohnraumlüftung reicht der schmale Spalt nicht aus.** Führen Sie deshalb grundsätzlich immer mindestens eine Stoßlüftung durch. Wenn möglich, dann besser eine Querlüftung, denn diese ist noch wirksamer.



[ 7 ] Abbildung: Intensität des Luftwechsel beim a) Stoßlüften und b) Querlüften

Nur im Sommer wird die Kipplüftung als angenehme Dauerlüftung empfunden, weil man für eine leichte und stete Luftbewegung im Raum sorgen kann. Im Winter entstehen viele Bauschäden und in der Folge auch Schimmelbildungen durch ungeeignetes Lüftungsverhalten, wenn die Fenster häufig und für lange Zeit auf Kippstellung stehen.

Im Winter werden die Fensterlaibung und die Unterseite des Fenstersturzes mit sehr kalter Außenluft umspült. Diese Wandoberflächen kühlen deshalb übermäßig stark aus, wenn das Fenster zu lange in der Kippstellung geöffnet bleibt. An den deshalb übermäßig ausgekühlten Wandoberflächen kommt es dann unvermeidlich zu starker Tauwasserbildung und schon nach wenigen Tagen zur Schimmelbildung.

Über den schmalen Luftspalt bei der Kippstellung erfolgt der Luftwechsel im Wesentlichen ohne die unterstützende Wirkung des Einflusses von Wind. Nicht alle Wandoberflächen eines Raumes werden bei einer Fensterstellung auf Kipp ausreichend von Frischluft erreicht, weil die Luftzirkulation im Vergleich zu einer Stoß- und Querlüftung viel zu schwach ist. In Raumecken, hinter Möbeln, hinter langen Vorhängen, usw. bleibt die Luft relativ unbewegt. Die physikalischen Vorgänge zur natürlichen Trocknung und Erwärmung der Wandoberflächen durch die Heizungsluft sind dort nur unzureichend.

Wenn man Schimmel an Fensterlaibungen (im oberen Fensterbereich) und an den Fensterstürzen vorfindet, dann handelt es sich im Regelfall immer um einen durch die Nutzer selbst verursachten Bauschaden und einen Mangel an der Wohnungsnutzung.



Der Schimmel kann sich auch längere Zeit zunächst unbemerkt hinter den Tapeten und den Wandverkleidungen bilden und den Putz darunter regelrecht durchwurzeln. Ein Anzeichen für Schimmel, der aufgrund von Kondensat an kühlen Oberflächen entsteht, sind beispielsweise auch schwarz verfärbte Silikonverfugungen der Fensterverglasungen.

Für die Beseitigung der Schäden, die durch Schimmel verursacht sind, werden Sachverstand und Sorgfalt nötig, damit das Schimmelmilieu (Wurzelsubstanz) und die Sporen komplett abgetötet und entfernt werden.

- Hat man den Schimmelbefall fachgerecht und vollständig beseitigt, bildet er sich nicht mehr neu, wenn das Lüftungsverhalten deutlich verbessert wird.
- Wird das ungeeignete Lüftungsverhalten allerdings fortgesetzt, so hat man innerhalb weniger Wochen erneut das gleiche Problem.

Wenn auf die Kipplüftung möglichst ganz verzichtet und anstelle dessen die Stoß- oder Querlüftung genutzt wird, dann kann die Wandoberfläche aus der beheizten Raumluft wieder genug Wärmeenergie aufnehmen, so dass alle negativen Erscheinungen von selbst vollkommen verschwinden und die durch Tauwasser benetzten Wandoberflächen auch bald wieder ausreichend austrocknen.

**Die beliebte Kipplüftung sollte grundsätzlich nicht zum Zweck der Wohnungslüftung eingesetzt werden.**

Über den Dauerluftspalt geht im Winter sehr viel kostbare Heizwärme ungenutzt verloren, wenn der Heizkörper direkt unter dem Fenster angebracht ist. Die Heizwärme verteilt sich bei Fenstern auf Kippstellung nicht über die Konvektion zirkulierend durch den gesamten Raum, sondern die Wärme entweicht auf dem kürzesten Weg gleich zum Fenster hinaus.

Halten Sie die Fenster deswegen überwiegend ganz geschlossen und nutzen Sie bevorzugt nur die Stoßlüftung, um den empfohlenen Luftwechsel in möglichst kurzer Zeitdauer zu bewerkstelligen [ 6 ].

**So ergibt sich erfahrungsgemäß eine Einsparung an Heizenergie von bis zu 10 % ohne Einbußen an Komfort.**

Die im Raum zirkulierende Luft gibt die aufgenommene Wärmeenergie gleichmäßig an die Wand, die Zimmerdecke und den Boden ab, um sich dann über den Heizkörper erneut zu erwärmen.

## Stoßlüftung

**Zum generellen Lüften sollte man immer die Stoßlüftung bevorzugen.** Die Fenster werden dabei vollständig geöffnet, und innerhalb kurzer Zeit wird ein mehrfacher Luftwechsel mit Frischluft erzeugt, siehe Tabelle [ 6 ].

Üblicherweise kann mit der Stoßlüftung so ein 6- bis 10-facher Luftwechsel pro Stunde erreicht werden. Im Winter sind dafür nur wenige Minuten pro Stunde aufzuwenden.

Blumentöpfe und Innenraum-Deko, die auf den Fensterbänken arrangiert sind, behindern die vorgesehene richtige Benutzung der Fenster zum Zweck der ausreichenden Belüftung.

Mindestens drei- bis viermal pro Tag müssen die Fenster jedes Raumes zur Stoßlüftung voll geöffnet werden. Dieser Aufwand kann auch von berufstätigen Bewohnern als normale Wohnungsnutzung erwartet werden, wie praktische Beispiele am Ende dieser Broschüre verdeutlichen.

## Querlüftung

Die Querlüftung ist die effektivste Möglichkeit einer natürlichen und freien Fensterlüftung, siehe Tabelle [ 6 und 7 ].

Alle gegenüberliegenden Fenster und Zwischentüren werden zur Querlüftung vollständig geöffnet, so dass mit der Unterstützung von Wind möglichst gut alle Ecken und Winkel einer Wohnung von einem kurzen Luftdurchzug erfasst werden.

Mit der Unterstützung der Querlüftung ist im Winter und bei windiger Witterung innerhalb von 3 bis 5 Minuten ein sehr starker Luftwechsel bis zu  $n = 45/h$  zu erreichen.

Deshalb ist die Querlüftung besonders gut dafür geeignet, eine hohe Feuchtebelastung aus den Wohnräumen (beispielsweise nach dem Duschen, Kochen, Wäschetrocknen) nach außen hin schnell abzulüften.

Günstig sind also Grundrisse, welche zu gegenüberliegenden Fassaden Fenster aufweisen (z. B. Ost-West- oder Nord-Süd-Orientierung). Hat der Wohnungsgrundriss nur Fenster zu einer Himmelsrichtung, stehen vielleicht noch andere Fenster und Türen zur Durchführung der sehr effektiven Querlüftung zur Verfügung (beispielsweise das Treppenhaus in Ein- oder Zweifamilienhäusern, offene Laubengänge).

Beachten Sie, dass Ihre Nachbarn in Mehrfamilienhäusern keinen Geruchsbelästigungen ausgesetzt werden.

Entsteht bei der Wohnungsnutzung sehr viel Wasserdampf, sollte man bevorzugt immer die Querlüftung nutzen, um sehr rasch die Raumlufte auf eine **Normalfeuchte** zu entfeuchten. Falls das nicht umsetzbar ist, führen Sie unbedingt die Stoßlüftung aus.

**Mit einer mehrfach am Tag durchgeführten Stoß- und/oder Querlüftung kann man Schimmelbildungen und Feuchteschäden an Putz und Tapeten besonders gut vorbeugen.**

## Grundlüftung

Um der Wohnung aber nicht dauerhaft zu viel Wärmeenergie zu entziehen, ist die kontrollierte Wohnraumlüftung (über mechanische Ventilatoren automatisch erzeugt) auf 0,2 bis 2,0 Luftwechsel pro Stunde begrenzt. Einige andere Quellen definieren die Grund- und Mindestluftwechselzahl auf  $n = 0,35/h$ .

### ► Beispiel:

Für einen durchschnittlich großen Raum mit einer Grundfläche von 20 m<sup>2</sup> bzw. 50 m<sup>3</sup> Volumen bedeutet ein Luftwechsel von 0,35/h, dass 17,5 m<sup>3</sup> Luft innerhalb einer Stunde gegen Frischluft ausgetauscht werden.

Zum Zweck einer ausreichenden Wohnungslüftung reicht deren Wirkungsgrad aber alleine bei Weitem nicht aus. Diese Anlagen sind auch kein „Ersatz“ für eine erforderliche Wohnungslüftung.

Die zusätzlichen mechanischen Lüfter (Ventilatoren, Fensterfalzlüftungen und andere Systeme) haben in der Regel immer nur eine geringe Strömungsgeschwindigkeit voreingestellt, damit – auch im Winter – keine unangenehme Zugluft entsteht.

Damit wird allerdings dann auch zwangsläufig kein ausreichender Turbulenzgrad erreicht. Die ausreichende Luftverwirbelung und Luftbewegung vor den Außenwänden bis in die Raumecken hinein – verteilt auf alle Räume der Wohnung –, ist jedoch für eine ausreichende Erwärmung der Außenwände mit Heizenergie und für eine Abtrocknung von zeitweise auftretendem Kondensat an Oberflächen physikalisch unerlässlich.

Je nach Grundrissform und Raumanordnung erfolgt über die Grundlüftung keine ausreichende Mindestluftbewegung/Luftturbulenz.

Die Grundlüftung ist für eine hinreichende Erneuerung der Raumluft nur insoweit ausreichend, als der Sauerstoffgehalt für den Aufenthalt von wenigen Personen im Raum genügt. Die Grundlüftung ist unzulänglich, wenn Sie beispielsweise einen Kaminofen oder einen Gasherd in Benutzung haben.

Noch problematischer wird die Versorgung mit ausreichend Sauerstoff, wenn Sie gleichzeitig in der Küche einen starken Ventilator für die Dunstabzugshaube einschalten und keine angemessenen Nachströmöffnungen vorhanden sind.

Es gibt i.d.R. Sicherheitskontaktschalter, die den gleichzeitigen Betrieb unterbrechen, erheblich drosseln oder den Dunstabzug auf einen reinen Umluftbetrieb umschalten, solange alle Fenster dicht geschlossen sind. Lassen Sie sich vom Schornsteinfeger oder Elektriker beraten!

Ziel einer ausreichenden Lüftung ist es jedoch, dass alle Ecken und Winkel einer Wohnung regelmäßig mit Frischluft in Kontakt kommen.

Ruhende Luftpolster wirken physikalisch wie ein erhöhter Wärmewiderstand, also wie eine dünne Schicht Wärmedämmung. Während des Lüftungsvorgangs sollte deshalb die Luft immer eine/-n gewisse/-n Mindestströmungsgeschwindigkeit/Turbulenzgrad aufweisen, damit die Außenwände auch genügend erwärmt werden und die im Material gespeicherte Oberflächenfeuchte rasch zur Verdunstung gebracht werden kann.

Den Einfluss von Luftbewegung auf die Verdunstungsmenge kann man nach dem Diagramm [ 15 ] abschätzen.

Über undichte Fensterfalze und/oder eine kontrollierte Fensterfalz- und Spaltlüftung erfolgt eine stetige Grundlüftung mit **0,2 bis 4,0 Luftwechsel pro Stunde**.

#### ► Beispiel:

Für einen durchschnittlich großen Raum mit einer Grundfläche von 20 m<sup>2</sup> bzw. 50 m<sup>3</sup> Volumen bedeutet ein Luftwechsel von 0,2/h, dass 10 m<sup>3</sup> Luft innerhalb einer Stunde gegen Frischluft gewechselt werden. Ein Luftwechsel von 4,0/h entspricht 200 m<sup>3</sup> Frischluft.

Damit war es insbesondere in Altbauten (wegen der recht undichten Fensterfalze) möglich, nur sehr selten die Fenster öffnen zu müssen. Wegen der sehr großen und hohen Räume war auch zumeist eine ausreichende Frischluftmenge im Raum – gerechnet pro Person – vorhanden. Der Preis dafür war ein Verlust an Heizenergie.

Je modernere und besser dicht schließende Fenster zum Zweck der Energieeinsparung eingebaut werden, desto geringer werden die Wärmeverluste, welche über die luftdurchlässigen Fensterfalze entstanden waren. Damit sinkt automatisch jedoch auch der unvermeidliche Zwangs-Luftaustausch.

Fenster mit modernem Standard sind üblicherweise so dicht, dass die Fugenundichtigkeiten nur noch 0,1 bis 0,2 Luftwechsel pro Stunde erreichen. Der Luftwechsel über die Fensterfalze liegt damit weit unterhalb des Mindestluftwechsels von 0,5 bis 2,0 Luftwechseln pro Stunde, welcher für den Feuchteschutz notwendig ist.

#### ► Beispiel:

Für einen durchschnittlich großen Raum mit einer Grundfläche von 20 m<sup>2</sup> bzw. 50 m<sup>3</sup> Volumen bedeutet ein sehr geringer Luftwechsel von 0,1/h, dass 5 m<sup>3</sup> Luft (1/10 des Raumvolumens) innerhalb einer Stunde gegen Frischluft gewechselt werden. Ein Luftwechsel von 2,0/h entspricht 100 m<sup>3</sup> Frischluft.

Fenster mit kontrollierten Fensterfalzlüftungen und eingebauten speziellen Spalllüftungen ermöglichen eine kontrollierte Erhöhung des Luftwechsels.

Es ist also nicht widersinnig, zuerst sehr dichte Fenster einzubauen und dann deren Falze für die benötigte Spalllüftung und erforderlichen Nachströmöffnungen wieder zu vergrößern. Im Gegensatz zu alten undichten Fenstern lassen sich die Öffnungen nunmehr steuern, und die Lüftungswärmeverluste werden begrenzt.

Wenn die Bewohner beispielsweise nicht zuhause sind und die Fenster zum natürlichen Lüften nicht regelmäßig geöffnet werden können, reicht die allgemeine Grundlüftung von  $n = 0,5$  bis 2,0/h nur dann aus, wenn in der Wohnung keine neue Feuchtigkeit produziert wird (also beispielsweise keine Wäsche zum Trocknen aufgehängt ist).

Praktisch bedeutet das, dass Bewohner den täglich anfallenden Wasserdampf (Ausdünstung über die Haut und Atmung) sofort morgens nach dem Schlafen aus dem Schlafräum schon fortlüften sollen, bevor die Bewohner zur Arbeit gehen. Auch die große Menge an Wasserdampf, der beispielsweise beim Duschen entsteht, sollte gleich am Morgen noch fortgelüftet werden. Problematisch sind mitunter bereits mehrere nasse Duschtücher, die zum Trocknen im Raum aufgehängt sind, wenn die Bewohner beim Verlassen der Wohnung alle Fenster schließen und sich nur auf die Grundlüftung verlassen.

## **Badlüfter – erforderliche Luftmenge (mit und ohne Fenster)**

DIN 18017-3:2020-05 – Die Entlüftung von innenliegenden Räumen, innenliegenden Bädern und Toilettenräumen (ohne Fenster) – fordert einen Mindestluftwechsel, um ein Bad ohne Fenster ausreichend zu entlüften, von z. B. **40 oder 60 m<sup>3</sup>/h** – je nach Betriebskonzept. Für ein Badezimmer mit durchschnittlich 20 m<sup>3</sup> Raumvolumen sollte es somit einen mindestens 2- bis 3-fachen Luftwechsel pro Stunde geben.

Bei einem ausschließlichen WC-Raum, der in der Regel auch ein kleineres Raumvolumen hat, ist die Hälfte der Leistung ausreichend.

Ist in dem Toilettenraum jedoch auch noch eine Dusche vorhanden, muss für eine mechanische Lüftung mit Badlüftern der Luftwechsel entsprechend wieder erhöht werden.

Dabei gibt es im Prinzip zwei Konstruktionsvarianten: entweder zentral (über Lüftungsschächte über das Dach hochgeführt, wobei die Lüfter in jedem zu belüftenden Raum eingebaut sind oder ein zentrales Gerät auf dem Dach vorhanden ist) oder dezentral (in der Außenwand in Öffnungen eingesetzte Lüftungsbauelemente, in der Regel für jeden Raum getrennt).

Oft findet man eine Lösung, die per Lichtschalter mit einer automatisch geregelten Nachlaufzeit zu bedienen ist. Bewohner sollten diese Steuerungen nicht eigenmächtig verändern oder gar ausschalten!

Die Leistung der Lüftergeräte und deren Stromverbrauch variiert je nach Fabrikat. Durchschnittlich benötigt ein Badlüfter 15 - 100 W/h. Das bewegte Luftvolumen (Luftdurchsatz) ist abhängig von den Rohrquerschnitten und der Leistungsfähigkeit der Geräte und liegt bei 40 bis 60 m<sup>3</sup>/Stunde (Mindestluftwechsel für innenliegende Bäder/WC).

Wer kennt das nicht? Der Badlüfter läuft auf Hochtouren, wird stetig lauter, aber tatsächlich tut sich nichts, und der Spiegel im Bad bleibt weiterhin beschlagen. Der Badlüfter läuft unnötig ins Leere, ohne dass es zum erwünschten Luftaustausch kommt. Die mit Feuchtigkeit angereicherte Raumluft bleibt dann sozusagen im Raum „hängen“, was sich an beschlagenen Spiegeln, Fensterscheiben oder Fliesen sichtbar zeigt. Bei dichten Fenstern kann der Ventilator ohne ein Mindestmaß an frischer Zuluft (nachströmender Luft) meist die erforderliche Leistung gar nicht erbringen.

Einfache Abhilfe wird dadurch geschaffen, dass Sie ein beliebiges Fenster der Wohnung öffnen und für eine ausreichende Nachströmung sorgen. Badezimmertüren sollten deshalb eine Über- oder Unterströmungsluftöffnung aufweisen, beispielsweise eine Spaltbreite von 20 bis 30 mm am unteren Türeinstand.

Wenn ein Fenster im Badezimmer vorhanden ist, führen Sie bitte Stoßlüftungen aus!

### **Lüftung für innenliegende Küchen (ohne Fenster) und Kochnischen nach DIN 18017-3:2020-05**

Für Küchen ohne Fenster liegt der Luftdurchsatz von Dunstabzugshauben bei bis zu 160 - 200 m<sup>3</sup> pro Stunde. Das entspricht einem 8- bis 10-fachen Luftwechsel für einen 20 m<sup>3</sup> großen Raum. Auch hier muss mittels geeigneter Nachströmöffnungen für ausreichend frische Luft gesorgt werden. Der Ventilator würde anderenfalls gegen den entstehenden Unterdruck weitgehend wirkungslos arbeiten.

### **Gründe, warum die Grundlüftung oft nicht mehr ausreicht**

Wenn viele Pflanzen und möglicherweise auch Aquarien vorhanden sind und/oder wenn häufig und in größeren Mengen Wäsche zum Trocknen in der Wohnung aufgehängt ist, dann reicht eine Grundlüftung mit  $n = 0,5$  bis  $2,0/h$  Luftwechseln pro Stunde alleine nicht mehr aus. Die übermäßig zugeführte Nutzerfeuchtigkeit in der Luft führt unweigerlich zu einer dauerhaft erhöhten Luftfeuchte.

Erreicht die relative Luftfeuchte **mehr als 60 bis 70 %**, so muss in windstillen Ecken und in den unteren Eckwinkeln der Außenwände, auch hinter Schränken und Sofas, sowie an den Außenwänden selbst zeitweise mit Tauwasserbildung und infolge dessen mit **Schimmelbildung** gerechnet werden; dies auch dann, wenn die Außenwände nach modernstem Standard wärmegeklämt sind.

- Halten Sie die Luftfeuchte möglichst niedrig, heizen Sie ausreichend!  
Dann hat Schimmelpilz keine Chance.

Entscheidend ist das Verhältnis von relativer Luftfeuchte zur Oberflächentemperatur. Je nach vorhandener Heizung und Luftzirkulation im Raum und dem Grad an Infiltration über die Luft (Undichtigkeiten in der Gebäudeaußenhülle)

weisen die Oberflächen eines beheizten Raumes – bei gleichmäßiger und dauerhafter Beheizung – in der Regel stets unterschiedliche Oberflächentemperaturen auf.

Über die Luftzirkulation wird die Wärmeenergie der Heizflächen im Raum verteilt. An den Außenwänden über dem Fußboden ist es zumeist am kältesten. Sinkt die Oberflächentemperatur unter 12,6°C, dann gibt es ein Schimmelrisiko.

**12,6°C entspricht der Taupunkttemperatur der Raumluft** des Normwohnklimas nach DIN 4108 – Wärme- und Feuchteschutz – bei 20°C und 80 % relativer Luftfeuchte.

Messen Sie die Temperatur ca. in der Mitte des Raumes etwa in 1,50 m Höhe über dem Fußboden! Insbesondere sollten Sie natürlich nicht in der Nähe von Fenstern oder Heizkörpern messen. Mit einem Infrarotthermometer können Sie die Oberflächentemperaturen berührungslos gelegentlich aus 30 - 50 cm Abstand überprüfen [ 4 ].

Viele Wohnungen sind zur Vorbeugung gegen Schimmel zwischenzeitlich mit ergänzenden mechanischen Lüftungen ausgestattet, zumeist in Badezimmern und Toilettenräumen sowie auch in innenliegenden Abstellkammern (ohne Beheizung).

Wenn das Bad ein Fenster hat, sind trotzdem zusätzliche mechanische Lüfter im Alltag sehr hilfreich, um genau dort, wo eine hohe Luftfeuchtigkeit häufig erzeugt wird, die entstandene Feuchtigkeit sofort wieder abzulüften. Das kommt der Feuchtebilanz der gesamten Wohnung zugute.

## **Mindestlüftung**

Die Mindestlüftung von Wohnungen benötigt einen Luftwechsel von  $n = 0,5$  bis  $2,0/h$  Luftwechseln pro Stunde. Nach anderer Quelle wird ein Wert von  $n = 0,35/h$  gefordert.

Die Mindestlüftung ist abhängig von der Wohnungsgröße und der Belegung der Wohnung (Anzahl der Bewohner) im Unterschied zur Grundlüftung, die sich nur auf das Raumvolumen der Wohnung/des Raumes bezieht.

Je mehr Personen sich in einem Raum aufhalten, desto mehr Luftwechsel wird benötigt.



Mit normalem Beheizungs- und Belüftungsverhalten kann nach wie vor auch ohne mechanische Unterstützung (beispielsweise durch eine kontrollierte Wohnraumlüftung) im Regelfall ohne Weiteres – in Kombination mit etwas gutem Willen – das Ziel eines hygienischen Wohnklimas erreicht werden.

**Sie sollten nur wissen, was Sie tun müssen, um die relative Luftfeuchte bei 40 % bis 60 % zu halten. Die natürliche Fensterlüftung ist dafür sehr wesentlich.**

Alte Fenster mit den typischen Fensterfalzundichtigkeiten (Infiltration über Undichtigkeiten der äußeren Gebäudehülle; im Altbau noch häufig vorhanden) übernahmen einen Anteil am Luftwechsel, ohne dass man Fenster öffnen musste.

**Nach dem Einbau von neuen Fenstern** mit sehr dichten Fensterfalzen werden in der Regel nun auch geplante Zuluft- und Nachströmöffnungen benötigt, damit die Grundlüftung/der Mindestluftwechsel **weitgehend unabhängig vom Benutzer** derart funktioniert, so dass auch während längerer Abwesenheit keine Schäden entstehen.

Die in den letzten Jahren verstärkt aufgekommene Forderung nach einer von der natürlichen Fensterlüftung **unabhängigen Funktionsweise** entstand, nachdem viele Bewohner ihr Wohn- und Lüftungsverhalten nicht ausreichend angepasst haben.

Auf die Behauptung, dass Berufstätige eine ausreichende Belüftung nicht bewerkstelligen können und dass diese vom Bewohner unabhängig funktionieren müsse, entgegne ich mit praktischen Beispielen in dieser Broschüre. Die Automatisierung der Lüftung bedeutet einen höheren Stromverbrauch sowie auch Wartungs- und Instandhaltungskosten. Je nach Art der Lüftungsanlagen kann das die Haushaltskasse durchaus belasten.

Es gibt im Wohnungsbestand noch sehr viele Wohnungen, bei welchen die Bewohner die notwendigen Luftwechsel allein mit der natürlichen Fensterlüftung mangelfrei bewerkstelligen können.

Werden in der Wohnung mechanische Lüftungsanlagen (z. B. in Bad und Küche sowie Kochnischen) mit automatisch geschalteten Feuchtesensoren betrieben, werden zwangsläufig ausreichend dimensionierte Nachströmöffnungen erforderlich.

Ansonsten erzeugen die Abluftanlagen einen zu hohen Unterdruck (sie saugen das Luftvolumen zu stark aus dem Raum ab) und benötigen dann übermäßig viel Strom, weil sie auf Hochtouren und im überlasteten Modus arbeiten. Die Ventilatoren verschleiben deshalb meist vorzeitig, und die übliche technische Nutzungsdauer von 20 Jahren wird nicht erreicht.

Unter der Wohnungseingangstür bildet sich dann häufig Zugluft, wenn in Ihrer Wohnung ein zu hoher Unterdruck entsteht. Dies führt häufig in Mehrfamilienhäusern zu einer unerwünschten Geruchsübertragung aus dem Treppenhaus, trotz Abdichtung des Türeinstands.

Eine durch das individuelle Wohnverhalten vorhandene übermäßige Luftfeuchte kann über die Grund- und Mindestlüftung nicht ausreichend fortgelüftet werden. Dafür müssen die Bewohner durch angepasstes Wohnverhalten und eine intensivierte Fensterlüftung selbst Sorge tragen.

Nach GEG sind ventilatorgestützte Lüftungsanlagen (RLT und andere Systeme), welche eine mehr oder minder „vollautomatische“ Mindestlüftung bewerkstelligen, für alle Gebäudetypen (Gebäudebestand/Altbauten) verpflichtend vorgeschrieben.

Aus physikalischen Gründen kann jede Wohnung mangelfrei bewohnt werden, wenn die natürliche Fensterlüftung hinreichend ausgeführt wird, auch wenn Juristen gelegentlich etwas anderes behaupten.

## **GEG – Gebäudeenergiegesetz**

Das Gebäudeenergiegesetz (GEG) vereint seit dem 01.11.2020 die bisher gültigen Gesetze und Verordnungen im Bereich der energetischen Anforderungen bei Wohngebäuden und Nicht-Wohngebäuden, also die Energieeinsparverordnung (EnEV), das Energieeinsparungsgesetz (EnEG) und das Erneuerbare-Energien-Wärmegesetz (EEWärmeG).

Der Einsatz eines Lüftungssystems ist laut Gebäudeenergiegesetz (GEG) nicht verpflichtend. Jedoch hilft ein bedarfsgeführtes Lüftungssystem dabei, die hohen Energieeffizienzstandards zu erreichen. Hier müssen die Lüftungswärmeverluste auf einen möglichst kleinen Wert begrenzt werden. Die mit der Lüftung abgeführte Wärme muss zurückgewonnen werden. Technisch sind hierfür – auch aus politischen Gründen – viele kluge Lösungen entwickelt worden, welche hier nicht in voller Bandbreite mit ihren jeweiligen Vorteilen dargestellt werden können.

Wie eingangs in dieser Broschüre bereits erwähnt, können wir jedoch das Thema „Wohnungslüftung“ nicht nur auf eine optimierte Energieeinsparung und die deswegen stark reduzierten Luftwechsel begrenzen. Die natürliche Fensterlüftung erfüllt noch andere wichtige Aufgaben, wie beispielsweise die Entfernung von Schadstoffen aus der Raumluft. Diesen Aspekten zu einem gesunden und behaglichen Wohnumfeld sollten wir gleichfalls angemessen Beachtung schenken.

**Neu eingeführt ist im GEG eine Unterscheidung zwischen a) nicht und b) bedarfsgeführten Lüftungsanlagen.**

Zu a) Luftwechsel  $n = 0,35/h$  im Vergleich; zu b) mit noch weiter reduzierten Luftwechseln auf nur noch  $0,1/h - 0,2/h$ , um die Energieverluste über Außenbauteile in der rechnerischen Bilanz noch weiter abzusenken.

Eine technisch unvermeidliche geringe Infiltration über Undichtigkeiten der Gebäudehülle wird nunmehr rechnerisch mit einbezogen (ebenso die Ausrichtung des Gebäudes zur Windrichtung, Gebäudehöhe, Art der Bebauung in der Umgebung, geografische Lage).

Diesem rechnerischen Ansatz, der aus rein energetischen Gesichtspunkten eine neue Optimierung anstrebt, sollte man allerdings mit Bedacht begegnen. Nach den Beispielen in dieser Broschüre lernen Sie, mit der entstehenden Feuchte, die bei der normalen Wohnungsnutzung unvermeidlich ist, praktisch und sorgsam umzugehen.

**Bitte nutzen Sie nach wie vor die natürliche Fensterlüftung!** Hält man sich an die Empfehlungen, die Fenster nur für kurze Zeit zum Zweck einer Stoß-/Querlüftung zu öffnen, müssen Sie keine unnötigen Wärmeverluste befürchten [ 6 ].

**Vermeiden Sie jedoch unbedingt ein zu langes Lüften in der Heizperiode!**

## Lüftungskonzept

DIN 1946-6:2019-12 verlangt nunmehr ein **Lüftungskonzept** für sanierte oder neu gebaute Wohngebäude und stellt Anforderungen an Planung, Auslegung und Betrieb von Lüftungstechnischen Maßnahmen.

Ein Lüftungskonzept ist unter anderem dann zu erstellen, wenn ein Mehr- oder Einfamilienhaus neu errichtet wird oder **im Bestandsbau beispielsweise mehr als 1/3 der vorhandenen Fenster ausgetauscht werden**.

Dabei ist der erforderliche Luftwechsel der notwendigen Lüftung zum Feuchteschutz rechnerisch zu ermitteln.

Liegt die geringste Mindestmenge des ermittelten Luftwechsels über dem Infiltrationswert der Nutzungseinheit, ist nach Norm nunmehr der **Einsatz einer Lüftungstechnischen Maßnahme vorzusehen**. Dieser Grenzwert mit  $n = 0,35/h$  ist jedoch rasch erreicht, so dass der Einsatz Lüftungstechnischer Anlagen zum Standard der haustechnischen Anlagen wurde. Man hat beobachtet, dass das individuelle Verhalten der Bewohner durchaus stark von den Berechnungsannahmen abweicht. Je kleiner die Wohnungen sind und je mehr Bewohner dort leben, desto wichtiger wird die Ergänzung der Lüftung mit der herkömmlichen Fensterlüftung für den Feuchteschutz.

In besonders fortschrittlichen Gebäuden (Passivhaus oder energetisch besonders günstige Niedrigenergie-Standards) kann allerdings nicht mehr auf eine kontrollierte Wohnraumlüftung verzichtet werden, weil die Gebäudehülle dieser Gebäudearten so dicht ausgeführt wird, dass eine Infiltration (Undichtigkeiten und Falze) kaum noch erfolgt. Mittels Wärmerückgewinnungsanlagen wird in der Regel die im Raum für die Beheizung eingesetzte Wärmeenergie aus dem Luftwechsel notwendigen Luftvolumen zu einem Anteil auch noch ausgenutzt.

## Normallüftung

Bei der Normallüftung kommt zu der **Mindestluftwechselrate**, auf welche sich das Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 bezieht, eine **nach dem individuellen Bedarf** anzupassende zusätzlich intensivierete Luftwechselrate hinzu.

Tabelle [ 8 ] gibt einige Orientierungswerte an, die aufzeigen, dass **Wasserdampf je nach Tätigkeit und Anzahl der Bewohner im Raum** für die normale Wohnungsnutzung möglichst regelmäßig abgelüftet werden muss.

Durch die normalen Tätigkeiten im Haushalt wird viel Wasserdampf erzeugt, der über die Lüftung (Fenster und mechanische Lüftung) an die Außenluft fortgelüftet werden muss. Für einen 4-Personen-Haushalt kommen durchschnittlich ca. **8 Liter Wasserdampf pro Tag** – und mehr – zusammen.

## Feuchtelastspitzen / Erfahrungswerte

Nutzerbedingte Feuchteproduktion	Pro Tag
Mensch (pro Person)	1,0 bis 1,5 Liter
Kochen	0,5 bis 1,0 Liter
Duschen, Baden (pro Person)	0,5 bis 1,0 Liter
Wäsche trocknen (geschleudert – tropfnass)	1,0 bis 3,5 Liter
Zimmerpflanzen	0,5 bis 1,0 Liter

[ 8 ] Erfahrungswerte für von Bewohnern erzeugte Feuchtigkeit

### ➤ Beispiel:

In einem Badezimmer mit ca. 20 m<sup>3</sup> entstehen nach Tabelle [ 8 ] nach dem Duschen von 2 Personen etwa 1,0 bis 2,0 Liter Wasserdampf.

Bei 20°C Raumtemperatur enthält die Raumluft, siehe Diagramm [ 1 ], bei einer angenommenen Ausgangsfeuchte von 50 % rel. LF also 9 Gramm/m<sup>3</sup>. Im gesamten Raum gibt es also zu Anfang 180 Gramm Wasserdampf bei 20 m<sup>3</sup>.

Nach dem Duschen von 2 Personen kurz hintereinander steigt die relative Luftfeuchte schnell auf 100 % an, wobei bei konstant 20°C dann 17,3 Gramm/m<sup>3</sup> Wasserdampf von der Raumluft aufgenommen werden; insgesamt also 350 Gramm in 20 m<sup>3</sup>.

Der weitere Überschuss aus 1.500 - 2.000 Gramm Wasserdampf fällt nun als Tauwasser aus. Der Spiegel beschlägt, Wandoberflächen werden befeuchtet und im Bad gelagerte Handtücher saugen viel Feuchtigkeit aus der Luft auf.

Eine solche Menge von mehr als 1,5 Litern sollte also zweckmäßig unmittelbar nach der Entstehung möglichst rasch und vollständig nach dem Duschen fortgelüftet werden.

Um auf den Ausgangswert von 50 % relativer Luftfeuchte schnell wieder zurückzukehren, sollten Sie den Wasserdampf aus dem Bad nicht mit dem Luftaustausch über die geöffneten Zimmertüren in den Flur und in die angrenzenden Wohnräume strömen lassen, sondern schnell das Fenster vollständig öffnen und einen natürlichen Luftwechsel herbeiführen.

Nehmen wir nun weiter an, dass die Außenluft 12 Gramm/m<sup>3</sup> Wasserdampfgehalt aufweist, so steht der Unterschiedsbetrag zwischen 17,3 zu 12 Gramm/m<sup>3</sup> physikalisch zur Verfügung; das entspricht 5,3 Gramm/m<sup>3</sup>, siehe Diagramm [ 1 ].

Für die betrachtete Raumgröße von 20 m<sup>3</sup> erreicht man mit einem einfachen Luftwechsel von  $n = 1/h$ , dass ca. 100 Gramm je Austausch des Luftvolumens des Badezimmers abgelüftet werden.

Sie sehen, dass Sie zum Ablüften von 1.500 Gramm Wasserdampf dann also mindestens 15 Luftwechsel (Austausch des gesamten Luftvolumens gegen Frischluft) erreichen müssen.

Überprüfen Sie nun, ob das möglich ist!

Nach Tabelle [ 6 ] sehen Sie, dass Sie beispielsweise im Dezember bei vollständig geöffnetem Fenster mit der Stoßlüftung **innerhalb von 2 Minuten/Stunde schon die notwendige Lüftungszeit für das Badezimmer nach dem Duschen von 2 Personen erreichen.**

Hat Ihr Badezimmer kein Fenster, muss eine mechanische Lüftung eingeschaltet werden, welche meist mit dem Lichtschalter und einem Nachlaufrelais gekoppelt ist. Badlüfter erzielen je nach Betriebskonzept einen Luftwechsel mit den üblicherweise voreingestellten 40 oder 60 m<sup>3</sup>/h.

Bezogen auf das für das vorstehende Beispiel unterstellte Raumvolumen von 20 m<sup>3</sup> leistet der Standardbadlüfter also einen Luftwechsel von  $n = 2 - 3/h$ .

Dieser mechanisch erzeugte Luftwechsel reicht alleine sicherlich nicht aus, um den nach dem Duschen von 2 Personen innerhalb einer Stunde angefallenen Wasserdampf (Spitzenbelastung) rasch genug aus dem Raum abzulüften.

Es ist also damit zu rechnen, dass über den Luftaustausch mit den angrenzenden Räumen sich also auch dort die relative Luftfeuchte zeitweise erhöht und nun von da aus mit der Fensterlüftung (Stoßlüftung) die erhöhte Feuchtelast abgeführt werden muss.

- In jedem Fall sollen Sie darauf achten, dass die erhöhte Feuchtelast (wie im Beispiel nach dem Duschen von 2 Personen) nicht lange im Badezimmer und/oder den angrenzenden Räumen verbleibt, sondern so rasch wie möglich aus der Wohnung abgelüftet wird, damit diese Feuchte von Putz, Mobiliar, Teppichen, Textilien, usw. nicht saugend aufgenommen und gespeichert wird.

Beheizen Sie das Badezimmer beispielsweise nur kurzzeitig mit einem Heizlüfter und schalten Sie diesen unmittelbar nach dem Duschen ab, so kühlt die Luft im Raum rasch wieder ab. Die Wandoberflächen werden erfahrungsgemäß mit der nur kurzzeitigen Beheizung noch nicht ausreichend warm, so dass noch mehr Tauwasser ausfällt. Der Taupunkt der Oberflächen ist hier maßgebend.

**Je kühler die Zimmertemperatur, desto häufiger muss gelüftet werden, um die durch die normale Nutzung entstandene Feuchtemenge abzulüften und das Ziel von 50 % relative Luftfeuchte anzustreben.**

Nehmen wir einmal an, dass es regnet. Macht es Sinn, auch bei solchem Wetter die natürliche Fensterlüftung zu benutzen? – **Ja**, denn die Außenluft ist im Regelfall immer noch trockener als die verbrauchte Innenraumluft [ 1 ].

DIN 1946-6: 2019-12 untergliedert das neue **Lüftungskonzept** mit den folgenden Begriffen für 4 Leistungsstufen:

- **Lüftung zum Feuchteschutz**

Diese Lüftungsstufe stellt die notwendige Lüftung zur Sicherstellung des Bautenschutzes bei zeitweiliger Abwesenheit der Nutzer dar. Wäschetrocknen in der Wohnung ist hier ausgeschlossen!

- **Reduzierte Lüftung**

Die reduzierte Lüftung geht zusätzlich auf gesundheitliche Mindestanforderungen bei reduzierter Anwesenheit der Nutzer oder bei geringer Raumluftqualität ein.

- **Nennlüftung**

(berücksichtigt die Belegungszahl, also Anzahl der Bewohner pro Wohnung)  
Bei der Nennlüftung werden zusätzlich zu den oben genannten Parametern die gesundheitlichen Anforderungen bei Anwesenheit der Nutzer berücksichtigt. Ziel einer optimalen Nenn- und Normallüftung ist eine möglichst ausgeglichene Bilanz zwischen den Befeuchtungsphasen und den Trocknungsphasen. Die wegen der normalen Nutzung schwankenden Werte der relativen Luftfeuchte werden zweckmäßig in einem als angenehm und behaglich empfundenen Bereich von **40 - 60 % rel. LF** gehalten.

## ► Intensivlüftung

Die Intensivlüftung dient dem Abbau von Lastspitzen, insbesondere wenn sich mehrere Personen im Raum aufhalten, auch als „Partylüftung“ bezeichnet, nach dem Duschen, Kochen und während des Wäschetrocknens. Es geht hierbei insbesondere um das Ablüften der hohen Feuchtelastspitzen, wie Sie an vorstehendem Beispiel (Duschen) nachvollziehen können.

Der durch die Nutzer erzeugte zusätzliche Wasserdampf in großen Mengen, der nicht mehr von der Raumluft und vom Inventar (Grenze der Wasserdampfsättigung und der hygroskopischen Sättigung) aufgenommen werden kann, bildet physikalisch immer Tauwasser.

Dieses Kondensat setzt sich unvermeidlich an den kühlfsten Oberflächen ab, wenn die Taupunkttemperatur unterschritten wird.

Wenn die Oberflächen porös und saugend sind, sehen wir die dort niedergeschlagene Feuchtemenge nicht.

Für Schimmel bietet sich eine geeignete Wachstumsgrundlage, wenn die Oberfläche und die tieferen Poren benetzt sind.

Nur auf sehr glatten und dichten Oberflächen sieht man einen feuchten Niederschlag mit winzigen Wassertropfen (beispielsweise auf Fliesen und am Rand der Fensterscheiben, zumeist im Badezimmer in der und Küche).

### **Dann ist es höchste Zeit fürs Lüften.**

Haben Sie einen Neubau kurz nach Fertigstellung bezogen, so verdunsten die verbauten Baustoffe noch viel Wasser, bis sie die genügend ausgetrocknete praktische Feuchte erreicht haben. Üblicherweise dauert dieser Vorgang 1 bis 2 Heizperioden an.

Solange die Baustoffe noch viel hygroskopisch gespeicherten Wasserdampf an die Raumluft abgeben, ist es notwendig, dass über eine ausreichende Beheizung und über eine deutlich intensivierte Lüftung dieser zusätzliche Wasserdampf an die Außenluft abgeführt wird. Messen Sie daher regelmäßig die Luftfeuchte mit einem Hygrometer!

Wenn Sie in eine moderne Neubauwohnung einziehen, müssen Sie zusätzlich ein völlig neues Wohn- und Lüftungsverhalten erlernen. Nur so können Sie von den Vorteilen sehr dicht schließender Fenster und den damit reduzierten Wärmeverlusten im Winter profitieren.

Elektrische Lüftungsanlagen zur kontrollierten Wohnungslüftung helfen Ihnen hierbei, indem auch während Ihrer Abwesenheit zumindest für die Mindest- und Grundlüftung automatisch gesorgt ist.



- Das Ablüften der Feuchtelastspitzen müssen Sie selbst eigenverantwortlich in die Hand nehmen, und Sie sollten in den Zeiten Ihrer Anwesenheit regelmäßig an die Stoßlüftung denken.

Ausnahmen bilden nur vollklimatisierte Räume, welche jedoch für den Betrieb der aufwendigen technischen Anlagen einen erhöhten Energieaufwand aufweisen.

In der Neufassung der Norm ist die neue Regelung aufgenommen worden, dass auch **die Nachrüstung von Lüftungssystemen zu einem rechnerischen Lüftungskonzept verpflichtet**.

Das bedeutet, dass eine Nachrüstung von beispielsweise **Fensterfalzlüftern** (diese gelten als Nachströmöffnung, um einen nachteiligen Unterdruck zu verhindern) zur Folge hat, dass nun sehr häufig – auch in Bestandsgebäuden – eine zusätzliche Ablufttechnik zur Badentlüftung installiert werden muss, auch dann, wenn Fenster im Raum vorhanden sind.

DIN 1946-6 – Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung – fordert die Einhaltung des zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung **erforderlichen Mindestluftwechsels**.

Wie in den vorstehenden Beispielen beschrieben, reicht ein solcher geringer Luftwechsel mit weniger als  $n = 0,35$  bis  $2,0/h$  alleine nicht aus, um durch die individuelle Nutzung anfallende Feuchtelastspitzen „automatisch“ unabhängig vom Bewohner ablüften zu lassen, siehe Tabelle [ 8 ].

Die Norm legt weiterhin fest, dass nun nicht nur bei den Neubauten, sondern auch bei Sanierungen von Wohngebäuden im Regelfall ein detailliertes **Lüftungskonzept** vorliegen muss.

**Höhere Lüftungsstufen** (im Vergleich zu der automatisierten Mindestlüftung zum Feuchteschutz und in der Funktion einer reduzierten Grundlüftung), **also die Nenn- oder die Intensivlüftung, sind nun zwingend erforderlich**, sobald sich Bewohner in der Wohnung befinden.

Hier erlaubt die Norm jedoch nach wie vor eine **unterstützende Fensterlüftung**.

Aus dem vorstehenden rechnerischen Beispiel zur Badlüftung können Sie einfach nachvollziehen, weshalb die **Stoßlüftung über Fenster besonders einfach und wirkungsvoll ist** und weshalb diese auch **unbedingt genutzt werden sollte**.

Eine kontrollierte Wohnungslüftungsanlage (KWL-Anlage) mit Wärmerückgewinnung (WRG) ist in Wohngebäuden, die nach der EnEV gebaut oder saniert werden, sowie in einem **KfW**-Effizienzhaus 55 oder 70 nicht in der Verordnung explizit vorgeschrieben, aber wegen der rechnerisch differenziert ausgetüftelten Energieeinsparung nahezu unverzichtbar.

Als Sachverständige empfehle ich jedoch auch für Gebäude mit modernsten Standards **zur Ausführung der Intensivlüftung nach wie vor die natürliche Fensterlüftung**, da diese besonders schnell und hoch wirksam ist und weil sie keine zusätzliche Energie (Strom) verbraucht.

Werden die empfohlenen Minuten/Stunde für die jahreszeitlich angepasste Lüftungszeit nach Tabelle [ 6 ] nicht überschritten, muss auch keine erhöhte Heizenergie aufgewendet werden, um die Bauteile zu erwärmen.

Die Lüftungszeit ist so kurz, dass praktisch keine Auskühlung erfolgt. Die Wärmespeicherkapazität und die spezifische Trägheit bezüglich der Temperaturänderungen von Putz, Estrich, Mauerwerk, usw. überbrücken die kurzzeitige Temperaturschwankung, welche hauptsächlich nur die Raumluft betrifft.

**Vermeiden Sie jedoch unbedingt, zu lange zu lüften!**

Während alte Bauelemente über undichte Fugen und Falze viel Luft in Haus oder Wohnung lassen (Infiltration), sind neue dicht und energiesparend.

Aus diesem Grund müssen Hausbesitzer nunmehr ein sogenanntes Lüftungskonzept erstellen lassen, wenn sie mehr als ein Drittel der Fenster in einem Gebäude austauschen.

DIN 1946, Teil 6 führt weiterhin aus, dass nunmehr die **Mindestlüftung zum Feuchteschutz vom Nutzer unabhängig zu gewährleisten ist.**

Diese Forderung hat zur Folge, dass nunmehr der (nachträgliche) Einbau einer dezentralen oder zentralen Lüftungsanlage i.d.R. notwendig wird.

Liegt dieses Lüftungskonzept nicht vor, so haftet der Planer für spätere Feuchte- oder Schimmelschäden. Da der Planer jedoch keinen Einfluss auf das individuelle Nutzerverhalten hat, er jedoch mit weitreichender Haftung bedroht wird, zwingt die technische Norm letzten Endes doch zur Umsetzung von vorbeugenden Maßnahmen zur automatisierten und nutzerunabhängigen Lüftung zum Feuchteschutz.

Aus rein bauphysikalischer und rechtlicher Hinsicht kann diese Maßnahme nach wie vor nicht zwingend gefordert werden.

## **Details zur kontrollierten Wohnraumlüftung zum Feuchteschutz**

Elektrische Lüftungsanlagen zur kontrollierten Wohnungslüftung helfen Ihnen hierbei, indem auch während Ihrer Abwesenheit zumindest für die Mindest- und Grundlüftung gesorgt ist, so dass der Feuchteschutz automatisch bewerkstelligt werden kann.

Das notwendige Ablüften von Feuchtelastspitzen (nach dem Duschen, Kochen, beim Wäschetrocknen) **wird für Sie jedoch nicht automatisch übernommen.**

Deshalb dürfen Sie die vorhandenen Anlagen auch nicht durch den Elektriker einfach abklemmen oder die Zeitdauer für das elektrisch gesteuerte Nachlaufrelais willkürlich deutlich kürzer laufen lassen, weil Sie sich möglicherweise durch die Ventilatorgeräusche gestört fühlen oder Sie etwas Strom sparen wollen. Auch während einer längeren Urlaubsabwesenheit muss die Sicherung eingeschert verbleiben. Gleichzeitig müssen die geplanten Nachströmöffnungen in den Außenwänden geöffnet sein.

**Geregelte Wohnraumlüftung darf nicht nach Ihrem Belieben ausgeschaltet werden.**

Hinweis: Im Internet finden Sie derzeit Empfehlungen und Anleitungen für die Einstellung von Fenstern, um Fensterfalze zum Zweck der Energieeinsparung („Winterstellung“) sehr dicht zu verschließen und zusätzlich abzudichten. Diese Einstellung gibt es nicht.

Sehr wohl können Fenster aber vom Fachmann hinsichtlich des Anpressdrucks optimal eingestellt werden. Im Rahmen von Wartungen und Instandhaltungsmaßnahmen wird die Einstellung des Anpressdrucks der Falzdichtungen zum Rahmen hin kontrolliert. Schief im Rahmen stehende Fensterflügel werden dabei neu justiert. Bei Bedarf werden Falzdichtungen erneuert.

Als Sachverständige empfehle ich dringend, die Falzeinstellungen an den Fenstern **nicht eigenmächtig zu manipulieren.**

Wenn die notwendigen Nachströmöffnungen entgegen der Festlegungen im Lüftungskonzept zu dicht geschlossen werden, kann das zur Folge haben, dass die eingebauten Lüfter auf Hochtouren laufen, sie stetig lauter werden, aber tatsächlich tut sich nichts. Der Spiegel im Bad bleibt weiterhin beschlagen. Der Badlüfter läuft somit unnötig im überlasteten Arbeitsbereich, verbraucht dabei viel Strom, ohne dass es zum Luftaustausch mit trockener Frischluft kommt. Die feuchte Luft bleibt im Raum.

DIN 18017-3: 2020-5 – Entlüftung von Bädern und WC ohne Fenster – fordert deshalb ausreichend bemessene Nachströmöffnungen für die jeweils benötigte Zufuhr an Frischluft sowie über und unter den Zimmertüren geeignete Überströmöffnungen, denn ohne diese ist eine fachgerechte Lüftung mit einem Badlüfter nicht zu gewährleisten.

Die kontrollierte Wohnraumlüftungsanlage (KWL-Anlage) und/oder die mit einem Ventilator gestützte Entlüftung für innenliegende Badezimmer, WC, Küchen (ohne Fenster) und Abstellräume sind **kein ausreichender Ersatz für das sachgemäße Wohnverhalten**.

Alle Feuchtigkeit, die von den Nutzern über die Haut, Atmung und über die verschiedenen Tätigkeiten (Duschen, Kochen) abgegeben wird [ 8 ], muss man üblicherweise mit der Fensterlüftung an die Außenluft abführen, was über die automatisierte Grundlüftung hinausgeht.

Besonders in sehr kleinen Räumen oder wenn auch noch etliche Gäste da sind, muss die natürliche/freie Lüftung über die Fenster deutlich intensiviert werden, um einen übermäßigen Anstieg der relativen Luftfeuchte zu vermeiden.

**Der Richtwert von 50 % relativer Luftfeuchte ist möglichst genau und dauerhaft einzuhalten.**

Gewöhnen Sie sich an, durchaus mehrfach pro Stunde für einen kurzen Moment die Fenster vollständig zu öffnen (Stoßlüftung). Sie brauchen keine Sorge zu haben, dass Sie unnötig Energie verschwenden.

Um trockene Luft zu erwärmen, benötigt man nämlich sehr viel weniger Heizenergie, als wenn man feuchte Luft auf die gleiche Temperatur erwärmen möchte. Ziel Ihres optimalen Lüftungsverhaltens ist es also, für eine möglichst trockene und gesunde Luft mit ca. 50 % relativer Luftfeuchtigkeit zu sorgen.

**Dass die Luft in Wohn- und Arbeitsräumen oft alles andere als frisch ist, wird nicht immer problembewusst wahrgenommen.**

Oft enthält die Raumluft nicht nur eine zu hohe Feuchtigkeit, sondern auch zu wenig Sauerstoff.

Hinzu kommen häufig ein zu hoher CO<sub>2</sub>-Gehalt und diverse Ausdünstungen flüchtiger Stoffe. Diese Ausgasungen stammen aus Möbeln, Putzmitteln, Kunststoffen, Nikotin und verschiedenen Baustoffen, wie Farben, Kleber und Lacke. Offene Flammen produzieren durch den Verbrennungsvorgang verschiedene Ausgasungen sowie toxisches Kohlenmonoxid, und sie verbrauchen Sauerstoff.

## Kontrollierte Wohnraumlüftung

Nur die gesamtheitliche Planung und Ausführung sowie der sachgerechte Betrieb und die Wartung der Lüftungstechnischen Anlagen gewährleisten die Vermeidung von Schimmel und erhöhten Pollen- und Bakterienkeimzahlen.

Die zusätzliche Schadstoffproblematik (Fogging, flüchtige Stoffe), schlechte Luftqualität (Gerüche, zu geringer Sauerstoffgehalt, erhöhte CO<sub>2</sub>- und Kohlenstoffmonoxidkonzentrationen) wird in den einschlägigen Lüftungsnormen nicht explizit behandelt.

Die Luftkanäle können jedoch durch Kondenswasser zu einer Brutstätte für Keime aller Art werden. Auch die Wassertanks der Luftbefeuchter in manchen Klimaanlageanlagen können bei unzureichender Reinigung eine Quelle für Schimmelpilze oder Bakterien werden.

**Man geht vereinfachend davon aus, dass – wenn die notwendige Mindestlüftung zum Feuchteschutz gewährleistet ist – auch die anderen Faktoren ausreichend mitberücksichtigt sind.**

In Tabelle [ 9 ] sind Richtwerte für die benötigten Außenluftströme im Verhältnis zur Raumgröße angegeben.

Sie können daraus nachvollziehen, wie stark Sie den Luftwechsel erhöhen müssen, um über die Mindest- und Grundlüftung hinaus eine höhere Intensität zu erreichen.

**Je mehr Feuchte bei der individuellen Nutzung anfällt, desto mehr Luftwechsel sind notwendig.**

## Lüftungstechnische Anlagen und Filtertausch

Lüftungstechnische Anlagen gibt es mit den nach DIN 1946 geforderten vier verschiedenen Leistungsstufen a) mit einer einfachen manuellen Schaltung oder b) mit einer feuchtegesteuerten Regelungstechnik, die deutlich komfortabler und damit auch sicherer bezüglich des Feuchteschutzes ist.

Durch die zusätzliche Verwendung von geeigneten Grobstaub- und Feinstaubfiltern wird der Eintrag von Pollen und anderen luftgetragenen Stoffen (Staub-, Rußpartikel) reduziert. Voraussetzung sind dauerhaft sauber gehaltene Filter und Lüftungsrohrleitungen. Wichtig sind die regelmäßige Kontrolle der Luftfilter (alle drei Monate – laufende Unterhaltspflege) und der **Filtertausch mindestens einmal im Jahr.**

Im Zuge des Filterwechsels sollte auch das Gerät innen gereinigt werden. Ein stark verschmutzter Filter erzeugt einen hohen Widerstand im Anlagensystem und damit höhere Betriebsgeräusche. Der Stromverbrauch steigt unnötig an, und die Lüfter laufen mit einer unnötigen hohen Arbeitslast, ohne dass ausreichende Mengen an Luftvolumen befördert werden. Das führt zu einem schnelleren Verschleiß der Anlagenteile, und die Ablüftung der Feuchte erfolgt nur unzureichend.

Eine Lüftungsanlage **hat eine technische Nutzungsdauer** von etwa 20 Jahren. Das gilt sowohl für zentrale als auch für dezentrale Lüftungsanlagen.

Die Verantwortung für die Wartung und Instandhaltung ist in der Regel vertraglich zu vereinbaren.

Normalerweise ist der Mieter bzw. diejenige Person, in deren **Besitz** sich die Anlage befindet, der **Betreiber**. Er ist verantwortlich für die Wartung und Instandhaltung.

Eine **Lüftungsanlage** mit Befeuchtung **muss** zusätzlich zu der regelmäßigen Unterhaltsreinigung alle zwei Jahre, ohne Befeuchtung alle drei Jahre, **professionell überprüft** werden.

Für die **periodischen Hygieneinspektionen** an RLT-Anlagen nach VDI 6022 und DIN 4719 ist der Betreiber verantwortlich. Jede Hygieneinspektion **muss** dokumentiert und archiviert werden.

In Mehrfamilienhäusern, in denen die Abluftschächte durch mehrere Wohneinheiten hindurchgeführt sind, werden zusätzliche **Brandschutzwartungen** erforderlich.

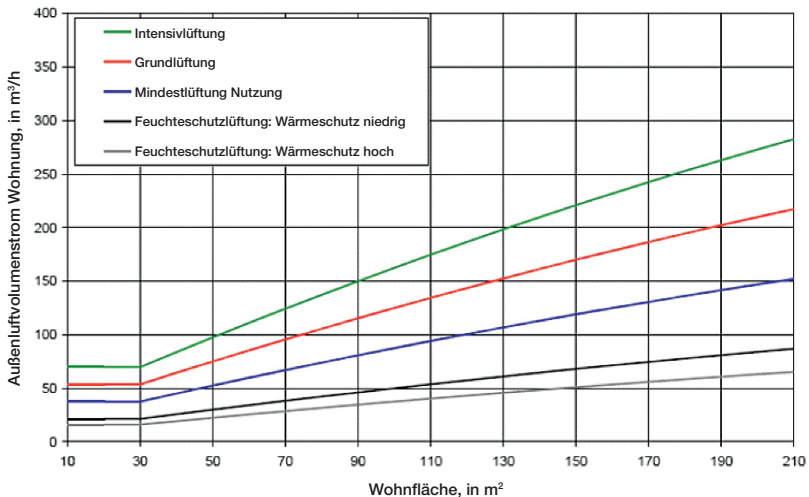
## Vorteile einer kontrollierten Wohnungslüftung

Für den Einbau einer kontrollierten Wohnungslüftung spricht die Sicherstellung des hygienisch erforderlichen Mindestluftwechsels. Die Anlagen gleichen einen gewissen Anteil von suboptimalem Nutzerverhalten aus und vermindern deswegen das Risiko von Feuchte- und Schimmelschäden. Diese Anlagen sind keine Vollklimatisierungen.

**Die natürliche Fensterlüftung (Häufigkeit der Stoßlüftung/Tag) kann etwas reduziert, darf aber nicht unterlassen werden.**

Aus energetischer Sicht können sich die Lüftungswärmeverluste mit einem Einsparungspotenzial bei den Heizkosten von 15 % pro Jahr verringern, weil die ausgewechselten Luftmengen nun genauer kontrolliert werden. Zudem ist eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft (mit einem Anteil von ca. 75 %) technisch möglich.

Dem gegenüber stehen erhöhte Kosten für den Stromverbrauch, den die Lüftungstechnischen Anlagen für deren Betrieb benötigen. Sie müssen je nach Lüftungsanlagentyp circa 10 % Ihrer Stromrechnung dafür veranschlagen.



[ 9 ] Richtwerte für den Außenluftstrom raumlufttechnischer Anlagen je nach Intensität des erzeugten Luftwechsels

Richtwerte Außenluftströme in m³/h bezogen auf die Raum- und Wohnungsgröße nach DIN 1946-6, Mindestlüftung > 40 m³/h für 10 bis 30 m² Raumgröße.

## Zusammenfassung – Energiesparen und Lüften

Wie funktioniert das nun mit der Energieeinsparung über die richtige Belüftung und Beheizung der Räume?

### ► Beispiel:

siehe Diagramm [ 1 ], Quelle [ 10 ]

Nehmen wir an, dass wir einen Raum mit  $50 \text{ m}^3$  Volumen haben ( $20 \text{ m}^2$  Grundfläche /  $2,50 \text{ m}$  Raumhöhe).

Bei  $15^\circ\text{C}$  und  $80 \%$  relativer Luftfeuchte (zu feucht) enthält die Luft  $11 \text{ Gramm/m}^3$  Wasserdampf; im Raum sind das insgesamt  $550 \text{ Gramm}$  Wasserdampf.

Nun erwärmen wir den Raum von  $15^\circ\text{C}$  auf  $20^\circ\text{C}$ , dabei muss der in der Luft enthaltene gesamte Wasserdampf um  $+5 \text{ Kelvin}$  erwärmt werden.

Bei theoretisch konstantem Wasserdampfgehalt sinkt allein aufgrund der Erwärmung auf nunmehr  $20^\circ\text{C}$  die relative Luftfeuchte von  $80 \%$  auf  $57 \%$  rel. LF (die normale Feuchte liegt zwischen  $40 \%$  und  $60 \%$  rel. LF).

**Um 1 Gramm Wasser um +1 K (Kelvin) zu erwärmen,  
muss der Luft 1 cal (Kalorie) zugeführt werden.  
Das sind umgerechnet 1,163 Wh (Wattstunden).**

[ Quelle 10 ]

$$1 \text{ cal} = 0,00116222 \text{ kWh}$$

### ► Beispiel:

Für das vorstehende Beispiel bedeutet dies, dass eine anteilige Heizenergiemenge für die Erwärmung von Wasserdampf in der Raumluft aufgewendet wird:

$550 \text{ Gramm} \times 5 \text{ K (Temperaturdifferenz in Kelvin)} \times 1,163 \text{ Wh} = 3.198,25 \text{ Wh} (= 3,2 \text{ kWh})$ .

( a ) Reduzieren wir nun für das Rechenbeispiel die zu Beginn des Versuchs vorhandene Feuchtemenge im Raum auf die Hälfte (also bei  $15^\circ\text{C}$  /  $40 \%$  rel. LF / =  $225 \text{ Gramm}$  Wasserdampf im Raumvolumen in  $50 \text{ m}^3$  mit trockener Luft), so verbraucht man folglich nur die Hälfte an anteiliger Heizenergie, um die gleiche Luftmenge in dem Raum und dessen Wasserdampfgehalt auf behagliche  $20^\circ\text{C}$  zu erwärmen.

Das entspricht dann für den einmaligen Erwärmungsvorgang  $1,6 \text{ kWh}$  an Energieaufwand.



( b ) Erwärmt man das Luftvolumen von 50 m<sup>3</sup> von 15°C auf 20°C (bei gleichbleibendem niedrigen Wasserdampfgehalt von 225 Gramm), so liegt die relative Luftfeuchte bei halbierter Wasserdampfmenge dann nur noch bei 30 % rel. LF (zu trockene Luft), siehe auch Diagramm [ 1 ]. Sie haben damit einen kleinen Puffer für die bei der Wohnungsnutzung anfallende Feuchtigkeit, ohne eine zu feuchte Wohnung zu riskieren.

Dieses kleine Rechenbeispiel sollte Ihre Motivation nachhaltig unterstützen, durch ein optimiertes Lüftungsverhalten eine möglichst geringe relative Luftfeuchte bei ca. 40 - 50 % dauerhaft anzustreben.

Dieser Einsparungseffekt tritt jedes Mal von Neuem auf, wenn man einen Raum von einer abgesenkten Raumtemperatur (im Beispiel von 15°C) auf die angenehme Nutzungstemperatur von 20°C wieder neu aufheizt.

**Diese mögliche Einsparung gibt es kostenlos, und sie kann nur mit einer optimierten Lüftung erzielt werden.**

Ein regelmäßiger Blick auf das Hygrometer zur Kontrolle der relativen Luftfeuchte hilft Ihnen dabei, immer wieder an das notwendige Lüften zu denken.

► **Hinweis:**

Erfahrungsgemäß kann man tatsächlich nicht die Hälfte an Heizenergie einsparen. Das liegt an der unterschiedlichen Wärmeenthalpie von Luft und Wasser (wie im stark vereinfachten Rechenbeispiel).

Der Vergleich von Wohnungen mit überwiegend trockener Luft im Vergleich zu Wohnungen mit überwiegend feuchter Luft und die Untersuchungen des praktischen Wohnverhaltens in vergleichbaren Wohnungen zeigen ein **realistisches Einsparpotenzial von etwa einem Drittel der Heizkosten im Jahresdurchschnitt auf.**

## Heizkosten und Raumtemperatur

Aus dem vorstehenden kleinen Rechenbeispiel können Sie noch etwas anderes Wichtiges lernen:

Wenn Sie die Raumtemperatur auf behaglichen **20°C** halten und bewusst auf eine übermäßig warme Beheizung (von z. B. 23 - 25°C) verzichten, dann nutzen Sie ein weiteres kostenloses Energieeinsparpotenzial aus, welches der vorstehenden Größenordnung von weiteren 15 - 30 % entspricht.

Mit jedem Grad Heiztemperaturanhebung über 20°C hinaus muss auch immer anteilig der vorhandene Wasserdampf in der Luft miterwärmt werden:

**1 Gramm Wasserdampf x +1 K (Kelvin) = 1 cal (Kalorie).**

**Jede um 1 K (Kelvin) abgesenkte Raumtemperatur spart ca. 6 % an Heizkosten.**

[ Quelle 11 ]

Dieser potenzielle Einspareffekt verkehrt sich aber in sein Gegenteil, wenn Sie nicht dauerhaft für eine ausreichende Beheizung sorgen und wenn Sie beim Sparen übertreiben. Schäden am Bauwerk können so verursacht werden.

Der Richtwert nach DIN 4108 ist eine mittlere Raumtemperatur von 20°C über den Tag hinweg und eine Nachtabsenkung auf > 16°C über eine maximale Zeitspanne von 8 Stunden.

**Die ausreichende Beheizung ist für den Feuchteschutz unerlässlich.**

## Wärmespeicherkapazität der Raumhülle und des Inventars

Alle Werkstoffe können in unterschiedlichem Maß Wärmeenergie speichern. Reduziert man die Heizungseinstellung, dann kühlt der Raum relativ langsam aus. Beim Anheizen entsteht der umgekehrte Effekt. Die Veränderungen des Temperaturniveaus verhalten sich recht träge.

Im Altbau kann man diesen Effekt durchaus positiv nutzen, um ein sehr gleichmäßiges Temperaturniveau zu erreichen. Mit etwas Gewöhnung lebt es sich im Altbau deshalb besonders angenehm. Im Altbau sollte man deshalb die Wände niemals übermäßig auskühlen lassen, weil man sonst viel zu lange abwarten muss, bis die Wandbaustoffe wieder Wärmeenergie aufgenommen haben, so dass sich allmählich ein nur geringer Temperaturunterschied zwischen Raumtemperatur und Oberflächentemperatur einstellt.

Für die optimale Behaglichkeit sollte der **Temperaturunterschied zwischen Raum- und Wandoberflächentemperatur** maximal **3 K bis 7 K** (Kelvin) betragen.

Dadurch wird ebenfalls erreicht, dass auch die kältesten Oberflächen im Raum stets ausreichend von der Raumluft erwärmt werden, so dass es an den Oberflächen nicht zu unerwünschter Tauwasserbildung kommt (nach DIN 4108 wird dabei eine normale Nutzung ohne eine übermäßige hohe Feuchtelast vorausgesetzt).

Hinter großflächigen Möbeln erreicht die warme Heizungsluft die Wandoberflächen oft nicht ausreichend, so dass dort die Oberflächentemperatur der Außenwand trotz Beheizung des Raums zu niedrig bleibt. Zeitweise muss dann mit Tauwasser- und Schimmelbildung gerechnet werden.

Wenn man die voluminösen Möbelstücke und die bodenlangen Vorhangdekorationen, usw. von den Außenwänden (insbesondere von den Außenecken des Gebäudes) wenigstens 15 cm weit abrückt und für eine/-n ausreichende/-n Luftzug bzw. Luftturbulenz im Raum sorgt, dann werden auch diese Wandflächen (tote Ecken) von erwärmter Raumluft umströmt.

Auf diese Weise kann der Wärmeübergang aus der warmen Luft an die Wandflächen erfolgen. Probleme mit Tauwasserbildung treten dann üblicherweise nicht mehr auf.

Ziel einer optimierten Lüftung ist es, mittels kurzzeitiger Stoßlüftung/Querlüftung dafür zu sorgen, dass im Raum immer wieder eine ausreichende Luftzirkulation und Turbulenz erzeugt wird. Die warme Heizungsluft erreicht somit auch alle Oberflächen, also auch all die „toten Ecken“ hinter Schränken und in Wandnischen, usw. Die mit der Stoßlüftung erzeugte Luftturbulenz hilft auch, eine geringe und zeitweilig vorhandene Tauwassermenge zu verdunsten und die Wände insgesamt trocken zu halten.

**Auf trockenen Wänden hat Schimmel keine Chance zu wachsen.**

## Verdunstung von Wasser an Wandoberflächen

Über eine ausreichende Luftbewegung vor Wandoberflächen wird auch eine rasche Verdunstung von zeitweise auftretendem Tauwasserniederschlag erreicht.

Um Wasser zu verdunsten (vom flüssigen in den dampfförmigen Aggregatzustand), muss sehr viel Energie zugeführt werden. Dafür eignet sich besonders Wärmeenergie in Verbindung mit Bewegungsenergie (das sind Wind und Luftbewegung).

Stehende und ruhende Luft wirkt nämlich wie eine Schicht Wärmedämmung. Vor der Wand gibt es also eine dünne Luftschicht mit einem erhöhten Wärmeübergangswiderstand, welcher überwunden werden muss.

Ohne ausreichende Luftbewegung erfolgt praktisch auch kein Übergang von Wärmeenergie auf die Wandoberflächen. An sehr kalten Oberflächen verdunstet nur wenig Feuchtigkeit. Wandoberflächen, welche ohnehin durch Tauwasser gefährdet sind, bleiben dann zu lange befeuchtet und fördern so das Schimmelpilzwachstum.

## Schimmelbildung

Schimmel benötigt stets einen geeigneten Nährboden und ein ausreichendes Feuchteangebot. Allerdings sind die meisten in Wohnungen anzutreffenden Schimmelpilzarten äußerst genügsam. Schimmelpilze wachsen auch bei recht niedrigen Temperaturen, und sie benötigen nicht immer Licht (also auch hinter Tapeten und Wandverkleidungen).

Schimmelpilze bevorzugen eine Umgebung mit geringer Luftbewegung. Sie ernähren sich zumeist von Hausstaubablagerungen und Cellulose (Tapeten, Tapetenkleister, Holz und Holzwerkstoffe, Kartonschicht von Gipskarton, organische Biomasse).

Einige Gegenstände aus PVC können auch verschimmeln. PVC-Duschvorhänge beispielsweise enthalten große Mengen an Weichmachern, die wiederum hervorragende Nährböden für Schimmelpilze darstellen. Die nötige Feuchtigkeit ist bei Duschvorhängen fast immer auch vorhanden.

Das Wachstum von Schimmelpilzen geht rasch vonstatten. Eine „Generation“ von Schimmelpilzen benötigt nur etwa **3 x 24 Stunden** an geeigneten Wachstumsbedingungen, um neue Nachwuchssporen zu bilden. Diese Sporen verteilen sich in der Raumluft und können sich an anderen befeuchteten Oberflächen

neu anhaften. Auf diese Weise vergrößern sich die von Schimmel betroffenen Flächen zunehmend.

Wächst Schimmel an Wandoberflächen, die kaum einer Luftturbulenz ausgesetzt sind, so bilden sich innerhalb kurzer Zeit sehr dichte Schimmelrasen.

Hat der Schimmel zeitweise für das Wachstum zu wenig Wasser, dann stellt er nur vorübergehend sein Wachstum ein, stirbt aber nicht ab.

Nun ist es keine gute Idee, die Luftbewegung vor Wänden, die mit Schimmel befallen sind, noch mehr zu vermeiden. Sie verhindern damit nicht die Verteilung der Schimmelsporen im Raum, sondern Sie sorgen dafür, dass der Schimmel es feucht hat und weiterwächst.

Wenn Sie regelmäßig eine intensive natürliche Lüftung durchführen, werden sehr viele fliegende Sporen mit dem Luftaustausch an die Außenluft abgeführt. Damit senken Sie wirkungsvoll die Keimzahlen. Die Wandoberflächen trocknen infolge der Luftbewegung rasch ab, und neue Sporen können dadurch nicht an den Wandflächen anhaften. Beim Staubsaugen entfernen Sie vertrocknete und abgefallene Sporen aus dem Raum und senken damit die Keimzahlen erheblich.

## **Sofortmaßnahmen gegen Schimmel**

Wenn Sie einen kleinteiligen Schimmelbefall in Ihrer Wohnung feststellen, dann werden Sie bitte sofort aktiv, um die Anzahl der Sporen möglichst gering zu halten.

- **Verbessern Sie sofort Ihr Beheizungs- und Belüftungsverhalten!**  
Sorgen Sie dafür, dass die aufgrund der saugend aufgenommenen unsichtbaren Kondensationsfeuchtigkeit befeuchteten Wandoberflächen rasch wieder abtrocknen!
- **Nutzen Sie eine intensivierte Stoß-/Querlüftung!**
- **Senken Sie die relative Luftfeuchte dauerhaft auf unter 60 %!**
- **Ohne ausreichendes Angebot an Feuchte kann kein Schimmel wachsen und sich ausbreiten.**
- **Bis zu einer Einzelgröße von circa 0,25 m<sup>2</sup> dürfen Sie selbst mit 70 % verdünntem Industrie- oder Desinfektionsalkohol (Isopropanol) die von Schimmelbefall betroffenen Flächen zunächst nass tränkend abtupfen und damit die Sporen und Keime des Schimmels abtöten**

- Sind größere Flächen betroffen, müssen im Umgang mit leicht entzündlichem Alkohol Sicherheitsmaßnahmen beachtet werden, also nicht rauchen, die Fenster öffnen, benutzte Lappen und Schwämme an der Außenluft vollständig trocknen lassen und nicht feucht in den Abfalleimer werfen.
- Oberflächen von kontaminiertem Mobiliar reinigen Sie dementsprechend.
- Nach dem Trocknen/Verdunsten des Alkohols entfernen Sie dort auch noch die abgestorbenen Sporen. Sie können die verbleibenden Verfärbungen und Pilzfasern vorsichtig abbürsten oder abkratzen und bei Bedarf mit Wandfarbe überstreichen.

Sollten Sie mit rechtzeitigen und geeigneten Sofortmaßnahmen und mit einem der Witterung angepassten Wohnverhalten ein bestehendes Schimmelproblem nicht selbst in den Griff bekommen, so empfehle ich Ihnen, sich möglichst frühzeitig an die Hausverwaltung, den Eigentümer oder an Ihren Vermieter zu wenden.

Wenn man nämlich zu lange wartet, wird aus einem zunächst kleinteiligen und zumeist gesundheitlich noch unbedenklichen Schimmelbefall unter Umständen sehr schnell ein sehr weitreichender Schaden.

Die Beseitigung ausgedehnter Schimmelschäden durch Fachleute ist in der Regel teuer, weil insbesondere spezielle Arbeitsschutzrichtlinien beachtet werden müssen und ein hoher Zeitaufwand anfällt.

Ein Streit über die so verursachten deutlichen und oftmals unnötigen Mehrkosten (um durch Schimmel anderweitig kontaminiertes Material zu reinigen oder gar zu entsorgen) wäre dann schon vorprogrammiert.

### **Anheizeffekt mit Tauwasserbildung (Alt- und Neubauten)**

Besonders im Altbau kühlen die Außenwände langsam, aber im Regelfall bedeutend mehr aus (im Vergleich zu Neubauten).

Wenn die Wandoberflächentemperaturen unter die Taupunkttemperatur (12,6°C) absinken, so ist zeitweise eine Tauwasserbildung auf den Wandoberflächen unvermeidlich.

Putz, Tapeten und Wandbeschichtungen nehmen diese kondensierte Feuchtemenge in hohen Mengen saugend auf. Man sieht zunächst keine Tropfen oder Verfärbungen an der Wand, auch wenn dort sehr viel Wasser gespeichert ist.

Wenn man Räume selten benutzt und nur unzureichend beheizt, dann kühlen die Wandbaustoffe übermäßig aus.

Wenn man nun versucht, den Raum recht rasch auf die Wohlfühltemperatur zu erwärmen, dann bildet sich auf den vorübergehend noch zu kalten Oberflächen zumeist zusätzlich viel Tauwasser. Hält der Zustand länger als 3 x 24 Stunden an, haben Sie ein Schimmelrisiko.

Infolge des physikalischen Übergangs von flüssigem Wasser zu Wasser im gasförmigen Aggregatzustand muss sehr viel Wärmeenergie vom Wasser aufgenommen werden, welche zunächst in den wandnahen Luftschichten vor der Wand (ca. 2 - 4 cm) für den rein physikalischen Vorgang der Umwandlung von flüssigem Wasser zu gasförmigem Wasserdampf verbraucht wird und nicht für die gewünschte Anhebung der Wandoberflächentemperatur zur Verfügung steht.

Sie haben das Gefühl, dass sich der eben neu angeheizte Raum klamm und ungemütlich anfühlt und es trotz voll aufgedrehter Heizung nicht recht warm wird. Erst nachdem das zeitweise auftretende Kondensat verdunstet ist, beginnen sich die obersten Wandschichten allmählich zu erwärmen.

Erst nach einigen Stunden stellt sich üblicherweise ein ausgeglichenes Temperatur- und Feuchteniveau ein.

In den Übergangsmonaten, also zu Beginn einer Heizperiode, kann dieser Zustand 3 bis 4 Tage andauern, bis sich die Raumtemperaturen und die Oberflächentemperaturen einander angeglichen haben. Das ist die sogenannte **Anheizphase**.

In dieser Anheizphase muss man – besonders im Altbau – vorübergehend so lange mehr Heizenergie aufwenden und zugleich auch die Lüftung deutlich intensivieren, bis **die physikalisch kritischen Schwellenzustände überwunden** sind.

Durch die intensivierte Lüftung muss die verdunstende Feuchtigkeit an Wandoberflächen möglichst schnell aus dem Raum abgelüftet werden. Sie müssten ansonsten mit der Luft im Raum auch den anteiligen Wasserdampf miterwärmen. Jedes Gramm Wasser, das Sie unnötig mitaufheizen, bedeutet, dass Sie dafür 1 Kalorie verbrauchen.

Die infolge der Verdunstung entstehende Oberflächenfeuchte muss so rasch wie möglich an die Außenluft abgeführt werden. **Sorgfältiges und intensives Lüften ist das Gebot der Stunde.**

Lässt man nun Räume (auch während der Heizperiode) immer wieder zu sehr auskühlen oder dehnt man die mit der Nachtabenkung erniedrigte Raumtemperatur zur Energieeinsparung übermäßig stark und lange aus, dann erzeugt man als Wohnungsnutzer immer wieder diese unangenehme und energieaufwendige Anheizphase. Dies gilt auch für Neubauwohnungen.

Der beabsichtigte Energieeinspareffekt (reduzierte Beheizung) verkehrt sich in das Gegenteil, weil man erneut vorübergehend deutlich mehr Energie aufwenden muss, um die durch die Bewohner verursachten **Effekte des Anheizens** zu überwinden.

Günstiger verhalten Sie sich, wenn Sie auf ein möglichst durchgehend gleichmäßiges Beheizungs- und Lüftungsverhalten achten.

- Auch dann, wenn Sie zur Arbeit gehen, sollten Sie die Heizung tagsüber nicht vollständig abdrehen, um den Anheizeffekt zu vermeiden.
- Die Nachtabenkung sollte nicht mehr als 8 Stunden dauern. Die mittlere Mindesttemperatur eines Raumes sollte dabei  $>16^{\circ}\text{C}$  nicht unterschreiten.
- Stellen Sie sicher, dass bei ausreichender Luftbewegung stets genügend Wärmeenergie an die Wandoberflächen abgegeben wird und die Wand nicht übermäßig auskühlt.
- Die Wandoberflächentemperatur (an der kältesten Stelle im Raum) sollte nicht unter  $+12,6^{\circ}\text{C}$  absinken.

Diese Mindesttemperatur von **12,6°C** an der Wandoberfläche entspricht der kritischen Taupunkttemperatur bei üblicher Beheizung von  $20^{\circ}\text{C}$  Raumtemperatur (16 Stunden tagsüber) und bei einer 80 % hohen relativen Luftfeuchte (entspricht 15 Gramm Wasserdampf/ $\text{m}^3$ ) bei  $-10^{\circ}\text{C}$  der Außenluft – nach dem vereinfachten Nachweis der Tauwasserfreiheit nach DIN 4108 für übliche Außenwanddicken und -baustoffe [ 3 ].

Unter diesen Voraussetzungen wird vereinfachend angenommen, dass die Außenwände hinreichend dick sind und einen ausreichenden Mindestwärmeschutz leisten.

In der Anheizphase benötigen alle massiven Wandbaustoffe einige Tage, bis die Mindestwandoberflächentemperatur im beheizten Zustand allmählich erreicht wird. So lange müssen Sie mit Tauwasser rechnen. Da sich Schimmel bereits nach kurzen 3 x 24 Stunden mit einer neuen Generation verbindet, müssen Sie in der Anheizphase besonders sorgfältig und intensiv lüften.



## Hinreichende Beheizung und Belüftung

Als Wohnungsnutzer sind Sie verpflichtet, für eine hinreichende Beheizung zu sorgen, so dass die Wandoberflächentemperaturen an den kühlfsten Stellen  $+12,6^{\circ}\text{C}$  nicht unterschreiten (DIN 4108 – Nachweis zur Tauwasserfreiheit).

Dies war ursprünglich dafür gedacht, dass man einen Nachweis über die ausreichende Wärmedämmung der Außenwände führt, wobei an die Beheizung und Belüftung Bedingungen gestellt wurden. Umgekehrt funktioniert dieser Ansatz auch, wenn die Bedingungen für eine ausreichende Beheizung und Belüftung mit einfachen Mitteln überprüft werden sollen [ 4 ].

Nur in seltenen Fällen lässt sich dieser allgemeine Soll-Zustand tatsächlich nicht erreichen.

Wenn man über Aufzeichnungen des Beheizungs- und Belüftungsverhaltens für einen zurückliegenden Zeitraum verfügt (Datenlogger zu rel. LF und T) und sich trotzdem die geforderten  $>12,6^{\circ}\text{C}$  an den Oberflächen nicht einstellen, dann benötigen Sie in der Regel sachverständigen Rat und weitergehende Messungen. Nun muss man untersuchen, ob beispielsweise konstruktive Mängel am Bauwerk vorliegen, wie beispielsweise zu feuchte Materialien (wegen Undichtigkeiten oder hygroskopischer Wasseraufnahme in den Mauersteinporen wegen zu hohem Salzgehalt), durchschlagender Schlagregen (wegen unzureichendem oder schadhaftem äußeren Regenschutz), Sickerfeuchtigkeit (Durchfeuchtungen im Bereich schadhafter Dachentwässerungen und Brüstungsabdeckungen), Diffusionsfeuchtigkeit (fehlende Dampfsperren und Abdichtungen), Wärmebrücken (Bauteile mit niedrigem Wärmedurchlasswiderstand) oder ob die Wärmedämmung der Baukonstruktion insgesamt unzureichend ist (schlechterer Wärmedurchlasswiderstand als nach Mindestwärmedämmung gemäß DIN 4108 gefordert). Diese Aufzählung der möglichen Ursachen gibt nur einen groben Überblick.

Bevor teure Fachleute und Sachverständige sich um derartige Untersuchungen kümmern müssen, prüfen Sie kritisch Ihr tatsächlich praktiziertes Wohnverhalten:

- Die ausreichende Beheizung mit einer mittleren Raumtemperatur (1,0 - 1,5 m über dem Fußboden in Raummitte gemessen) sollte im Altbau und im Neubau über mindestens 16 Stunden bei  $20^{\circ}\text{C}$  gehalten werden, und die Nachtabsenkung sollte  $>16^{\circ}\text{C}$  über eine Zeitdauer von maximal 8 Stunden nicht unterschreiten.

- Die relative Luftfeuchte sollte zwischen 40 - 60 % liegen.
- Der Kohlendioxidgehalt der Raumluft sollte Werte über 1.000 ppm bis 1.400 ppm nicht übersteigen (Indikator für schlechte Luftqualität).

Die hohe Wärmespeicherkapazität der massiven Außenwände hilft in der Regel, ganz ohne erhöhte Energiekosten eine ausreichende Beheizung dauerhaft sicherzustellen, wenn Sie den physikalisch sehr ungünstigen Anheizeffekt (mit Wiederholungen) vermeiden.

Haben die Außenwände einmal ausreichend Wärmeenergie gespeichert, dann braucht man nicht mehr so viel Energie, um den behaglich erwärmten Zustand aufrechtzuerhalten, wenn Sie dafür sorgen, dass Sie nicht immer wieder übermäßige Feuchtigkeit in der Raumluft miterwärmen (bevor Sie lüften). Das gilt sowohl für den Altbau als auch für Neubauwohnungen.

- Lüften Sie mehrfach kurz und intensiv, sobald Sie bei Ihrer Wohnungsnutzung etwas tun, was zu Feuchtelastspitzen führt.
- Lüften Sie jeweils sofort, während diese Feuchtigkeit beispielsweise beim Duschen, Kochen oder Wäschewaschen und -trocknen anfällt.

Ziel des angepassten Belüftungs- und Beheizungsverhaltens ist ein vernünftiger Umgang mit Heizenergie bei komfortablem Wohnen.

## **Wärmedämmung der Außenwände und Dachflächen**

Durch die Außenwände gibt es einen physikalisch unvermeidlichen Wärmestrom, der zumeist von innen nach außen gerichtet ist.

Wie viel Wärme auf diesem Weg allmählich verloren geht, hängt vom Wärmedurchlasswiderstand der gesamten Außenwandkonstruktion ab.

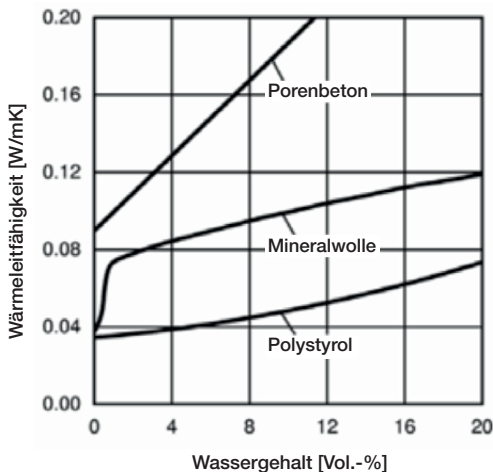
Die Wärmedurchlasswiderstände der Außenwand- und Dachkonstruktionen hängen davon ab, ob die Baustoffe ausreichend trocken sind (praktische Feuchte). Werden Wärmedämmstoffe feucht, verlieren sie ihren Wärmedämmwert erheblich.

Bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts wurden Gebäude überwiegend nur gegen Wasser aus dem Außenklima und gegen aufsteigende Feuchte durch konstruktive Maßnahmen geschützt. Notwendige Schutzmaßnahmen gegen Feuchte aus dem Gebäudeinneren mittels Diffusion (von innen nach außen gerichtet) waren noch nicht bekannt. In sehr luftdurchlässigen Konstruktionen erfolgte zumeist

eine ausreichende natürliche Austrocknung im jahreszeitlichen Wechsel der physikalischen Gegebenheiten. Je luftundurchlässiger die Bauweisen mit der Zeit ausgeführt wurden, desto öfter kam es zu Bauschäden; Holzbauteile in Dachkonstruktionen vermoderten, die Wärmedämmung wurde nass und unwirksam. Kleine Leckagen in den Feuchtesperren und Feuchteabdichtungen ermöglichen dem Wasserdampf, in die Dämmstoffe einzudringen. Je feuchter das Material deswegen wird, desto niedriger sinkt der Taupunkt in der Dämmstoffschicht, und ein kleiner Schaden wird rasch zu einem großen Problem.

Die Dämmleistung von Mineralwolle verschlechtert sich beispielsweise bis zu 50 % bei +1 Vol.-% mehr Feuchtigkeit im Bauteil [ 12 ].

### Wärmeleitfähigkeit von Baustoffen / Luftdichte Anschlüsse



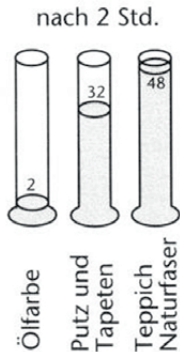
[ 12 ] Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen in Abhängigkeit vom Wassergehalt

Gut wärmedämmte und luftdichte Bauweisen sowie trockene Baustoffe bedeuten einen Vorteil bezüglich der Heizkosten.

Bei der Wartung und Instandhaltung von Gebäuden sollte man diese Details regelmäßig kontrollieren. Achten Sie darauf, Bauteilschichten, welche die Luftdichtigkeit gewährleisten, nicht zu perforieren!

Klebandabdichtungen zur Herstellung von luftdichten Anschlüssen an Durchdringungen und Anschlussfugenabdichtungen jeglicher Art haben nur eine begrenzte technische Lebensdauer, die geringer als die Gesamtkonstruktion sein kann. Stellen die Klebänder (wegen Versprödung und Ablösung) den luftdichten Anschluss nicht mehr sicher, steigt das Risiko für Feuchte- und Tauwasserschäden.

## Feuchtespeicherung in Luft und Materialien / Hygroskopische Feuchteaufnahme



Ein Teppichbodenbelag aus Naturfasern kann im Vergleich zu Luft ein Vielfaches an Feuchtigkeit saugend hygroskopisch aufnehmen (Abbildung mit Wasserröhrchen zur Veranschaulichung der Relation der Mengen zueinander). Wie viel Wasser verschiedene Werkstoffe aufnehmen können, hängt von der Form und Größe der inneren Poren ab. Je poröser ein Werkstoff ist, desto eher kann er Wasser aufsaugen und auch aus der feuchten Umgebungsluft Feuchtigkeit aufnehmen.

[ 13 ] Hygroskopische Feuchteaufnahme in feuchter Umgebungsluft

### ► Beispiel:

Bei der Steigerung der relativen Luftfeuchtigkeit von beispielsweise 40 % auf 80 % beträgt die **hygroskopische Aufnahmefähigkeit der Luft** bei 20°C also 7 Gramm/m<sup>3</sup>, siehe Diagramm [ 1 ].

In solcher Umgebungsluft bedeutet dies, dass innerhalb von 2 Stunden in einer Umgebungfeuchte von 80 % rel. LF der Teppichboden 48 Gramm/m<sup>2</sup> Feuchtigkeit aufnehmen und speichern kann [ 13 ].

( a ) Ein Wohnraum mit ca. 50 m<sup>3</sup> und Teppichbodenbelag nimmt bei einer Steigerung der Luftfeuchte von 40 % auf 80 % somit bei 20°C 350 Gramm Wasserdampf hygroskopisch auf. Der Teppichboden mit ca. 20 m<sup>2</sup> speichert also 960 Gramm Wasserdampf in diesem Beispielraum.

( b ) Die Flächen von Putz und Tapeten dieses Beispielraumes mit einer Größe von 4 x 4,5 m x 2,50 m Höhe = 45 m<sup>2</sup> Umfassungsfläche abzüglich 5 m<sup>2</sup> für Fenster- und Türflächen zuzüglich der Zimmerdecke von 20 m<sup>2</sup> ergeben gesamt also 60 m<sup>2</sup> saugfähige Flächen, welche 60 x 32 Gramm/m<sup>2</sup>, also zusätzlich zum Teppichboden (a), noch weitere 1.900 Gramm Wasserdampf speichern.

Die Aufnahme und Speicherung von Wasser und Wasserdampf aus der Umgebungsluft geht so lange vonstatten, bis die **hygroskopische Wassersättigung** der Poren erreicht ist.

In einer nachfolgenden Verdunstungszeitphase trocknen die Werkstoffe allmählich wieder bis auf die praktische Normalfeuchte, wenn die physikalischen Gegebenheiten dies zulassen.

Sie geben die gespeicherte nun überschüssige Feuchtigkeit langsam wieder an die Raumluft ab, aber nur dann, wenn die umgebende Luft trocken genug ist, um neue Feuchtigkeit aufzunehmen.

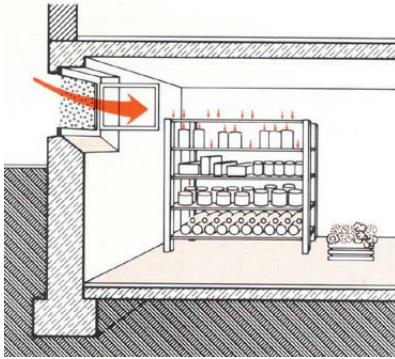
- Luftbewegung/Luftturbulenzen/Wind unterstützen diesen physikalischen Vorgang.
- Also lüften Sie intensiv, um für eine ausreichende Verdunstung und Trocknung zu sorgen.

Lag in Ihrer Wohnung über eine längere zusammenhängende Zeit überwiegend eine zu hohe relative Luftfeuchtigkeit vor, so muss zunächst der gespeicherte Überschuss an Feuchtigkeit aus den Umgebungsflächen des Raumes und auch aus dem Inventar an die Raumluft verdunsten. Je nach dem Grad der Befeuchtung dauert dies mehrere Tage.

Durch intensivierte Lüften wird die Raumluft dann erst nach und nach wieder trockener, weil sie immer wieder noch gespeicherte und nun verdunstende Feuchtigkeit aus dem Inventar und aus den Baustoffen aufnimmt.

Üblicherweise erreichen Sie **erst nach etwa zwei bis drei Wochen** einen erkennbaren Erfolg, wenn Sie fleißig und gut lüften. Allmählich geht dann die gemessene relative Luftfeuchte in den Räumen auf die **praktische Normalfeuchte** zurück.

## Kellerräume



[ 14 ] Tauwasserbildung im Sommer im Keller

Im Keller gibt es beim Lüften ein paar Besonderheiten zu beachten. Unsere Großeltern wissen das noch. Diese Räume haben ein erhöhtes Risiko für Kondensat- und Schimmelschäden.

Die Raumtemperatur nähert sich in **nicht beheizten und nicht wärme-gedämmten Kellerräumen** der Temperatur des Erdreichs weitgehend an. Auch im Sommer beträgt sie nur zwischen 8°C bis 12°C.

Wird dem Raum nun über den Luftwechsel schwülwarme Außenluft zugeführt, dann kondensiert die übermäßige Feuchtemenge, siehe Diagramm [ 1 ].

Mit jedem neuen Luftwechsel wird also weitere Feuchtigkeit in den Kellerraum geleitet, und ein Teil wird möglicherweise an den kühlen Oberflächen kondensieren. Der Kellerraum kann auf diese Weise also „nassgelüftet“ werden, siehe Abbildung [ 14 ].

Da im Hochsommer die Außenluft mehr Wasserdampf als die Raumluft enthält, kann eine erhöhte Luftfeuchte im Kellerraum nicht mittels der natürlichen Fensterlüftung in ausreichendem Umfang abgelüftet werden.

Haben Sie beispielsweise einen Kellerraum, der eine Außenwärmedämmung hat, aber im Sommer nicht beheizt wird, so werden auch bei dieser Bauweise die Außenwände mit Oberflächentemperaturen von üblicherweise 10 - 14°C relativ kühl.

Weil normalerweise keine Beheizung der Kellerräume im Sommer vorgenommen wird, bewirkt die außenliegende Wärmedämmung gegen Wärmeverluste im Sommer kaum etwas. Lediglich das Absinken der Oberflächentemperaturen verlangsamt sich, nachdem die Heizung abgestellt wurde.

- Im Sommer sollten deshalb die Kellerfenster tagsüber ganz geschlossen gehalten werden.
- Die Luftwechselrate sollte auf die Grundlüftung zum Feuchteschutz von  $n = 0,35/h$  nach DIN 1946-6 begrenzt werden.

Im Keller von Altbauten haben wir es zumeist noch mit anderen Problemen zu tun. Die Boden- und Wandflächen haben häufig keine Flächenabdichtung und keine horizontalen Sperrschichten gegen aufsteigende Mauerfeuchte oder diese sind schadhaft geworden.

Die damals üblichen Baustoffe für Kellerbauten haben eine Werkstoffeigenschaft, nämlich die hygroskopische Feuchteaufnahme.

Die Feuchtigkeit aus dem umgebenden Erdreich befeuchtet also von außen die Wand- und Bodenflächen. Je nach der Porenstruktur der Baustoffe lagern insbesondere die gemauerten Kelleraußenwände in den Poren flüssiges Wasser ein, welches kapillar und hygroskopisch in den Wänden und im Putz saugend hochsteigt.

Die eindringende Wassermenge in die Baustoffe kann so erheblich groß sein, dass die Menge, welche an der Raumseite verdunstet, viel kleiner als die aufsteigende und nachgeführte Feuchtigkeit ist. Die Wände werden also immer feuchter.

Hat man einen Keller „nassgelüftet“, so wird auch die raumseitige Wand zunehmend hygroskopisch befeuchtet. Einen solchen nassen Keller bekommen Sie nur wieder trocken, indem Sie sehr viel Energie zuführen (Trocknergeräte, die mit Wärme und Gebläse arbeiten und feuchte Luft nach außen abführen). Solche Trockner benötigen in der Regel viel Energie.

Altes Mauerwerk ohne ausreichende Abdichtungen und ohne wirksame horizontale Sperrschichten ist zudem häufig auch durch Salze belastet. Mit der von außen eindringenden Feuchtigkeit werden auch in Wasser gelöste Salze aus dem Erdreich mit in das Mauerwerk transportiert und in den Poren des Ziegelmauerwerks abgelagert. Auch Ziegel enthalten mitunter von Natur aus geringe Mengen an Salzen.

Salz zieht regelrecht Wasser an und nimmt etwa das zehnfache des eigenen Volumens an Wasser auf.

Verdunstet das Wasser in den oberflächennahen Randschichten, dann kristallisiert das Salz, vergrößert sein Volumen erheblich und erzeugt einen Sprengdruck. Dies führt zu allmählich fortschreitenden Gefügeschäden im Mauerstein und in den Mörtelschichten.

Kellerwände mit Salzfeuchteschäden sind ohne fachkundigen Rat und ohne umfassende bauliche Maßnahmen selten wieder so trocken zu bekommen, dass Sie dort feuchteempfindliche Güter lagern könnten.

## Tiefgaragen

Analog zu den Kellerräumen verhält es sich hinsichtlich der Feuchtigkeit in Tiefgaragen. Viele Wohnanlagen haben Tiefgaragen. **Auch hier muss richtig gelüftet werden.**

Die durch die Nutzung erzeugte Feuchtemenge kann durchaus sehr erheblich sein, weil auch mit den Fahrzeugen je nach Witterung Regenwasser und Schnee in die Tiefgarage eingebracht werden. Praktische Untersuchungen ermittelten circa 2 bis 5 Liter je Fahrzeug pro Tag. Sie können das bei benetzten Oberflächen beobachten, die bei Regenwetter oft lange Zeit nass sind.

Das anfallende „eingefahrene“ Wasser wird in der Regel über ein Oberflächengefälle abgeführt und in Verdunstungsrinnen gesammelt. Wenn das nicht ausreicht, sind zusätzlich Wassersammelschächte und Pumpen nötig. Je rauer der Oberflächenbelag ist, desto schlechter klappt es mit der Verdunstung und desto mehr Chlorid (Salz) lagert sich in den Vertiefungen an. Salz bindet jedoch bereitwillig viel Feuchtigkeit aus der Luft.

Über die in der Regel nicht mit einer diffusionsdichten Abdichtung versehenen Wand- und Bodenflächen gibt es zudem die Diffusionsfeuchte an den Oberflächen, welche nach Untersuchungen von Lohmeyer mit ca. 2 - 5 Gramm/m<sup>2</sup> pro Tag angegeben sind.

### ► Beispiel:

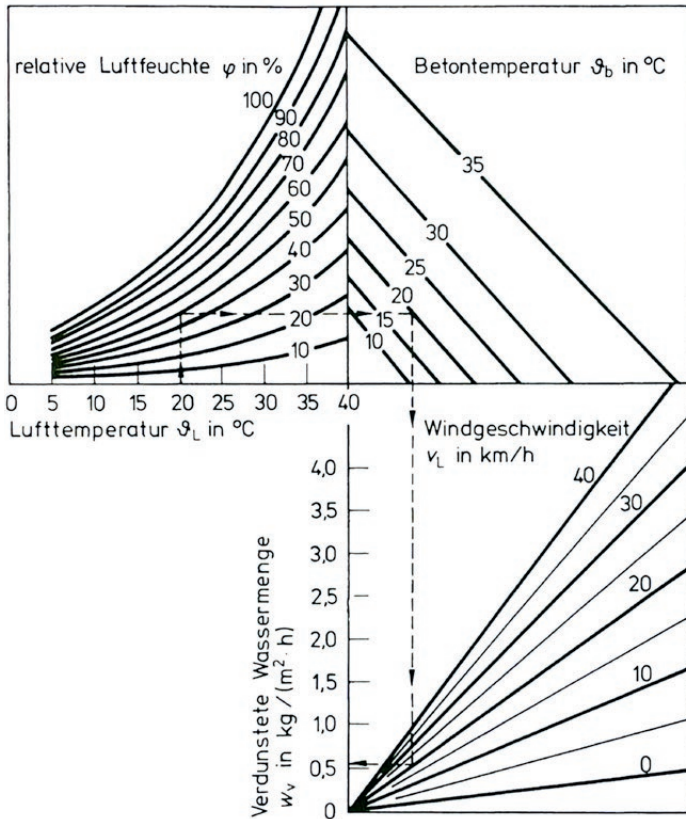
Eine Tiefgarage mit 1.000 m<sup>2</sup>, Wandlängen von 2 x (20 m + 50 m), hat eine Umfassungsfläche von ca. 1.500 m<sup>2</sup>. Der Diffusionsfeuchteintrag kann etwa 3 bis 7,5 Liter betragen.

Die durchschnittliche Größe eines Stellplatzes, einschließlich Fahrbahnen und Stützen, beträgt ca. 19 - 25 m<sup>2</sup>.

Eine durchschnittlich große Tiefgarage mit 1.000 m<sup>2</sup> weist üblicherweise ca. 40 Stellplätze auf. Die eingefahrene Menge an Regen- und Schneeswasser kann mit 2 bis 5 Liter/Stellplatz/pro Tag geschätzt werden, das entspricht 80 Liter bis 200 Liter/pro Tag.



Die natürliche Verdunstung von Wasser auf Betonoberflächen kann mit Hilfe eines Diagramms abgeschätzt werden.



[ 15 ] Menge an Verdunstung von Wasser auf Betonoberflächen abhängig von der Luftgeschwindigkeit

### ► Beispiel:

Bei 20°C Raumtemperatur, einer Wandoberflächentemperatur von 20°C, einer relativen Luftfeuchte von 50 % und einer Windgeschwindigkeit von 20 km/h ergibt sich eine Verdunstungsmenge von 0,5 Liter/m<sup>2</sup> an den Betonwand- und Bodenoberflächen (gestrichelte Linie im Diagramm).

Bei 10°C Raumtemperatur, einer niedrigen Wandoberflächentemperatur von 10°C, einer relativen Luftfeuchte von 50 % und einer Windgeschwindigkeit von 20 km/h ergibt sich eine halbierte Verdunstungsmenge von 0,25 Liter/m<sup>2</sup> an der Betonwand und den Bodenoberflächen.

Um auf ca. 1.000 m<sup>2</sup> Grundfläche der Tiefgarage eine Menge von 80 bis 200 Liter Wasser zu verdunsten, muss die Luftbewegung mit >20 km/h also deutlich turbulent sein (umgerechnet 20.000 m / 3.600 s = 5,6 Meter/Sekunde).

Übliche Lüftungsanlagen begrenzen die Luftgeschwindigkeit auf **< 2 Meter/Sekunde**, um zugigen Wind zu vermeiden.

**Fazit:** Je geringer jedoch die Luftbewegung über Oberflächen ist, desto geringer wird die Verdunstungsmenge. Oberflächen bleiben lange befeuchtet. Je kühler Oberflächen sind, desto weniger Wasser verdunstet. Diese Erkenntnisse können Sie auch auf alle sonstigen Wandflächen gedanklich übertragen, an denen Wasser verdunstet werden soll.

Die natürliche Luftzirkulation in Tiefgaragen über die Licht- und Lüftungsschächte ist zumeist recht gering. Nach der Garagenverordnung (GarVO) ist ein rechnerischer Nachweis über eine ausreichende Belüftung von Tiefgaragen zwingend zu führen.

Reicht die natürliche Lüftung nicht aus, sind **Lüftungsanlagen vorgeschrieben**. Lüftungsanlagen in Tiefgaragen werden in der Regel über die **Kohlenstoffmonoxid-Wächterschaltung** gesteuert (toxisches Gas) und nicht vorrangig über eine Steuerung, welche sich auf die relative Luftfeuchte bezieht. Die Entfernung des gefährlichen Gases ist deutlich vorrangig.

In schlecht belüfteten Tiefgaragen oder solchen, bei denen die Steuerung der Lüftungsanlage nicht optimal eingestellt ist, herrscht sehr häufig eine hohe relative Luftfeuchte vor, welche besonders ab dem Frühjahr und über den Sommer besonders hoch ist.

In Tiefgaragen mit einem hohen täglichen Verkehr löst die mechanische Lüftung wegen der dann hohen Kohlenstoffmonoxid-Konzentration auch im Hochsommer

bei schwül-warmer Witterung sehr häufig aus. Nun wird über den erzwungenen Luftwechsel leider auch sehr viel Feuchtigkeit aus der mit Wasserdampf angereicherten Außenluft in die Tiefgarage zugeführt.

Auch in Tiefgaragen nähern sich die Wand- und Bodenflächen der Temperatur des umgebenden Erdreichs und sogar des Grundwassers an; sie sind also recht kühl. Die feuchtwarme Luft kühlt an den durchschnittlich 6 - 15°C warmen Oberflächen rasch ab, und physikalisch scheidet Kondensat aus, siehe Diagramm [ 1 ].

Tauwasserbildung an den Wand- und Bodenflächen und auch auf den eingestellten Fahrzeugen tritt sehr häufig auf. Tiefgaragen mit einer ganzjährigen sehr hohen Luftfeuchte (80 - 90 % rel. LF) sind ungünstig, weil die dort eingestellten Fahrzeuge langfristig betrachtet einer höheren Korrosion und einem Wertverfall ausgesetzt sind.

An den sehr kühlen Wand- und Bodenflächen werden mitunter immer wieder auch Algenbeläge und Schimmel sowie punkartige Stockflecken beobachtet. Man versucht, die Bildung von Schimmel durch spezielle alkalische Anstriche und Beschichtungen zu begrenzen. Der Aufnahme von Salzen (Spritzwasser und eingefahrenes Wasser auf den Bodenflächen) wird durch chloridbeständige Beschichtungen entgegengewirkt.

Auch Tiefgaragen sollten mittels ausreichender Lüftung und – soweit möglich – über Querlüftung erzeugte intensive Luftbewegung dauerhaft möglichst trocken gehalten werden. Man muss die physikalischen Grenzen des Machbaren dabei berücksichtigen, um die Tiefgarage nicht unbeabsichtigt „nasszulüften“.

Wurden mit den Fahrzeugen auch Tausalze in die Tiefgarage transportiert, so wird das Chlorid im feuchtem und im Wasser gelösten Zustand für alle ungeschützten Stahlbetonbauteile sehr schädlich. Über kleinste Risse und Spalten dringt die Salzlösung in die Querschnitte ein und führt langfristig zu der gefürchteten Chloridkorrosion der Stahlbetonbewehrung. Erhebliche Schäden bezüglich der Standsicherheit wären langfristig betrachtet die Konsequenz.

Als Schutzmaßnahme sind – je nach dem Grad der Beanspruchung der Tiefgaragenoberflächen – verschiedenartige Beschichtungen von Wand und Bodenflächen erforderlich, welche den Stahlbeton insbesondere gegen Chlorideinwirkung schützen.

Benutzer können aber auch selbst mit der laufenden Unterhaltsreinigung dafür sorgen, dass abgelagertes Tausalz in engen Intervallen immer wieder gründlich entfernt wird.

Die laufende und sachgerechte Unterhaltsreinigung, Wartung und Instandhaltung von Tiefgaragen ist für den Werterhalt dieser Bauwerke sehr wichtig. Die Beseitigung fortgeschrittener Korrosionsschäden ist in der Regel eine recht aufwendige und teure Maßnahme.

**Je sauberer (d.h. das Entfernen von Chlorid) und je trockener Sie Tiefgaragen halten, desto weniger Risiken für Korrosionsschäden (Chlorid) sind zu befürchten.**

**Die Lüftung der Tiefgarage hat einen wichtigen Einfluss darauf.**

Schimmel und Algen in Tiefgaragen können Sie in der Regel mit Soda (in Wasser gelöst) abwaschen.

Haben Sie eine mechanische Lüftungsanlage, dann lassen Sie diese von Fachleuten optimiert einstellen, so dass die Lüftung im Sommer überwiegend in den kühlen Nachtstunden und in den frühen Morgenstunden läuft.

### **Hobbyräume im Kellergeschoss**

Für einen Hobbyraum im Kellergeschoss kann es im Hochsommer ein ähnliches Risiko für eine dauerhaft erhöhte Feuchtigkeit geben, welche auf Kondensatbildung zurückzuführen ist. Das Risiko für Schimmelbildung erhöht sich in bewohnten Hobbyräumen noch mehr.

Entgegen der verbreiteten Auffassung gilt: **Hobbyräume sind keine vollwertigen Aufenthaltsräume, und sie sind auch nicht optimal für die ganztägige Nutzung als Homeoffice.**

Vielen solcher Räume, die ganz oder teilweise in das Erdreich einbinden, fehlt es an ausreichenden Belichtungs- und Belüftungsmöglichkeiten.

In Kellerräumen (auch mit guter Wärmedämmung an den Außenwänden) gibt es bauphysikalisch unvermeidliche Gegebenheiten. Während in den oberirdischen Geschossen in der Regel ein Feuchtediffusions-Vorgang von innen nach außen gerichtet stattfindet, erfolgt er im Keller stets von außen nach innen für alle Flächen, die an das natürliche und stets leicht feuchte Erdreich angrenzen.

Die Feuchtemengen, welche über Diffusion durch den Wandbaustoff (in der Regel Stahlbeton) kontinuierlich hindurchwandern, sind zwar gering, jedoch erhöhen sie die Gesamtmenge an Feuchtigkeit an der Oberfläche zum Raum hin. Diese zusätzliche Menge muss mit der anderweitig vorhandenen Menge an zeitweilig auftretender Kondensationsfeuchte (durch Nutzung und Belüftungsverhalten erzeugt) zur Verdunstung gebracht und mit der Lüftung aus dem Raum abgelüftet werden.

In den Kellergeschossen klappt das in der Regel erfahrungsgemäß deutlich schlechter als in den Obergeschossen, weil die Fenster für eine Stoßlüftung oftmals zu klein (Soll ist mindestens 1/16 der Grundfläche des Raumes) sowie die Brüstungshöhen recht hoch sind und weil eine Querlüftung selten bewerkstelligt werden kann. Fensteröffnungen liegen häufig im Windschatten von engen Lichtschächten und Bepflanzungen.

Die Oberflächentemperaturen der Kellerräume sind zu den nicht beheizten Jahreszeiten (auch mit außenliegender Wärmedämmung) oft relativ niedrig.

- Wird der Hobbyraum nur sporadisch genutzt und wird dann kurz davor die Heizung aufgedreht, kann auch hier ein unangenehmer Anheizeffekt auftreten (verstärkte Bildung von Tauwasser).
- Feuchteempfindliche Güter (Papier, Holz, Textilien, Chrom, Leder, usw.) können sich klamm anfühlen und muffig riechen oder sogar Stockflecken bekommen. Kopiergeräte und Drucker streiken gelegentlich, weil das Papier aufeinander haftet.
- Im Hobbyraum besteht – wie in einem anderen Kellerraum – das Risiko, dass man bei ungeeigneter Witterung den Raum ungewollt „naslüftet“.

In diesem Fall hilft nur, dass man auch im Sommer dafür Sorge trägt, dass die Raum- und Oberflächentemperaturen mittels Beheizung angehoben und tagsüber die Fenster möglichst geschlossen gehalten werden, jeweils so lange, wie die Außentemperatur wärmer als die Raumtemperatur ist.

In solchen Räumen ist deswegen der dauerhafte Aufenthalt von Menschen zu Wohnzwecken und eine uneingeschränkte Nutzung gemäß den Bauordnungen nicht vorgesehen.

Aufgrund der Einschränkungen im Gebrauch der natürlichen Fensterlüftung wegen der physikalischen Gegebenheiten eignen sich Räume im Kellergeschoss auch nicht für Kinder- und Schlafzimmer.

Werden Kellerräume dennoch zu Wohnzwecken und als Aufenthaltsräume ausgebaut, müssen in Hinsicht auf den notwendigen Feuchteschutz stets besondere Maßnahmen ergriffen werden, d.h. neben den konstruktiven Anforderungen auch beispielsweise hochwertige Abdichtungen an Wand- und Bodenflächen sowie Wärmedämmung, hygroskopisch günstige Silikatplatten zum Ausgleich von Feuchtelastspitzen als Wandverkleidung, insbesondere auch Belüftungs- und Entlüftungsanlagen (mit Temperatur- und Feuchtesteuerung)

und ggf. auch eine im Sommer unabhängig vom sonstigen Heizsystem nutzbare Fußbodenheizung/Raumheizung. Hobby- und Aufenthaltsräume im Kellergeschoss sind demzufolge aus energetischer Betrachtung nicht wirtschaftlich zu nutzen.

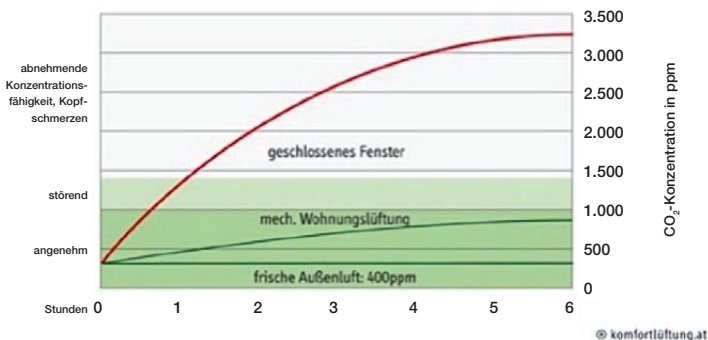
## Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Qualität der Raumluft (Keime/ Infektionsrisiko), Steuerung Lüftungstechnischer Anlagen

Der menschliche Körper gibt permanent eine Vielzahl an organischen Stoffen, wie auch Aceton, Alkohole, Geruchsstoffe sowie CO<sub>2</sub>, an die Raumluft ab.

Konzentrationen von Kohlendioxid in der Raumluft unter 1.000 ppm (Teilchen pro Million) gelten als unbedenklich; zwischen 1.000 und 2.000 ppm sind sie auffällig und über 2.000 ppm unakzeptabel. In luftdichten, modernen Gebäuden kann die CO<sub>2</sub>-Konzentration schnell auf **Werte über 1.000 ppm ansteigen, was immer auf eine unzureichende Lüftung hinweist.**

Diese Stoffe können für Müdigkeit, Schleimhautreizungen und andere Symptome verantwortlich sein (Sick-Building-Syndrom).

Da die gesamte Stoffpalette analytisch nur schwer erfasst werden kann, wird für die Raumluftqualität in der Regel nur das einfach zu bestimmende Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) gemessen. Studien zeigen, dass die Substanzen schon in den in der Raumluft **üblichen Konzentrationen knapp oberhalb 1.000 ppm** zu Leistungsverlusten und Unwohlsein führen können.



[ 16 ] CO<sub>2</sub>-Anstieg und Auswirkungen bei verschiedener Fensterlüftung bzw. Komfortlüftung/Kontrollierte Wohnraumlüftung

In der Lüftungstechnik wird der Messwert von CO<sub>2</sub> verwendet, um festzustellen, ob ausreichend gelüftet wird und um Qualitätskriterien für die Innenraumluft zu definieren (siehe österreichische Richtwerte für CO<sub>2</sub> und ÖNORM EN 13779).

Beispielsweise kann in einem 3,5 - 4 m<sup>2</sup> großen geschlossenen Raum mit einer einzigen Person der CO<sub>2</sub>-Gehalt in nur 45 Minuten von 500 ppm auf über 1.000 ppm ansteigen. Die Luftqualität wird zunehmend als „verbraucht“ wahrgenommen.

**Ab einem CO<sub>2</sub>-Wert von 1.400 ppm müssen Sie lüften!**

Bereits nach 1 bis 2 Stunden Aufenthalt im Raum werden kritische Grenzwerte überschritten. Je mehr Personen sich gleichzeitig im Raum aufhalten, desto schneller ist die Luftqualität auffällig und verbraucht.

Die Richtlinie VDI 4300-9 gibt weitere Hinweise. CO<sub>2</sub> ist ein Indikator für die **Qualität der Innenraumluft**.

- Wo es viel CO<sub>2</sub> gibt, werden zumeist auch besonders viele sonstige Keime gefunden.
- Mit dem erhöhten CO<sub>2</sub>-Gehalt steigt auch das Infektions- und Ansteckungsrisiko (Pettenkofer).

Zur Einhaltung des nach DIN 1946-2 festgelegten CO<sub>2</sub>-Grenzwertes von **1.500 ppm** genügt ein Außenluftvolumenstrom von **20 m<sup>3</sup>/h**.

Zur kontinuierlichen Einhaltung des gesundheitlich geforderten CO<sub>2</sub>-Grenzwertes von 1.000 ppm fordert die DIN 1946-6 einen Außenluftvolumenstrom von **30 m<sup>3</sup>/h pro Person**.

➤ **Beispiel:**

Bezogen auf die üblichen Raumgrößen zwischen 10 - 30 m<sup>2</sup> bzw. durchschnittlich von circa 50 m<sup>3</sup> sind **Außenluftvolumenströme von mindestens 40 m<sup>3</sup>/h notwendig**.

**Merken Sie sich, dass dies knapp einem einfachen Luftwechsel pro Stunde entspricht!**

Um die Behaglichkeit und das Wohlbefinden der Bewohner sicher und unabhängig vom Verhalten der Bewohner zu bewerkstelligen, ist in luftdichten Gebäuden eine **kontrollierte Lüftungsanlage** notwendig.

Gelegentliches Lüften reicht bei sehr dichter Gebäudehülle oftmals nicht aus (nach Austausch alter Fenster).

**Dauergekippte Fenster können den erforderlichen Luftwechsel nicht erzielen.**

Die CO<sub>2</sub>-Konzentration in Innenräumen hängt von verschiedenen Faktoren ab:

- Anzahl der Personen
- Raumvolumen
- Aktivität der Raumnutzer
- Zeitdauer der Raumnutzung
- Verbrennungsvorgänge (zum Beispiel durch Kaminöfen)
- Luftwechsel

## **Alternative Heizungen, Abbrand von Kerzen, Gas und Alkohol**

Nach Beginn des Ukraine-Krieges und den damit verbundenen Ängsten zur Energieknappheit gab es sofort viele Empfehlungen, wie man sich in Notlagen behelfen kann. **Diese Ratschläge sind mit äußerster Vorsicht anzuwenden.**

### ➤ **Teelichtofen:**

Über mehreren Teelichtkerzen werden Keramiktopfe montiert. Werden die Teelichtkerzen zu dicht nebeneinander aufgestellt, kann unter dem Blumentopf ein Hitzestau von bis zu 1.400°C entstehen. Das Wachs der Kerzen kann sich bei 300°C selbst entflammen und eine Verpuffung auslösen. Es entsteht ein gefährlicher flächiger Wachsbrand.

Schnell wird damit ein Zimmerbrand ausgelöst. Löschen Sie hier mit einer Löschdecke!

### ➤ **Gasbrenner:**

Sie können einen kleinen Gaskocher unter Vorsichtsmaßnahmen in Innenräumen benutzen. Aber nur, wenn Sie immer gut lüften. Das ist sehr wichtig, denn Gas braucht Sauerstoff für den Verbrennungsvorgang. In einem geschlossenen, nicht belüfteten Raum kann besonders rasch ein Sauerstoffmangel entstehen. Dieser kann zu Schwindel und Bewusstlosigkeit führen.

### ➤ **Gasflaschen/Campingkocher:**

Die Flamme eines Kochers verbraucht im Schnitt etwa 80 - 100 g Gas pro Stunde. Kochen oder Aufwärmen ist mit einer Gasflamme dadurch über einen Zeitraum von 50 - 60 Stunden möglich. Beachten Sie: Lagern Sie maximal zwei Kartuschen (jeweils nur in getrennten Räumen und immer stehend gelagert)!

### ➤ **Gas-Katalytofen:**

Nicht nur technische Defekte, sondern auch blanke Unvernunft, können zu tödlichen Unfällen führen (Kohlenstoffmonoxidvergiftungen).



► **Notstromaggregate:**

Diese werden für den privaten Gebrauch meist mit Benzin betrieben. Sie sind nur für den Betrieb außerhalb von Wohngebäuden konzipiert.

Wird der Stromerzeuger mit einem Verbrennungsmotor betrieben, darf er niemals in geschlossenen Räumen verwendet werden.

Langanhaltende Stromausfälle sind in Deutschland zum Glück selten.

► **Flüssiggas:**

Flüssiggas aus einer Mischung aus Propan und Butan muss unter Druck gesetzt sein, um sich zu dem auch als LPG (Liquid Petroleum Gas) bezeichneten Brennstoff zu wandeln.

Propan benötigt druckfeste Tanks und ist ein explosives Element.

Die Sicherheitsvorschriften verbieten den Aufbau und die Lagerung in herkömmlichen Kellern (auch von Flaschen!).

In geschlossenen Räumen ist das Aufstellen von Flaschen für Gasheizungen nur oberhalb der Geländeoberfläche erlaubt. Vorhandene Flaschen sind vor unberechtigtem Zugriff zu schützen. Schläuche und Anschlusskupplungen müssen in einwandfreiem Zustand gehalten werden.

Gasanlagen nimmt immer der TÜV ab. Eine Prüfung erfolgt mindestens alle zwei Jahre.

► **Ethanol, Propanol und Isopropylalkohol  
(auch Isopropanol genannt):**

Diese wirken desinfizierend und sind Alkohole. Diese Mittel sind alle feuergefährlich.

Wenden Sie sie nur in gut durchlüfteten Räumen an! Die flüssigen Brennmittel werden in Behälter gegossen und oftmals dabei auch verschüttet. Die Nutzung von dekorativen Ethanol-Kaminfeuern haben in der Vergangenheit schon viele Wohnungsbrände verursacht.

Falls Sie aus Versehen eine größere Menge verschütten, sollten Sie alle sonstigen Feuerquellen (Kerzen, Kaminfeuer, Föhn) sofort löschen oder ausschalten, die Flüssigkeit mit einem Lappen aufnehmen und an der frischen Luft verdunsten lassen.

Die benutzten Lappen nicht in den Müll werfen oder auswaschen! Alkohol sollte nicht ins Abwasser geraten. Die mit Alkohol getränkten und locker ausgebreiteten Lappen müssen an der frischen Luft vollständig getrocknet werden.

Wegen der Brandgefahr entsorgen Sie die Lappen nicht sofort über den Hausabfallmüll!

## **Entfernen von flüchtigen Schadstoffen aus der Luft (SVOC / Vermeidung von Fogging / Magic Dust)**

Als **Fogging** werden erheblich beschleunigte Schwarzstaubablagerungen an Decken und Wänden (in Wohnungen) während der Heizperiode beschrieben. Das Spektrum der übermäßigen Verschmutzung reicht von einzelnen grauen Stellen an Decken oder Heizkörpern bis zu großflächigen schwarzen Ablagerungen. Dahinter stecken oft schwerflüchtige organische Verbindungen (SVOC).

- Beobachtungen zu diesem Phänomen ergaben, dass eine zu geringe Luftfeuchtigkeit Fogging verstärkt.
- Laut Umweltbundesamt (UBA) tritt das Phänomen verstärkt nach größeren Renovierungen auf, welche insbesondere während der Heizperiode ausgeführt wurden.

Das Ausgasen der Fogging-Substanzen (SVOC) in die Raumluft beginnt unmittelbar während und nach Beendigung der Renovierungsarbeiten aus Teppichböden, Vinylschaumtapeten, Kunststoffoberflächen von Möbeln, Klebern, Lacken und Beschichtungen. Diese schwerflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC = semi volatile organic compounds) werden in der REACH-Verordnung definiert.

Auch andere gas- und dampfförmige Stoffe organischen Ursprungs (VOC) zählen dazu. Das sind beispielsweise Kohlenwasserstoffe, Alkohole, Aldehyde und organische Säuren.

Auch Kosmetika, Haarspray, Räucheröle und sonstiges Allerlei aus dem täglichen Gebrauch setzen diverse Chemikalien frei, welche solche übermäßigen, teilweise klebrigen und schmierigen Schwarzstaubablagerungen verursachen. Bei der Renovierung und Einrichtung von Wohnungen ist darauf zu achten, lösemittel- und weichmacherfreie Farben, Teppiche und Möbel zu verwenden.

Auffällig wird das Fogging erst nach einiger Zeit in der folgenden Heizperiode, wenn weniger intensiv gelüftet wird und sich im beheizten Zustand die Luftturbulenzen und die Thermik im Raum verändern.

**Auch das Heizverhalten der Bewohner kann zum Fogging beitragen, insbesondere wenn man wiederholt einen Anheizeffekt erzeugt.**

- So sollte man die Heizung nicht komplett abschalten, wenn man die Wohnung für einige Stunden verlässt. Lassen Sie die Räume nicht vollständig auskühlen!

- Die übliche Tag-/Nachtsenkung der Heizung und das Einhalten der Mindestbeheizung von circa 16°C verursacht nach derzeitigen Beobachtungen kein Fogging.

**Regelmäßiges und ausreichend intensives Lüften ist notwendig, um auch all diese schwerflüchtigen organischen Verbindungen (SVOC, VOC) und andere Schadstoffe (CO<sub>2</sub>) durch den intensiven Luftwechsel an die Außenluft abzulüften.**

## **Haushaltsgeräte, Energie intelligent nutzen**

### ► **Kochen**

Reduzieren Sie beim Kochen die verdunstende Wasserdampfmenge, indem Sie Topfdeckel benutzen! Versuchen Sie es einmal mit dem Schnellgartopf, welcher in mehreren Etagen gleichzeitig und energiesparend die Zubereitung ermöglicht!

Halten Sie Speisen nicht lange auf dem Herd für verspätete Familienmitglieder warm, sondern nutzen Sie Thermoskannen und -gefäße zum Warmhalten! Erhitzen Sie Speisen und Getränke kurz mit der Mikrowelle!

### ► **Backen**

Nutzen Sie die Möglichkeiten von Umluft in Ihrem Backofen! Sie können auf mehreren Ebenen gleichzeitig und energiesparend zubereiten. Versuchen Sie es einmal mit dem geschlossenen „Römertopf“ (einem Bräter mit Deckel), um die verdunstende Wassermenge deutlich zu reduzieren!

### ► **Duschen**

Unterbrechen Sie den Wasserstrom beim Duschen, während Sie sich einseifen! Nutzen Sie nach dem Duschen einen Gummiabzieher, um die Fliesen und Duschkabinenwand zu trocken! Es verdunstet sehr viel weniger Wasser von den benetzten Oberflächen, und es bilden sich seltener hartnäckige Wasserflecken und Kalkränder.

### ► **Wäschewaschen**

Nutzen Sie nach Möglichkeit Kurzwaschprogramme und jeweils die niedrigste Temperaturstufe abhängig von Gewebeat und Verschmutzungsgrad! Wählen Sie die höchste Stufe des Schleudergangs, um die Wäsche mit möglichst geringer Nässe zu trocknen!

### ► **Wäschetrocknen**

Nutzen Sie – soweit vorhanden – Balkone, Terrassen oder gut belüftete Trocknungsräume um die Wäsche zu trocknen! Hängen Sie die Wäschestücke so über Trockenständer, dass alle Teile sehr gut mit Luft umströmt werden können! Das Wäschetrocknen im Bad „für die kleine Wäsche“ gelingt nur, wenn Sie das Badezimmer häufig kurz lüften.

Nasse Hand- und Duschtücher sollten Sie möglichst locker aufhängen und trocknen lassen. Bitte dabei immer gut lüften!

### ► **Bodenpflege**

Reinigen Sie die Fußböden regelmäßig mit dem Staubsauger!

Im Badezimmer und im Schlafzimmer entfernen Sie auf diese Weise kleinste Hautschüppchen, welche für Hausstaubmilben und Silberfischchen willkommene Nahrungsquellen darstellen.

Reduzieren Sie durch die laufende Unterhaltsreinigung insgesamt die Menge an Hausstaub! Entziehen Sie damit auch Schimmelpilzen Nahrungsquellen!

Für das Wischen der Fußböden sollten Sie die Tücher oder Wischer stets sehr sorgfältig auswringen und nur nebelfeucht wischen. Es wird weniger Wasser verdunstet, und der Boden ist schneller wieder trocken. Lüften Sie sorgfältig während oder unmittelbar nach dem Wischen! Parkett und Kork mag ohnehin nicht „nass“ gepflegt werden.

## **Organisation des intelligenten Lüftungsverhaltens im Alltag**

Viele aktuelle Gerichtsurteile behaupten, dass es berufstätigen Menschen „nicht zuzumuten sei, dass man mehr als zwei- bis viermal pro Tag lüftet“. Es werden deshalb vielfach vollautomatische mechanische Lüftungsanlagen gefordert. Das ist natürlich in dieser grob vereinfachten Betrachtung Unsinn und weit entfernt von einer üblichen Wohnungsnutzung.

Aufklärung und sachliche Informationen ergeben sich nun aus dem rechnerischen Lüftungskonzept.

Neubauwohnungen werden seit einigen Jahren nahezu ohne Ausnahme mit den verschiedenartigsten Anlagen und Systemen zur kontrollierten Wohnraumlüftung ausgestattet. Bei Altbauten im Gebäudebestand ist der nachträgliche Einbau solcher Anlagen nunmehr vorgeschrieben, sobald mehr als 1/3 der Fenster des Gebäudes ausgetauscht werden.

Viele dieser Anlagen werden nunmehr vorsorglich eingebaut, um auch ein ungeeignetes und mangelhaftes Beheizungs- und Lüftungsverhalten der Bewohner auszugleichen.

Somit geht man komplizierten Beweisführungen aus dem Wege, falls es zu Schimmel in Wohnungen kommt.

**Im Alltag kann man mit ein wenig Überlegung und etwas Routine sich sehr leicht ein optimiertes Beheizungs- und Belüftungsverhalten angewöhnen.**

Als Sachverständige stehe ich auf dem Standpunkt, dass auch berufstätige Menschen eine ausreichende Lüftung der Wohnung „zumutbar“ bewerkstelligen können, ohne dass kontrollierte mechanische Lüftungsanlagen – verpflichtend für alle Wohnungen – eingesetzt werden müssen.

Ausreichende Informationen und nur ein wenig guter Wille sind dafür vonnöten.

Im Gebäudebestand gibt es immer noch sehr viele Wohnungen, die ohne kontrollierte Wohnungslüftung mangelfrei und hygienisch bewohnt werden.

Das ausreichende natürliche Lüften lässt sich nach wie vor auch ganz ohne hohe Investitionskosten für Lüftungsanlagen gut bewerkstelligen.

Mitunter hat die kontrollierte Wohnungslüftung – je nach System – hohe Folgekosten. Diese werden für die notwendige Wartung, Reinigung und Instandhaltung der Anlagen notwendig (Pollen- und Milbenfilter-Wechsel, Staub- und Schimmelablagerungen innerhalb der Rohre und Anlagen, Strom für den Betrieb der Ventilatoren, usw.), welche Sie üblicherweise bei den Nebenkosten aufgeführt finden. Ein Großteil der anfallenden Kosten für den Betrieb der Anlagen sind umlagefähige Nebenkosten und belasten das Haushaltsbudget. Komfort und Bequemlichkeit haben also auch ihren Preis.

Im Neubau und besonders im Altbau mit erneuerten und dichtschießenden Fenstern und hoch wärmegeämmten Außenbauteilen muss man ganz besonders darauf achten, dass dieses neue **angepasste Wohnverhalten** von allen Familienmitgliedern richtig trainiert und erlernt wird.

Halten Sie sich an folgenden Richtwert, dass der Luftaustausch mit Frischluft **mindestens 40 m<sup>3</sup>/h** betragen sollte! Das entspricht knapp einem einmaligen Luftwechsel pro Stunde für einen durchschnittlich großen Wohnraum.

Nach Tabelle [ 6 ] ermitteln Sie die jahreszeitlich empfohlene Lüftungsdauer.

Lüften Sie während der Heizperiode mit Stoßlüftung und nicht länger als nötig!  
Lüften Sie bevorzugt lieber öfter und jeweils kurz, um Wärmeverluste zu vermeiden!

- Ermitteln Sie das Volumen Ihrer Räume und rechnen Sie einmal selbst aus, wie viele Luftwechsel Sie für den jeweiligen Raum und die Nutzung benötigen!
- Beobachten Sie Ihr Wohnverhalten und schätzen Sie ab, wie viel Wasserdampf Sie beim Duschen, Kochen, Wäschewaschen und -trocknen verursachen!
- Sehen Sie nach, ob Sie weitere Objekte in Ihren Räumen haben, welche viel Wasser verdunsten (wie Pflanzen und Aquarien), und intensivieren Sie deswegen Ihr Lüftungsverhalten!

Nach dem Einzug in eine neue Wohnung oder nach der Durchführung einer energetischen Ertüchtigungsmaßnahme am Objekt sollte man mehrmals am



Tag einen Blick auf ein Hygrometer/Thermometer werfen. Kontrollieren Sie sich selbst und Ihr all-täglich praktiziertes Belüftungs- und Beheizungsverhalten! So können Sie allmählich Ihr Verhalten anpassen und optimieren.

Hilfreich ist auch ein Messgerät, das Ihnen über die Messung von CO<sub>2</sub> in der Luft einen Hinweis auf die Luftqualität gibt. Lüften Sie, wenn Sie mehr als 1.000 - 1.400 ppm erreichen!

[ 17 ] Abbildung/Beispiel für ein kombiniertes Messgerät für Anwendungen in Haushalten

Nach kurzer Zeit werden Sie ein sicheres Gefühl und eine gute Routine dafür entwickeln.

Feste Gewohnheiten und Familienrituale sowie eine Verteilung der Aufgaben helfen dabei. Mit der Zeit müssen Sie gar nicht mehr darüber nachdenken.

### **Beispiel für einen 2- bis 4-Personen-Haushalt:**

- **Morgens nach dem Aufstehen kann man sofort das Schlafzimmer und die Kinderzimmer für wenige Minuten lüften. Sie sind dann ohnehin im warmen Badezimmer beschäftigt.**
- **Nach dem Duschen lüften Sie sofort das Badezimmer, bevor die feuchtwarme Luft über offene Zimmertüren in kühlere Räume strömt und dort Tauwasser bildet. Sie sind dann ohnedies mit dem Frühstück beschäftigt, und Sie müssen dort auch nicht frieren.**
- **Vermeiden Sie, dass sich feuchtwarme Luft aus dem Badezimmer in angrenzende Räume über offenstehende Zimmertüren verteilt! Lüften Sie die beim Duschen erzeugte hohe Feuchtigkeit zunächst direkt aus dem Bad ab!**
- **Vor dem Frühstück und nochmals kurz danach lüftet man noch kurz das Wohnzimmer/Esszimmer und die Küche, während man einen letzten Blick in den Spiegel wirft und sich fertig ankleidet.**
- **Wer tagsüber nach Hause kommen kann, lüftet rasch mit einer Stoß- und/oder Querlüftung die ganze Wohnung, bevor er es sich gemütlich macht. Es reichen wenige Minuten dafür aus. Bis das Wasser für Ihren Tee heiß genug ist, haben Sie schon für ausreichend frische Luft gesorgt.**
- **Nach dem Kochen wird die ganze Wohnung nochmals gut durchgelüftet. Alle unangenehmen Essenserüche werden dann auch gleich vertrieben.**
- **Auch Ihre Kinder sollten während der Hausaufgabenzeit selbst mehrmals kurze Denkpausen einlegen und frische Luft schnappen. Sie sollten schnell einmal die Fenster vollständig öffnen und lüften. Dadurch erhöht sich ganz nebenbei die Merk- und Konzentrationsfähigkeit deutlich.**
- **Auch Erwachsenen tut frische Luft im Homeoffice tagsüber sehr gut. Sie vermeiden das Sick-Building-Syndrom, wenn Sie die CO<sub>2</sub>-Konzentration unter 1.000 - 1.400 ppm halten, indem Sie mehrfach kurz lüften.**

- **Auch am Abend kann man insbesondere nach dem Kochen die Küche entsprechend lüften.**
- **Sollten Sie einen Dunstabzug haben, der die Luft an die Außenluft abführt, benutzen Sie ihn! Vermeiden Sie, dass sich Wasserdampf, der beim Kochen entsteht, über offene Zimmertüren in der gesamten Wohnung verteilt.**
- **Beim Kochen können Sie die Verteilung von Wasserdampf in der Luft und unnötigen Energieverbrauch reduzieren, indem Sie Deckel für die Kochtöpfe benutzen.**
- **In den Fernsehpausen sollte man auch rasch das Wohnzimmer und die Schlafzimmern durchlüften. Das alles kann man durchaus auch mehrmals pro Stunde machen, denn ein bisschen Bewegung tut allen gut. Der frische Sauerstoff und ein wenig Aktivität erhöhen ganz nebenbei die Konzentration und fördern den erholsamen Schlaf. Das ist alles kostenlos und bequem zu erreichen.**
- **Immer wenn Sie offene Flammen nutzen, beispielsweise einen Kaminofen, wird Sauerstoff verbrannt. Sorgen Sie für ausreichend Frischluftzufuhr, damit die Verbrennungsvorgänge vollständig erfolgen und kein tödliches Kohlenmonoxid entsteht!**
- **Wenn tagsüber niemand zuhause ist, verzichten Sie darauf, Wäsche in der Wohnung zu trocknen! Machen Sie das lieber am Wochenende! Dann kann man bequem mehrfach am Tag nach Bedarf zusätzlich lüften, und die verdunstende Feuchtigkeit richtet keinen Schaden in Ihrer Wohnung an.**
- **Drehen Sie während stundenweiser Abwesenheit die Heizung nicht vollständig ab! Lassen Sie die Räume nicht vollständig auskühlen! Vermeiden Sie Tauwasserbildung und erhöhte Heizkosten infolge des Anheizeffektes!**
- **Halten Sie die Räume ausreichend beheizt (zwischen 16 - 20°C)!**
- **Sparen Sie Energie, indem Sie übermäßiges Beheizen vermeiden!**



## Zusammenfassung für eilige Leser

Kontrollieren Sie die relative Luftfeuchte regelmäßig mit einem Hygrometer!

### **Optimal sind 40 - 60 % relative Luftfeuchte.**

Entstehen kurzzeitig höhere Feuchtelastspitzen, so sorgen Sie **sofort** für eine intensivierete Belüftung des Raumes, in welchem die Feuchte entstanden ist, und erhöhen Sie die Luftwechselrate!

Die Kipplüftung ist nicht für eine ausreichende Wohnungslüftung geeignet. Öffnen Sie die Fenster stets vollständig mit der Stoßlüftung! Am besten veranstalten Sie zusätzlich einen Durchzug (bei gleichzeitig geöffneten Zimmertüren)!

Nur mit ausreichender Luftbewegung werden die Wände genügend erwärmt (Mindesttemperatur 12,6°C an der kühleren Stelle).

Also rücken Sie große Möbel, Sofagarnituren und Vorhangdekorationen mindestens 15 cm von den Außenwänden ab, damit die auf die durchschnittliche Mindesttemperatur von 20°C beheizte Luft mit den Luftturbulenzen auch alle Ecken und Winkel erreichen kann!

Lüften Sie niemals feuchtwarmer Raumluft aus Küche und Bad in unterkühlte angrenzende Zimmer (Schlafzimmer oder Wintergärten, verglaste Balkone, Flure)! Die in der Luft enthaltene zeitweise erhöhte Nutzerfeuchtigkeit muss direkt und rasch an die Außenluft abgeführt werden. Halten Sie die Zimmertüren geschlossen, während Sie kochen oder duschen!

Sorgen Sie dafür, dass im Tagesdurchschnitt stets ein ausreichender Luftwechsel erreicht wird! Lüften Sie getrost auch mehrfach pro Stunde! Wenige Minuten sind ausreichend und wirken sehr effektiv mit der Stoß- und Querlüftung.

Drei- bis viermal pro Tag zu lüften, ist das äußerste Minimum. Je dichter die Fensterfugen sind, desto mehr müssen Sie die Fensterlüftung nutzen.

Die kontrollierte Wohnraumlüftung dient nur dazu, für eine Grundlüftung in Ihrer Abwesenheit zu sorgen, wenn Sie keine zusätzlichen Feuchtelastspitzen abzulüften haben.

Die Schaltung auf eine höhere Leistungsstufe der geregelten Wohnungslüftung kann in der Regel durch die natürliche Fensterlüftung ersetzt werden, sofern Sie nicht auf die Wärmerückgewinnung aus rein energetischen Gesichtspunkten angewiesen sind.

Kontrollieren Sie regelmäßig Ihren Lüftungserfolg mit dem Hygrometer! Beobachten Sie die Luftqualität mit der Messung des CO<sub>2</sub>-Gehalts in der Raumluft! Lüften Sie häufig und kurz mit der Stoßlüftung!

Vermeiden Sie, dass verdunstende Feuchtigkeit aus üblichen Alltags- und Haushaltstätigkeiten (ohne ausreichende Lüftung) von Wand- und Bodenflächen und Inventar hygroskopisch aufgenommen und die Feuchte dort gespeichert wird! Lüften Sie sofort, nachdem eine erhöhte Feuchte produziert wurde!

Wäsche trocknet man, wenn man in der Wohnung anwesend ist und ausreichend lüften kann.

Trockene Luft benötigt etwa ein Drittel weniger Heizenergie als übermäßig feuchte Luft, um auf ausreichende Raumtemperatur aufgeheizt zu werden.

Richtiges Heizen und ausreichendes Lüften schont Ihren Geldbeutel, und Sie erreichen ein behagliches und hygienisches Wohnklima.

Überheizen Sie auch nicht die Raumluft! 20°C tagsüber und >16°C nachts sind zumeist angenehm und ausreichend.

Jedes Grad mehr kostet Sie ca. 6 % Heizkosten zusätzlich.

Vermeiden Sie aber in jedem Fall das übermäßige Auskühlen der Räume (mit dem Risiko für Schimmelbildung) und den dadurch wiederholten Anheizeffekt! Dadurch erhalten Sie sich ein behagliches Wohlfühlklima, und Sie sparen in einer Gesamtbilanz teure Heizenergie ein.



# Quellen und weiterführende Literatur

## Fotos / Abbildungen

Foto Titelseite: © Gina Sanders / Fotolia

[ 1 ] **Carrier-Diagramm – Wasserdampfgehalt der Luft als Funktion der Temperatur und der relativen Luftfeuchte** – aus Lehrbuch der Bauphysik, Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima, Verf. Lutz, Jenisch, Klopfer u.a., Teubner-Verlag, Stuttgart, 5. Auflage und neuere Auflagen

[ 2 ] **Taupunktkurve – Wassergehalt der Luft in Gramm/m<sup>3</sup>**

[ 3 ] **Taupunkttemperatur**, Abb. aus Lehrbuch der Bauphysik, Schall, Wärme, Feuchte, Licht, Brand, Klima, Verf. Lutz, Jenisch, Klopfer u.a., Teubner-Verlag, Stuttgart, 5. Auflage, S.188 Abbildung und neuere Auflagen

[ 4 ] **Infrarotthermometer (Pyrometer) – berührungslose Messung der Oberflächentemperatur** in Raumecken, an Fensterstürzen und Fensterlaibungen zur Überprüfung der ausreichenden Beheizung und Luftzirkulation © Eva Lemmer 2022

[ 5 ] **Ausfallende Feuchtemenge bei Abkühlung der Luft**, Abb. aus RWE-Bauhandbuch – Technischer Ausbau, Lehrbuch Ausgabe 1981/82, Seite 43

[ 6a ] **Notwendige Lüftungszeit in Minuten pro Stunde in Abhängigkeit von der Fensterstellung**, Broschüre Feuchtigkeit und Schimmelbildung in Wohnräumen, Reihe Bauen und Wohnen, Hrsg. Arbeitsgemeinschaft der Verbraucher-Verbände e.V., Bonn, 1997

[ 6b ] **Jahreszeitliche Lüftungsdauer bei unterschiedlicher Fensteröffnung**, Tabelle aus HEA – Heizenergieeinsparung im Gebäudebestand, Hrsg. Hauptenergie-Beratungsstelle für Elektrizitätsanwendung HEA e.V., Frankfurt/M., Energie-Verlag, 1. Aufl. 9/1996

[ 7 ] **Stoß- und Querlüftung, Vergleich zum erzielbaren Luftwechsel**

[ 8 ] **Nutzerbedingte Feuchteproduktion pro Tag – Richtwerte**, Handbuch der Gebädeteknik – Planungsgrundlagen und Beispiele –, Band 2: Heizung, Lüftung, Energieeinsparen, Verf. Pistohl, Werner Verlag, Düsseldorf, 2. Aufl. 1998, und neuere Auflagen

[ 9 ] **Richtwerte Außenluftströme in m<sup>3</sup>/h bezogen auf die Raum- und Wohnungsgröße** nach DIN 1946-6, **Mindestlüftung** > 40 m<sup>3</sup>/h für 10 bis 30 m<sup>2</sup> Raumgröße, DIN 1946-6

[ 10 ] **Wärmeenthalpie von Wasser**, aus Aktuelles Tabellenhandbuch, Verfasser Buss, Weka-Verlag, Kissing

[ 11 ] **Absenkung der Raumtemperatur – Energieeinsparung**, aus Gesund Wohnen – durch richtiges Heizen und Lüften Broschüre, Hrsg. Umweltbundesamt/UBA: Umweltdaten Deutschland 2002.

[ 12 ] **Wärmeleitfähigkeit von Dämmstoffen in Abhängigkeit vom Wassergehalt in Vol.-%.**

[ 13 ] **Hygroskopische Feuchteaufnahme von Inventar in feuchter Umgebungsluft**

[ 14 ] **Tauwasser in Kellerräumen**, Abb. aus RWE-Bauhandbuch Technischer Ausbau, 14. Auflage EW Medien-Verlag, Frankfurt/M.

[ 15 ] **Verdunstungsmenge von Wasser an Betonoberflächen in Abhängigkeit von rel. LF und Luftgeschwindigkeit**

[ 16 ] **CO<sub>2</sub>-Anstieg in der Raumluft bei verschiedener Fensterlüftung und kontrollierter Wohnungslüftung**

[ 17 ] **Hygrometer** – Messung der relativen Luftfeuchte in Abhängigkeit von der Raumtemperatur, Quelle: [www.pearl.de](http://www.pearl.de)

[ 18 ] **Hygrometer, kombiniert mit CO<sub>2</sub>-Messung** – Messung der relativen Luftfeuchte in Abhängigkeit von der Raumtemperatur und Beurteilung der Luftqualität

## Normen

**DIN 4108**, Feuchte- und Wärmeschutz im Hochbau, Teile 1-10, (1984 bis 2014-1-1), Beuth Verlag

**DIN 4108-7** (01-2011), Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Luftdichtheit von Gebäuden, Anforderungen, Planungs- und Ausführungsempfehlungen, Beispiele, Beuth Verlag

**DIN 4719** (07-2009), Lüftung von Wohnungen – Anforderungen, Leistungsprüfungen und Kennzeichnung von Lüftungsgeräten, Beuth Verlag

**DIN 1946-6**, Teil 6 (05-2009) – Raumlufttechnik – Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung, Beuth Verlag

**DIN 18017-3** (2009-07) – Lüftung von Bädern, Toiletten ohne Außenfenster, Beuth Verlag

**DIN 18017-3** (2020-05) – Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster –, Beuth Verlag

**DIN EN 1886**, – Lüftung von Gebäuden – Zentrale raumlufttechnische Geräte – Mechanische Eigenschaften und Messverfahren; Deutsche Fassung EN 1886:2007, Beuth Verlag

**DIN EN 13142**, – Lüftung von Gebäuden – Bauteile/Produkte für die Lüftung von Wohnungen – Geforderte und frei wählbare Leistungskenngrößen; Deutsche Fassung EN 13142: (2010-11), Beuth Verlag

**DIN EN ISO 7730**, – Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Index und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005); Deutsche Fassung EN ISO 7730:2005, Ausgabedatum: 05-2006, Berichtigung-1, 06-2007, w. Berichtigung, Beuth Verlag

**DIN EN 779** – Filterklassen

**VDI 6022** – Technische Richtlinien

**VDI 6022** Blatt 1, 2011-07 „Raumlufttechnik, Raumluftqualität – Hygieneanforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte“

**VDI 6022** Blatt 1, „Hygieneanforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte“ VDI 6022 Blatt 1.1 „Prüfung von Raumlufttechnischen Anlagen“

**VDI 6022** Blatt 1.2, 2014-06 „Hygieneanforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte; Erdverlegte Luftleitungen“,

**VDI 6022** Blatt 1.3, „Raumlufttechnik, Raumluftqualität – Hygieneanforderungen an Raumlufttechnische Anlagen und Geräte; Sauberkeit von Luftleitungen (VDI-Lüftungsregeln)“

**VDI 6022** Blatt 3, „Beurteilung der Raumluftqualität“

**VDI 6022** Blatt 4, 2012-08 „Qualifizierung von Personal für Hygienekontrollen, Hygieneinspektionen und die Beurteilung der Raumluftqualität“,

**VDI 6022** Blatt 4.1, „Qualifizierung von Personal für Hygienekontrollen, Hygieneinspektionen und die Beurteilung der Raumluftqualität; Nachweis der Qualifizierung in Schulungskategorie A und Schulungskategorie B“

**VDI 6022** Blatt 5, 2016-11 „Raumlufttechnik, Raumluftqualität; Vermeidung allergener Belastungen; Anforderung an die Prüfung und Bewertung von technischen Produkten und Komponenten mit Einfluss auf die Atemluft“, <https://www.vdi.de/nc/technik/fachthemen/bauen-und-gebauedetechnik/fachbereiche/technische-gebauedeausrustung/richtlinienarbeit/richtlinienreihe-vdi-6022-raumlufttechnik-raumluftqualitaet/>

Alle Normen: Hrsg. und Allein-Vertrieb Beuth Verlag, Berlin. u.v.a.

## Verwendete u. weiterführende Literatur / Links

**Feuchte im Bauwerk** (12-2007), Dokument 071217, Kostenlose Publikationen zum Download über Hrsrg. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung <http://www.kompetenzzentrumbauen.de>

**Gesundes Wohnen** (04-2007), Dokument 070525, Kostenlose Publikationen zum Download über Hrsrg. Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung <http://www.kompetenzzentrumbauen.de>

**Merkblatt VFW** (07-2009)

**Nachweisverfahren nach DIN 1946-6**, ein Planungstool Lüftungskonzept (zum kostenlosen Download)

**Haftungsrisiken bei Wohngebäuden ohne Lüftungsanlage**, Infos zu dem Rechtsgutachten auf [www.wohnungslueftung-ev.de](http://www.wohnungslueftung-ev.de) oder bei der VFW-Geschäftsstelle

**Spezifischer Lüftungswärmeverbrauch bei unterschiedlicher Lüftungsdauer** (nach BayStMWV, Sonderdruck)

**Maßnahmen zur Heizenergieeinsparung, Abs. 4.2.1 Wohnungslüftung**, HEA – Heizenergieeinsparung im Gebäudebestand, Hrsrg. Hauptenergieberatungsstelle für Elektrizitätsanwendung HEA e.V. Frankfurt/M., Energie-Verlag 1. Aufl. 9/1996, S. 62

**Feuchte- und Wärmeschutz von Gebäuden (Wärmebrücken)** aus der Fachbuchreihe: Bauschäden – beurteilen und beheben durch konkrete Lösungen im Detail –, Verf. Harald Buss, WEKA Fachverlage Kissing, Ausgabe 1989, S.14 ff.

**Topthema Schimmelpilz, Fachaufsätze zu Schimmel, Tauwasserbildung, Anheizphase, Altbau u.a., VBN-Info – Sonderheft**; Hrsrg. Verband der Bausachverständigen Norddeutschlands e.V., Fraunhofer IRB-Verlag, Stuttgart, 2. Aufl. 2001

**Wohnungslüftung und Raumklima: Grundlagen, Ausführungsrichtlinien**, Rechtsfragen, 2. überarb. u. erweiterte Ausgabe, Fraunhofer IRB Verlag

**Wohnen ohne Feuchteschäden, Schwachstellen und ihre Vermeidung, Hinweise für Eigentümer und Mieter**, Verf. Borsch-Laaks, Verlag VWEW Energie-Verlag, Heidelberg 2000

**Schimmelpilze und Bakterien in Gebäuden, Erkennen und Beurteilen von Symptomen und Ursachen**, Hankammer, Verlag Rudolf Müller, Köln, 2003 und neuere Auflagen

**Praktische Bauphysik – eine Einführung mit Berechnungsbeispielen** –, 4. Auflage, Verf. Lohmeyer, Verlag B.G. Teubner, Stuttgart, 2001

**Bauphysik kompakt – Wärme- und Feuchteschutz unter Berücksichtigung der neuen EnEV** –, Verf. Liersch, Bauwerk-Verlag, 1. Ausgabe, Berlin, 2001

**Handbuch der Gebäudetechnik – Planungsgrundlagen und Beispiele** –, Band 2, Heizung Lüftung Energiesparen, 2. Auflage, Verf. Pisthol, Verlag Werner, Düsseldorf, 1998, u. neuere Auflagen

**Bautabellen für Architekten – mit Entwurfshinweisen und Beispielen** –, 17. Auflage 2006, Verf. Schneider, Verlag Werner, Neuwied, u. neuere Auflagen

**Innenraumschadstoffe, Leitwerte nach WHO für CO<sub>2</sub>, Kohlenmonoxid, TVOC, Feinstaub, Trichlorethen, u.v.a., Radon-Gas**, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/kommissionen-arbeitsgruppen/ausschuss-fuer-innenraumrichtwertevormals-ad-hoc>

**Flüchtige organische Verbindungen (VOC): Verbindliche bundeseinheitliche und toxikologisch abgeleitete Innenraumrichtwerte** werden durch den beim Umweltbundesamt angesiedelten Ausschuss für Innenraumrichtwerte festgelegt (AIR), <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/air>

**Chemische Wohngifte**, <https://www.baunetzwissen.de/gesund-bauen/fachwissen/schadstoffe-belastungen/chemische-wohngifte-1551627>

**Paritätische Lebensdauertabelle – Die Bewertung von Einrichtungen in Wohn- und Geschäftsräumen** –, Hrsrg. Mietrechtspraxis/mp, Verlag, Kurse und Seminare zum Mietrecht, 8004 Zürich (CH), Ausgabe 2017 und neuere

**UBA-Schimmelleitfaden – Leitfaden zur Vorbeugung, Erfassung und Sanierung von Schimmelbefall in Gebäuden („Schimmelleitfaden“)** –, 11-2017, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/gesundheit/umwelteinfluesse-auf-den-menschen/schimmel/neuer-uba-schimmelleitfaden>

**Badlüfter – Nachströmöffnungen Frischluft** –, <https://www.innoperform.de/fensterluefter-blog/wenn-dem-badluefter-die-luft-ausgeht>, letzter Abruf 12-2022

**Wärmespeicherung von Außenwänden**, <https://www.db-bauzeitung.de/bauen-im-bestand/energetisch-sanieren/waermspeicher-voermoen-sonne-bunkern/>, letzter Abruf 12-2022

**CO<sub>2</sub> als Lüftungsindikator**, <http://raumluft.linux47.webhome.at/natuerliche-mechanische-lueftung/co2-als-lueftungsindikator/>, letzter Abruf 12-2022

**Fogging – Ursachen und Beseitigung**, <https://www.malerblatt.de/aus-und-weiterbildung/fogging-effekt-untergrundbehandlung/Fogging = Magic Dust>, letzter Abruf 12-2022

**Hygroskopische Feuchteaufnahme von Holz aus der Umgebungsluft**, Tabellen je nach Holzart, praktische Feuchte, <http://www.holzfragen.de/seiten/ausgleichsfeuchte>, letzter Abruf 12-2022

**Aktuelle Energieknappheit – Auswirkungen auf Heizen und Lüften** – Auszug aus: Leitfaden zur Ursachensuche und Sanierung bei Schimmelpilzwachstum in Innenräumen – Zitat „Als Grundregel gilt, dass Feuchtigkeit und Schadstoffe möglichst am Entstehungsort und während oder unmittelbar nach ihrer Entstehung durch Lüften entfernt werden sollten“, E-Mail: [buergerservice@uba.de](mailto:buergerservice@uba.de), letzter Abruf 12-2022

**Fensterfalzabdichtungen**, Spaltmaße, Luftdurchlässigkeit (Infiltration), geregelte Fensterfalzlüftung (Systeme), <https://www.fensterbau-ratgeber.de/fenster/lueftung/richtig-lueften/>, letzter Abruf 12-2022

## Die Autorin



**Eva Lemmer** (geb. 1955 in Augsburg), Dipl.-Ing. FH der Fachrichtung Architektur, ist öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für Schäden an Gebäuden (IHK für München und Oberbayern) und Wirtschaftsmediatorin (IHK).

Nach dem Architektur-Studium an der Fachhochschule Augsburg (1976-1980) leitete Frau Lemmer ab 1980 ein eigenes Architektur- und Planungsbüro mit den Schwerpunkten Planung, Bauleitung und Abrechnung.

Seit 1991 erfüllt Frau Lemmer lückenlos die Voraussetzungen der öffentlichen Bestellung und Vereidigung (die Überprüfung der besonderen Sachkunde erfolgt alle 5 Jahre seitens der IHK).

Seit 2004 ergänzt Frau Lemmer die Tätigkeit als ö.b.u.v. Sachverständige durch die Zusatzqualifikation als Wirtschaftsmediatorin mit besonderen Kompetenzen in der außergerichtlichen Konflikt- und Streitlösung.

Die Tätigkeitsschwerpunkte liegen im Bereich des Wohnungsbaus (Altbau und Neubau) und umfassen technische und gutachterliche Prüfungen und Beratungen, die Beweissicherung und Dokumentation, technische Abnahmen, Prüfung der Beschaffenheit nach den vertraglichen Vereinbarungen, die Ermittlung und Erforschung der Ursachen von Schäden und Mängeln und deren voraussichtlichen Kosten zur Beseitigung/Prävention, die Beratung zum Management von Mangel- und Schadensbeseitigung mit der Erarbeitung von konkreten und wirtschaftlichen Lösungsoptionen.

Als Mentorin und Coach vermittelt sie ihr Wissen und ihre Erfahrungen sowohl an jüngere Kollegen, als auch über diverse Veröffentlichungen und Seminare.

[www.eva-lemmer.de](http://www.eva-lemmer.de)

E-Mail: [info@eva-lemmer.de](mailto:info@eva-lemmer.de)

## Der Herausgeber



**Thorsten Hausmann** wurde 1950 in Hamburg geboren und wächst in der Hansestadt auf. Nach Absolvieren der Wirtschaftsfachschule tritt Thorsten Hausmann 1970 als Großhandelskaufmann in den väterlichen Betrieb ein.

Der elterliche Betrieb wird kontinuierlich aufgebaut und bereits 1972 wird der junge Hausmann Mitgesellschafter der Werner Hausmann & Sohn Grundstücksgesellschaft mbH ([hausmann-makler.de](http://hausmann-makler.de)).

Dann folgen weitere geschäftsführende Tätigkeiten der eigenen Firmierungen:  
1978: Hausmann Hausverwaltung GmbH ([hausmann-hausverwaltung.de](http://hausmann-hausverwaltung.de))  
1981: Hausmann Immobilien Rhein-Main-Gebiet ([hausmann-mainz.de](http://hausmann-mainz.de))  
1989: Hausmann Objektbetreuung Dresden ([hausmann-objektbetreuung.de](http://hausmann-objektbetreuung.de))

In all den Jahren hat Thorsten Hausmann diverse Funktionen für zahlreiche Berufsverbände inne, ist seit 2012 Mitglied der Vollversammlung der IHK zu Lübeck und wurde 2022 deren „Alterspräsident“.

Als mittelständischer Familienunternehmer vertritt Hausmann die Interessen der regionalen Wirtschaft. Von 2003 - 2009 war Thorsten Hausmann zudem Stadtvertreter in Norderstedt und Mitglied in einigen Ausschüssen.

Der Firmenstammsitz ist in Norderstedt. Als WEG-Verwaltungsunternehmen gehört Hausmann zu den Marktführern in der Metropolregion Hamburg und als Immobiliendienstleister wurde die Hausmann Immobilien Beratung viele Male in Folge als Fairster Makler durch FOCUS-MONEY, u.a. für die fairste Kundenberatung und das beste Preis-Leistungs-Verhältnis, ausgezeichnet.

[www.hausmann-hausverwaltung.de](http://www.hausmann-hausverwaltung.de)

E-Mail: [info@hausmann-immobilien-beratung.de](mailto:info@hausmann-immobilien-beratung.de)

## Drei Generationen bestimmen bisher den Weg von Hausmann Immobilien



Das Gründerpaar Rita und Werner Hausmann

Der ursprüngliche Hausmann-Firmensitz befand sich in Sachsen und reicht bis ins 19. Jahrhundert zurück. Zwischen Bautzen und Dresden liegen die Wurzeln der Unternehmerfamilie. Die Nachkriegszeit verschlug die Hausmanns in den Westen. 1954 gründeten Rita und Werner Hausmann das Unternehmen neu in Hamburg. 1978 wurde der Geschäftssitz nach Norderstedt verlegt.

Die 1970 gegründete Stadt Norderstedt versprach einen guten Immobilienmarkt. Werner Hausmann hatte ein hervorragendes Gespür für neue, gewinnbringende Herausforderungen.

Die damalige Bundesrepublik war auf Wachstum abonniert, und auch Hausmann expandierte mit neuen Büros in Mainz und an weiteren deutschen Standorten.

Nach der Wiedervereinigung ging man nach Bautzen und später nach Dresden. Heute ist das Immobilienunternehmen Hausmann in der Metropolregion Hamburg und in Schleswig-Holstein, mit dem Geschäftssitz in Norderstedt und



drei Stadtbüros in Hamburg, im Rhein-Main-Gebiet, hier in Wiesbaden, und in Dresden vertreten.

1986 übertrug das Gründerehepaar die Geschäftsleitung an ihren Sohn Thorsten Hausmann. Tochter Kirsten Wulff (geb. Hausmann) und Ehefrau Hildegart Hausmann gründeten im Jahr 1983 eigene Immobilienfirmen, die selbstständig arbeiten und die angebotenen Hausmann-Dienstleistungen sinnvoll ergänzen.

Heute ist zudem die nächste Generation im Unternehmen tätig. Die älteste Tochter Tjersti Hausmann ist geschäftsführende Gesellschafterin von Hausmann Immobilien in Wiesbaden. Tochter Tanja Hausmann ist Prokuristin im Bereich des Immobilieneinkaufs, und die jüngste Tochter Dorte Hausmann ist als Prokuristin in leitender Funktion im Bereich des Immobilienverkaufs tätig. Beide arbeiten in der Metropolregion Hamburg und in Schleswig-Holstein.



Die reibungslose Fortführung des traditionellen Familienunternehmens ist schon heute sichergestellt.

## **Impressum**

Wohnungslüftung – Ein praktischer Ratgeber –

Aus der Ratgeber-Reihe der Hausmann Immobilien Beratung

Herausgeber: Thorsten Hausmann

Segeberger Chaussee 76, 22850 Norderstedt

Autorin: Eva Lemmer, Dipl.-Ing. FH der Fachrichtung Architektur  
Ö.b.u.v. Sachverständige für Schäden an Gebäuden  
(IHK für München und Oberbayern)  
Höhlmühlerstraße 4, 82392 Habach

Druck: Spranger Papier GmbH, Norderstedt

Gestaltung & Satz: Andrea Schwedt

3. Auflage, 250 Exemplare, © Januar 2023

Schutzgebühr: 15,00 Euro

Vorbehalt: Alle Berichte, Informationen und Nachrichten sind nach bestem Fachwissen zusammengetragen und recherchiert worden. Eine Gewähr für die Richtigkeit sowie eine Haftung kann nicht übernommen werden.

## **Immobilien Eigentümer und Hausverwaltung Eine faire Partnerschaft seit 1954**

### **Wohnungseigentumsverwaltung**

Als Familienunternehmen haben wir uns seit 1954 auf die Verwaltung von Wohnungseigentums-gemeinschaften spezialisiert.

### **Sondereigentumsverwaltung**

Als Vermieter übertragen Sie uns die Verwaltung Ihrer Immobilie mit allen damit verbundenen Auf-gaben und Pflichten.

### **Mietverwaltung**

Als Ihr Treuhänder für die Miet-verwaltung ist es unsere Aufga-be, Ihre Rendite zu sichern und für die Werterhaltung zu sorgen.

### **Vermieter-Sorglospaket**

Vergessen Sie als Vermieter Courtagen, Leerstand, Mietausfall und Mietnomaden! Informieren Sie sich!

Geschäftsführerin, Immobilienfachwirtin  
& Dipl.-Betriebswirtin (HAF)  
Frauke Reinholdt freut sich über  
Ihre persönliche Kontaktaufnahme.



[www.hausmann-hausverwaltung.de](http://www.hausmann-hausverwaltung.de)  
[info@hausmann-hausverwaltung.de](mailto:info@hausmann-hausverwaltung.de)

**(040) 529 0000**

## Hausmann® Immobilien Beratung

Seit 1954 verwalten, verkaufen und vermieten wir Wohnimmobilien in der Metropolregion Hamburg, in Norderstedt, in Schleswig-Holstein von der Nordsee- bis zur Ostseeküste, im Rhein-Main-Gebiet und in Ostdeutschland.

**Wir freuen uns auf Ihren Anruf!**

**Sofortkontakt:**



**(040) 529 600 48**

[www.hausmann-immobilien-beratung.de](http://www.hausmann-immobilien-beratung.de)  
[info@hausmann-immobilien-beratung.de](mailto:info@hausmann-immobilien-beratung.de)

mit 4 Standorten in der  
Metropolregion Hamburg

### ■ Hausmann Firmenzentrale

Segeberger Chaussee 76  
22850 Norderstedt  
Tel.: (040) 529 40 80  
Fax: (040) 529 32 76

### ■ Norderstedt

Schmuggelstieg 4  
22848 Norderstedt

### ■ HH-Niendorf

Niendorfer Marktplatz 4  
22459 Hamburg

### ■ HH-Winterhude

Peter-Marquard-Straße 3  
22303 Hamburg

und weiteren Büros in:

**Wiesbaden und Dresden**