

„Schimmelbildung in Wohnungen vermeiden durch richtiges Lüften und Heizen“

Quellen:

1. „Leitfaden zur Vorbeugung, Untersuchung, Bewertung und Sanierung von Schimmelpilzwachstum in Innenräumen“ der Innenraumlufthygienekommission des Umweltbundesamtes (www.umweltbundesamt.de); 2002.
1. Praxis-Fibel „Baufeuchte“ der testo AG, Lenzkirch, 2004. Die Firma testo (www.testo.de) ist einer der führenden Hersteller von Messgeräten zur Bestimmung von Temperaturen, Feuchtigkeit, Druck etc. her.
2. Studie „Schimmelpilze – altes Thema, neue Ansätze“ vom Fraunhofer-Institut. f. Bauphysik, www.bauphysik.de

Wir zitieren hier die uns wesentlich erscheinenden Passagen, um interessierten Mietern die Lektüre der sehr umfangreichen Originale zu ersparen; eigene Anmerkungen sind durch **rote Schriftfarbe** deutlich gemacht).

Aus Quelle 1:

...

B-2 Richtiges Lüftungs- und Heizverhalten

Der Wohnungsnutzer kann durch sein Verhalten dazu beitragen, dass Schimmelpilze in der Wohnung keine günstigen Wachstumsbedingungen finden. Durch richtiges Lüften und Heizen kann die Feuchtigkeit im Gebäude begrenzt werden. Die **relative Feuchte der Luft im Gebäude sollte dauerhaft 65–70 %** (direkt über Materialien < 80 %) **nicht überschreiten**. Wichtig ist, dass die **Feuchtigkeit**, die durch die Aktivitäten im Raum entsteht (z.B. Feuchtigkeitsabgabe des Menschen, Duschen, Kochen, Waschen), **durch regelmäßiges Lüften nach außen abgeführt** wird.

B-2.1 Luftfeuchtigkeit und Lüftung

Die Möglichkeit, durch Lüftung Feuchtigkeit aus dem Raum zu entfernen, beruht darauf, dass Luft abhängig von der Temperatur unterschiedliche Mengen Wasserdampf aufnehmen kann. In Tabelle 3 ist das beispielhaft für einige Temperaturen dargestellt. Wie man aus der Tabelle erkennt, nimmt der maximal mögliche Wassergehalt der Luft mit der Temperatur stark zu. Warme Luft enthält bei gleicher relativer Feuchte viel mehr Wasser als kalte Luft. Kalte Außenluft im Winter enthält wenig Wasser, auch wenn ihre relative Feuchte hoch ist.

Wassertransport beim Lüften: Kalte Außenluft, die beim Lüften in den Innenraum gelangt, nimmt beim Erwärmen Feuchtigkeit auf, die mit der erwärmten Luft wieder nach außen abgeführt wird. **Bei kalter Außenluft kann im Innenraum – selbst bei Regenwetter – durch Lüftung eine Austrocknung erzielt werden**. Je kälter die Luft ist, desto mehr Wasser kann sie beim Erwärmen aufnehmen. Daher kann **im Winter durch Lüften mit kalter Außenluft mehr Feuchtigkeit aus einem Raum entfernt werden als im Sommer**.

Luft ist also in der Lage mehr Wasser aufzunehmen, wenn sie erwärmt wird. Dies kann ausgenutzt werden, um Feuchtigkeit durch Luftaustausch aus einem Raum abzuführen. Wird zum Beispiel Wasserdampfgesättigte Außenluft mit einer Temperatur von 5 °C (**Anmerkung Dr. Breit OHG: kaltes Regenwetter!**) in einen Raum eingebracht und mit einer Temperatur von 20°C und einer relativen Feuchte von 60% (**Anmerkung Dr. Breit OHG: normales gutes Raumklima**) wieder hinaus gefördert, dann werden je kg Luft $8,7 - 5,5 = 3,2$ g Wasser (vgl. Tab. 3) nach außen transportiert. Hier erkennt man die Möglichkeit, die Feuchtigkeit in einem Raum durch Lüftung zu reduzieren. Der zur Abfuhr von Feuchtigkeit erforderliche Luftaustausch lässt sich berechnen, wenn bekannt ist, wie viel Wasser anfällt. **In einem Dreiper-**

sonenhaushalt werden durch die Wasserdampfabgabe der Personen (30 bis 100 g/h je Person) durch Duschen, Waschen, Wäschetrocknen, Kochen sowie durch Pflanzen, Aquarien und andere Feuchtequellen **täglich etwa 10 ± 4 kg Wasser freigesetzt**. Eine Zusammenstellung von Erfahrungswerten gibt Tabelle 4 wieder.

Tabelle 3: Wassergehalt (absolute Feuchte) in g Wasser/kg trockene Luft* bei verschiedenen Raumlufttemperaturen und relativen Feuchten

Raumlufttemperatur °C	Relative Feuchte in %**			
	30	50	60	100 (gesättigt)***
0	1,1	1,9	2,3	3,8
5	1,6	2,7	3,3	5,5
10	2,3	3,8	4,6	7,7
15	3,2	5,3	6,4	10,8
20	4,4	7,3	8,7	14,9
25	5,9	9,8	11,8	20,3
30	7,9	13,2	15,8	27,6

* 1m³ Luft wiegt ca. 1,2 kg

** Die relative Feuchte ist näherungsweise gleich dem Wassergehalt bezogen auf den Wert bei Sättigung bei gleicher Temperatur.

*** Beim Erreichen der maximal aufnehmbaren Wassermenge nennt man die Luft „wasserdampfgesättigt“. Die relative Feuchte beträgt dann 100 %.

Tabelle 4: Beispiele für durchschnittliche tägliche Wasserdampfabgabe (Feuchtelast) in Drei-Personen-Haushalten

Raum	Quellen	Wassermenge in g/d	
		Beispiel 1	Beispiel 2
Küche	Kochen + Feuchtreinigung	3.000	800
Bad/WC-Raum	Waschmaschinenlauf	150	0
	Duschbad	650	800
	Wäschetrocknen	nicht untersucht	1.250
Andere Räume	ruhende Person	960	2.550
	aktive Person	2.430	
	Topfpflanzen	3.600	720
	Sonstiges, z. B. nasse Kleidung	200	700
	freie Wasserflächen	480	
Wohnung	alle	11.470	6.820

Quelle: Heinz, E. (2000): Kontrollierte Wohnungslüftung, Verlag Bauwesen, Berlin: S. 23

Tabelle 5: Luftwechsel bei verschiedenen Fensterstellungen bzw. Lüftungseinrichtungen (Schwankungen nach oben und unten sind möglich in Abhängigkeit von Fenstergrößen, Raumvolumina, Temperaturdifferenzen innen/außen, Dimension der Lüftungseinrichtungen etc.)

Fensterstellung/Lüftungseinrichtung	Luftwechsel (h ⁻¹)
Fenster in Kippstellung	0,3–4
Fenster halb geöffnet	4–10
Fenster ganz geöffnet	4–20
Querstromlüftung (mehrere gegenüberliegende Fenster ganz geöffnet)	10–50
Mechanische Lüftungseinrichtung ohne Gebläse	0,5–4
Mechanische Lüftungseinrichtung mit Gebläse	0,5–10

Zusammenstellung aus Literaturangaben: (Wegner u. Schlüter 1982; Erhorn 1986; Anonymous 1997; Krooß et al. 1997)

(Anmerkung Dr. Breit OHG: Man beachte hier den Unterschied zw. Kipplüftung und Querlüftung; im Mittel muß bei Kipplüftung **14 mal so lange** gelüftet werden wie bei Querlüftung, um denselben Luftaustausch zu erzielen)

Um 10 kg Wasser aus einem Haus abzuführen, müssen bei dem auf Seite 17 genannten **Beispiel** (Abtransport von 3,2 g Wasser pro kg Luft) $10 / 0,0032 \approx 3000$ kg Luft durch das Gebäude gefördert werden (**Anmerkung Dr. Breit OHG: am Tag**). Häufig bezieht man den Luftaustausch auf das Gebäudevolumen. Wenn das Gebäude ein Volumen von 360 m³ und damit einen Luftinhalt von ca. 400 kg hat (vgl. Fußnote Tab. 3), muss dieser Luftinhalt **mindestens 7 mal** (7 x 400 kg = 2800 kg Luft) **täglich ausgetauscht** werden, um die 10 kg Wasser abzutransportieren. Der stündliche Luftwechsel beträgt dann im Mittel $7/24 \text{ h} = 0,3/\text{h}$. Die Zahlen ändern sich entsprechend, wenn die Temperaturen und Feuchtequellen andere sind. Die im Beispiel genannten Zahlen für den Luftaustausch liegen an der unteren Grenze der wirklich erforderlichen Werte.

Aus hygienischer Sicht wird vielfach ein Luftwechsel von 0,5-1,0/h bei normaler Wohnraumnutzung für sinnvoll erachtet.

(Anmerkung Dr. Breit OHG: Nach Tabelle 5 erbringt Querlüftung im Mittel einen Luftwechsel von 30/h. Man muß also $1/40$ Stunde = 1,5 Minuten je Stunde bzw. **4,5 Minuten alle 3 Stunden querlüften**, um auch nur die mittlere Hygiene-Anforderung des Umweltbundesamts von 0,75 Luftwechseln/h zu erfüllen. Unsere praktische Erfahrung bei Dutzenden von Wohnungs-besichtigungen ist, daß die allerwenigsten Mieter, welche über Schimmel in der Wohnung klagen, diese Anforderung erfüllen. Im Umkehrschluß darf man zumindest vermuten, daß die allerwenigsten Mieter überhaupt über Schimmel klagen müßten, würden sie den Lüftungsempfehlungen des Umweltbundesamts folgen)

Es gibt jedoch bis heute keine verbindliche Festlegung von Mindestluftwechselstandards. Bei hoher Raumbelastung, wie z.B. in Schulklassen, können höhere Luftwechselraten notwendig sein. Welche Luftwechselraten sich bei welchen Lüftungskonstellationen in der Praxis ergeben können, ist an einigen Beispielen in Tabelle 5 aufgeführt. Aus Tabelle 3 folgt nicht nur, warum durch Lüften eine Trocknung erreicht werden kann, sondern auch warum es an kalten Wänden zu Tauwasserbildung kommen kann. Wird warme, mit Wasser gesättigte Luft abgekühlt, so muss die Luft Wasser als Tauwasser oder Nebel ausscheiden. Aus der Natur ist uns dieser Vorgang bekannt. In der Wohnung kann es entsprechend an kalten Wänden, an denen die warme Raumluft abgekühlt wird, zu Tauwasserbildung kommen oder können sehr hohe relative Feuchten erreicht werden, die ein Schimmelpilzwachstum ermöglichen.

Je schlechter die Wärmedämmung der Außenwände ist oder je mehr bauliche Fehler bei der Gebäudekonstruktion gemacht wurden (z.B. in Form von Wärmebrücken) und je schlechter Außenwände durch zirkulierende Raumluft erwärmt werden, zum Beispiel hinter Schränken oder hinter Wandverkleidungen, um so niedriger ist im Winter die Oberflächentemperatur dieser Außenwände. Damit nimmt die relative Feuchte an der Innenwandoberfläche und die Gefahr der Tauwasserbildung entsprechend zu (vgl. C-3). Daher sollten an Außenwänden, vor allem bei ungenügender Wärmedämmung, **keine dicht abschließenden Möbelstücke, Bilder oder schwere Gardinen aufgestellt** bzw. aufgehängt werden. Als Richtschnur kann ein Mindestabstand von ca. 10 cm angesehen werden.

...

B-2.3 Richtiges Lüften

....

TIPPS für richtiges Lüften

Zur Verringerung der Feuchte im Raum sollte **vorzugsweise mehrmals täglich eine kurze Stoßlüftung (5–10 min. bei weit geöffnetem Fenster) erfolgen.**

BAD: Im Bad sollte, insbesondere bei Räumen mit ungenügender Lüftungsmöglichkeit, **nach dem Duschen das Wasser von Wänden und Boden entfernt** werden. Es braucht dann nicht mehr durch Lüftung abgeführt zu werden. Nach dem Duschen sollte man die **Fenster im Bad (soweit vorhanden) kurzzeitig weit öffnen**. Da nasse Handtücher und Wände im Badezimmer – trotz kurzzeitigen Lüftens – noch viel Wasser enthalten können und sich damit

längerfristig eine zu hohe relative Feuchte im Raum einstellt, kann es hilfreich sein, die **Türen zu anderen beheizten Räumen nach dem Lüften offen zu halten** (Anmerkung Dr. Breit OHG: Die Betonung liegt hier auf „beheizt“. Auf gar keinen Fall sollte man die Tür(en) zwischen einem gerade benutzten Bad und einem nicht geheizten Schlafzimmer offenstehen lassen; siehe unten KÜHLE RÄUME). Bei kleinen fensterlosen Räumen empfiehlt sich außerdem die Installation einer möglichst über Feuchtesensoren gesteuerten, mechanischen Belüftung.

KÜCHE: In der Küche kann durch einen Dunstabzug mit Abführung der Abluft ins Freie viel Feuchtigkeit aus dem Raum entfernt werden. Ein solcher Abzug ist überdies unter dem Gesichtspunkt der Abführung von Kochdünsten und – beim Kochen mit Gas – von Verbrennungsgasen sinnvoll. **Dunstabzugshauben mit Umluftführung sind zur Verringerung der Luftfeuchtigkeit in der Küche nicht geeignet.**

KÜHLE RÄUME: Weniger beheizte Räume (z.B. **Schlafzimmer**) sollten **nicht mittels warmer Luft aus anderen Räumen (am Abend) aufgewärmt** werden. Im kälteren Raum kann es **sonst** an Wänden oder Fensterscheiben zu **Tauwasserbildung** kommen. Bei Nutzung des – wenig beheizten – Schlafzimmers sollte durch gute Lüftung für die Abfuhr von Feuchtigkeit (jeder Schlafende gibt Wasserdampf ab) gesorgt werden, da es sonst zu Tauwasserbildung kommen kann.

In Räumen, die längere Zeit nicht benutzt und beheizt wurden, sollte bei erneutem Gebrauch vorher vermehrt gelüftet werden.

ABWESENHEIT: Können wegen Abwesenheit der Bewohner die Fenster einer Wohnung nicht mehrmals täglich geöffnet werden, sollten wenigstens die **Innentüren offen gehalten werden**, damit noch vorhandene Feuchte aus den feuchteren Bereichen (z.B. Küche, Bad) gleichmäßig über alle Räume verteilt wird.

Aus Quelle 2 (Physikalische Grundlagen. Schimmel kann nur dort entstehen, wo es feucht ist. Wie kommt es dazu, daß sich Feuchtigkeit an Wänden niederschlägt?):

...

Die Messgröße Luftfeuchte ist ganz entscheidend, wenn man Schimmelschäden beurteilen will. Außerdem ist sie ein wichtiger Indikator bei der technischen Bautrocknung, um festzustellen, wann ein Trocknungsvorgang beendet werden kann. Es gibt eine Vielzahl von Kennwerten, mit denen angegeben werden kann, wie viel Wasserdampf sich in der Luft befindet. Im Rahmen der Anwendungen, die in diesem Ratgeber zur Sprache kommen, sind nur die Absolutfeuchte (Gramm Wasser / m³ Gas) und die Relativfeuchte (Gramm tatsächlich vorhandenes Wasser / Gramm maximal mögliches Wasser) interessant. Die Absolutfeuchte beschreibt, welche Masse an Wasser(dampf) in einem Kubikmeter Raumluft (inklusive des Dampfes) vorhanden ist.

Streng genommen müsste man dabei auf die Einhaltung des Normdrucks achten. In der Praxis ist das jedoch nicht relevant, da die Gerätetechnik und Messdurchführung höhere Ungenauigkeiten verursachen. Die Relativfeuchte beschreibt, wie viel von dem maximal möglichen Aufnahmevermögen der Luft aktuell ausgenutzt wurde. Diese Angabe ist temperaturabhängig!

Abb. 5: Temperaturabhängigkeit der Relativfeuchte

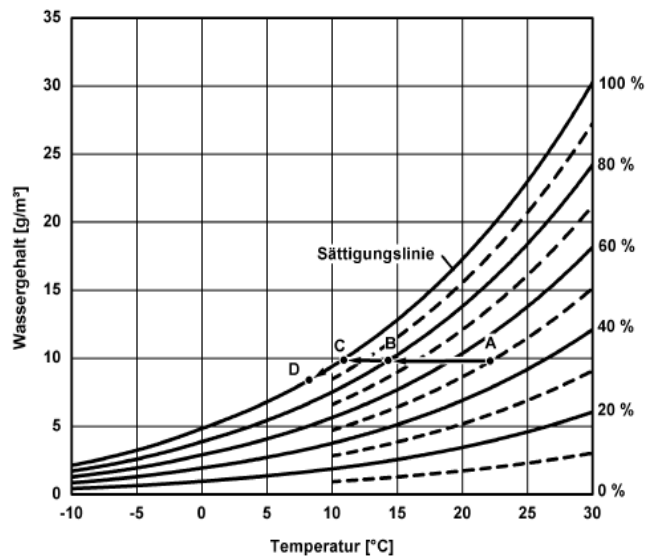
Absolut- und Relativfeuchte in der Praxis ⁵			
Raumluft bei	mit einem Wassergehalt von angenommen	...wäre gesättigt bei...	und weist folglich eine Relativfeuchte auf von...
20°	9,5 g/m ³	17 g/m ³	55%
Dies wäre ein typisches Raumklima beispielsweise in einem Wohnzimmer. Gelangt diese Luft nun in ein unterkühltes Schlafzimmer mit einer Ecke, die nur ca. 10° an der Oberfläche aufweist...			
...kühlt diese Luft ab auf...	Sie enthält zunächst immer noch...	...ist aber schon gesättigt bei...	Das heißt:
10°	9,5 g/m ³	9 g/m ³	Etwa 0,5 g, entsprechend 0,5 ml, "Überschuss" kondensieren aus, und zwar zuerst an der kalten Fläche => Schimmelbildung! Die Betauung beginnt ab einer Abkühlung auf 10,7°. Schimmelbefall beginnt schon vor der Betauung.
Abhilfe: Möbel abrücken, Decke oberseitig dämmen, Schlafzimmer besser beheizen. Damit könnte die Wandtemperatur beispielsweise auf 15° gesteigert werden:			
Diese Luft kühlt also nur noch ab auf...	Sie enthält immer noch...	...ist aber erst gesättigt bei...	Das entspricht einer Relativfeuchte an der Wand von:
15°	9,5 g/m ³	13 g/m ³	73%. Der Wert ist deutlich unter dem kritischen Wert für Schimmelbildung von 85%. => Problem gelöst!

aus Quelle 3:

...
 Im Folgenden soll dargestellt werden, in welcher Weise die aufgezählten Einflussgrößen das Schimmelpilzwachstumsrisiko beeinflussen. Eine **Grundvoraussetzung zum Verständnis der ablaufenden Mechanismen ist dabei die Kenntnis des Einflusses der Oberflächentemperatur auf die Oberflächenluftfeuchte in Abhängigkeit der Raumluftklimarandbedingungen.**

Anhand des Zustandsdiagramms von Luft in Bild 1 lassen sich die ablaufenden Vorgänge anschaulich erläutern. Dargestellt sind die in Abhängigkeit vom Wassergehalt der Luft (Ordinate) und der Temperatur (Abszisse) vorliegenden relativen Luftfeuchten. Die Luft in einem Raum mit beispielsweise 22 °C und einem Wassergehalt von 10 g/m³ besitzt eine relative Luftfeuchte von 50 % (Punkt A). Hat die Innenwandoberfläche ebenfalls 22 °C, werden auch dort 50 % Luftfeuchte vorliegen. Gerade **im Winter** wird aufgrund der niedrigen Außenlufttemperaturen die **innerseitige Oberflächentemperatur abgesenkt** (für dieses Beispiel sei eine Oberflächentemperatur von 15 °C angenommen; siehe dazu auch Ziffer 3.1), wogegen durch die Raumheizung die Innenlufttemperatur auf 22 °C konstant gehalten wird. In Wandoberflächennähe ist aber weiterhin der absolute Wassergehalt der gleiche wie in Raummitte (in diesem Beispiel weiterhin 10 g/m³). Das bedeutet: Bei Annäherung an die Wand ändert sich der Zustand der Luft, wie in Bild 1 dargestellt, parallel zur Abszisse bis zum Punkt B. Man erkennt, dass **in Wandnähe somit eine höhere Luftfeuchte von 80 % vorliegt, was für das Schimmelwachstum günstigere Voraussetzungen bringt.** (Anmerkung Dr. Breit OHG: Wenn Sie bei Auftreten eines Schimmelproblems in Ihrer Wohnung kontrollieren wollen, ob Sie richtig heizen und lüften, können Sie in der Nähe der betroffenen Stelle ein Hygrometer anbringen; Sie verhalten sich dann richtig, wenn die relative Luftfeuchtigkeit nie 70% überschreitet.) Eine weitere Abkühlung der Wandinnenoberfläche würde unter diesen

Bedingungen das Erreichen des Taupunktes (bei ca. 11°C; Punkt C) bedeuten. Bei Unterschreitung dieser 11°C läuft der Zustand der Luft entlang der Sättigungslinie (bis z.B. zu Punkt D), d.h. der Wassergehalt der Luft muss abnehmen, da ansonsten relative Luftfeuchten über 100 % erreicht würden. Die Folge ist, dass an der kühlen Oberfläche Tauwasser ausfällt.



...

3.4. Unzureichende Beheizung

Bei gleichem absolutem Wassergehalt wird die relative Luftfeuchte durch eine Erhöhung der Raumlufttemperatur erniedrigt und die Innenoberflächentemperatur erhöht, was die Schimmelpilzgefahr vermindert. Ungünstig sind natürlich Wohnungen mit unbeheizten Zimmern (meist Schlafzimmer). In diesen Räumen liegt eine niedrigere Raumluft- und damit Oberflächentemperatur vor, verbunden mit einer hohen Oberflächenluftfeuchte.

.....

3.5. Feuchteproduktion im Raum

Die sich an Innenoberflächen von Außenbauteilen einstellende relative Feuchte hängt nicht nur von der Temperaturdifferenz zwischen Raumluft und Oberfläche ab, sondern auch **maßgeblich von der Feuchteproduktion im Wohnraum**. Eine hohe Feuchteproduktion im Wohnraum führt bei gleicher Lüftung zu höheren Raumluftfeuchten und damit gekoppelt auch zu höheren Innenraumoberflächenfeuchten.

In Tabelle 3 sind typische Feuchteabgabemengen in Wohnräumen aufgelistet. Daran lässt sich erkennen, in welcher Weise die Feuchteproduktion in Gebäuden durch die Bewohner beeinflusst werden kann. Es verwundert nicht, dass Schimmelpilzbefall vor allem dann auftreten kann, wenn Fenster erneuert wurden und keine wärmetechnische Fassadensanierung erfolgte. Dabei kommt es durch die Reduktion des Luftwechsels aufgrund höherer Dichtheit der Fensterfugen zu erhöhten Feuchtelasten in den Räumen, **da meist das Lüftungsverhalten nicht verändert wird**. (Anmerkung Dr. Breit OHG: Daraus folgt natürlich **nicht**, daß ein Hausbesitzer einen „Baumangel“ entstehen läßt, wenn er moderne, dicht schließende Fenster einbaut, ohne gleichzeitig die Fassade zu dämmen. Dies wäre absurd. Vielmehr müssen die Bewohner nach dem Einbau neuer Fenster ihr Lüftungsverhalten grundlegend ändern. Durch häufiges Stoß-Lüften geht die durch den Einbau der modernen Fenster gewonnene Energieeinsparung keinesfalls verloren.) Auch wenn die Fensterindustrie moderne Fenster mit hoher Fugendichtheit herstellen kann, muss im geschlossenen Fensterzustand ein gewisser Grundluftwechsel möglich sein.

3.6. Lüftung

Die Lüftung des Wohnraumes stellt das wirksamste Mittel dar, um Feuchte aus dem Raum

abzuführen. **Vor allem im Winter enthält die Außenluft trotz hoher relativer Feuchte eine geringe absolute Feuchte. Bei Winterlüftung wird die relative Feuchte im Raum erniedrigt.** Ein Beispiel soll dies verdeutlichen. Tabelle 4 zeigt bei unterschiedlichen Außenlufttemperaturen und einer typischen relativen Außenluftfeuchte von 80 % die relative Feuchte der Luft, wenn sie auf jeweils 20 °C erwärmt wird. Beispielsweise bei –10 °C außen wird durch die Erwärmung die relative Luftfeuchte auf 9 % abgesenkt.

Tabelle 3: Zusammenstellung der Feuchteabgabe in Räumen bei einer Innenlufttemperatur von 20 °C, nach [2].

Feuchtequelle		Feuchteabgabe pro Stunde [g/h]
Mensch, leichte Aktivität		30 – 40
trocknende Wäsche (4,5 kg Trommel)	geschleudert	50 – 200
	tropfnass	100 – 500
Zimmerblumen (z.B. Veilchen)		5 – 10
Topfpflanzen (z.B. Farn)		7 – 15
mittelgroßer Gummibaum		10 – 20
freie Wasseroberfläche (z.B. Aquarium)		ca. 40 ¹⁾

¹⁾ Gramm pro Quadratmeter und Stunde, je nach Umgebungsbedingungen.

Tab. 4: Relative Luftfeuchte bei unterschiedlichen Außenlufttemperaturen durch Erwärmen auf 20 °C von 80 % feuchter Außenluft bei jeweils gleichbleibender absoluter Feuchte.

Außenlufttemperatur [°C]	Relative Feuchte außen [%]	Absolute Feuchte ¹⁾ [g/m³]	Relative Luftfeuchte bei 20 °C [%]
-10	80	1,7	9
0		3,9	21
10		7,5	42
20		13,5	80