

Behaglichkeit und angenehmes Raumklima

Ob ein Raum als „behaglich“ empfunden wird, hängt von vielen Faktoren ab, darunter zum Beispiel die Beleuchtungssituation, Gerüche und zahlreiche psychologische Faktoren. Die folgenden Informationen beschränken sich auf den Bereich der so genannten *thermischen Behaglichkeit*, das heißt jenen Aspekten, die mit der Kombination von **Temperatur**, **Luftbewegung** und **Luftfeuchtigkeit** innerhalb der Wohnräume zu tun haben.

Als *behaglich* werden von vielen Menschen Raumlufttemperaturen zwischen 19 und 23°C bei geringen Luftbewegungen und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 40 bis 60% empfunden. Was unter Luftbewegungen und (relativer) Luftfeuchtigkeit genau zu verstehen ist, wird im Folgenden besprochen. Was die Temperatur betrifft, so ist für das Raumklima nicht nur jene wichtig, die wir mit einem Raumluftthermometer messen können. Besonders bedeutsam ist die *empfundene Temperatur*, und diese hat wiederum mit dem Unterschied zwischen der durchschnittlichen Lufttemperatur und der so genannten *Innen-Oberflächentemperatur* zu tun.

Drei Arten von Wärme

Wärme erreicht oder verlässt unseren Körper auf drei verschiedene Weisen:

1. Als **Strahlung**: Erwärmte Gegenstände strahlen ihre Wärme ab. Diese Strahlungswärme empfinden Menschen tendenziell als besonders angenehm. Kachelöfen, die große (Kachel-)Flächen erwärmen, Fuß- und Wandheizungen machen sich diesen Effekt gezielt zunutze aber die *Innen-Oberflächentemperatur* von Wänden, Decken, Fußböden, Möbeln, etc. ist in jeder Wohnung ein wichtiger Faktor der Behaglichkeit. Höhere Innen-Oberflächentemperaturen werden als so angenehm wahrgenommen, dass wir uns mit geringeren Lufttemperaturen wohl fühlen als in Räumen mit kalten *Innen-Oberflächen*.
2. Als **Konvektion**: Erwärmte Gegenstände (im Wohnbereich vor allem Heizkörper) und Feuerungsstellen (z.B. ein offener Kamin) erwärmen die umgebene Luft. Diese steigt auf (Konvektion) und vermischt sich mit der kühleren Luft der Umgebung, wobei auch diese erwärmt wird. Hieraus ergibt sich die auf dem Thermometer ablesbare Raumlufttemperatur. Die meisten Heizungen erzeugen vor allem diese Art von Wärme. Je kleiner der Heizkörper (je geringer seine Oberfläche), desto heißer muss er werden um den Mangel an Strahlungswärme durch Konvektion auszugleichen.
3. Als **Wärmeleitung**. Im Haushalt ist diese Form der Wärmeübertragung weniger bedeutsam, spielt aber beim direkten Kontakt der Haut mit dem Fußboden oder einem Heizkörper eine Rolle. Fliesen leiten Wärme beispielsweise besser als Holz und wirken daher oft kühl, wenn man barfuß auf ihnen geht; Teppichboden bewirkt das Gegenteil.

Das Gegenteil ist der Fall, wenn barfuß auf Steinfußböden gegangen wird, die durch Sonneneinstrahlung oder eine Fußbodenheizung erwärmt wurden. Wir nehmen auch die Fähigkeit eines Materials wahr, Wärme zu leiten, und nicht nur seine absolute Temperatur. Eine 22°C warme Fliese erscheint uns kälter als ein 22°C warmer Teppich.¹

Zugluft



Zugluft



Luftzug nimmt Wärme über dem Körper auf

Wenn die Luft in einem Raum in Bewegung ist, streicht sie über die Haut. Im Extremfall nehmen wir dies als Zugluft wahr. Oft ist dieser Luftzug aber gar nicht direkt spürbar. Dennoch nimmt Luft, die über den Körper streicht, Wärme auf und transportiert diese fort. Dieser Wärmeverlust reduziert das Wärmepolster, das sich um den Menschen durch dessen Körperwärme bildet, und vermindert so oft das Behaglichkeitsempfinden: die **empfundene Temperatur** sinkt. Unter diesen Bedingungen können messbare Temperaturen, die unserer Erfahrung nach angenehm sein müssten, dennoch als zu kühl empfunden werden. Eine messbare Raumtemperatur von 21°C beispielsweise kann in einem Raum mit geringer Luftbewegung als durchaus angenehm, in einem mit relativ starker jedoch als kühl empfunden werden. Hinzu kommt, dass vom Körper selbst (= Wärmequelle von 37°C) direkt ein Wärmefluss in Richtung Flächen mit niedriger Oberflächentemperatur erfolgt. Wir fühlen uns in solchen Räumen oft nur in der Nähe der Heizung wohl: Hier ist der Unterschied zwischen Lufttemperatur und Körpertemperatur nicht so

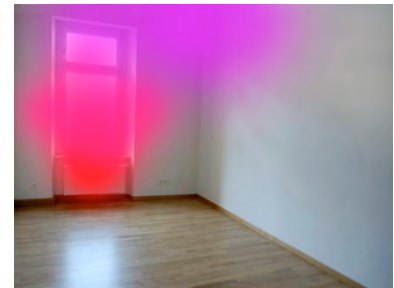
¹ **Ist der Heizkörper wirklich „kalt“?** Der Griff an eine Vase aus Glas oder einen Gegenstand aus Metall vermittelt uns das Gefühl, dass diese Gegenstände kälter sind als beispielsweise ein Sofa oder ein Buch. Wenn sich diese Gegenstände aber über längere Zeit in einem Raum mit etwa gleichgebliebener Lufttemperatur befunden haben, müssen sie gemäß den Gesetzen der Physik alle dieselbe Temperatur besitzen. Der Grund für unsere Wahrnehmung ist, dass wir die Wärmeleitfähigkeit der Gegenstände spüren. Glas und Metall leiten Wärme wesentlich besser als Stoff oder Papier. Das heißt, sie leiten die Körperwärme aus unserer Hand viel schneller ab und genau das nehmen wir als kühl wahr: die Gegenstände kühlen unsere Hand ab. Im Grunde leiten all diese Dinge unsere Körperwärme ab und wir empfinden sie deshalb als mehr oder weniger kühl - nie aber als warm. Erst wenn die Dinge Temperaturen erreichen, die unserer Körpertemperatur nahe kommen oder diese übersteigen, erscheinen sie tatsächlich als warm. Erst dann liefern sie unserem Körper Wärme: sie wärmen uns und werden nicht durch uns erwärmt. Ein Heizkörper kann also 20, 25 oder sogar 30°C haben und wir empfinden ihn trotzdem als kühl - besonders im Vergleich mit Dingen, die nicht aus Metall sind!

hoch, dass viel Körperwärme abtransportiert werden könnte; kalte Wände haben den gegenteiligen Effekt.

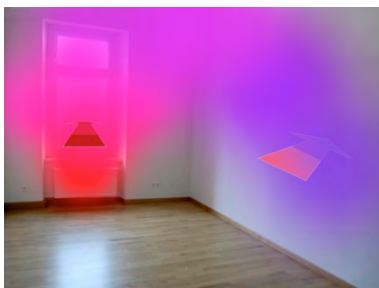
In der Regel haben die Heizkörper die wärmsten Oberflächen in einem Raum, aber auch Elektrogeräte können sich stark aufheizen. Um sie herum erwärmt sich die Luft und dehnt sich dabei aus (dies ist eine physikalische Eigenschaft warmer Luft). Sie bewegt sich in Richtung der kälteren Innen-Oberflächen und gibt einen Teil ihrer Wärmeenergie an diese ab. Das heißt, die Luft kühlt ab und heizt die angrenzenden, kälteren Wände und



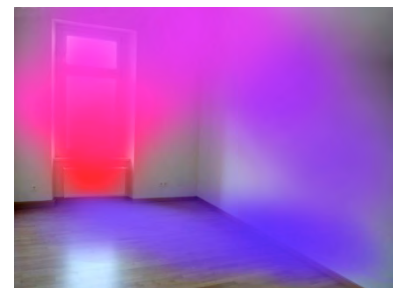
Bewegung warmer Heizungsluft in Richtung kühlerer Luft am Fenster



Ausbreitung in den Raum hinein mit Tendenz zu kühlen Wänden



Wärmeverluste durch Fenster und Wände / Erwärmung der Wände



Luft sinkt ab und bewegt sich in Richtung Heizkörper

Gegenstände gleichzeitig auf. Dies ist deutlich an einem kalten Tag zu spüren, der auf mehrere warme folgt. Es ist dann meistens nicht nötig, sofort zu heizen, weil die Wohnung noch warm ist. Diese Wärme steckt vor allem in den Wänden.

Dass Wärme in den Wänden gespeichert wird, ist zwar im Sinne der Strahlungswärme vorteilhaft, wenn sie aber die Wärme aus der Wohnung hinaus weitergeben können, wird ein Nachteil daraus. Wärmedämmungen der Wände und heizende Nachbarn sind diesbezüglich ein großer Vorteil.

Die Differenz zwischen Raumlufttemperatur und durchschnittlicher Innen-Oberflächentemperatur sollte nicht mehr als 3°C betragen, damit diese Luftbewegungen nicht zu stark werden.

Thermische Benachteiligung

Jedes Gebäude hat Wärmeverluste. In einem Passivhaus sind dies unter 10 Watt pro m² Wohnfläche im Jahr; bei ungedämmten Altbauten können es über 300 Watt sein. Am meisten Wärme geht durch Wände, Geschossdecke und Fenster verloren. Es gibt viele mögliche Gründe für niedrige Temperatur der Wände. Dazu gehören:



Ungedämmte Außenwände. Hier ist die Auskühlung besonders stark, wenn die Mauer dünn ist und/oder eine schlechte Wärmespeicherfähigkeit besitzt (z.B. Betonwände)².

Foto: Haus wird gedämmt.

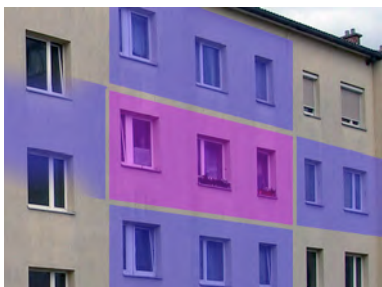


Lage der Wohnung...

- mit zwei Außenwänden
- unter einem ungedämmten Dach
- über einem unbeheizten Keller oder im Erdgeschoss; verstärkt in unterkellerten Gebäuden ohne gute Bodendämmung



Off besonders kritisch: Lage in einer Gebäudeecke



Wenig beheizte oder sogar leerstehende Nachbarwohnungen oder große Wandflächen zu unbeheizten Gängen oder Stiegenhäusern.



Besonders kritisch: Lage über Durchgängen und/oder Garagen



Schlechte Fenster: Dünne Scheiben, kaputte Rahmen, ungünstiges Material (manche Rahmen aus Aluminium, beispielsweise, werden eiskalt).

Mehrere dieser Faktoren addieren sich und können zu erheblichen Wärmeverlusten und einer sehr geringen Behaglichkeit führen. Im Sommer sind sie oft dafür verantwortlich, dass sich der Effekt umkehrt und ein unerwünscht hoher Wärmetransport von außen nach innen stattfindet.

Wenn also Innen-Oberflächen der Wohnung leicht auskühlen, hat dies zwei negative Folgen:

- 1.) relativ starke Luftbewegungen in der Wohnung verringern die Behaglichkeit

² In einem gut gedämmten Gebäude sollte die Wandtemperatur nie unter 18°C fallen. Selbst dann nicht, wenn es draußen -20°C hat.

- 2.) wegen der dauernden Wärmeverluste muss verhältnismäßig viel geheizt werden um die Wohnung warm zu halten.

Maßnahmen gegen Thermische Benachteiligung

Wenn eine Wohnung thermisch benachteiligt ist, ist es für einzelne MieterInnen meistens nur sehr begrenzt möglich, Maßnahmen dagegen zu ergreifen.



Sinnvoll aber organisatorisch in Mietwohnungen kaum zu realisieren: Wärmedämmung, neue Fenster, Fußbodenheizung.



Nachts und in unbenutzten Räumen Rollläden, Jalousien und Vorhänge schließen. Mit Vorhängen jedoch nicht die Heizkörper verhängen.



Zugluft stoppen und Fenster und Türen dichten.



Kalte Fußböden abdecken. Dabei auf natürliche Materialien achten!



Sehr wichtig: Quer- oder Stoßlüften statt „Kipp“-Lüften; siehe Abschnitt zum Thema Lüften



In Extremfällen die letzte Alternative: Umzug...

Checkliste – Maßnahmen gegen Thermische Benachteiligung

1. **Nachts und in unbenutzten Räumen Rollläden, Jalousien und Vorhänge schließen.**
2. **Zugluft stoppen und Fenster und Türen dichten.**
3. **Kalte Fußböden abdecken.**
4. **Quer- oder Stoßlüften statt „Kipp“-Lüften**
5. **Letzter Ausweg: Umzug?**

Lufffeuchtigkeit

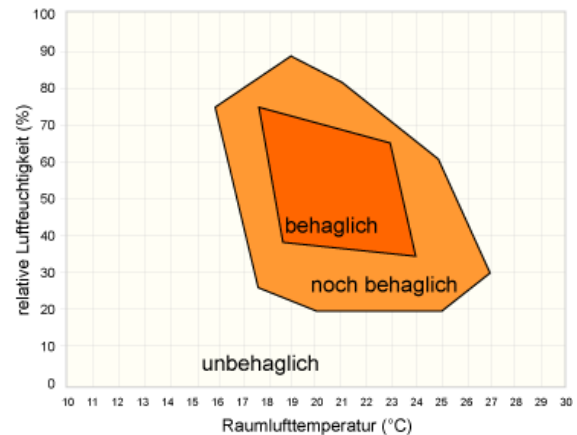
Ein weiterer Aspekt des Raumklimas ist die Luftfeuchtigkeit. Luft verschiedener Temperatur kann verschiedene Mengen Wasserdampf aufnehmen. Mit steigenden Lufttemperaturen wird eine zunehmend geringere Wasserdampfkonzentration als behaglich empfunden. Bei hohen Raumtemperaturen steigt der Anteil der Hautverdunstung, was verstärktes Schwitzen bedeutet und die Luftfeuchtigkeit im Raum zusätzlich steigen lässt. Das Gegenteil, eine sehr geringe

Luftfeuchtigkeit, lässt hingegen die Schleimhäute austrocknen und vermindert ebenfalls die Behaglichkeit. Sinkt die Feuchtigkeit unter 35% ist außerdem eine vermehrte Staubbildung die Folge, was zu einer Reizung der Atmungsorgane führen kann.

Unter Wasserdampf in der Luft sind nicht Schwaden zu verstehen, die aus dem Wasserkessel oder der Dusche aufsteigen (im wissenschaftlichen Sinn ist dies gar kein Wasserdampf sondern „Nassdampf“). Wasserdampf ist gasförmiges Wasser, das unsichtbar wie Luft ist und noch nicht zu winzigen Tröpfchen (wie beim Nebel) kondensiert ist. Es ist sogar so, dass der Nassdampf erst zu Wasserdampf wird, wenn er von der Raumluft „geschluckt“ ist, das heißt, wenn die „Nebelschwaden“ zu unsichtbarem Gas werden.

Je wärmer es ist, desto mehr Wasserdampf kann die Luft „speichern“. Aber sie kann bei keiner Temperatur unbegrenzt viel aufnehmen. Wenn sie gesättigt ist, sind 100% Luftfeuchtigkeit erreicht. Jetzt wird das Wasser wieder flüssig. Es bilden sich Tröpfchen: Das Wasser *kondensiert* = es entsteht Tauwasser.

Luftfeuchtigkeit wird mit dem Hygrometer gemessen. Hygrometer für den Haushalt zeigen meist die *relative* Luftfeuchtigkeit an. Diese sagt aus, wie viel Prozent der bei einer bestimmten Temperatur maximal möglichen Menge Wasserdampf in der Luft enthalten ist. Da warme Luft mehr Feuchtigkeit aufnimmt als kalte, entsprechen beispielsweise 55% relativer Luftfeuchtigkeit in 25°C warmer Luft einer größeren Menge Wasserdampf als 55% relativer Luftfeuchtigkeit in 24°C warmer Luft. Die *absolute Luftfeuchtigkeit*, die Hygrometer für den Haushalt meistens nicht anzeigen, gibt an wie viel Gramm Wasser aktuell in 1 m³ Luft enthalten ist.



Zusammenhang Behaglichkeitsempfinden / Luftfeuchtigkeit / Temperatur

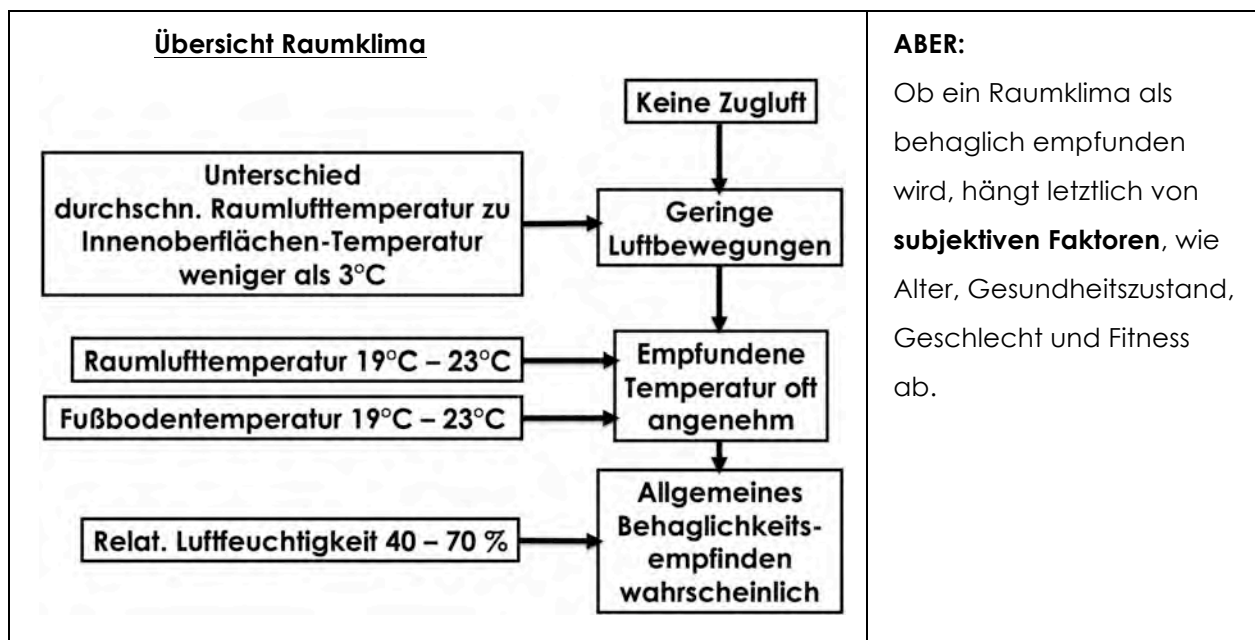


Einfaches Hygrometer für den Haushalt

Ein Bereich zwischen etwa 40 und 70 % relativer Luftfeuchtigkeit wird von den meisten Menschen bei Zimmertemperaturen als behaglich empfunden. Maßnahmen gegen zu hohe Luftfeuchtigkeit werden in den Abschnitten zu Lüften und Schimmel weiter unten besprochen. Ist die relative Luftfeuchtigkeit sehr niedrig, das heißt geringer als 35%, kann folgendermaßen reagiert werden:

- Zimmerpflanzen aufstellen
- Schalen mit Wasser aufstellen
- Häufig Lüften
- Feuchte Wäsche auf dem Wäscheständer trocknen
- Eventuell Raumluftbefeuchter benutzen (empfohlen: AllergikerInnen sollten sich im Detail über die Effekte dieser Geräte informieren)

Leistungsaufnahme Watt	Stromverbrauch/Jahr	Stromkosten/Jahr Kosten 1 kWh 0,20€
Ca. 16 (Verdunster)	9,6 kWh	€ 1,92
Ca. 50 (Ultraschallgerät)	ca. 30 kWh	€ 6,00
Ca. 500 (Verdampfer!)	ca. 300 kWh	€ 60,00



Lüften

Die Wohnung ausreichend zu belüften ist aus verschiedenen Gründen sehr wichtig: Es sollte immer genug Sauerstoff im Raum sein; Ausdünstungen, Kohlendioxid und andere Gase sollten abgeführt werden. Auf diesem Weg wird auch die Luftfeuchtigkeit reguliert, die weder zu hoch noch zu niedrig sein darf. Es soll dabei genug Luft ausgetauscht werden, ohne aber Wärmeenergie zu vergeuden. Im Folgenden wird daher vor allem vom Lüften im Winter die Rede sein.

Unterschiedliche Wohnungen verlangen ein unterschiedliches Lüftungsverhalten. Altbauten besitzen oft Ritzen und Fugen sowie undichte Fenster und Türen, was die Notwendigkeit zu regelmäßigem Lüften zwar keinesfalls ersetzt aber reduziert. Werden sie gedichtet verbessert sich die Energieeffizienz der Wohnung und die Notwendigkeit zu häufigerem Lüften steigt. Sind sehr dichte Fenster eingebaut, wie bei vielen neuen Gebäuden, muss besonders oft gelüftet werden

Kipplüften (die schlechteste Art)

Fenster zu kippen ist (im Winter) die schlechteste Art zu Lüften weil die Heizung nicht nur die Raumlufte erwärmt, sondern auch die Wände. Von hier aus strahlt die Wärme in den Raum aus; die Wände wirken also wie eine Zusatzheizung. Beim Kipplüften (und natürlich auch bei über längere Zeit weit geöffneten Fenstern) kühlen die Wände rund um die Fenster stark aus. Wenn die Fenster lange Zeit „auf Kipp“ stehen, entweicht die warme Luft langsam aus dem Raum. Kalte Luft ersetzt sie und entzieht den Wänden nach und nach Wärme. Wenn später wieder geheizt wird, kehrt sich der Prozess um: jetzt entziehen die Wände der Raumlufte Wärmeenergie. Außerdem wird beim „Kipplüften“ nur ein geringes Luftvolumen ausgetauscht. Die bessere Alternative ist das so genannte Stoß- oder Querlüften (siehe unten). Werden Fenster für kurze Zeit weit geöffnet, haben die Wände keine Zeit auszukühlen. Die stickige Luft entweicht rasch und frische kommt hinein. Diese ist in wenigen Minuten bei geringem Energieaufwand wieder erwärmt. Im Sommer ist das Kipplüften zwar unproblematisch aber man gewöhnt es sich dabei unter Umständen leicht an und viele Menschen setzen diese Gewohnheit im Winter fort.

Querlüften. Die effektivste Lüftungsart ist das so genannte „Querlüften“. Hierbei werden Fenster (und/oder die Türen in der Wohnung) auf mehreren Gebäudeseiten geöffnet um einen kräftigen Durchzug zu erreichen. Nicht ganz so effektiv aber wesentlich besser als das Kipplüften ist das **Stoßlüften**. Dabei werden einzelne Fenster so weit wie möglich geöffnet. Wie häufig quer- oder stoßgelüftet werden sollte, hängt von der oben genannten Luftdichtigkeit der Wohnung (insbesondere der Fenster) ab.



Querlüften



Stoßlüften

Checkliste – Lüften

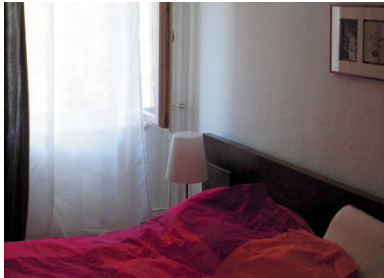
1. „Kipp“-Stellung der Fenster vermeiden
2. Täglich mindestens 2 bis 3 mal Quer- oder Stoßlüften
3. Bei sehr „luftdichten“ Wohnungen und insbesondere bei Schimmel:
Alle 2 Stunden Quer- oder Stoßlüften
4. Ungefähre Lüftungsdauer (Richtwerte für Stoßlüftung; bei Wind oder Querlüftung die Hälfte):
Hochwinter: 4 bis 7 Minuten
Übergangszeit: 8 bis 15 Minuten
Sommer: 20 bis 30 Minuten
5. Schlafzimmer vor dem Schlafengehen und nach dem Aufstehen durchlüften
6. Feuchtigkeit vom Duschen; Baden oder Kochen sofort heraus lüften

Stoß- oder quergelüftet werden sollte **mindestens 2 bis 3 Mal am Tag**. In Wohnungen mit sehr dichten Fenstern, kann es notwendig sein, **alle 2 Stunden** zu Lüften. Dies ist dringend zu empfehlen, wenn Schimmel ein Problem in der Wohnung ist. Die angemessene Stoßlüftungsdauer hängt stark von der Außentemperatur ab. So ist im Hochwinter eine Lüftungszeit von 4 bis 7 Minuten, in der Übergangszeit von 8 bis 15 Minuten und im Sommer von 20 bis 30 Minuten empfehlenswert. Mäßiger Wind kann diese Zeiten auf ungefähr die Hälfte reduzieren. Diese Reduktion kann auch mittels Querlüften erreicht werden.

Im Schlafzimmer wird außerdem am besten vor dem Schlafengehen und nach dem Aufstehen kräftig durchgelüftet³. Falls die Schlafräume kühler gehalten werden, sollte die Schlafzimmertür tagsüber geschlossen bleiben, damit die warme, feuchtere Luft aus anderen Räumen nicht

³ Pro Nacht gibt der menschliche Körper im Durchschnitt ca. einen halben Liter Flüssigkeit ab. Bei starkem Schwitzen oder im Krankheitsfall kann die Menge erheblich steigen. Ein Teil der Feuchtigkeit wird ausgeatmet, der größte Teil ist jedoch Schweiß, der letztendlich verdampft.

einströmen kann. Der Schlafraum sollte auf etwa 17 bis 18 °C temperiert sein. Feuchtigkeit, die beim Duschen, Baden oder Kochen entsteht, sollte sofort über Fenster oder Ventilatoren ins Freie abgeleitet werden und nicht durch geöffnete Türen zu kühleren Räumen verteilt werden.



Kontrollierte (Bedarfs-) Lüftung: Mechanische Frischluftsysteme gibt es vor allem in Räumen mit häufig hoher Luftfeuchtigkeit, wie WC, Bad oder Küche. In Bädern und WCs ohne Fenster ist diese Art der Belüftung sogar vorgeschrieben. Automatische Lüftungen sollten unbedingt funktionieren! Sind sie defekt, zu schwach oder in ihrer Wirkung eingeschränkt (zum Beispiel weil sie mit Farbe überstrichen sind oder ihr Staubfilter voll ist), sollten diese Funktionseinschränkungen so schnell wie möglich beseitigt werden. Die Schimmelgefahr steigt durch mangelhafte Dampfabfuhr erheblich. In vielen Lüfterventilatoren sind einfache Filtermatten eingebaut. Diese Filtermatten müssen mindestens alle 3 Monate gereinigt werden. Dafür kann ein Staubsauger verwendet werden. Wenn sich die Verschmutzung so nicht beseitigen lässt, kann der Filter entweder ausgewaschen oder ausgetauscht werden. „Dunstabzugsfiltermatten“, die mit einer Schere auf die richtige Größe geschnitten werden können, sind im Baumarkt erhältlich. Auch Abluftventilatoren ohne Filtermatten oder einfache Abluftgitter ohne Ventilator sollten alle drei Monate mit dem Staubsauger gereinigt werden.



Verschmutzter Lüfter

Die Informationen in dieser Publikation wurden im Rahmen des Projekts *SELF (Sustainable Energy Consulting for Low-Income and Migrant Families)* von der ARGE Energieberatung Wien unter Beteiligung von "die umweltberatung" Wien 2012 entwickelt und vom Österreichischen Institut für nachhaltige Entwicklung (ÖIN) evaluiert. Das Projekt SELF wurde durch die Förderung des österreichischen Klima- und Energiefonds ermöglicht. Die vorliegende Version dieser Handreichung wird durch *EB Plus – ARGE Energieberatung und Umweltbildung* (in Nachfolge der *ARGE Energieberatung Wien*) in geringfügig veränderter Form zur Verfügung gestellt. Das Dokument ist im Original als Skriptum für TeilnehmerInnen einer Schulung konzipiert.

Fotos und Grafiken © SELF mit Ausnahme von:

S.5 – Fußbodenheizung (Dritte Abbildung in erster Tabellenzelle). may4joj (Creative Commons). Download am 30.5.2012 [<http://www.flickr.com/photos/may4joj/2677051891/sizes/o/in/photostream/>]

S.6 – Grafik Zusammenhang Behaglichkeitsempfinden / Luftfeuchtigkeit / Temperatur. E-Genius : http://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/raumklima/05_behaglichkeit_und_raumklima.html

– Hygrometer. Sally E J Hunter (Creative Commons). Download am 30.5.2012 [<http://www.flickr.com/photos/gingermaddy/4272873364/sizes/z/in/photostream/>]

S.10 – Schlafzimmer: Adam Lederer (Creative Commons). Download am 30.5.2012 [<http://www.flickr.com/photos/elmada/4919251542/sizes/l/in/photostream/>]

– Badezimmer (unbearbeitetes Bild) : Johannes Rebling (Creative Commons). Download am 30.5.2012 [<http://www.flickr.com/photos/r0oland/5602212525/sizes/l/in/photostream/>]

– Lüfter (rechts). eltpics (Creative Commons). Download am 30.5.2012 [<http://www.flickr.com/photos/eltpics/5823246779/sizes/l/in/photostream/>]