

Betrachtungen zu Gebäuden als Gesamtorganismus:

Raumklima – ein wichtiges Modernisierungsziel

Horst Fischer-Uhlig

Seit Jahren schon wird darüber geklagt, daß bei Neubauten, aber vor allem bei Modernisierungen und Instandsetzungen bauphysikalische Zusammenhänge oft nicht berücksichtigt werden. Zuwenig wird beachtet, daß Arbeiten im Bestand stets als komplexe Aufgabenstellung zu sehen sind. Ein eklatantes Beispiel ist der Schimmelpilzbefall nach Fensteraustausch als Störfaktor des Raumklimas. Doch hat ein behagliches Raumklima noch andere Voraussetzungen, die im Auge zu behalten sind.

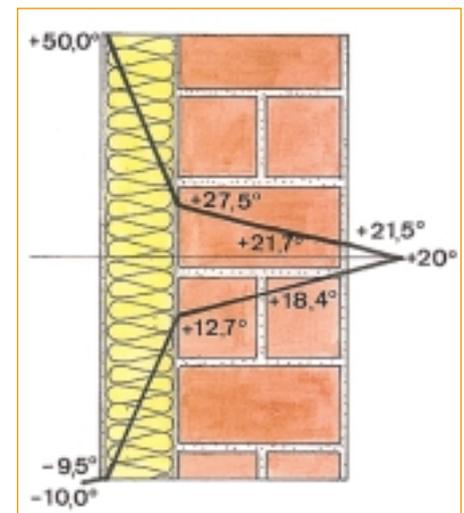
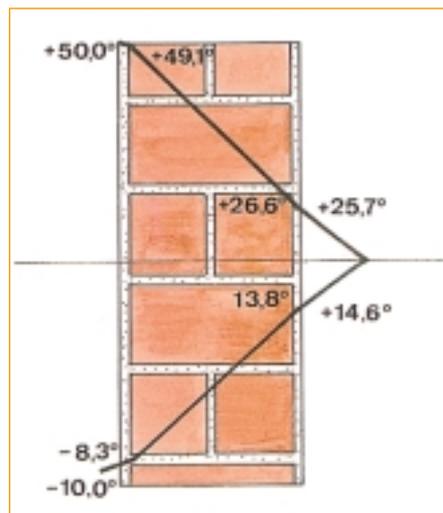
Ein Gebäude funktioniert nur als Gesamtorganismus zufriedenstellend. Deshalb muß, als entscheidende Voraussetzung für ein gesundes Raumklima, bereits die Außenhülle angesehen werden: also Außenwände, aber auch Fenster, Türen und Dach. In einem alten Haus mit niedrigen Wärmedämmwerten der Außenhülle, mit einfach verglasten Fenstern, die sämtlich zu hohen Wärmeverlusten führen, ist ein Raumklima zum Wohlfühlen nach heutigen Maßstäben kaum zu erreichen.

aber auch mit den Umschließungsflächen im Strahlungsaustausch. Das bedeutet nicht, daß Wandoberflächen und Raumluft eine einheitliche Temperatur haben müssen. Grundsätzlich kann der Mensch Luftbewegungen bereits bei ca. 0,1 m pro Sekunde über empfindliche Bereiche der Haut wahrnehmen. Doppelt so hohe Geschwindigkeiten werden bei Temperaturen im Behaglichkeitsbereich bereits als störend empfunden. Es kommt zu Abkühlungen von Hautpartien. Rheu-

matische Beschwerden und Erkältungen können die Folge sein. Natürlich liegt der Gedanke nahe, diesen Mangel durch Höherstellen der Heizung auszugleichen. Doch steht einer solchen Entscheidung nicht nur die Notwendigkeit entgegen, Energie einzusparen: eine Erhöhung der Temperatur kann auch zu stärkeren Luftbewegungen und Temperaturabstrahlungen führen und zu extrem trockener Raumluft mit allen Folgen für die Atmungsorgane, deren Schleimhäute

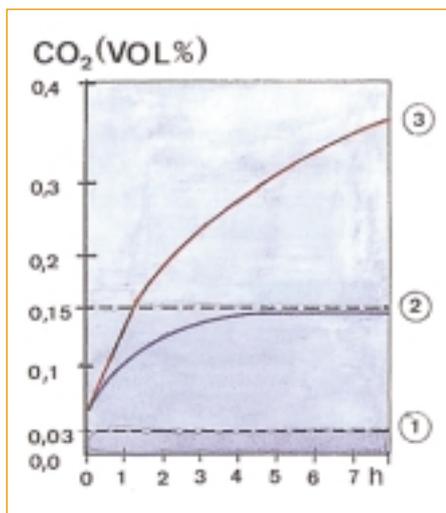
Wodurch beeinflusst mangelhafte Außendämmung das Raumklima?

Wärme, physikalisch eine Molekularbewegung, strömt stets von Bereichen höherer Temperatur zu Bereichen niedriger Temperatur. Sie strömt also im Winter durch die Außenwand von innen nach außen. Je geringer deren Wärmedämmwerte sind, desto mehr Heizwärme aus dem Rauminnen geht also verloren. Desto kälter ist auch die innere Oberfläche der Außenwand. Das führt dazu, daß deren Temperatur sich von der Raumlufttemperatur beträchtlich unterscheidet. Das thermische Behaglichkeitsempfinden des Menschen ist aber nicht allein von der Raumlufttemperatur abhängig, sondern auch von den Oberflächentemperaturen der umschließenden Flächen. Denn der Mensch gibt konktiv Wärme an die Luft ab, steht



Warum die Wärmedämmwerte der Außenwand das Raumklima günstig oder ungünstig beeinflussen können, zeigen diese beiden Grafiken: eingetragen sind die Temperaturverläufe einer ungedämmten und einer gedämmten Außenwand jeweils für den Sommer (Außentemperatur + 50 °C) und für den Winter (Außentemperatur - 10 °C). Bei der ungedämmten Wand beträgt der U-Wert 1,39 W/(m²K), für die gedämmte Wand 0,37 W/(m²K). Die ungedämmte Wand besteht aus 240 mm dickem Mauerwerk mit Putz, die gedämmte aus eben solchem Mauerwerk mit 80 mm Fassadendämmplatten und einer mehrlagigen armierten Putzbeschichtung der Dämmplatte

Bild: Fachverband Wärmedämm-Verbundsysteme



Zu den Belastungen der Raumluft zählt auch der Gehalt an Kohlendioxid, wie er durch die menschliche Atmung entsteht. Hier die Luftqualität bei einem 16 m² großen Schlafzimmer von 2,5 m Höhe, in dem zwei Personen bei geschlossenem Fenster schlafen. 1 CO₂-Gehalt der Frischluft 0,03 %; 2 Hygienischer Grenzwert nach DIN 1946 von 0,15 %; 3 Bereits nach 70 Minuten hat der CO₂-Gehalt der Raumluft den hygienischen Grenzwert überschritten und steigt weiter an. Ein Beweis, wie nötig Lüftung ist

Bild: nach Polytherm

geschädigt werden können. Es gilt also, den thermischen Behaglichkeitsbereich einzuhalten. Er liegt in der Regel zwischen 20 bis 22 °C. Da sich allerdings keine generelle Behaglichkeitstemperatur anführen läßt, die für alle gilt, kann eine praktische Definition hier weiter helfen: der Temperaturbereich thermischer Behaglichkeit befindet sich normalerweise dicht unterhalb der Temperaturschwelle, oberhalb derer der Körper schwitzt.

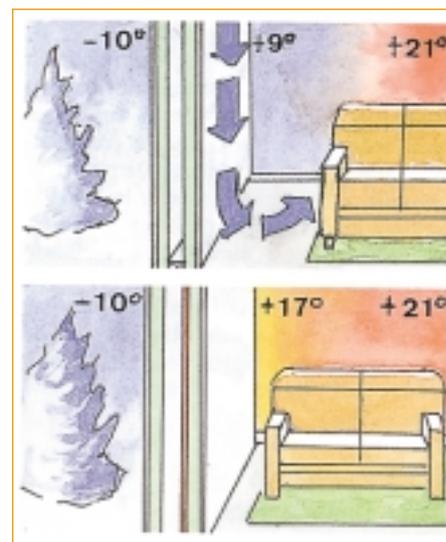
Die erste Voraussetzung eines behaglichen Raumklimas ist also in ausreichenden Wärmedämmwerten der Außenwände zu sehen. Ausreichend gedämmte Außenwände erfüllen auch eine zweite Bedingung behaglichen Raumklimas: ihre Fähigkeit, Wärme zu speichern wirkt – je nach Material – ausgleichend auf das Raumklima. Als Speichermasse spielen vor allem die äußeren 10 cm des Wandquer-

schnitts die entscheidende Rolle. Die Speicherefähigkeit, durch die Temperaturschwankungen ausgeglichen werden können, fällt vor allen Dingen bei intermittierender, also vorübergehender, unregelmäßiger Heizung mit zeitweiligem Abstellen des Brenners ins Gewicht. In der warmen Jahreszeit dagegen kann die Speicherefähigkeit lästige Temperaturspitzen abbauen, indem sie die in den Raum eindringende Wärme zum Teil speichert und in der Nachtkühle bei belüftetem Raum wieder abgibt. Günstig ist die Fähigkeit zur Wärmespeicherung auch für die passive Nutzung der Solarstrahlung im Winter, deren Wärmegewinn von der Größe der Fensterflächen oder Glasflächen bei Glasanbauten und von deren Himmelsrichtung abhängt. Der Nutzen liegt auf der Hand: die in der Wand tagsüber gespeicherte Sonnenwärme wird noch lange nach Ende der Sonneneinstrahlung abgegeben. Wobei die Faustformel gilt, daß Bauteile in Innenräumen, die von der Sonne direkt beschienen werden, fünfmal mehr speichern können als nur indirekt erwärmte Wände.

Wo es nötig ist, die Wärmedämmung der Außenwände zu verstärken, ist natürlich auch der Wärmeschutz von Fenstern, Türen und des Daches bzw. der obersten Geschoßdecke zu verbessern.

Problem Raumluft-Feuchtigkeit

Die dritte Voraussetzung für ein gesundes Raumklima stellt die Luftfeuchtigkeit dar. Energiesparende, fugendichte Fenster lassen sie in den Räumen rasch ansteigen. Woher stammt diese Feuchtigkeit? Sie ist Folge von Wohn- und Lebensvorgängen. Die Luft enthält diese Feuchtigkeit in Form von unsichtbarem Wasserdampf, in beträchtlichen Mengen. Allein in einem Drei-Personen-Haushalt hat man 3 bis 4 l aus der Atemluft gemessen, bis zu 2 l vom Kochen und Backen und bis zu 3 l vom Baden, Duschen, Wäschetrocknen und Blumengießen. Also bis zu 9 l täglich. Nun hängt die Feuchtigkeitsmenge, die ein Kubikmeter Raumluft aufnehmen kann, von der Lufttemperatur ab. Je wärmer, desto mehr, bis hin zum Sättigungsgrad von 100 % Luftfeuchtigkeit. Diese Sättigung wird verständlicherweise in der Praxis selten er-

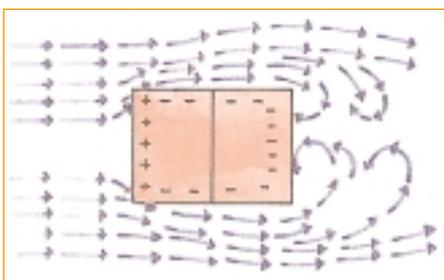
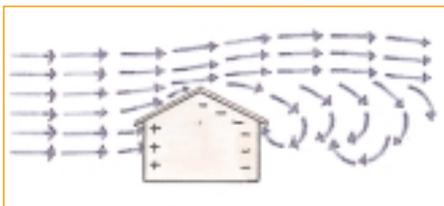


So tragen wärmedämmte Fenster zum Wohnbehagen bei, dargestellt bei einer Außentemperatur von -10 °C und einer Innenraumtemperatur von +21 °C. Bei geringer Wärmedämmung des Fensters (Bild oben) beträgt die Scheibenoberflächentemperatur nur +9 °C, die Kältezone in Fensternähe macht den Aufenthalt unbehaglich. Anders bei hochdämmenden Gläsern, mit einer Wärmefunktionsschicht (rot eingezeichnet), die zu einer Scheibenoberflächentemperatur von +17 °C führt (Bild unten)

Bild: nach Interpane

reicht. Erreicht wird in der Regel immer nur ein bestimmter Prozentsatz dieser möglichen optimalen Feuchtigkeitsmenge, die Raumluft bei gegebener Temperatur eigentlich aufnehmen könnte. Man spricht von relativer Luftfeuchtigkeit. Jetzt ist auch einsehbar, wie Luftfeuchte und Raumtemperatur sich gegeneinander verhalten: sinkt – bei gleichbleibender Feuchtemenge – die Raumtemperatur, dann steigt die relative Luftfeuchte an. Sie steigt aber auch, wenn bei gleichbleibender Temperatur weitere Feuchtigkeit zugeführt wird. Die relative Luftfeuchtigkeit sinkt, wenn bei gleichbleibender Feuchtemenge, entweder die Lufttemperatur ansteigt oder wenn trockene Luft von außen in den Raum geleitet wird. Empfehlungen der bekömmlichen Werte liegen für den Sommer zwischen 40 % und 55 %, für den Winter zwischen 45 % bis 65 %.

Doch sind hier die Bedürfnisse durchaus individuell. Leider hat diese Beziehung zwischen Luftfeuchtigkeit und Temperatur auch einen nachteiligen Effekt. Wird Raumluft einer bestimmten Temperatur und eines bestimmten Feuchtegehalts abgekühlt, dann kann es geschehen, daß der Wasserdampf sich als Wasser niederschlägt, weil die Raumluft die bisherige Feuchtemenge nicht mehr tragen kann. Man spricht vom Unterschreiten der Taupunkttemperatur. Genau dies aber kann passieren an den kalten Innenoberflächen der Außenwände, vor allem, wenn die Wärmedämmung nicht ausreicht und die Wandtemperatur die Raumlufttemperatur beträchtlich unterschreitet. Man bezeichnet diesen Vorgang auch als Kondensation. Kondensat droht vor allem an Wärmebrücken der Außenwände, also an Wandbereichen, in denen z. B. aus Materialgründen mehr Wärme nach außen strömt als in den umgebenden Bereichen. Vor allem in den Außenwändecken sind Wärmebrücken zu fürchten. Auch Wandflächen hinter Möbeln und Vorhängen, die ebenfalls niedrigere Temperaturen aufweisen und wo die Feuchtigkeit auch durch entlangstreichende Raumluft nicht abgeführt wird, sind schadensanfällig. Solche Durchfeuchtungsvorgänge

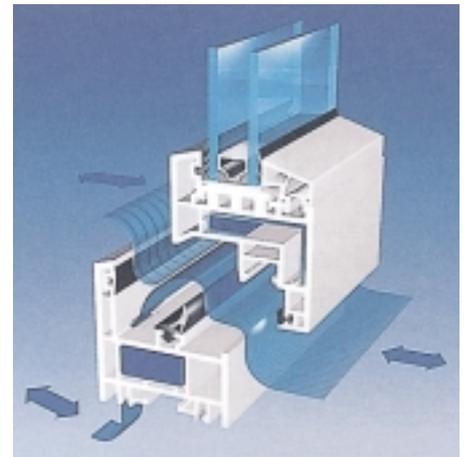


Ob die natürliche Lüftung durch Fensteröffnen wirkungsvoll ist, hängt auch von meteorologischen Randbedingungen ab. Vor allem von den Windströmungen über und um ein Gebäude. Auf der Seite, die dem Wind zugewandt ist, entsteht ein Staudruck (Luv 1/3 Druck), auf der dem Wind abgewandten Seite ein Unterdruck, Windsog (Lee 2/3) Bild: nach KBE

haben Auswirkungen auf das Wohlbefinden, auf Wohnhygiene und auch auf die Gebäudekonstruktion. Das Wohnklima wird vor allem belastet, weil sich dort häufig Schimmelrasen bilden. Zu finden sind sie vor allem in Schlafräumen, Kinderzimmern, Küchen, in geringerem Umfang dagegen in Wohnzimmern. Befallen sind fast immer innenliegende Bäder mit mangelhafter Lüftung. Verstärkt bildet sich Schimmel in den Übergangszeiten. Der Bauschadensbericht der Bundesregierung führt Kondensat mit Schimmelpilzen mit 13 % als häufigste Schadensursache an. Die Gefahr für die Gesundheit rührt von den Sporen der Schimmelpilze her, deren Einatmen zu Allergien und Erkrankungen der Atmungsorgane führen kann.

Problem Schadstoffe

Doch hängt das Raumklima nicht nur von Temperatur und Feuchtegehalt der Raumluft und ihren Folgen ab, auch die sogenannten Schadstoffe, wie sie vereinfachend bezeichnet werden, beeinflussen die Luftqualität. Sie hängen ab von der Zahl der Bewohner bzw. der anwesenden Personen und von den Emissionen chemischer und physikalischer Prozesse im Haus. Eine Belastung der Raumluft stellt das Kohlendioxid (CO_2) dar, das mit dem Atem an die Raumluft abgegeben wird, aber auch als Folge des Verbrennens von Kohle, Erdöl und Erdgas entsteht. Dieses geruchlose Gas ist in der Luft mit 0,03 % enthalten, bis zu 2,5 % Kohlenstoff kann der Mensch ohne Schädigung einatmen, 8 bis 10 % führen zu Kopfschmerzen, Schwindel, Blutdruckanstieg und Erregung, über 10 % aber bereits zu Bewußtlosigkeit, Krämpfen und Kreislaufschwächen. Kohlenmonoxid (CO), das bei der unvollständigen Verbrennung fossiler Brennstoffe z. B. in defekten offenen Feuerstellen entsteht, ist gesundheitlich bedenklich, da es bereits bei Dauerkonzentration von 0,05 Volumenprozent in Luft tödlich wirkt. Zur Belastung der Raumluft tragen auch Stäube einschließlich der Mikroorganismen bei aus textilem



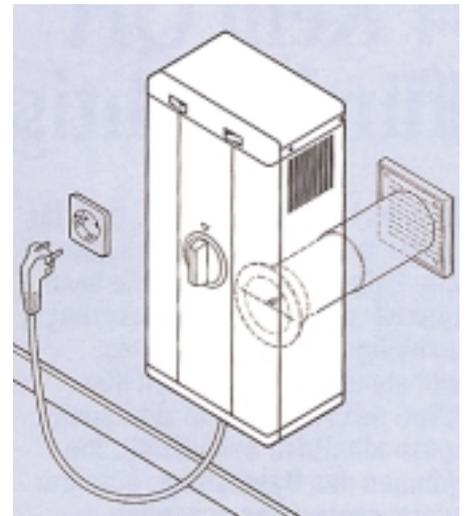
Grundlüftung ist auch mit dieser Fensterkonstruktion möglich: über eine Fensterfalzdichtung aus Elastik-Polymer-Material gelangt über die gesamte Falzlänge gleichmäßig und fein verteilt Frischluft in den Raum, über die gesamte Falzlänge. Zugluft ist dabei nicht zu befürchten Bild: Brüggmann

Material, von Pflanzen und Tieren, Inhaltstoffe von Farben, Putz- und Pflegemitteln, Kosmetika, Hobbyprodukte, auch Möbel, Teppiche und Teppichböden. Unterschätzt als gesundheitsschädliche Luftverunreinigung wird häufig der Tabakrauch. Er enthält mehr als vierzig krebserregende Substanzen. Bedenklich ist auch die Hausstaubmilbe, deren Kot zu hartnäckigen Allergien führen kann. Hausstaubmilben, Spinnentiere, die mit bloßem Auge nicht zu sehen sind, nähren sich überwiegend von menschlichen und tierischen Hautschuppen sowie von Schimmelpilzen und finden sich vor allem in Matratzen, Decken und Bettwäsche, weil sie dort die günstigsten Lebensbedingungen finden. Sie können zu allergischen Reaktionen führen. Festzuhalten bleibt: Raumluft kann auf vielerlei Weise belastet sein. Diese Belastungen können heute hauptsächlich deshalb zum Problem werden, weil die notwendig energiesparenden dichteren Fenster die Konzentration an Schadstoffen rascher ansteigen lassen, als dies früher der Fall war. Um den Schadstoffgehalt der Raumluft wie die Luftfeuchtigkeit auf ein gesundheitlich unbedenkliches Maß zu bringen, bleibt nur ein Weg: Lüften. Und zwar Lüften in vollem Bewußtsein dieser gegenüber früher veränderten Raumluftsituation.

Der entscheidende Schritt: Lüftung nach Bedarf

Lüften bedeutet in der kalten Jahreszeit stets einen Verlust an Raumwärme. Diesen Lüftungswärmeverlust gilt es so niedrig als möglich zu halten, um Energie zu sparen. Die einfachste und gebräuchlichste Lüftung ist die natürliche, die freie Lüftung durch das Öffnen der Fenster. Daß die Fenster ungehindert geöffnet werden können, wird von den meisten Menschen als positive Eigenschaft der Wohnung erlebt. Es sei denn, der Außenlärm steht dem entgegen. Doch ist bei dieser Lüftungsart zu bedenken, daß der natürliche Luftaustausch zwischen Raum- und Außenluft stark von den Windströmungen am Gebäude, der Windstärke und dem dadurch verursachten Druck- und Sogverhältnis abhängt sowie von den Temperaturunterschieden zwischen Raum- und Außenluft. Alle diese Größen schwanken, je nach Jahreszeit, Wetterlage und Tageslauf. Keinesfalls aber sollten die Bewohner auf den Ausweg verfallen, in der kalten Jahreszeit Fenster unkontrolliert stunden- oder auch tagelang in Kippstellung zu belassen: die Raumluft, der Bereich um die Fenster und vor allem die Wandoberflächen kühlen zu sehr aus. Dieser Lüftungswärmeverlust ist nicht nur Energieverschwendung, es kann auch zu Durchfeuchtungen und Schimmelbefall kommen. Dauerlüftung als Spaltlüftung kann aber dort von Nutzen sein, wo eine Stoßlüftung zeitweise nicht möglich ist, z. B. nachts im Schlafzimmer. Sie sollte stufenlos

dosierbar sein und zugfrei. Für Sicherheit sorgen dann spezielle Beschläge gegen Einbruch. Es gibt für diesen Zweck auch Lüftungselemente, die neben oder über und unter dem Fenster installiert werden. Ist Schallschutz nötig, wird man die erwünschte Lüftungsleistung sicher nur durch Ventilator erzielen. Grundsätzlich gibt es zwei Formen der natürlichen Lüftung: die Stoßlüftung und die Dauerlüftung. Für die Stoßlüftung wird das Fenster kurzzeitig völlig geöffnet. Dabei findet der gewünschte Luftaustausch statt, ohne daß die Wände zu sehr auskühlen. Der Lüftungswärmeverlust bleibt also in Grenzen. Als Lüftungszeit bei Stoßlüftung empfehlen sich in den Wintermonaten rund fünf Minuten, im Hochsommer 25 bis 30 Minuten. Bei geringeren Temperaturunterschieden zwischen außen und innen, wie häufig in der warmen Jahreszeit, ist die Stoßlüftung als Querlüftung anzuraten, also bei offenen Fenstern und Türen, die einander gegenüber liegen oder über Eck angeordnet sind. Im Winter wird die Lüftung um so wirkungsvoller sein, je niedriger die Außentemperaturen liegen. Winterliche Luft ist auch trockener als die warme Raumluft: die Raumluftfeuchtigkeit kann dadurch für einige Zeit kräftig gesenkt werden. Der Lüftungswärmeverlust bei Stoßlüftung bzw. Querlüftung läßt sich noch vermindern, wenn man die Heizung dabei abstellt. Schwachpunkt bleibt hier allerdings die Reaktionsträgheit der gebräuchlichen Warmwasserheizung. Besondere Aufmerksamkeit verdient

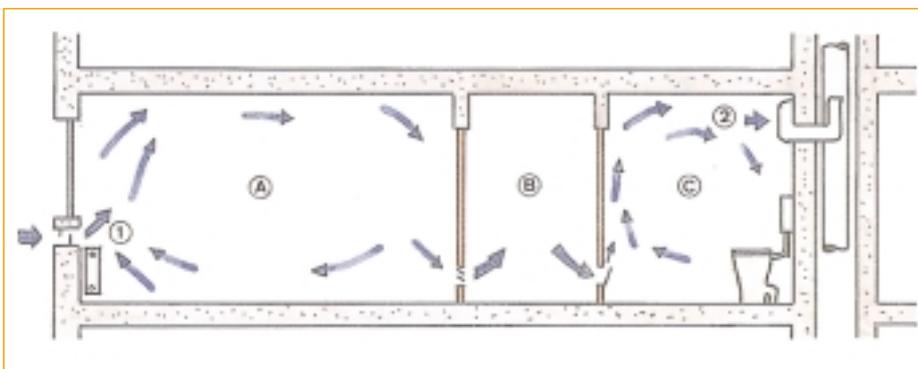


Dieser Wandlüfter für die dezentrale Raumlüftung wird als komplettes Element anschlussfertig geliefert. Ein Teleskoprohr führt die Zu- und Abluft durch die Mauer. Die Lüfterleistung ist in drei Stufen einstellbar. Das Gerät ist schallgedämmt
Bild: Gretsch-Unitas

die natürliche Lüftung in den Übergangszeiten: die Erfahrung zeigt, daß in diesen Wochen besonders mit Kondenswasser zu rechnen ist. Ein Hygrometer kann deshalb nützlich sein, um die Raumluftfeuchte ständig zu kontrollieren.

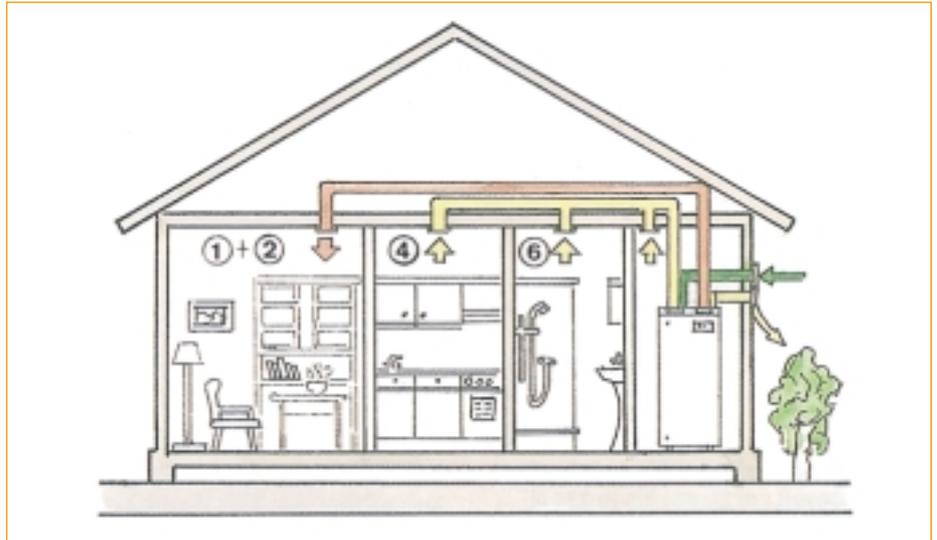
Mehr Sicherheit durch mechanische Lüftung

Um die Lüftungsleistung auch bei ungünstiger Grundstückslage und Witterung zu gewährleisten, ist häufig die Installation einer mechanischen Lüftungsanlage ratsam. Doch auch, um bei Bedarfslüftung den Lüftungswärmeverlust unter Kontrolle zu halten, wie es der Notwendigkeit zum Energiesparen entspricht. Vorteilhaft ist hier die Kombination der Bedarfslüftung mit der Grundlüftung. Für die Grundlüftung, die den Schadstoffgehalt der Raumluft von vornherein niedrig hält, gibt es Systeme, bei denen die Luft, schallgeschützt, über Blendrahmen und Flügel geführt wird. Doch lassen sich für die Grundlüftung auch Abluftventilatoren nutzen, die mit einem speziellen geräuscharmen Motor mit geringer Drehzahl betrieben werden. Sie sind auf Sommer- und Winterbetrieb einzustellen und über einen Sensor zu steuern, der auf die Raumluftfeuchte reagiert. Maschinelle Lüftungsanlagen mit unterschiedlich



Luftführung innerhalb einer maschinell belüfteten Wohnung: 1 Außenluftdurchlaß über dem Heizkörper; 2 Abluftventilator, A Schlafzimmer, B Flur, C WC. Die Türen haben Oberströmöffnungen
Bild: Lunos

druckstarken Ventilatoren für die Bedarfslüftung lassen heute zahlreiche Lösungen nach Maß zu. Man kann sie zentral, also für Haus oder Wohnung, oder dezentral, also jeweils für einen Raum installieren. Als reine Entlüftungsanlagen führen sie nur die Raumluft ab, während die Zuluft über Gebäudeundichtigkeiten oder, besser, über Nachströmöffnungen ins Hausinnere geleitet wird. Auch hierfür hat sich z. B. das schallschützende Grundlüftungssystem als Zuluftführung über Flügel und Blendrahmen des Fensters in der Praxis bewährt. Doch gibt es auch kombinierte Systeme, bei denen Abluft und Zuluft maschinell gefördert werden. Diese Anlagen, die eine dichte Gebäudehülle voraussetzen, bieten nicht nur eine regelbare Grundlüftung, die Zuluft wird auch über Wärmeaustauscher, die der Abluft Wärme entziehen, den Räumen erwärmt wieder zugeführt. □



*Schema einer kontrollierten Be- und Entlüftung der Wohnung oder des Hauses; Wärmerückgewinnung aus der Abluft; zusätzliche Wärmepumpe, die für angenehme Raumtemperaturen sorgt; auch als Grundheizung einsetzbar; kontinuierliche Filterung der Zu- und Abluft; Entfeuchtung der Wohnung. 1+2 Wohnen/Schlafen, 4 Küche, 6 Bad
Bild: nach Stiebel Eltron.*