

Fragen Sie uns: Umwelttelefon 040 / 34 35 36
www.arbeitundklimaschutz.de



KONTROLLIERTES LÜFTEN

Ihr Ratgeber für Lüftungsanlagen im Wohnungsbau

VORWORT

Komfortabel, wohngesund und kostengünstig Lüften – dies ist in jedem Haus und in jeder Wohnung möglich. Wie das erreicht werden kann wollen wir mit diesem Ratgeber zeigen.

Lüftungsanlagen sind unverzichtbarer Bestandteil energiesparender Neubauten, z.B. in Passiv- und Niedrigenergiehäusern, sie sind sinnvoll auch im Standardneubau. Sie werden zusehends aber auch eingesetzt im Zuge von Bestandssanierungen und tragen dort deutlich zur Steigerung des Wohnwertes bei.

Gleichwohl gibt es unter den Bauherren, Planern und Bauausführenden Skepsis und Unsicherheit bei der Planung und Nutzung von Lüftungsanlagen.

Die Behörde für Umwelt und Gesundheit hat viele Neubauvorhaben in Niedrigenergiebauweise begleitet, bei denen eine Anlage zur kontrollierten Lüftung fester Bestandteil ist und so vielfältige Erfahrungen im Umgang mit Lüftungsanlagen gesammelt. Diese Erfahrungen sind in unserem Ratgeber zusammengefasst. Er soll nicht das Fachbuch ersetzen, sondern Bauherren, Planern und Handwerkern grundlegende Hinweise zu Planung, Einbau und Nutzung von Anlagen zur kontrollierten Lüftung geben. Anhand unterschiedlicher Beispiele wird die Bandbreite an Möglichkeiten fachgerechter und bedarfsorientierter Planung und deren Umsetzung gezeigt.

INHALT

1) KONTROLLIERTE LÜFTUNG	5
Luftqualität, Fensterlüftung, Kontrollierte Lüftung, Luftdichtheit	
2) ABLUFTANLAGEN	13
Abluft, Zuluft	
3) WÄRMERÜCKGEWINNUNG	19
Das Passivhaus	
4) REGELUNG UND LUFTFILTERUNG	27
5) PLANUNG UND KOSTEN DER ANLAGE	33
6) LÜFTUNG IM WOHNUNGSBESTAND	37
BEISPIELE	40

I KONTROLLIERTE LÜFTUNG



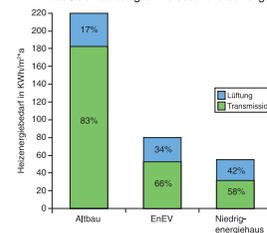
Wieviel Lüftung ist erforderlich?

Durch die Wärmeschutzverordnungen und die jetzt geltende Energiesparverordnung wurden die Anforderungen an den Wärmeschutz und die Luftdichtheit (Seite 10) der Gebäudehülle immer weiter erhöht. Dadurch erhöhte sich der relative Anteil des Energiebedarfs für die Lüftung immer mehr. Je besser der Wärmeschutz ausgeführt wird, desto wichtiger ist das energie sparende Lüften.

Noch vor 50 Jahren brauchte man sich um eine ausreichende Lüftung in Wohngebäuden keine Gedanken zu machen. Die Fugen zwischen Fensterflügel und Fensterrahmen waren konstruktionsbedingt so undicht, dass eher zu viel Frischluft einströmte als zu wenig. Diese Luftzufuhr war aber auch wegen der noch häufig genutzten Ofenheizung zwingend erforderlich.

Im Zuge der sogenannten ersten Energiekrise in Deutschland wurde die Fenstererneuerung massiv gefördert. Diese neuen Fenster wiesen eine erheblich bessere Luftdichtheit auf. Die Bewohner mussten jetzt gezielt die Fenster öffnen, um den notwendigen Luftwechsel (Erläuterung siehe Glossar S. 54) zu erreichen.

Anteil der Lüftung am Gesamtenergiebedarf



In den Erläuterungen der DIN 1946-6 zur Frage „wieviele Lüftung ist erforderlich?“ heißt es:

Bauphysikalische Schäden wie Schimmelpilzbefall infolge von Wohnungsfeuchte sind unter durchschnittlichen Bedingungen mit einem etwa 0,5 fachen Luftwechsel je Stunde vermeidbar, bei dem das Luftvolumen aller beheizten Räume innerhalb von 2 Stunden einmal komplett ausgetauscht wird.

Das Wohlbefinden unterliegt subjektiven Wahrnehmungen. Gerüche und Kohlendioxid werden bei einer Außenluftfrate von 30 m³ je Stunde und Person deutlich reduziert. Ohne Berücksichtigung fensterloser Räume werden in dieser Norm die in der folgenden Tabelle aufgeführten Außenluftvolumenströme vorgeschlagen.

Planmäßige Außenluftvolumenströme sowie Luftwechsel ¹⁾ für die einzelnen Wohnungsgruppen ohne Berücksichtigung der besonderen Anforderungen fensterloser Räume (Küche, Bad-/WC-Raum)						
Wohnungsgruppe	Wohnungsgröße ²⁾	Geplante Belegung	Planmäßige Außenluftvolumenströme und zugehöriger Luftwechsel ¹⁾			
			bei freier Lüftung ³⁾		bei maschineller Lüftung ⁴⁾	
	m ²	Personen	m ³ /h	1/h	m ³ /h	1/h
I	≤ 50	bis 2	60	≥ 0,45	60	≥ 0,45
II	> 50 ≤ 80	bis 4	90	≤ 0,7 > 0,45	120	≤ 0,9 > 0,6
III	> 80	bis 6	120	≤ 0,6	180	≤ 0,85

1) Luftwechsel vom Verfasser aus den Volumenströmen und der Wohnungsgröße für

Raumböhen von ca. (2,5 ... 2,6) m überschlägig ermittelt

2) Wohnfläche innerhalb der Gebäudehülle

3) diese Werte gelten auch für die Bemessung der Grundlüftung bei maschineller Lüftung

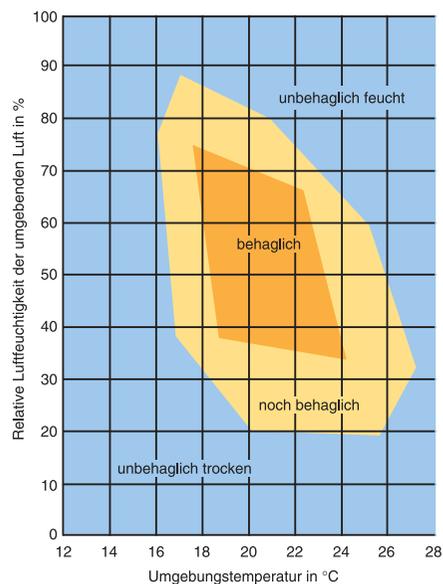
4) diese Werte gelten auch für die Bemessung der Bedarfslüftung bei maschineller Lüftung

LUFTQUALITÄT

Luftfeuchtigkeit

Von den meisten Menschen wird eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40% und 60% als angenehm empfunden. Ab wann die Luft als „zu trocken“ oder „zu feucht“ empfunden wird, ist allerdings auch von der Lufttemperatur abhängig.

Der behagliche Bereich ist in folgendem Diagramm dargestellt.



Entgegen einem weit verbreiteten Vorurteil („atmende Wände“) erfolgt nur ein verschwindend geringer Wasserdampfstrom durch die Wände und andere Außenbauteile. Zum Abtransport des Wasserdampfs muss also gelüftet werden.

In einem 4-Personen-Haushalt werden jeden Tag etwa 10 - 15 Liter Wasserdampf freigesetzt. Um die Luftfeuchtigkeit konstant im behaglichen Bereich zu halten, muss eben diese Wasserdampfmenge aus der Wohnung herausgelüftet werden.

Wegen der geringeren absoluten Feuchte der Außenluft im Winter muss weniger gelüftet werden, als in den Übergangszeiten mit höheren absoluten Feuchten. Mögliche Quellen für den Wasserdampf sind:

Wasserdampfproduktion in Wohnräumen durch Nutzer

Wannenbad	ca. 1,0 Liter pro Person
Duschbad	ca. 1,5 Liter pro Person
Trocknende Wäsche (4,5 kg Trommel geschleudert)	1,0 - 1,5 Liter
(4,5 kg Trommel tropfnaß)	2,0 - 3,0 Liter
Kurzgericht	0,4 - 0,5 Liter pro Kochzeit
Langgericht	0,5 - 0,8 Liter pro Kochzeit
Braten	ca. 0,6 Liter pro Kochzeit
Spülmaschine	ca. 0,2 Liter pro Spülgang
Waschmaschine	0,2 - 0,3 Liter pro Waschgang
Zimmerpflanzen	0,5 - 1,0 Liter pro Tag
Freie Wasseroberfläche (Aquarien, Zimmerbrunnen)	0,9 - 1,2 Liter pro m ² und Tag
Atmung (1 Person)	ca. 0,1 Liter pro Stunde
während der Schlafphase	ca. 1,0 Liter pro Person

Kohlendioxid (CO₂)

Die Kohlendioxidkonzentration ist bereits vor mehr als 100 Jahren von Max von Pettenkofer als Maß für „verbrauchte“ Luft eingeführt worden. Der „Pettenkofergrenzwert“ für den Kohlendioxidgehalt liegt bei 1500 ppm. Neben dem aus der Atemluft der Menschen stammenden Kohlendioxid tragen auch alle offenen Flammen (Gasherd, Kerzen, Kamine) zur Erhöhung des Kohlendioxidgehalts bei.

Schadstoffe

Neben dem CO₂-Gehalt spielen auch Schadstoffe eine Rolle bei der Beurteilung der Raumluftqualität. Diese stammen aus Bauprodukten, Möbeln, Lacken und Klebern. Die Freisetzung von flüchtigen und schwerflüchtigen organischen Verbindungen (VOC und SVOC) können zum sogenannten Sick-Building-Syndrom mit Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationschwäche etc. führen.



FENSTERLÜFTUNG

Der regelmäßige Austausch der verbrauchten und feuchten Luft ist zwingend erforderlich. Bei der Be- und Entlüftung durch geöffnete Fenster geschieht dies mit einem eher zufälligen Ergebnis, da sie abhängig von Temperatur- und Windverhältnissen ist. Je größer der Temperaturunterschied zwischen drinnen und draußen, desto stärker die Auftriebskraft und desto größer der Luftaustausch. Durch zusätzlich starken Wind kann der Luftaustausch noch vervielfacht werden. Im Winter reichen deshalb etwa 5 Minuten aus, um bei geöffnetem Fenster einen vollständigen Luftaustausch zu erreichen. In den Übergangszeiten muss man dagegen ca. 15 Minuten lüften, um diesen Effekt zu erzielen.

Bei der Fensterlüftung ist es nahezu unmöglich, auf Energie sparende Weise den hygienisch notwendigen Luftwechsel herzustellen.

Gefahr von Feuchtschäden und Schimmelpilzbefall oder zu trockener Luft

Wird nicht ausreichend gelüftet, besteht trotz besseren Wärmeschutzes und damit höherer Oberflächentemperaturen die Gefahr des Anfalls von Tauwasser und längerfristig von Schimmelpilzbefall. Gerade in Neubauten, in denen wegen des Austrocknens von Putzen und Estrichen in den ersten Jahren ein zusätzlicher Feuchteanfall zu verzeichnen ist, tritt bei nicht ausreichender Lüftung dieses Problem häufig auf.

In nebenstehender Abbildung ist ein besonders krasser Fall aus einem Badezimmer zu erkennen.

Auch ein zu hoher Luftwechsel führt im Winter zu Problemen. Wenn in Folge von Undichtheiten oder übertriebenen Lüftens der Luftwechsel zu sehr erhöht wird, stellt sich eine zu geringe relative Luftfeuchtigkeit ein. Es wird dann von „trockener Heizungsluft“ gesprochen. Luftfechtigkeiten unter 35% können zu gesundheitlichen Problemen führen, wie z.B. Atemwegserkrankungen.



KONTROLLIERTE LÜFTUNG

Die kontrollierte Lüftung im Wohnungsbau ist ein System zur geregelten Zufuhr von Frischluft und Abfuhr der verbrauchten Luft.

Keine Klimaanlage.

Es handelt sich nicht um Klimaanlage, d.h. die Luft wird nicht behandelt oder befeuchtet. Somit treten auch die besonderen Probleme von Klimaanlage nicht auf. Jede Anlage zur kontrollierten Lüftung folgt dem gleichen Grundprinzip:

Die verbrauchte feuchte Luft wird den Ablufträumen entzogen.

Die frische Luft strömt in die Zulufträume.

Ablufträume sind: Bad, WC, Küche, evtl. Hauswirtschaftsraum.

Zulufträume sind: Wohnräume, Schlafzimmer, Arbeitszimmer, Kinderzimmer.

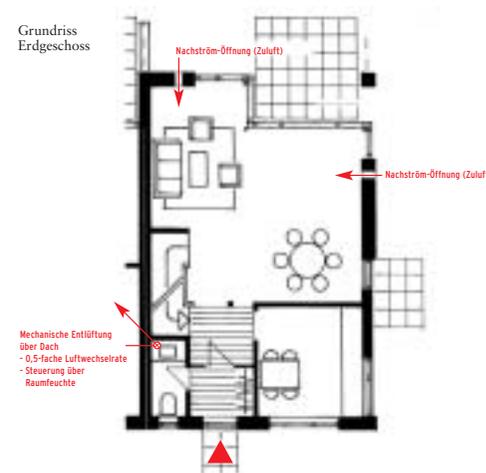
Nebenräume, z.B. Hauswirtschaftsräume oder Speisekammern sind in der Regel Ablufträume. Grundrisse, in denen der Kochbereich offen in den Wohnraum integriert ist, sollten individuell ausgestattet werden. Dabei ist auf eine möglichst große Distanz zwischen Zuluföffnung und Abluftventil zu achten.

So funktionieren Wohnungslüftungsanlagen:

Die Luft wird aus den Ablufträumen nach außen abgesaugt. Dadurch entsteht im Haus ein leichter Unterdruck, so dass durch definierte Öffnungen in den Zulufträumen Frischluft nachströmt. Voraussetzung hierfür ist die Luftdichtheit (siehe nachfolgendes Kapitel) des Gebäudes, damit die Frischluft nicht unkontrolliert durch Bauwerkfugen eindringen kann. Die Frischluft strömt infolge des Unterdrucks von den Zulufträumen in die Ablufträume und wird dort abgesaugt. So ist gewährleistet, dass keine durch Geruch oder Feuchtigkeit belastete Luft in die Wohnräume gelangen kann.

Unterschieden wird zwischen Abluftanlagen und Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung.

Zu- und Ablufträume am Beispiel eines Reihenhauses:



LUFTDICHTHEIT

Viele gute Gründe sprechen für den Einbau einer Anlage zur kontrollierten Lüftung:

Bei einer Lüftungsanlage wird der Luftwechsel unabhängig von Witterungsverhältnissen kontrolliert und auf das notwendige Maß beschränkt. Dies spart Energie und verringert damit auch die Heizkosten. Zudem wird durch das schnelle Abführen von Luftfeuchte und Gerüchen eine hohe Raumluftqualität gewährleistet. Durch Feuchtigkeit und Schimmelbildung hervorgerufene Schäden werden vermieden.

- Energieeinsparung durch bedarfsgerechten Luftwechsel
- Optimales Raumklima bei geringen Heizkosten
- Keine Schäden durch Feuchtigkeit und Schimmelbildung
- Von Witterungsverhältnissen unabhängiger, regelmäßiger Luftwechsel
- Schnelle Abführung von Gerüchen und Feuchtigkeit
- Lüfterneuerung auch bei Abwesenheit der Bewohner
- Filterung der Frischluft möglich (Allergien)
- Verbesserter Einbruchschutz
- Lärmschutz möglich

Die Luftdichtheit muss planerisch gelöst werden und nicht auf der Baustelle

Eine luftdichte Gebäudehülle ist Voraussetzung für niedrigen Energieverbrauch und ein behagliches Raumklima. Zugluft und unangenehm trockene Luft werden vermieden. Bauschäden durch das Eindringen warmer und feuchter Luft in Dämmschichten sind ausgeschlossen. Auch eine Verbesserung des Schallschutzes, z.B. im Bereich von Fensteranschlüssen, ist Folge der Luftdichtheit. Alle Gebäude müssen luftdicht erstellt werden. Beispiele für luftdichte Konstruktionen und die genauen Anforderungen sind in DIN 4108 Teil 7 dargestellt.

Auch die Effektivität der Lüftungsanlagen, insbesondere solchen mit Wärmerückgewinnung, hängt von der Dichtigkeit des Gebäudes ab. Für Passivhäuser gelten hier besonders hohe Anforderungen. Sie sollten einen Wert von $n_{50} < 0,6$ pro Stunde bei einer Druckdifferenz von 50 Pa erreichen. Für übrige Gebäude mit einer Anlage zur kontrollierten Lüftung liegen gute n_{50} -Werte unter 1,5 pro Stunde. (Erläuterung n_{50} -Wert siehe Glossar S. 54)

Die Luftdichtheit wird bereits bei der Planung festgelegt; komplizierte Formen und Anschlüsse sind zu vermeiden, die Abstimmung mit der Statik und den haustechnischen Anforderungen z.B. hinsichtlich der notwendigen Durchdringungen ist unbedingt notwendig. Die Ebene der Luftdichtheit muss durchgängig sein. Ein Wechsel der Ebenen führt zwangsläufig zu Undichtheiten. Im Bereich von Dachkonstruktionen sind die Vorgaben an die Luftdichtheit unbedingt mit dem Statiker abzusprechen.

Grundsätzlich gilt:

Verputzte Wände sind luftdicht, dabei ist auf Vollständigkeit zu achten, z.B. im Bereich von

- Holzbalkendecken
- Hinter Vorwandinstallationen
- In/vor Schächten
- Durchdringungen

Offene Holzkonstruktionen sind problematisch.

Holzkonstruktionen, z.B. Dächer, werden durch die vollflächig verlegte und an allen Anschlüssen und Durchdringungen sorgfältige angedichtete PE-Folie oder Dampfbremspapier dicht.

Geeignete Materialien sind z.B. Butylkautschukklebender.

Alle Balkendurchdringungen müssen vollständig und dauerhaft angedichtet werden.



Die Luftdichtheit hat viele Vorteile:

- Bauschäden werden vermieden.
- Das Raumklima ist behaglich.
- Der Heizenergieverbrauch wird gesenkt.
- Der Schallschutz wird verbessert.

Die Blower-Door-Messung

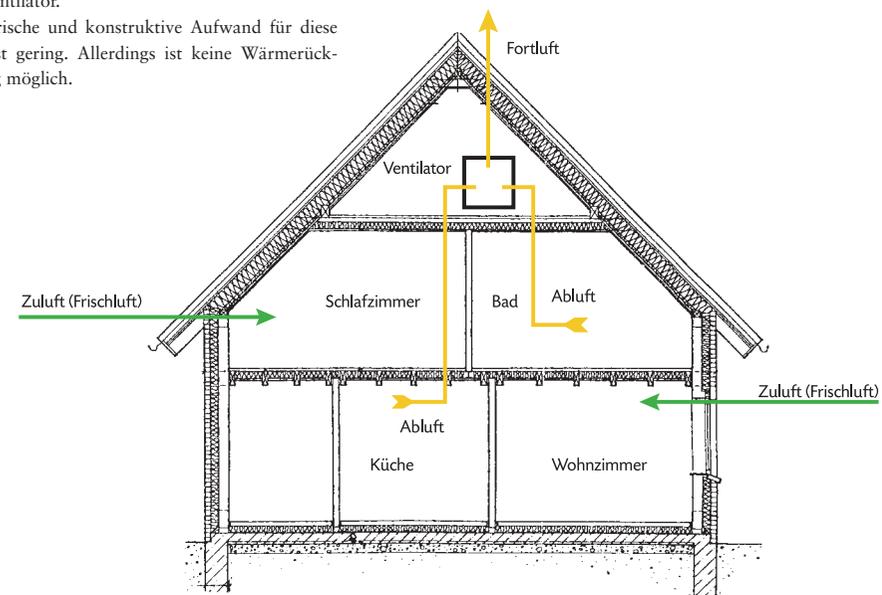
Zur Überprüfung der Dichtheit wird der Blower-Door-Test eingesetzt. Mit einem Gebläse wird eine Druckdifferenz von 50 Pa hergestellt. Dies entspricht etwa der Windstärke 5 - 6 (Beaufort). Gemessen wird die durch Fugen, Öffnungen oder Undichtheit nachströmende Luftmenge. Diese wird ins Verhältnis zum Luftvolumen des Gebäudes gesetzt. Der günstigste Messzeitpunkt ist nach Fertigstellung des Innenputzes vor Einbau der Gipskartonplatten.



2 ABLUFTANLAGEN

Abluftanlagen sind die einfachsten und kostengünstigsten Anlagen zur kontrollierten Lüftung. Für die Zuluft wird kein Leitungssystem benötigt, da die Einströmung der Frischluft direkt über Ventile in der Außenwand oder den Fenstern erfolgt. Auch die Abluft kann dezentral geführt werden, d.h. in jedem Abluftraum befindet sich ein Ventilator.

Der planerische und konstruktive Aufwand für diese Anlagen ist gering. Allerdings ist keine Wärmerückgewinnung möglich.



DIE BESTANDTEILE - ABLUFT

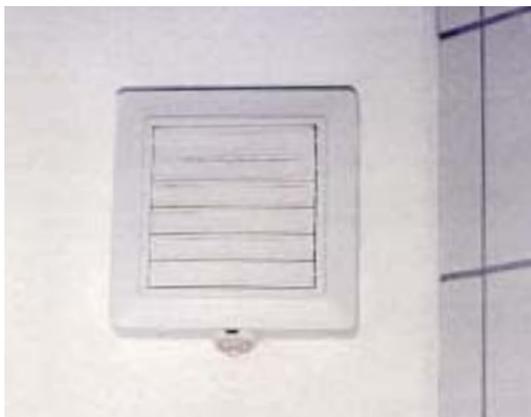
Abluftventilator (zentral)

Der Abluftventilator kann zentral, z.B. auf dem Spitzboden angeordnet werden. Dazu sind kurze Rohrnetzverbindungen vom zentralen Ventilator zu den Ablufträumen (Bad, WC, Küche) erforderlich, in denen sich die Abluftventile befinden.



Abluftventilator (dezentral)

Bei dieser Lösung befindet sich in jedem Abluftraum ein Ventilator. Diese Lösung ist nur dann zu empfehlen, wenn die Sanitärräume für eine zentrale Anordnung zu weit voneinander entfernt sind.



ZULUFT

Die Zuluftöffnungen können sowohl als Wanddurchführung als auch im Fensterblendrahmen angeordnet werden. Zuluftöffnungen in der Außenwand sind immer dann zu bevorzugen, wenn Schallschutzmaßnahmen oder spezielle Filter erforderlich sind.



Einbau eines rechteckigen Zuluftventils in die Außenwand eines Wohnhauses.



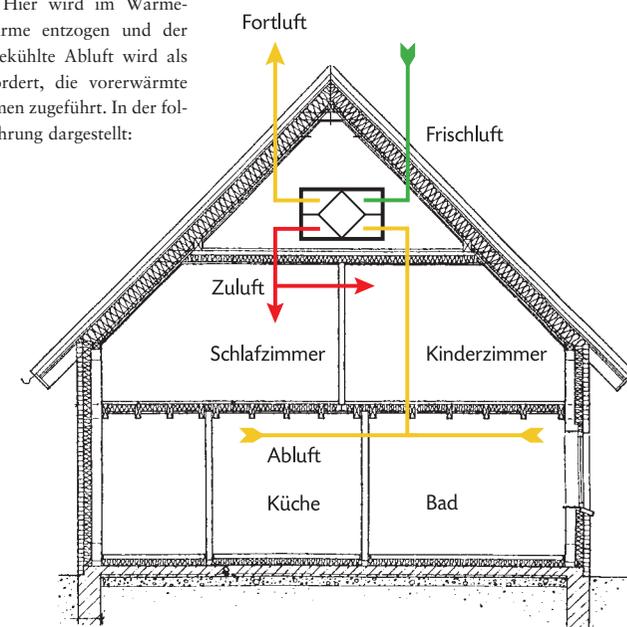
Die Zuluftöffnung sollte möglichst in Fensternähe und Sturzhöhe eingebaut werden. Dabei ist besonders auf den luftdichten Anschluss zu achten.

3 WÄRMERÜCKGEWINNUNG

Kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung

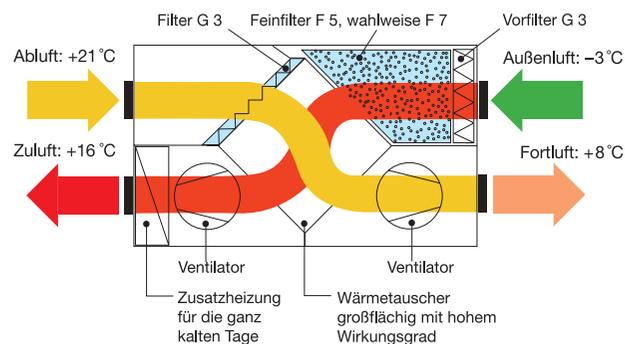
Eine Abluftanlage sichert den notwendigen Luftwechsel Energie sparend und komfortabel.

Eine weitere Senkung des Energiebedarfs für die Lüftung kann durch eine Anlage mit Wärmerückgewinnung erreicht werden. Hier wird im Wärmetauscher der Abluft die Wärme entzogen und der Frischluft zugeführt. Die abgekühlte Abluft wird als Fortluft aus dem Haus gefördert, die vorerwärmte Frischluft wird den Zulufräumen zugeführt. In der folgenden Grafik ist diese Luftführung dargestellt:



Die Wärmetauscher sind häufig als Kreuzstrom-Plattenwärmetauscher ausgeführt. Durch einen Stapel quadratischer Platten wird die Luft so geleitet, dass durch jeden zweiten Zwischenraum die warme Abluft nach außen geführt wird. Im Kreuzstrom dazu wird durch die jeweils anderen Zwischenräume die kalte Frischluft geführt und durch die Wärmeübertragung vorgewärmt.

Während Kreuzstrom-Wärmetauscher Wärmebereitstellungsgrade (Erläuterung siehe Glossar S. 54) von etwa 65% erreichen, liegt dieser Wert für Gegenstrom-Wärmetauscher bei etwa 90%. Bei diesen Wärmetauschern sind die Wärmetauscherplatten rechteckig ausgebildet und die Wärmetauscherfläche ist etwa doppelt so groß, wie bei den Kreuzstrom-Wärmetauschern. Dadurch steigt allerdings auch der Platzbedarf.



Unabhängig von der Art des eingesetzten Wärmetauschers findet bei der Wärmeübertragung keine Durchmischung der Frischluft mit der Abluft statt. Feuchte und Gerüche werden sicher nach außen befördert.

Nachheizung

In Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft kann die Zuluft hinter dem Wärmetauscher nachgeheizt werden. Hierdurch kann der Komfort erhöht oder sogar auf statische Heizflächen verzichtet werden. Bei einem Passivhaus wird der Transmissionswärmebedarf so weit abgesenkt, dass die Aufheizung der sowieso erforderlichen Frischluft ein konventionelles Heizsystem mit Heizkörpern überflüssig macht. Im Passivhaus kann also über die Nachheizung der Frischluft der gesamte Wärmebedarf gedeckt werden.

Bezüglich der Investitionskosten sind elektrisch betriebene Nachheizregister am günstigsten. Allerdings entstehen je nach Nutzung hohe Betriebskosten und in der Primärenergiebilanz nach Energieeinsparverordnung (EnEV) wirkt sich der Einsatz von Strom stark negativ aus. Empfehlenswerter sind deshalb Warmwasser-Heizregister, die aus dem ohnehin erforderlichen Warmwasserspeicher gespeist werden können. Primär-energetisch besonders günstig ist die Einbindung des Nachheizregisters in eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung.

Je höher der Wärmebereitstellungsgrad des Wärmetauschers, desto höher liegt die Zulufttemperatur bei tiefen Außentemperaturen. Aus Komfortgründen kann beim Einsatz von Wärmetauschern mit Wärmebereitstellungsgraden von über 90% auf den Einsatz von Nachheizregistern verzichtet werden.

Vereisung des Wärmetauschers

Im Winter bei Frischlufttemperaturen unter 0°C Celsius kann die mit der Abluft abgeführte Raumluftfeuchte im Wärmetauscher gefrieren. Am häufigsten wird in diesem Fall der Frischluftventilator solange abgeschaltet bis die warme Abluft das Eis abgetaut hat. In einigen Geräten erfolgt das Abtauen mit Hilfe von Strom.

Eine weitere Möglichkeit, die Vereisung zu verhindern besteht darin, die Frischluft über einen Erdreichwärmetauscher vorzuwärmen.

Erdreichwärmetauscher

Ein Erdreichwärmetauscher besteht in der Regel aus Kunststoffrohren, die im Erdreich unter oder neben dem Haus verlegt werden. Da ab 1 Meter Tiefe ganzjährig eine Temperatur von etwa 10°C vorherrscht, tritt eine Vereisung des Wärmetauschers praktisch nie mehr auf. Zudem wird durch die Vorwärmung im Winter ein nennenswerter Beitrag zur Energieeinsparung geleistet.

In heißen Sommern wird im Erdreichwärmetauscher die Frischluft abgekühlt und die Lüftungsanlage kann so zu Kühlzwecken genutzt werden. Allerdings wird die Kühlwirkung häufig zu hoch eingeschätzt, da die bisher üblichen Rohrlängen eher einen geringen Kühleffekt haben.

Abwärmenutzung mit Wärmepumpen

In einigen Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung wird die in der Abluft hinter dem Wärmetauscher noch enthaltene Wärme zum Teil mit Hilfe einer kleinen Wärmepumpe entweder der Zuluft oder dem Warmwasserspeicher zugeführt. Hier sollten auf jeden Fall die Arbeitszahlen aus Prüfberichten unabhängiger Institute herangezogen werden. Die Arbeitszahl gibt das Verhältnis der Wärmeenergie zur aufgewandten elektrischen Energie an. Von den Herstellern werden häufig Arbeitszahlen angegeben, die unter besonders günstigen Bedingungen ermittelt wurden. Sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht sollte die mittlere Arbeitszahl über 3 liegen. Der Preis für elektrische Energie liegt im Normaltarif in der Regel um den Faktor 3 über dem Brennstoffpreis für Öl oder Gas. Wird der günstigere Wärmepumpentarif genutzt, müssen in der Regel Sperrzeiten von 2 mal 2 Stunden in den Hauptbedarfszeiten akzeptiert werden. Wenn in dieser Zeit häufig die elektrische Nachheizung mit Tagstromtarif in Betrieb geht (typisch mit 9 kW!) kann sich der Kostenvorteil schnell ins Gegenteil verkehren. Für eine realistische Energie- und Kostenbilanzierung ist die tatsächlich im Jahresmittel erreichbare Arbeitszahl die entscheidende Größe. Messprogramme haben in der Praxis nur Arbeitszahlen unter 3 nachgewiesen.

Stromverbrauch

Weil zwei Ventilatoren für die Abluft und für die Zuluft erforderlich sind, ist auch der Stromverbrauch etwa doppelt so hoch wie bei einer Abluftanlage. Die Summe der Leistungen beider Ventilatoren sollte unter 0,45 W/(m³/h) liegen. Bei einem Auslegungsvolumenstrom von 120 m³/h dürfte die Leistung also 60 W nicht überschreiten. Bei durchschnittlicher Nutzung der Anlage verbrauchen die beiden Lüfter dann im Laufe eines Jahres etwa 350 kWh Strom. Mit dieser elektrischen Energie wird je nach Qualität des Gerätes das 5 - 20fache an Wärmeenergie zurückgewonnen.

Wartung

Je nach Belastung der Frisch- und Abluft ist der Abstand zwischen 2 Reinigungen der Filter unterschiedlich groß. Falls das Lüftungsgerät nicht über eine Filterüberwachung verfügt, sollte zunächst vier mal pro Jahr eine Inspektion erfolgen. Einmal pro Jahr sollten die Filter erneuert werden.

Vorteile einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

Neben der Energieeinsparung bieten Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung eine Reihe weiterer Vorteile:

- Verbesserter Schallschutz möglich
- Hohe Anforderungen an die Frischluftfilterung erfüllbar
- Sichere Belüftung bei einem Luftverbund auch über mehr als zwei Geschosse

Anforderungen an eine Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

- 30 m² Frischluft/Person (DIN 1946-6)
- Hygienisch erforderlicher Mindestluftwechsel in der Normalstufe
- Regelbereich zwischen 0,3 und 0,8 - fachem Luftwechsel
- Wärmebereitstellungsgrad $\geq 75\%$
- Zulufttemperatur $> 16,5^\circ \text{C}$ zur Erzielung von Behaglichkeit
- niedriger Stromverbrauch, möglichst $< 0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$
- Luftdichtheit der Gebäudehülle $n_{50} < 0,6 \text{ l/h}$ (Passivhausanforderung)
- Schallschutzniveau festlegen (auf Basis VDI 4100)
- Schallpegel in Wohnräumen $< 25 \text{ dB/A}$
- Gute thermische Behaglichkeit
- Ausreichende Überströmöffnungen zwischen Zu- und Ablufträumen

Zuluft: z.B. über Weitwurfdüsen oberhalb der Türen
Luftgeschwindigkeit max. 0,1 m/s
Luft/Wärmeverteilung über Coanda-Effekt:
Luft legt sich eng an die Decke an und wird unter der Decke im Raum verteilt.
Schalldämpfer vor jedem Raum

Überströmung über Durchlässe in den Türen

Abluft: in Küchen / Bädern / WC's

Frischluftbedarf

Als Frischluftbedarf ist der größere der beiden folgenden Werte anzusetzen:

Der personenbezogene Wert errechnet sich aus der Bewohnerzahl mal 30 m³/h während der raumbezogene Wert sich aus der Zahl der Küchen (à 60 m³/h), der Bäder (à 40 m³/h) und der WC's (à 20 m³/h) ergibt.

BEISPIEL:

Frischluftbedarf 30 m³/h/Person
5 Personen = 150 m³/h

Abluft:	WC 20 m ³ /h
	Bad 40 m ³ /h
	Küche 60 m ³ /h
	= 120 m ³ /h

Frischluftbedarf gesamt: 150 m³/h

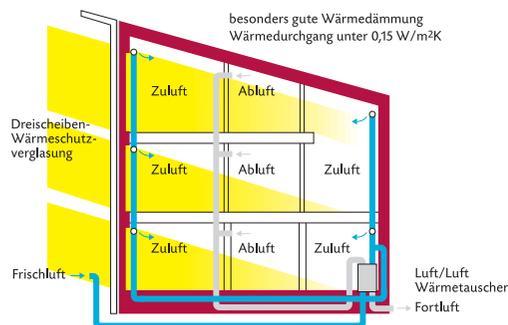
DAS PASSIVHAUS

In einem Passivhaus wird durch besonders gute Wärmedämmung der Transmissionswärmebedarf so weit abgesenkt, dass die Aufheizung der ohnehin erforderlichen Frischluft ein konventionelles Heizsystem mit Heizkörpern überflüssig macht. Der Einbau eines aktiven Heizsystems ist nicht mehr erforderlich.

Im Passivhaus kann also über die Nachheizung der Frischluft der gesamte Wärmebedarf gedeckt werden. Dies führt zu der zentralen Anforderung an Passivhäuser: Der Jahresheizwärmebedarf muss unter $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ liegen. Zum Vergleich: Ein Neubau nach der Energieeinsparverordnung weist einen Jahresheizwärmebedarf von ca. $70 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ auf, ein Gebäude aus den 50'er Jahren sogar einen Wert von $220 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (oder mehr)!

Die geringen Wärmeverluste werden erreicht durch:

- Sehr gute Wärmedämmung der Außenwand, des Daches und des Fußbodens ($U \approx 0,15 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$)
- Sehr gute Fenster $U \leq 0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$; g-Wert (Erläuterung siehe Glossar S. 54) 50% - 60%
- Sorgfältige, wärmebrückenfreie Ausführung
- Mängelfreie Ausführung im Hinblick auf die Luftdichtheit: max 0,6-facher Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung



Hinzu kommen Wärmegewinne durch:
Die solare Einstrahlung
Wärmeabgabe von Beleuchtung und Geräten
Wärmeabgabe von Personen im Gebäude

Jeder Neubau kann als Passivhaus erstellt werden!

Ein Passivhaus ist sparsam

Es verbraucht ca. 90% weniger Heizenergie als ein Gebäude im Bestand. Dieser Kostenvorteil besteht während der gesamten Nutzungsdauer des Hauses.

Außerdem:

Die Bauqualität eines Passivhauses ist hervorragend. Der Wert des Gebäudes ist, z.B. bei einer späteren Veräußerung hoch.

Die Mehrkosten:

Die Mehrkosten für den Passivhaus-Standard liegen bei den bisher erstellten Gebäuden bei ca. 4 – 10% der Baukosten.

Durch einen durchdachten Entwurf, eine exakte Detailplanung und eine gute Zusammenarbeit aller am Bau Beteiligten können die Mehrkosten reduziert werden.

Komfort und Behaglichkeit im Passivhaus

Die Qualität und Temperatur der Raumluft ist entscheidend für das Behaglichkeitsgefühl in einem Raum. Im Passivhaus wird ein hohes Maß an Wohnbehaglichkeit und Komfort erreicht, denn die warmen Oberflächen der Außenwände und die guten Fenster verhindern das unangenehme Gefühl der Kältestrahlung. Zugerscheinungen sind durch die garantierte Luftdichtheit des Gebäudes ausgeschlossen.

Die sehr gute Wärmedämmung bedeutet Behaglichkeit im Winter und Schutz vor Überhitzung im Sommer.

Die kontrollierte Lüftung erneuert die Raumluft regelmäßig. Ohne spürbare Luftbewegungen ist die Luft immer frisch, auch bei Abwesenheit der Bewohner. Die Luftfeuchtigkeit und Schadstoffe werden schnell und sicher abgeführt.

Bewohner von Passivhäusern bestätigen: Wohlbefinden, Kosteneinsparung und einfache Bedienung bedeuten angenehmes Wohnen.

4 REGELUNG UND LUFTFILTERUNG



Regelung

Lüftungsanlagen werden optimal genutzt, je besser und einfacher sie sich an die Bedürfnisse der Nutzer anpassen lassen. Eine einfach zu durchschauende Beeinflussung durch den Nutzer muss möglich sein. Hierzu gehört z.B. die zentrale und gut zu erreichende Positionierung der Regelung.

In Mehrfamilienhäusern muss eine wohnungsweise Einstellung der Lüftungsanlage möglich sein.

Abluftanlagen dezentral

Die Zuluftströme durch die Außenluftdurchlässe müssen regulierbar sein und bei Sturm sich dicht schließen lassen. Durch zeitweiliges Schließen einiger Durchlässe kann der Schwerpunkt der Frischluftzufuhr entsprechend der Nutzung in bestimmte Räume verlagert werden (Schlafen/Wohnen).

Die Abluftmenge kann mit einer mehrstufig regelbaren Schaltung des Ventilators den jeweiligen Anforderungen angepasst werden.

Einzellüfter in Bad/WC/Küche sind die einfachste und zumeist preisgünstigste Abluftvariante. Geräte mit einer Feuchteregulierung erhöhen den Abluftvolumenstrom mit zunehmender Raumluftfeuchte. In Bädern ist auf diese Weise der schnelle Abtransport der feuchten Luft nach dem Duschen oder Baden gesichert. Dies kann aber auch durch einen Bedarfsschalter geschehen, der über ein feuchteempfindliches Band oder über ein Nachlaufrelais für eine gewisse Zeit den Volumenstrom vergrößert.

Bitte beachten: Die Kopplung des Abluftventilators mit dem Lichtschalter, z.B. in innenliegenden WCs erfüllt nicht die Forderung nach einem kontinuierlichen Luftwechsel.

Abluftanlagen zentral

Ein Vorteil der zentralen Abluftanlage ist die einfache Regelbarkeit. Über einen Schalter lassen sich leicht die verschiedenen Lüftungsstufen (siehe Info-Kasten) einstellen. Aber auch eine Feuchteregulierung (Hygrostat) lässt sich einbauen. Weitere mögliche Führungsgrößen sind CO₂- oder Mischgaskonzentration. Ein Problem besteht allerdings darin, dass die Raumluftqualität nicht nur aus einer Führungsgröße abgeleitet werden kann und auch nicht nur an einem Ort erfasst werden sollte. So erhöht die Feuchteregulierung nicht den Luftwechsel, wenn z.B. geraucht wird. Weiterhin erreicht den Feuchtefühler im Zentralgerät ein Luftgemisch aus allen Abluftträumen. Ein Duschbad im Erdgeschoss erhöht deshalb unter Umständen nicht wie gewünscht den Abluftvolumenstrom. Hier kann ein zusätzlicher Bedarfsschalter vorübergehend für einen erhöhten Luftwechsel sorgen. Welche Regelstrategie für den jeweiligen Fall empfehlenswert ist, sollte mit den Nutzern abgestimmt werden.

Damit die Lüftungsanlage bedarfsgerecht betrieben wird, sollte der Schalter an einem zentralen Ort montiert sein, z. B. in der Nähe der Eingangstür.

→ **Grundlüftung:**

(etwa 0,3-facher Luftwechsel) Diese Lüftungsstufe sollte nicht unterschritten werden.

→ **Normallüftung:**

(etwa 0,5-facher Luftwechsel) Dauerlüftungsstufe bei normaler Nutzung.

→ **Party-Schaltung:**

(etwa 0,8-facher Luftwechsel) Die Lüftungsanlage wird auf höchster Stufe betrieben.

→ **Ausschaltung:**

Außerhalb der Heizperiode können die Anlagen abgeschaltet werden, wenn die Lüftung über die Fenster erfolgen kann und nicht andere Gründe für einen Weiterbetrieb sprechen (z.B. Schallschutz, Pollenfreiheit, Einbruchschutz, Sommerkühlung).

Zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

Auch in einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung müssen die verschiedenen Lüftungsstufen (siehe Info-Kasten) einstellbar sein. Auch hier besteht die Schwierigkeit, den Volumenstrom an einer Führungsgröße, die an einem Ort gemessen wird, zu orientieren. Am weitesten verbreitet ist die Feuchte- und Temperaturregelung. Alle automatischen Regelungen sollten aber einen Mindestluftwechsel sicher stellen, damit die Luftqualität auch bezüglich der nicht erfassten Größen und in den Räumen ohne Fühler die Mindestanforderungen erfüllt.

Empfehlenswert sind Lüftungsgeräte, bei denen die Zu- und Abluft- Volumenströme automatisch ausbalanciert werden. In diesen Geräten erfolgt eine optimale Wärmerückgewinnung. Mit Handschaltern kann die Zuluft tagsüber vermehrt in die Wohnräume und nachts schwerpunktmäßig in die Schlafräume gelenkt werden. Eine Grundlüftung sollte jedoch in allen Räumen gewährleistet sein.

Sommerlüftung

Wenn die Lüftungsanlage auch im Sommer betrieben werden soll, etwa zur Kühlung durch Nachtlüftung oder um Pollen fernzuhalten, muss der Wärmetauscher der Lüftungsanlage umgangen werden. Dies kann automatisch per Temperatursteuerung oder mit einer von Hand betätigten Bypassklappe oder durch den Austausch des Wärmetauschers durch eine Sommerkassette geschehen.

Luftfilterung

In Abluftanlagen sollte die Luft vor Eintritt in den Ventilator gefiltert werden. Nur so können Ablagerungen von staub- oder fetthaltigen Bestandteilen der Raumluft in den Luftkanälen verhindert werden. In Einzelentlüftern befindet sich ein Filter meist im Lüftergehäuse. Dies ist beim Einbau des Lüfters zu beachten. Wenn zum Filterwechsel die Abdeckung nach vorn geklappt werden muss, ist der entsprechende Platz freizuhalten:



Fotos: ebök

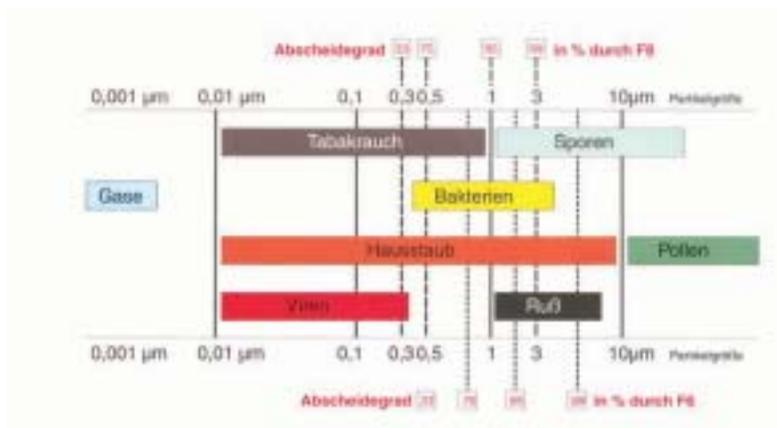


Bei höherer Belastung der Abluft müssen die Filter entsprechend häufiger gereinigt und gewechselt werden. Ein durch häufiges Reinigen geschrumpfter Filter wirkt nicht mehr.

Nach DIN 1946-6 sind in Küchen Filter mit leicht austauschbaren Einsätzen zu verwenden. Auch für Bad und WC Räume wird ihre Anwendung empfohlen.

Schlecht gewartete oder fehlende Filter können zu Ablagerungen im Rohrnetz oder im Ventilator führen. Ablagerungen auf den Lüfterschaufeln erhöhen den Leistungsbedarf und damit den Stromverbrauch. Es können aber auch aufgrund von Unwucht Geräusche verursacht werden und auf Dauer auch Lagerschäden entstehen.

In Zuluftanlagen sollte die Frischluft möglichst direkt am Außenluftdurchlass gefiltert werden. Geeignet sind leicht wechselbare Trockenfiltereinsätze. Sie müssen mindestens den Klassen G 3 bis F 5 entsprechen (DIN EN 779). Wenn auch Pollen aus der Frischluft herausgefiltert werden sollen, sind Filter der Klasse F6 und besser erforderlich. Empfehlenswert ist eine automatische Anzeige des notwendigen Filterwechsels.



Größenverteilung von Anteilen in der Luft

Klassifizierung von Luftfiltern nach EN 779

Filterklasse	Enddruckdifferenz	Mittlerer Abscheidegrad (A_m) des synthetischen Prüfstaubes	Mittlerer Wirkungsgrad (E_m) bei Partikel von $0,4 \mu\text{m}$
	Pa	%	%
G1	250	$50 \leq A_m < 65$	-
G2	250	$65 \leq A_m < 80$	-
G3	250	$80 \leq A_m < 90$	-
G4	250	$90 \leq A_m$	-
F5	450	-	$40 \leq E_m < 60$
F6	450	-	$60 \leq E_m < 80$
F7	450	-	$80 \leq E_m < 90$
F8	450	-	$90 \leq E_m < 95$
F9	450	-	$95 \leq E_m$

ANMERKUNG Die Merkmale atmosphärischen Staubes weisen im Vergleich zu denen des in der Prüfung verwendeten synthetischen Prüfstaubes eine große Variationsbreite auf. Deshalb bieten die Prüfergebnisse keine Grundlage für die Vorhersage der Betriebsleistung oder der Lebensdauer. Ladungsverlust des Filtermediums und das Ablösen von Partikel oder Fasern können ebenfalls den Wirkungsgrad beeinträchtigen.

5 PLANUNG UND KOSTEN DER ANLAGE

Planung

Der Einbau einer Anlage zur kontrollierten Lüftung sollte in einem frühen Planungsstadium bedacht und unter Einbeziehung der verschiedenen Gewerke geplant werden. So ist z.B. beim Einbau der Zuluftöffnungen als Wanddurchführungen zu klären, an welcher Stelle die Öffnungen sein sollen. Auch die abluftseitige Rohrführung ist frühzeitig zu klären. So muss z.B. für eine zentrale Luftführung mit Boxventilator die Leitungsführung mit den Grundriss- und Konstruktionsgegebenheiten abgestimmt werden.

Je komplexer das System, desto wichtiger ist die frühzeitig gemeinsam abgestimmte Planung. Für eine Anlage mit Wärmerückgewinnung ist z.B. die Lage und Dimension der Luftkanäle mit allen Bestandteilen wie Schalldämpfer festzulegen, da evtl. eine Geschosserhöhung erforderlich werden kann. Auch weitere mögliche Bestandteile, wie Erdreichwärmetauscher oder die Einbindung von Solaranlagen sind bereits in die Vorplanung einzubeziehen.

Hierfür wird empfohlen den Statiker und die ausführenden Firmen, die die Gewerke Heizung/Lüftung erstellen, frühzeitig in die Planung einzubeziehen. Dieses Verfahren entspricht nicht der üblichen Vorgehensweise, bei der die Statik und Haustechnikplanung erst nach erfolgter Gebäudeplanung angefertigt werden. Somit ist von allen Beteiligten ein Umdenken notwendig. Dieses kommt jedoch der Qualität der Planung und Ausführung zugute. Es hilft, Fehler zu vermeiden und reduziert die Kosten und Mängel.



Checkliste Planung

- Festlegung der Zuluft-, der Überström- und der Abluft-Räume
- Festlegung und Ausbalancierung der raumbezogenen Luftmengen
 - Hygienisch erforderlicher Mindestluftwechsel
- Schallschutz beachten (< 25 dB/A)
- Wahl der Zuluftführung
 - **dezentral**
 - Einbau der Zuluftelemente in Wand oder Fenster
 - Lage in Bezug zu den Heizkörpern
 - Einrichtung/Möbliering
 - Schallschutz gewünscht?
 - Pollenfilter gewünscht?
 - Verschleißbarkeit
 - **zentral**
 - Rohrnetzführung / Dimensionierung
 - Filterung
 - Schalldämpfer
 - Statik
 - Ästhetische Vorgaben
 - Konstruktive Vorgaben
 - Bauablauf
 - Kosten
- Luftführung im Überströmbereich
 - Ausreichende Querschnitte der Überströmöffnungen
 - Schlitze unter/über den Türen oder Gitter in den Türen mit/ohne Schallschutz
- Wahl der Abluftführung
 - **dezentral**
 - Schallschutz
 - Filterung
 - Zugänglichkeit
 - **zentral**
 - Zugänglichkeit des Gerätes
 - Filter-Auswahl
 - Dunstabzugshaube im Umluftbetrieb oder separate Abluft
- Regelung
 - 4-Stufen-Schalter, gut zugänglich
 - Regelbereich zwischen 0,3 und 0,8 - fachem Luftwechsel
- Stromverbrauch
 - Abluftanlagen möglichst < 0,25 W/(m³/h)
 - Zu- und Abluftanlagen möglichst < 0,45 W/(m³/h)

Die Kosten

Die Kosten für den Einbau einer Anlage zur kontrollierten Lüftung hängen in erster Linie von der Wahl des Systems – mit oder ohne Wärmerückgewinnung – und von den gebäudespezifischen Gegebenheiten ab. Besondere Bedingungen gelten für den Einbau in bestehenden Gebäuden. Diese werden gesondert behandelt (siehe Seite 37-39).

- Frühzeitige gemeinsame Planung spart Kosten
- Anlagen ohne Wärmerückgewinnung sind kostengünstiger
- Der kostengünstige Einbau des erforderlichen doppelten Rohmetzes bei einer Wärmerückgewinnungsanlage setzt eine rechtzeitige und sorgfältige Planung und eine gut abgestimmte Koordinierung der Gewerke voraus.
- Zuluftführung über Spaltventile in den Fensterrahmen ist meist preiswerter als Außenwanddurchlässe
- Die Anordnung der Sanitäräume über- bzw. nebeneinander ist günstiger im Hinblick auf die Führung der Abluftkanäle
- Besondere Anforderungen, z.B. schallhemmende Außenwanddurchlässe oder Pollenfilter erhöhen die Kosten

Anlagen mit Wärmerückgewinnung

- Komplizierte Grundrisse und Gebäudegeometrien erhöhen die Kosten für die Leitungsführung
- Die Anordnung aller Zu- und Abluftleitungen ist z.B. im Flur oder im Spitzboden möglich
- Der Verzicht auf die übliche Raumhöhe von 2,50 m im Flur spart die Kosten für eine Geschosserhöhung

Zur Orientierung:

Kosten für ein System mit dezentraler Zuluft und zentraler Abluft:

→ Ca. 12 – 16 €/m² Wfl.

Kosten für ein System mit zentraler Zu- und Abluft und Wärmerückgewinnung:

→ Ca. 35 – 60 €/m² Wfl.

Darin sind die Kosten für Maurerarbeiten (z.B. Kernbohrungen), Trockenbauarbeiten (z.B. Verkastelungen), Geschosserhöhungen und besondere Anforderungen nicht enthalten.

6 LÜFTUNG IM WOHNUNGSBESTAND



Kontrollierte Lüftung im Wohnungsbestand

Die energetische Sanierung bestehender Gebäude senkt den Energieverbrauch und erhöht den Wohnkomfort. Die Dämmung der Außenwände, des Daches und der Einbau neuer Fenster sind Maßnahmen, die auch eine höhere Gebäudedichtheit zur Folge haben. Dies führt häufig – insbesondere beim Fensteraustausch – zur Schimmelpilzbildung, wenn das Lüftungsverhalten nicht den veränderten Bedingungen angepasst wird. Die warme Raumluft kondensiert an den kalten Flächen, z.B. im Bereich der Fensterleibung.

Gerichte schreiben z.B. bei einer Fenstersanierung die Aufklärung der Mieter über richtiges Lüftungsverhalten vor!

Komfortabler und sicherer als die Änderung des Lüftungsverhaltens ist der Einbau einer Anlage zur kontrollierten Lüftung. Das Prinzip entspricht auch hier dem Neubau: Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer sind Zulufträume. Bäder, Küchen, WCs sind Ablufträume.

Beim Einbau neuer Fenster sind Spaltventile in den Fensterrahmen eine kostengünstige Lösung für die Zulufträume.

Dies gilt allerdings nur, wenn keine erhöhten Anforderungen an den Schallschutz gestellt werden. In diesen Fällen ist der Einbau eines Außenwandventils sinnvoll, allerdings auch aufwendiger.



Der Abluftventilator im Bad und WC kann z.B. an einen vorhandenen Schacht angeschlossen werden. Der Betrieb sollte über eine Zeitschaltuhr mit bedarfsgerechter Programmierung oder eine feuchtegeführte Regelung erfolgen. In Mehrfamilienhäusern sind die Brand- und Schallschutzanforderungen zu beachten.



Der Einbau einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann auch im Gebäudebestand sinnvoll sein, insbesondere wenn sich das Gebäude an einer vielbefahrenen Strasse oder in Flughafennähe befindet.



In den Beispielen 6 und 7 auf Seite 49 und 50 wird sowohl diese Lösung als auch die Anordnung von Einzelgeräten in den einzelnen Räumen vorgestellt.

Die Verteilungsrohre können z.B. über einer abgehängten Decke im Flur liegen. Für das Lüftungsgerät ist eventuell in einem Abstellraum oder in der Küche Platz.



BEISPIEL 1



Lüftung zur Komfortverbesserung

Das zweigeschossige Einfamilienhaus ist mit ca. 140 m² Wohnfläche und einem ausbaufähigen Dachgeschoss im Jahr 2002 fertiggestellt worden. Die Bauherren haben hohe Ansprüche sowohl an die Bauqualität als auch an den Wohnkomfort gestellt. Deshalb wurde besonderer Wert auf die Anlage zur kontrollierten Lüftung gelegt.

Die Auswahl der Lüftungselemente erfolgte auch nach ästhetischen Gesichtspunkten. Die Spaltventile in den Fensterrahmen sind unauffällig und ansprechend. Der zentrale Ventilator befindet sich im Dachgeschoss.

Die Bauherren sind nach den Erfahrungen einer Heizperiode sehr zufrieden mit der Anlage. Es wurden - auch in unmittelbarer Nähe der Zuluftventile - keine Zugerscheinungen festgestellt. Die Raumluft wird immer als frisch empfunden.

Hervorgehoben wurde auch der schnelle Abtransport der Feuchtigkeit z.B. nach dem Duschen.



Geschickt platzierte Lüftungsschlitze



BEISPIEL 2

Niedrigenergiehaus

Bei dem Einfamilienhaus im Süden Hamburgs verteilt sich die Wohnfläche von ca. 110 m² auf drei Ebenen. Die Splitlevel-Anordnung mit Pultdach ist eine energetisch sehr günstige Form, der Jahresheizwärmebedarf beträgt 56 kWh/m²a. Der U-Wert (Erläuterung siehe Glossar S. 54) der Außenwand ist 0,19 W/m²K. Das Dach erreicht mit einer Dämmung von 28 cm einen U-Wert von 0,14 W/m²K.

Die Messung der Luftdichtheit erfolgte vor Einbau der Gipskartonplatten und ergab einen guten n₅₀-Wert von 1,1 [1/h]. Geringfügige Undichtheiten wurden nur im Bereich der bodenständigen Fenster und der Schiebelelemente festgestellt.

Die kontrollierte Lüftung besteht aus Außenwanddurchlässen in den Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmern und einer zentralen Abluftführung.



Die Zuluftelemente befinden sich in Sturzhöhe neben den Fenstern.



Zuluftelement

Der Boxventilator ist in einer Abseite untergebracht und führt die feuchte, verbrauchte Luft aus den beiden Bädern nach draußen.



Abluftventil im Bad

BEISPIEL 3

Niedrigenergiehaus mit zwei Wohneinheiten

Das Niedrigenergiehaus in Massivbauweise wurde im Jahr 2001 fertiggestellt. Die Wohnfläche von ca. 200 m² verteilt sich auf Erd- und Dachgeschoss.

Die Lüftung erfolgt über eine Anlage mit Wärmerückgewinnung und Erdreichwärmetauscher. Dieser ist mit einer Länge von ca. 40 m rund um das Haus verlegt. Der Wärmetauscher befindet sich im Keller.



Der Wärmetauscher im Keller

Abluftfilter

Sämtliche Luftkanäle sind in der abgehängten Decke im Flur verlegt. Hierzu wurde die Geschosshöhe auf 2,60 m erhöht. Die Zuluftführung erfolgt über Weitwurfdüsen jeweils über den Türen der Wohn-, Schlaf- und Arbeitszimmer.



Weitwurfdüse über der Tür



Die Regelung ist in 4 Stufen möglich und an zentraler Stelle im Flur des Erdgeschosses untergebracht.



Erfahrungen

Nach der ersten Heizperiode sind die Nutzer sehr zufrieden mit der Lüftungsanlage. Auf zusätzliche Fensterlüftung wird weitgehend verzichtet, die Luft wird als gut und ohne spürbare Luftbewegungen bezeichnet. Die Schallübertragung zwischen den Räumen ist aufgrund der eingebauten Schalldämpfer nicht möglich, allerdings sind im Schlafzimmer des Erdgeschosses Vibrationen spürbar. Diese entstehen durch die Aufhängung des Lüftungsgerätes an der Kellerwand.

Zu- und Abluftfilter wurden bereits mehrfach gereinigt, als Grund für die relativ schnelle Verschmutzung wird erhöhter Staubanfall aufgrund der Baustellensituation auch nach Bezug des Gebäudes vermutet.

Das einzige was die Nutzer bemängelten, ist das Fehlen eines Bypasses zur sommerlichen Kühlung. Hierüber hätte die Frischluft an dem Wärmetauscher vorbei direkt den Zulufträumen zugeführt werden können.

BEISPIEL 4



Passivhaus mit 15 Wohneinheiten

Mehrfamilienhaus mit 15 Wohnungen mit 60 m² bis 130 m² Wohnfläche. Das Gebäude wurde als Passivhaus erstellt. Um den Jahresheizwärmebedarf von 15 kWh/m²a nicht zu überschreiten, wurden die Außenwände mit einer Wärmedämmung von 25 cm, das Dach mit 35 cm Dämmung versehen. Die Dreischeiben-Wärmeschutzverglasung hat einen U-Wert von 0,7 W/m²K. Die Blower-Door-Messung ergab einen Wert von 0,7 l/h.

Die Lüftungsanlage:

Die Lüftungsanlage besteht aus einem Erdreichwärmetauscher, den Kreuzstromwärmetauschern und Ventilatoren im Keller. Das Zu- und Abluftleitungssystem stellt die Verbindung zu den Wohnungen her. Die Nacherwärmung der Luft und die zentrale Warmwasserbereitung erfolgt über Fernwärme.



Die 5 Kreuzstrom-Wärmetauscher befinden sich im Haustechnikraum im Keller.

Zuluft:

Die Außenluft wird über ein Ansaugbauwerk mit bis zu -10°C angesaugt und über den Wärmetauscher in die Wohnräume geleitet. Hier sorgen Weitwurfdüsen für die gleichmäßige Verteilung der frischen und erwärmten Luft. Sie befinden sich entweder direkt über der Tür oder an einer anderen zentralen Stelle im Raum. Die Eintrittstemperatur der Luft in die Räume beträgt mindestens 17°C. Die zusätzliche Erwärmung der Raum-

luft erfolgt über ein Nachheizregister in jeder Wohnung. Die Temperatur ist in jeder Wohnung individuell in dem Bereich zwischen 17°C und 20°C regelbar. Ein Heizkörper in den Badezimmern ermöglicht die Erwärmung der Luft auf max. 24°C. Die Regelung des Volumenstroms und der Temperatur erfolgt an zentraler Stelle im Flur jeder Wohnung.



Weitwurfdüse über der Tür



Die individuelle Regelung der Lüftungsanlage

Die Abluft

Die Abluft wird in Küche, Bad und WC abgesaugt und über den Wärmetauscher im Keller geführt. Die Abluftventile in den Küchen verfügen über Dauerfilter.

Der Lüftungsverbund innerhalb der Wohnung erfolgt über Lüftungsgitter oder Lüftungsöffnungen im unteren Bereich der Türen.



Überströmöffnung in der Tür

Sämtliche Zu- und Abluftleitungen befinden sich in der abgehängten Decke des Flures. Vor jedem Wohnraum ist ein Schalldämpfer angeordnet.



Abluft in der Küche



Abluft im Badezimmer

BEISPIEL 5



Erweiterungsbau für die Gesamtschule Blankenese

Bisher wurden Anlagen zur kontrollierten Lüftung nahezu ausschließlich in Wohnhäusern eingebaut. Doch gerade in Gebäuden wie Schulen oder Kindergärten halten sich viele Personen auf einer relativ kleinen Fläche auf. Der Frischluftbedarf ist hoch und kann durch Fensterlüftung nur unzureichend gedeckt werden. Der Einsatz einer Anlage zur kontrollierten Lüftung sichert den notwendigen hohen Luftwechsel ohne Zugerscheinungen und Energieverluste. Dieses Beispiel zeigt die erste Schule in Hamburg mit einer Lüftungsanlage.

Die Gesamtschule Blankenese wurde im Jahr 2001 um ein Klassengebäude und eine Turnhalle erweitert. Das Klassengebäude wurde als Niedrigenergiehaus erstellt und mit einer Anlage zur kontrollierten Lüftung ausgestattet.

Bei einer Raumbellegung von 30 Personen ergibt sich ausgehend von einer Zuluftmenge von 30 m^3 pro Person eine erforderliche Luftmenge von $900 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Klasse.



BEISPIEL 6



In jedem der 6 Klassenräume wurde sowohl Zu- als auch Abluftventile eingebaut.



Die Regelung der Anlage erfolgt raumweise über CO₂-gesteuerte Fühler.

Erfahrung:

Die Erfahrungen mit der Anlage nach der ersten Heizperiode waren nicht optimal. In der ersten Zeit wurden zu laute Geräusche bemängelt, dann wurden in einigen Klassenräumen zu hohe Temperaturen festgestellt, in anderen wiederum war es, gerade am Morgen, zu kalt. Einige Schüler und Lehrer stellten auch 'muffige Luft' fest.

Nach zusätzlich eingebauten Schalldämpfern und Arretierung der Thermostatventile sind die Anlagen-Geräusche nicht mehr wahrnehmbar und es kommt auch zu keinen Überhitzungen in den Räumen mehr. Durch frühzeitige Abstimmungen mit den beteiligten Planern und ausführenden Firmen sowie Schülern und Lehrern hätte der gewünschte Betrieb der Anlage früher erreicht werden können.



Im Technikraum im Obergeschoss befindet sich für jeden Raum ein Wärmetauscher.

Einbau von wohnungsweise geregelten Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung.

Die Wohnungsbaugenossenschaft KAIFU-NORDLAND eG baut im Zuge von weiteren Sanierungsmaßnahmen Lüftungsanlagen ein. Die Wohnungen befinden sich in Gebäuden der Baujahre 1950 – 60 an vielbefahrenen Straßen.

Hauptanlass für diese Maßnahme ist der Lärmschutz in diesen Wohnungen. Der Einbau erfolgt jeweils bei Mieterwechsel. Das Lüftungsgerät wird jeweils im Bad eingebaut. Die Zu- und Abluftkanäle befinden sich im Flur. Hierzu wird die Decke um 25 cm abgehängt.

Die Regelung erfolgt in 3 Stufen, eine Ausschaltung ist nicht möglich. Der Stufenschalter befindet sich hinter der Wohnungseingangstür. Die Mieter werden jeweils bei Einzug über die Funktion der Lüftungsanlage informiert. Dies erfolgt persönlich durch einen Vertreter der Wohnungsbaugenossenschaft.



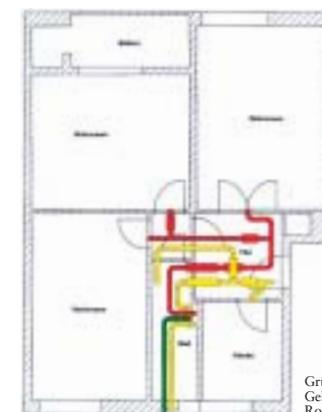
Zu- und Abluftkanäle unter der Decke im Flur.

Erfahrungen

Von Seiten der Mieter gab es bisher keine Beschwerden. Die Ausschaltung des Straßenlärms bei gleichzeitiger 'guter Luft' in den Räumen wird positiv bewertet. Hervorgehoben wurde die geringere Staubbelastung in den Wohnungen.

Die Wartung erfolgt ein- bis zweimal im Jahr.

Die Wohnungsbaugenossenschaft beabsichtigt aufgrund der positiven Erfahrungen auch weitere freierwende Wohnungen mit Lüftungsanlagen auszustatten. Die Baukosten für die Anlagen betragen ca. € 5.000 pro Wohneinheit (ca. 70 m²).



Grün: Frischluft
Gelb: Abluft
Rot: Zuluft

BEISPIEL 7



Einbau von raumweise angeordneten Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung

Der Eisenbahnerbauverein Harburg eG hat im Rahmen einer umfangreichen energetischen Gebäudesanierung alle Wohnungen mit Lüftungsanlagen ausgestattet, um dauerhaft den Energieverbrauch für die Beheizung und Warmwasserbereitung zu reduzieren. Das Wohnhaus wurde ca. 1950 erbaut.

Die Maßnahmen:

- Einbau neuer Fenster mit Wärmeschutzverglasung
- Dämmung der Außenwand, des Daches und der Kellerdecke
- Einbau einer thermischen Solaranlage
- Einbau von Thermolüftern in allen Räumen

Die Lüftung

Eingebaut wurden dezentrale Außenwandlüfter, die überwiegend paarweise geschaltet werden. Die Umschaltung von Be- auf Entlüftung erfolgt alle 80 Sekunden, wodurch eine Luftwechselrate von 0,3 – 0,5 sichergestellt wird.

Die Wartung der Lüfterelemente kann von den Mietern selbst durchgeführt werden und beschränkt sich auf die Reinigung von Luftfilter und Wärmetauscher.

Da die Anlagen erst ca. 1 Jahr in Betrieb sind, können noch keine Aussagen über die Nutzung gemacht werden. Pro Wohneinheit entstanden Kosten von ca. € 4.000.



Lüfter

Die Regelung befindet sich an gut zugänglicher Stelle und ermöglicht den Betrieb in 3 Stufen, wobei der ganzjährige Betrieb auf Stufe 1 empfohlen wird.



Regelungsschalter

ENERGIEEINSPARVERORDNUNG (EnEV)

Anforderungen an Lüftungsanlagen

§ 5 Dichtheit und Mindestluftwechsel

(2) Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist. Werden dazu andere Lüftungseinrichtungen als Fenster verwendet, müssen diese Anhang 4 Nr. 3 entsprechen.

Anhang 4 Nr. 3:

Anforderungen an Lüftungseinrichtungen

Lüftungseinrichtungen in der Gebäudehülle müssen einstellbar und leicht regulierbar sein. Im geschlossenen Zustand müssen sie der Tabelle 1 (Klassen der Fugendurchlässigkeit von außen liegenden Fenstern, Fenstertüren und Dachflächenfenstern) genügen. Soweit in anderen Rechtsvorschriften Anforderungen an die Lüftung gestellt werden, bleiben diese Vorschriften unberührt. Satz 1 ist nicht anzuwenden, wenn als Lüftungseinrichtungen selbsttätig regelnde Außenluftdurchlässe unter Verwendung einer geeigneten Führungsgröße eingesetzt werden.

§ 10 Aufrechterhaltung der energetischen Qualität

(3) Heizungs- und Warmwasseranlagen sowie raumlufttechnische Anlagen sind sachgerecht zu bedienen, zu warten und instand zu halten. Für die Wartung und Instandhaltung ist Fachkunde erforderlich. Fachkundig ist, wer die zur Wartung und Instandhaltung notwendigen Fertigkeiten besitzt.

§ 3 Abs. 2 Anhang 1, 2.10

Voraussetzungen für die Anrechnung mechanischer Lüftungsanlagen

Im Rahmen der Berechnung nach Nr. 2 ist bei mechanischen Lüftungsanlagen die Anrechnung der Wärmerückgewinnung oder einer regelungstechnisch verminderten Luftwechselrate nur zulässig, wenn

- die Dichtheit des Gebäudes nach Anhang 4 Nr. 2 nachgewiesen wird,
- in der Lüftungsanlage die Zuluft nicht unter Einsatz von elektrischer oder aus fossilen Brennstoffen gewonnener Energie gekühlt wird und
- der mit Hilfe der Anlage erreichte Luftwechsel § 5 Abs. 2 genügt.

Die bei der Anrechnung der Wärmerückgewinnung anzusetzenden Kennwerte der Lüftungsanlagen sind nach anerkannten Regeln der Technik zu bestimmen oder den allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen der verwendeten Produkte zu entnehmen. Lüftungsanlagen müssen mit Einrichtungen ausgestattet sein, die eine Beeinflussung der Luftvolumenströme jeder Nutzeinheit durch den Nutzer erlauben. Es muss sichergestellt sein, dass aus der Abluft gewonnene Wärme vorrangig vor der vom Heizsystem bereitgestellten Wärme genutzt wird.

NORMEN UND RICHTLINIEN

DIN 1946-6

Raumlufttechnik Anforderungen, Ausführung, Abnahme
(VDI-Lüftungsregeln)

DIN 4108-7

Luftdichtheit von Bauteilen und Anschlüssen - Planungs- und Ausführungsempfehlungen sowie -beispiele

DIN 24185-2

Prüfung von Luftfiltern für die allgemeine Raumlufttechnik, Filterklasseneinteilung, Kennzeichnung, Prüfung

DIN EN 779

Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Bestimmung der Filterleistung

DIN 18017-3

Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster mit Ventilatoren

VDI 3801

Betreiben von raumlufttechnischen Anlagen

VDI 3803

Raumlufttechnische Anlagen, bauliche und technische Anforderungen

VDI 4100

Schallschutz von Wohnungen - Kriterien für Planung und Beurteilung

GLOSSAR

- **Abluft**
Warme, feuchte und belastete Luft, die aus Küche, Bad, WC über die Lüftungsanlage abgeführt wird.
- **Außenluftvolumenstrom**
Zugeführte Außenluftmenge (Frischluft) pro Stunde. Einheit m^3/h .
- **Außenluftfrate**
Personenbezogener Außenluftvolumenstrom, z.B. $30 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person
- **Fortluft**
Über den Abluftventilator ins Freie abgeführte Luft.
- **g-Wert (Gesamtenergiedurchlässigkeit) von Fenstern**
Der g-Wert misst den Energiedurchlass von außen nach innen in Prozent. Je höher der g-Wert, desto mehr Sonnenenergie wird über die Verglasung nach innen abgegeben. Ein hoher g-Wert bedeutet hohen Wärmegewinn.
- **Luftwechsel**
Außenluftvolumenstrom im Verhältnis zum Raumvolumen. Der Luftwechsel gibt an, wieviel Mal pro Stunde die Luft im Raum erneuert wird. Ein Luftwechsel von $0,5$ pro Stunde ($1/\text{h}$) bedeutet, dass die Raumluft alle 2 Stunden vollständig durch Außenluft ersetzt wird.

- **n_{50} -Wert**
Maß für die Luftdichtheit der Gebäudehülle. Der n_{50} -Wert ist der Mittelwert der in einem Gebäude bei einer Druckdifferenz von 50 Pascal gemessenen Luftwechsel. Einheit: $1/\text{h}$.
- **U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) (früher k-Wert)**
Der U-Wert beschreibt den Wärmedurchgang durch ein Außenbauteil in Watt je m^2 Fläche und je 1 Grad Temperaturunterschied zwischen innen und außen. Je kleiner der U-Wert, umso besser ist der Wärmeschutz. Einheit: $\text{W} / \text{m}^2\text{K}$
- **Wärmebereitstellungsgrad**
Das Verhältnis der ein- und austretenden Wärmeströme bei der Wärmerückgewinnung. Der Wärmebereitstellungsgrad ist der entscheidende Faktor für die Bewertung einer kontrollierten Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung.
- **Zuluft**
Frischluft, die den Zulufräumen von außen zugeführt wird, entweder direkt über Spaltventile bzw. Außenwanddurchlässe oder indirekt nach Vorerwärmung und Filterung im Wärmetauscher.

ANSPRECHPARTNER/ADRESSEN

Zinsgünstige Finanzierungsprogramme

- KfW-Programm zur CO_2 -Minderung
 - KfW- CO_2 -Gebäudesanierungsprogramm
- Anträge werden über die Hausbank gestellt.*

Kontakt:
Kreditanstalt für Wiederaufbau
Palmengartenstraße 5-9
60325 Frankfurt
Tel.: 069 / 74 31 - 43 40
www.kfw.de

Energie- und Schimmelpilzberatung

Die Verbraucher-Zentrale Hamburg berät zu Fragestellungen zur kontrollierten Lüftung und hilft auch bei Problemen mit feuchten Wänden oder Schimmelpilzen.

Kontakt:
Verbraucherzentrale Hamburg
Kirchenallee 22
20099 Hamburg
Tel.: 040 / 248 32 - 250
www.verbraucherzentrale-hamburg.de

Weitere Informationen unter
www.arbeitundklimaschutz.de

Umwelttelefon: 040 / 34 35 36

Herausgeber: "Arbeit und Klimaschutz", Behörde für Umwelt und Gesundheit
Text: Marianne Dedekind, Michael Hell, Henning Kremer
Gestaltung: Karina Petersen

Fotos: Marianne Dedekind, Karina Petersen, Premium, Getty Images, Stockbyte
© 2003 Initiative "Arbeit und Klimaschutz", Behörde für Umwelt und Gesundheit Hamburg
Gedruckt auf 100% Recycling Papier