

# 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 Stadtentwicklung und Umwelt hat viele Neubauvorhaben 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

Wie viel Lüftung ist erforderlich?	4
Luftqualität	6
Fensterlüftung	8
Kontrollierte Lüftung	9
Luftdichtheit	10
Abluftanlagen	14
Wärmerückgewinnung	18
Nachheizung	20
Regelung und Luftfilterung	24
Planung und Kosten der Anlage	29
Lüftung im Wohnungsbestand	32
Das Passivhaus	34
Beispiele	36
EnEV	54
Normen und Richtlinien	56
Glossar	57
Ansprechpartner	58



## Wie viel Lüftung ist erforderlich?

Der Wärmeschutz von Gebäuden wird immer wichtiger.

Durch die Hamburgische Klimaschutzverordnung und die neue Energieeinsparverordnung (EnEV 2009) wurden die Anforderungen an den Wärmeschutz und die Luftdichtheit (Seite 10) der Gebäudehülle immer weiter erhöht. Dadurch erhöhte sich auch der relative Anteil des Energiebedarfs für die Lüftung immer mehr. Deshalb gilt: Je besser der Wärmeschutz ausgeführt wird, umso wichtiger ist das Energie sparende Lüften.

Noch vor 50 Jahren brauchte man sich über eine ausreichende Lüftung keine Gedanken zu machen. Die Fugen zwischen Fensterflügel und Fensterrahmen waren konstruktionsbedingt so undicht, dass eher zu viel Frischluft einströmte als zu wenig. Diese ständige Luftzufuhr war auch aufgrund der Ofenheizung zwingend notwendig.

Im Zuge der so genannten ersten Energiekrise in Deutschland wurden in vielen Gebäuden neue isolierverglaste Fenster eingebaut. 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. 57) zu erreichen. Diese Verhaltensänderung fand häufig nicht statt. Die Folgen waren Feuchtigkeits- und Schimmelprobleme.

In den Erläuterungen der DIN 1946-6 zur Frage „Wieviel 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, also wenn das Luftvolumen aller beheizten Räume innerhalb von 2 Stunden einmal komplett ausgetauscht wird. Das Wohlbefinden unterliegt subjektiven Wahrnehmungen. Gerüche und Kohlendioxid werden bei einer Außenluft-rate von 30 m<sup>3</sup> 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 <sup>1)</sup> für die einzelnen Wohnungsgruppen ohne Berücksichtigung der besonderen Anforderungen fensterloser Räume (Küche, Bad-/WC-Raum)						
Wohnungsgruppe	Wohnungsgröße <sup>2)</sup>	Geplante Belegung	Planmäßige Außenluftvolumenströme und zugehöriger Luftwechsel <sup>1)</sup>			
			bei freier Lüftung <sup>3)</sup>		bei maschineller Lüftung <sup>4)</sup>	
	m <sup>2</sup>	Personen	m <sup>3</sup> /h	1/h	m <sup>3</sup> /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 Raumhöhen 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

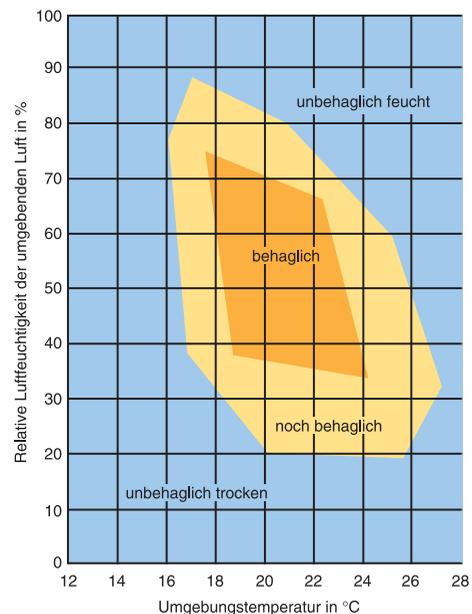
4) diese Werte gelten auch für die Bemessung der Bedarfslüftung bei maschineller Lüftung

# Luftqualität

## Luftfeuchtigkeit

Die meisten Menschen empfinden eine relative Luftfeuchtigkeit zwischen 40% und 60% als angenehm. Ab wann die Luft als „zu trocken“ oder „zu feucht“ empfunden wird, ist auch von der Temperatur der Raumluft abhängig.

Im folgenden Diagramm wird der behagliche Bereich dargestellt.



## Ein Missverständnis: Die atmende Wand.

Entgegen einem Vorurteil („atmende Wände“) erfolgt nur ein verschwindend geringer Wasserdampfstrom durch die Wände und andere Außenbauteile. Auch ein diffusionsoffenes Ziegelmauerwerk kann nur 1-2% der anfallenden Feuchtigkeit abführen. Das „Atmen“ der Wand bedeutet ausschließlich, dass der Innenputz bzw. die Gipskartonplatte (bei Holzkonstruktionen) Wasserdampf aufnehmen und wieder abgeben kann. Die erforderliche Lüftung mit dem Abtransport von Feuchtigkeit muss durch die Fensterlüftung oder über eine Anlage zur kontrollierten Lüftung erfolgen.

## Wodurch entsteht Feuchtigkeit in Wohngebäuden?

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

Bei Fensterlüftung gilt: Im Winter muss weniger gelüftet werden, da die absolute Feuchte der Außenluft geringer ist. In den Übergangszeiten - Herbst und Frühjahr - mehr, da die Außenluft feuchter ist.

## Feuchtigkeit in Wohnräumen entsteht durch:

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 <sup>2</sup> und Tag
Atmung (1 Person)	ca. 0,1 Liter pro Stunde
während der Schlafphase	ca. 1,0 Liter pro Person

## Exkurs:

Lüften und Feuchtigkeit in Kellerräumen: Für Kellerräume gelten andere Regeln: Wenn es warm ist, sollten die Fenster geschlossen bleiben. Ansonsten dringt warme feuchte Luft in die kühlen Kellerräume und kondensiert an den kalten Wänden. An kühlen Tagen sollte gelüftet werden. Dies allerdings nicht ganztägig, um ein Auskühlen zu vermeiden.

## Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>)

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 CO<sub>2</sub>-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) kann zum sogenannten Sick-Building-Syndrom mit Kopfschmerzen, Müdigkeit, Konzentrationsschwäche 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 Feuchteschäden 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.

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. Luftfeuchtigkeiten unter 35% können zu gesundheitlichen Problemen wie z.B. Atemwegserkrankungen führen.

## 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:

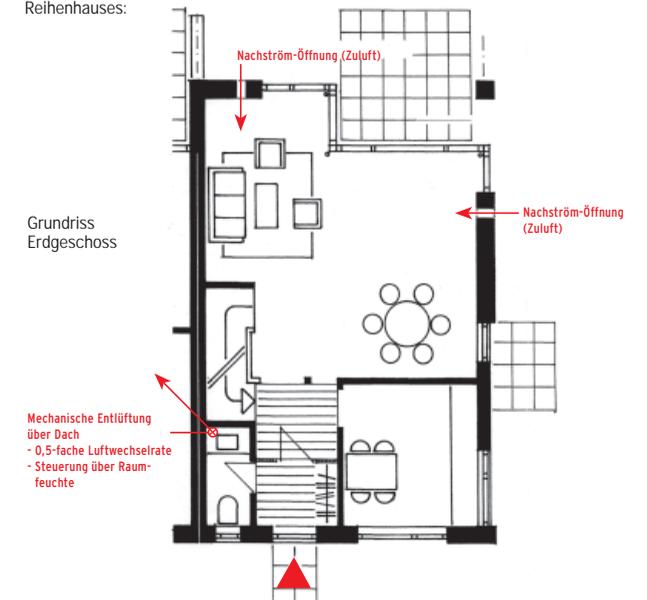
Die verbrauchte feuchte Luft wird den Ablufträumen entzogen. Die frische Luft strömt in die Zulufräume.

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

*Zulufräume sind:* Wohnräume, Schlafzimmer, Arbeitszimmer, Kinderzimmer.

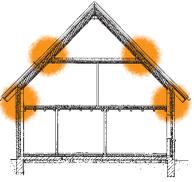
Nebenträume, z.B. Hauswirtschaftsräume oder Speisekammern, sind in der Regel Ablufträume. Grundrisse, in denen der Kochbereich offen in den Wohnraum

Zu- und Ablufträume am Beispiel eines Reihenhauses:



integriert ist, sollten individuell ausgestattet werden. Dabei ist auf eine möglichst große Distanz zwischen Zuluftöffnung 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 Zulufräumen Frischluft nachströmt. Voraussetzung hierfür ist die Luftdichtheit (siehe nachfolgendes Kapitel) des Gebäudes, damit die Frischluft nicht unkontrolliert durch Bauwerksfugen eindringen kann. Die Frischluft strömt infolge des Unterdrucks von den Zulufräumen 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.



## Luftdichtheit

Eine luftdichte Gebäudehülle ist Voraussetzung für ein angenehmes Raumklima und einen geringen Heizenergieverbrauch.

Zugluft und unangenehm trockene Luft werden vermieden, Bauschäden durch das Eindringen von warmer und feuchter Luft in Dämmschichten sind ausgeschlossen. Auch eine Verbesserung des Schallschutzes, z.B. im Bereich von Fensteranschlüssen, ist Folge der Luftdichtheit.

Bereits bei der Planung des Hauses muss die Ebene der Luftdichtheit festgelegt und durchgängig geplant werden. Hierbei ist auch die statische Konstruktion und die Haustechnikplanung einzubeziehen. Durchdringungen und Anschlüsse verschiedener Bauteile sind frühzeitig und genau zu überlegen. Die Trockenbauarbeiten, z.B. Tischler- und Zimmerarbeiten sind dabei von besonderer Bedeutung. Sorgfältige Planung und exakte Ausführung sichern die Qualität des Bauwerks! Beispiele für luftdichte Konstruktionen und die genauen Anforderungen sind in der DIN 4108 Teil 7 dargestellt.

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.



Korrekt eingebautes Dachflächenfenster



Hier fehlt der Putz hinter den Deckenbalken!



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

Geeignete Materialien sind z.B. Butylkautschukklebebänder.

Alle Balkendurchdringungen müssen vollständig und dauerhaft angedichtet werden.

#### Luftdichtheit und kontrollierte Lüftung

Auch die Effektivität von Lüftungsanlagen, insbesondere solchen mit Wärmerückgewinnung, hängt von der Dichtheit des Gebäudes ab. Für Passivhäuser gelten hier besonders hohe Anforderungen. Sie sollten einen Wert von  $n_{50} < 0,6$  pro Stunde erreichen. Für alle übrigen Gebäude mit einer Anlage zur kontrollierten Lüftung ist ein  $n_{50}$ -Wert unter 1,5 pro Stunde zu erreichen. (Erläuterung  $n_{50}$ -Wert siehe Glossar S. 57)

Die Luftdichtheit hat viele Vorteile:

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



#### Die Prüfung der Luftdichtheit mit der Blower Door

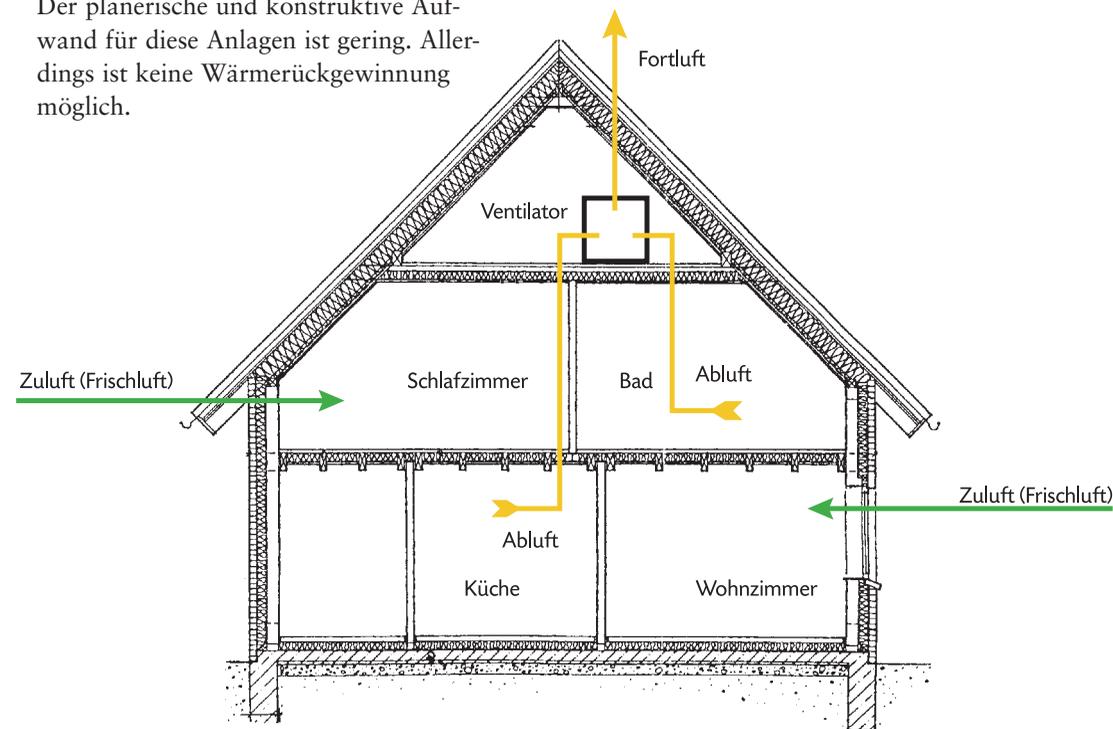
Zur Überprüfung der Dichtheit eines Gebäudes wird der Blower-Door-Test eingesetzt. Mit einem Gebläse, das in den Rahmen einer Außentür eingesetzt wird, wird eine Druckdifferenz von 50 Pa hergestellt. Dies entspricht etwa der Windstärke 5 - 6 (Beaufort). Gemessen wird die durch Fugen, Öffnungen oder Undichtheiten nachströmende Luftmenge.

Diese wird ins Verhältnis zum Luftvolumen des Gebäudes gesetzt. Die Blower-Door-Messung sollte durchgeführt werden, wenn der Innenputz und die Dampfbremse fertiggestellt sowie alle Fenster und Außentüren eingebaut sind.



# 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.



Abluft



Schallisolierendes Zuluftelement



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



Einbau eines rechteckigen Zuluftventils in die Außenwand eines Wohnhauses.

## 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.

## Die Bestandteile

### 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.



## Anforderungen an eine Abluftanlage

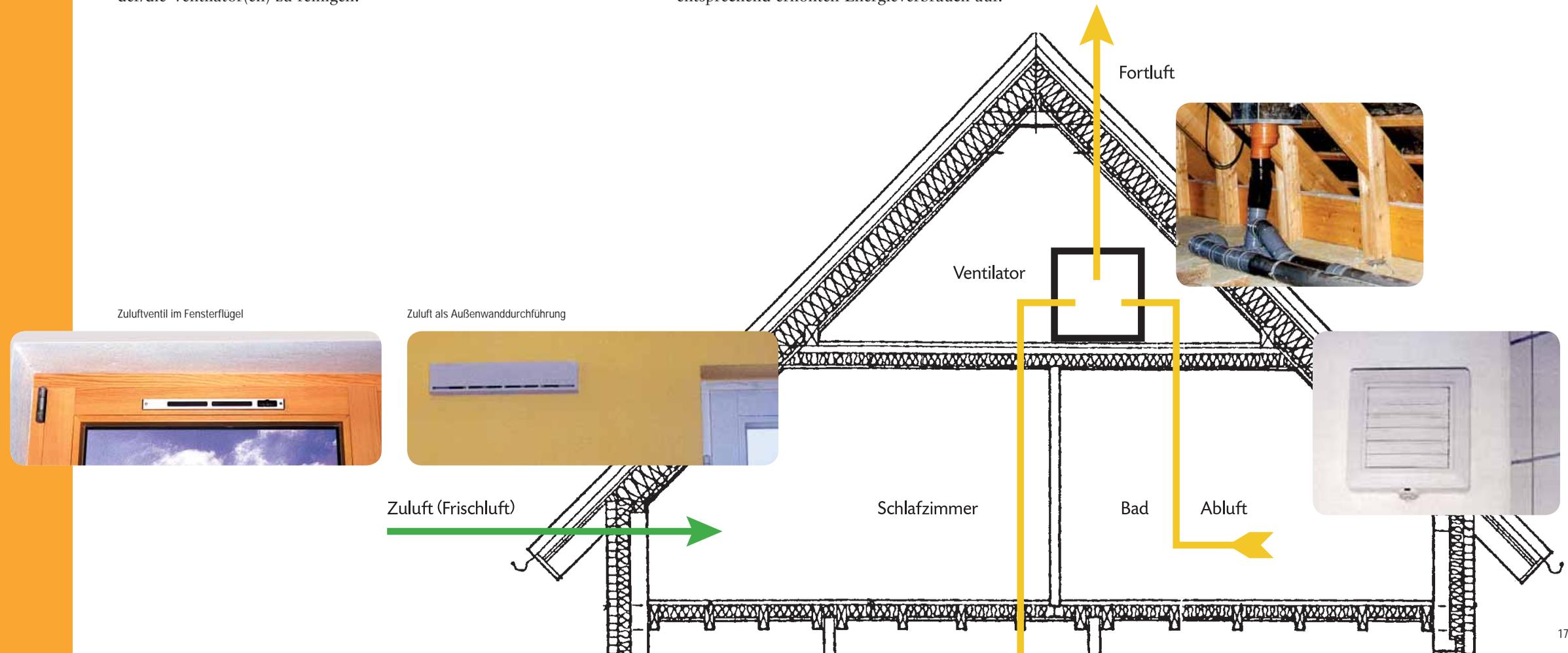
- 30 m<sup>3</sup> Frischluft/Person (DIN 1946-6)
- Hygienisch erforderlicher Mindestluftwechsel in der Normalstufe
- Regelbereich zwischen 0,3 und 0,8 - fachem Luftwechsel
- Zuluftventile in allen Zulufräumen
- Abluft-Ventile oder Ventilatoren in allen Ablufträumen
- Ausreichende Überströmöffnungen zwischen Zu- und Ablufträumen
- Schallschutzniveau festlegen (auf Basis VDI 4100)
- Schallpegel in Wohnräumen < 25 dB/A
- niedriger Stromverbrauch, möglichst < 0,25 W/(m<sup>3</sup>/h)
- Luftdichtheit der Gebäudehülle  $n_{50} < 1,5$  1/h
- Dunstabzugshaube im Umluftbetrieb oder separat

## Wartung

Falls die Zuluftelemente mit Filtern ausgestattet sind, sollten diese je nach Belastung mindestens einmal jährlich geprüft und bei Bedarf gereinigt oder ausgetauscht werden. Auch der/die Abluftventilator(en) müssen mindestens einmal jährlich überprüft werden. Bei Bedarf sind die Filter zu wechseln und/oder der/die Ventilator(en) zu reinigen.

## Stromverbrauch

Trotz des Stromverbrauchs für die Ventilatoren in Höhe von etwa 150 bis 200 kWh pro Jahr wird insgesamt durch den Betrieb einer Lüftungsanlage Energie gespart, da immer nur der für die Feuchteabfuhr und den Komfort nötige Luftwechsel aufrechterhalten wird. Bei der Fensterlüftung treten häufig unnötig hohe Luftwechselzahlen mit dem entsprechend erhöhten Energieverbrauch auf.

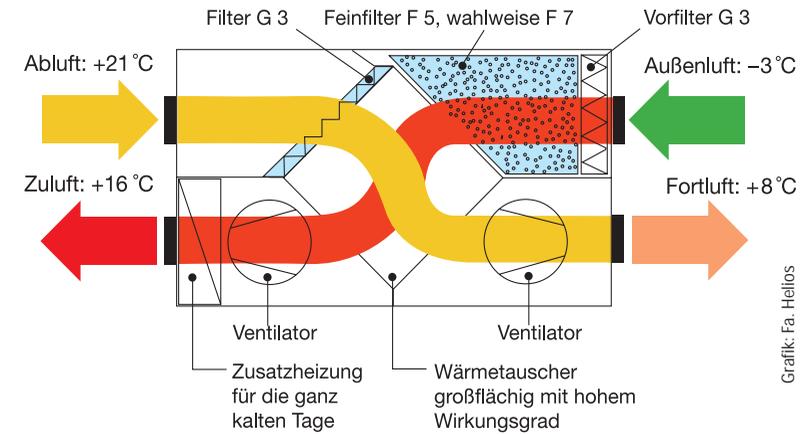
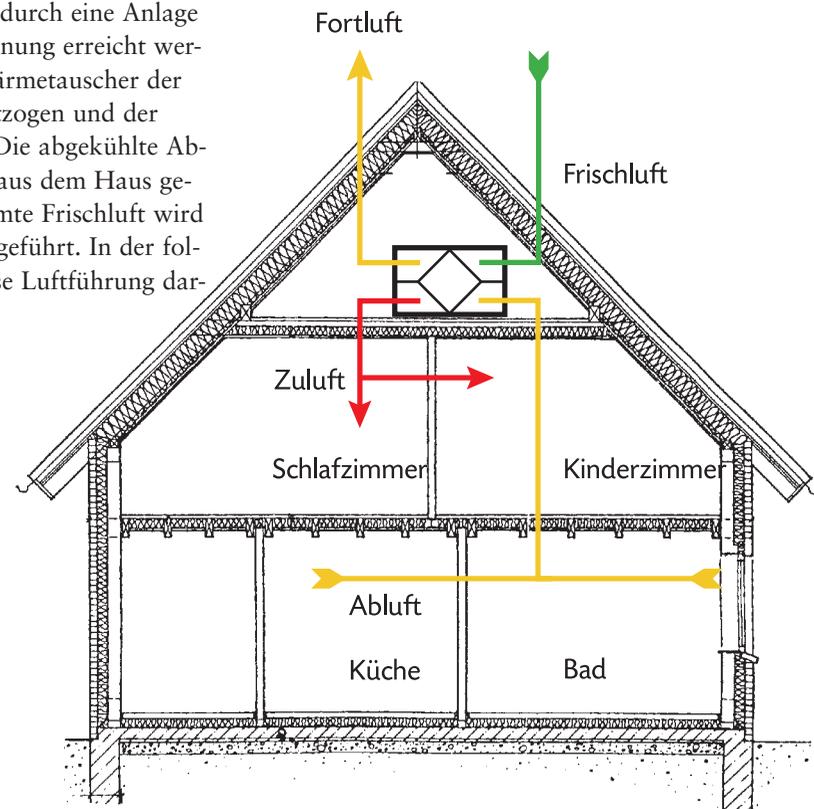


# Wärmerückgewinnung

## 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:



Grafik: Fa. Helios

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. 57) 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.

Siehe auch Kapitel: Regelung und Luftfilterung, Seite 28.

# Nachheizung

In Lüftungsanlagen mit Zu- und Abluft kann die Zuluft hinter dem Wärmetauscher nachgeheizt werden. Hierdurch kann der Komfort erhöht werden oder es kann sogar auf statische Heizflächen verzichtet werden.

Die zentrale Idee des Passivhauses ist es, den Transmissionswärmebedarf so weit zu senken, dass die Aufheizung der so wieso erforderlichen Frischluft ein konventionelles Heizsystem mit Heizkörpern überflüssig macht. Im Passivhaus kann also über die Nachheizung der Frischluft der gesamte Wärmebedarf gedeckt werden.

Die Investitionskosten liegen für elektrisch betriebene Nachheizregister am niedrigsten. 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 ohne-

hin erforderlichen Warmwasserspeicher gespeist werden können. Primärenergetisch besonders günstig ist die Einbindung des Nachheizregisters in eine Holzpellettheizung oder eine Solaranlage zur Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung. Aber auch der Anschluss an ein Nah- oder Fernwärmenetz oder eine Brennwertheizung sind empfehlenswert.

Je höher der Wärmebereitstellungsgrad des Wärmetauschers, desto höher liegt die Zulufttemperatur bei tiefen Außentemperaturen und damit der Komfort.

## Vereisung des Wärmetauschers

Im Winter bei Lufttemperaturen unter 0 Grad Celsius kann die mit der Abluft abgeführte Raumluftfeuchte im Wärmetauscher gefrieren. Am häufigsten wird in diesem Fall der Frischluftventilator heruntergeregelt oder abgeschaltet bis die warme Abluft das Eis abgetaut hat. In einigen Geräten erfolgt das Abtauen mit Hilfe einer Stromheizung.

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

## Erdreichwärmetauscher

Ein Erdreichwärmetauscher besteht aus Kunststoffrohren, die im Erdreich in einer Tiefe von mindestens einem Meter unter oder neben dem Haus verlegt werden. Durch dieses Rohrsystem wird die Frischluft vom Lüftungsgerät angesaugt. Da im Erdreich in dieser Tiefe die Temperatur fast ganzjährig bei etwa 10 Grad liegt, tritt eine Vereisung des Wärmetauschers praktisch nie mehr auf. Zudem wird durch die Vorwärmung der Frischluft ein erheblicher Beitrag zur Energieeinsparung geleistet.

In heißen Sommern wird im Erdreichwärmetauscher die Frischluft abgekühlt. Die Lüftungsanlage kann so zu Kühlzwecken genutzt werden. Allerdings wird die Kühlwirkung häufig zu hoch einge-

schätzt. Bei üblichen Rohrlängen und Luftgeschwindigkeiten wird ein eher geringer Kühleffekt erzielt.

## Abwärmennutzung mit Wärmepumpen

In besonders effektiven Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung wird ein Teil der in der Abluft hinter dem Wärmetauscher noch enthaltenen Wärme mit Hilfe einer kleinen Wärmepumpe genutzt und entweder der Zuluft oder dem Warmwasserspeicher zugeführt. Hier sollten auf jeden Fall die Arbeitszahlen aus Prüfberichten unabhängiger Institute herangezogen werden. Von den Herstellern werden häufig Arbeitszahlen angegeben, die unter besonders günstigen Bedingungen ermittelt wurden. Die Arbeitszahl gibt das Verhältnis von zurückgewonnener Wärme zur aufgewandten elektrischen Energie an.

Sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus ökologischer Sicht sollte die mittlere Arbeitszahl über 3 liegen. Die kWh elektrischer Energie kostet im Normaltarif in

der Regel das dreifache der kWh Wärme, die mit Öl oder Gas erzeugt wurde. Als Maß für die Umweltbelastung liegt der Primärenergiefaktor für Strom etwa beim 2,5-fachen der Faktoren für Öl und Gas.

Für eine realistische Energie- und Kostenbilanzierung ist die tatsächlich im Jahresmittel erreichbare Arbeitszahl die entscheidende Größe.

### 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 zu Werten unter  $0,45 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$  führen. Bei einem Auslegungs-Volumenstrom von  $120 \text{ m}^3/\text{h}$  dürfte die Leistung beider Ventilatoren also nicht über  $54 \text{ W}$  liegen. Bei durchschnittlicher Nutzung der Anlage verbrauchen die beiden Lüfter dann im Laufe eines Jahres etwa  $350 \text{ kWh}$

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 zwei Reinigungen der Filter unterschiedlich groß. Falls das Lüftungsgerät nicht über eine Filterüberwachung verfügt, sollte zunächst vier mal pro Jahr eine Inspektion und bei Bedarf eine Reinigung erfolgen. Einmal pro Jahr sollten die Filter erneuert werden.



### Vorteile einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

- Energieeinsparung
- 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

- $30 \text{ m}^2$  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  $n_{50} < 0,6 \text{ 1/h}$  (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.  $0,1 \text{ m/s}$
- 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 / WCs

### Frischluftbedarf

Als Frischluftbedarf ist der größere der beiden folgenden Werte anzusetzen: Der personenbezogene Wert errechnet sich aus der Bewohnerzahl mal  $30 \text{ m}^3/\text{h}$ , während der raumbezogene Wert sich aus der Zahl der Küchen ( $\hat{a}$   $60 \text{ m}^3/\text{h}$ ), der Bäder ( $\hat{a}$   $40 \text{ m}^3/\text{h}$ ) und der WC's ( $\hat{a}$   $20 \text{ m}^3/\text{h}$ ) ergibt.

### Beispiel:

Frischluftbedarf  $30 \text{ m}^3/\text{h}/\text{Person}$   
 $5 \text{ Personen} = 150 \text{ m}^3/\text{h}$

### Abluft:

WC  $20 \text{ m}^3/\text{h}$ , Bad  $40 \text{ m}^3/\text{h}$ , Küche  $60 \text{ m}^3/\text{h} = 120 \text{ m}^3/\text{h}$

Frischluftbedarf gesamt:  $150 \text{ m}^3/\text{h}$

## Regelung und Luftfilterung

### Regelung

Lüftungsanlagen werden umso eher optimal genutzt, je besser und einfacher sie sich an die Bedürfnisse der Nutzer anpassen lassen. Daraus ergeben sich folgende Anforderungen an die Regelung:

- *Leicht zu bedienen*
- *An zentralem Ort gut zu erreichen (z. B. in der Nähe der Haustür)*
- *Wohnungsweise Einstellbarkeit in Mehrfamilienhäusern*

### Abluftanlagen dezentral

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

Die vom Ventilator nach draußen beförderte Abluftmenge kann mit einem mehrstufigen Schalter an die jeweilige Anforderungen angepasst werden.

Geräte mit einer Feuchteregelung 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 WC's erfüllt nicht die Forderung nach einem kontinuierlichen Luftwechsel.

### Abluftanlagen zentral

Ein Vorteil der zentralen Abluftanlage ist sicherlich die einfachere Regelbarkeit. Über einen Schalter lassen sich leicht die verschiedenen Lüftungsstufen einstellen. Ein 4-Stufen Schalter ist also als Mindestaustattung anzusehen. Auch eine Feuchteregelung (Hygrostat) lässt sich einbauen. Weitere mögliche Führungsgrößen sind CO<sub>2</sub>- oder die Mischgaskonzentration.



Wichtiger Hinweis: Jede Anlage muss individuell entsprechend den räumlichen Bedingungen und der Nutzung geplant werden.

### Zentrale Zu- / Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

Auch in einer zentralen Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung müssen die verschiedenen Lüftungsstufen (siehe Info-Kasten) einstellbar sein. Alle automatisch nach einer Führungsgröße (z. B. Luftfeuchtigkeit) arbeitenden Regelungen sollten einen Mindestluftwechsel sicherstellen, damit die Luftqualität auch bezüglich der nicht erfassten Größen die Mindestanforderungen erfüllt.



**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)

Empfehlenswert sind Lüftungsgeräte, bei denen die Zuluft- und Abluftvolumenströme automatisch ausbalanciert werden. In diesen Geräten erfolgt eine optimale Wärmerückgewinnung.

Mit von Hand zu verstellenden Verteilklappen kann die Zuluft tagsüber vermehrt in die Wohnräume und nachts schwerpunktmäßig in die Schlafräume gelenkt werden. Eine Grundlüftung bleibt so für alle Räume bestehen.

### Sommerlüftung

Wenn die Lüftungsanlage auch im Sommer betrieben werden soll, etwa zur Kühlung durch Nachtlüftung oder um Pollen fernzuhalten, sollte die Anlage über eine Vorrichtung verfügen, die den Zuluftstrom am Wärmetauscher vorbeiführt.

### 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 der 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:



Foto ebök

Hier ist der Filterwechsel nur schwer möglich

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



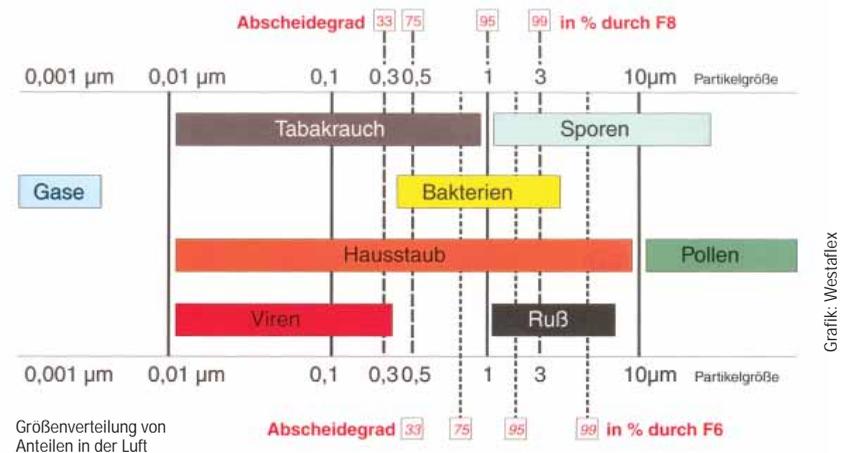
Foto ebök

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 Ventilator und im Rohrnetz führen. Ablagerungen auf den Lüfterschaufeln erhöhen den Leistungsbedarf und damit den Stromverbrauch. Ungleichmäßige Verschmutzung führt zur Unwucht und erhöht so den Geräuschpegel. Auf Dauer können 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.

In der folgenden Abbildung ist zu erkennen, welche Anteile der Fremdstoffe von Filtern der Klasse F6 und F8 abgeschieden werden.



Klassifizierung von Luftfiltern nach EN 779

Filterklasse	Enddruckdifferenz Pa	Mittlerer Abscheidungsgrad ( $A_m$ ) des synthetischen Prüfstaubes %	Mittlerer Wirkungsgrad ( $E_m$ ) bei Partikel von 0,4 µm %
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.

## 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 Rohr-führung 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 sollte man bereits in die Vorplanung einbeziehen.

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 Ablufträume
- 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
    - Einrichtung/Möblierung
    - Schallschutz gewünscht?
    - Pollenfilter gewünscht?
    - Verschleißbarkeit
  - zentral
    - Rohrnetzführung / Dimensionierung
    - Filterung
    - Schalldämpfer
- Ästhetische Vorgaben
- Konstruktive Vorgaben
- Bauablauf
- Kosten
- Luftführung im Überströmbereich
  - Ausreichende Querschnitte der Überströmöffnungen
  - Schlitz unter/über den Türen oder Gitter in den Türen mit/ohne Schallschutz
- Wahl der Ablufführung
  - 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/(m<sup>3</sup>/h)
  - Zu- und Abluftanlagen möglichst < 0,45 W/(m<sup>3</sup>/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 32w).

- Frühzeitige gemeinsame Planung spart Kosten
- Anlagen ohne Wärmerückgewinnung sind kostengünstiger
- Der kostengünstige Einbau des erforderlichen doppelten Rohrnetzes bei einer Wärmerückgewinnungsanlage setzt eine rechtzeitige und sorgfältige Planung und eine gut abgestimmte Koordination der Gewerke voraus
- Zuluftführung über Spaltventile in den Fensterrahmen ist meist preiswerter als Außenwanddurchlässe
- Die Anordnung der Sanitärräume 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. 20 - 30 EUR/m<sup>2</sup> Wfl.

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

- Ca. 50 - 70 EUR/m<sup>2</sup> Wfl.

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



## 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 Fensteranierung 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 Zulufräume. Bäder, Küchen, WCs sind Ablufträume.



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



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



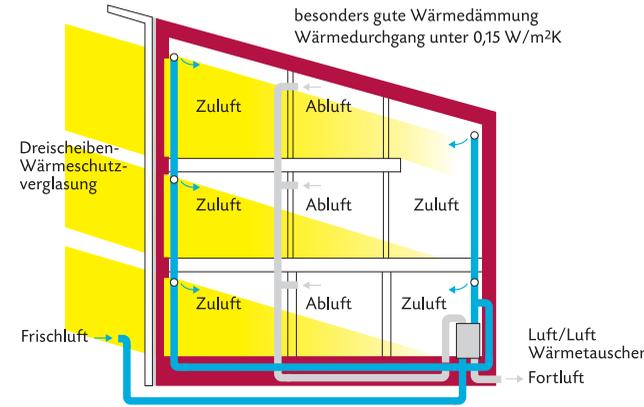
Der Abluftventilator im Bad und WC kann z.B. an einen vorhandenen Schacht angeschlossen werden. Der Betrieb sollte über eine Zeitschaltuhr mit bedarfsgerechter Programmierung oder eine feuchtegeführte Regelung erfolgen. In Mehrfamilienhäusern sind die Brand- und Schallschutzanforderungen zu beachten.

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

In den Beispielen 6 und 7 auf Seite 46 und 47 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.

# 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 50er Jahren sogar einen Wert von  $220 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$  (oder mehr)!

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.



Die geringen Wärmeverluste werden erreicht durch:

- Sehr gute Wärmedämmung der Außenwand, des Daches und des Fußbodens ( $U \leq 0,15 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ )
- Sehr gute Fenster  $U \leq 0,8 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$ ; g-Wert (Erläuterung siehe Glossar S. 57) 50% - 60%
- Sorgfältige, wärmebrückenfreie Ausführung
- Mängelfreie Ausführung im Hinblick auf die Luftdichtheit: max. 0,6-facher Luftwechsel bei 50 Pa Druckdifferenz
- Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung

## 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 3-fach verglasten 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.



# Beispiele



## Beispiel 1



### » Lüftung zur Komfortverbesserung

Das zweigeschossige Einfamilienhaus ist mit ca. 140 m<sup>2</sup> 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 einiger Heizperioden 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.

## Beispiel 2

### » Niedrigenergiehaus

Bei dem Einfamilienhaus im Süden Hamburgs verteilt sich die Wohnfläche von ca. 110 m<sup>2</sup> auf drei Ebenen. Die Splitlevelanordnung mit Pultdach ist eine energetisch sehr günstige Form, der Jahresheizwärmebedarf beträgt 56 kWh/m<sup>2</sup>a. Der U-Wert (Erläuterung siehe Glossar S. 57) der Außenwand ist 0,19 W/m<sup>2</sup>K. Das Dach erreicht mit einer Dämmung von 28 cm einen U-Wert von 0,14 W/m<sup>2</sup>K. Die Messung der Luftdichtheit erfolgte vor Einbau der Gipskartonplatten und ergab einen guten n<sub>50</sub>-Wert von 1,1 [1/h]. Geringfügige Undichtheiten wurden nur im Bereich der bodenständigen Fenster und der Schiebeelemente 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. Der Boxventilator ist in einer Abseite untergebracht und führt die feuchte, verbrauchte Luft aus den beiden Bädern nach draußen.



Zuluftelement



Abluftventil im Bad

## Beispiel 3



### » Niedrigenergiehaus mit zwei Wohneinheiten

Das Niedrigenergiehaus in Massivbauweise wurde im Jahr 2001 fertiggestellt. Die Wohnfläche von ca. 200 m<sup>2</sup> 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 einigen Heizperioden 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. Durch Entkoppelung ist dieses Problem lösbar.

Zu- und Abluftfilter wurden bereits mehrfach gereinigt, als Grund für die relativ schnelle Verschmutzung wird erhöhter Staubanfall aufgrund der Baustellen-situation 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 Zuluftträumen zugeführt werden können.

## Beispiel 4



### » Passivhaus mit 15 Wohneinheiten

Mehrfamilienhaus mit 15 Wohnungen mit 60m<sup>2</sup> bis 130m<sup>2</sup> Wohnfläche. Das Gebäude wurde als Passivhaus erstellt. Um den Jahresheizwärmebedarf von 15kWh/m<sup>2</sup>a nicht zu überschreiten, wurden die Außenwände mit einer Wärmedämmung von 25cm, das Dach mit 35cm Dämmung versehen. Die Dreischeiben-Wärmeschutz-Verglasung hat einen U-Wert von 0,7 W/m<sup>2</sup>K. Die Blower-Door-Messung ergab einen Wert von 0,7 1/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 fünf Kreuzstrom-Wärmetauscher befinden sich im Haustechnikraum im Keller.



Weitwurfdüse über der Tür



Die individuelle Regelung der Lüftungsanlage



Abluft in der Küche



Abluft im Badezimmer

### 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 Raumluft 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.

### 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.

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



Überströmöffnung in der Tür

## 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. Durch die Verbesserung der Innenraumlufthygiene entstehen damit auch zusätzlich positive Effekte hinsichtlich der Unterrichtsqualität. 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 Raumbelugung von 30 Personen ergibt sich ausgehend von einer Zuluftmenge von  $30\text{m}^3$  pro Person eine erforderliche Luftmenge von  $900\text{m}^3/\text{h}$  pro Klasse.

In jedem der sechs Klassenräume wurden sowohl Zu- als auch Abluftventile eingebaut.



Die Regelung der Anlage erfolgt raumweise über  $\text{CO}_2$ -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 Anlagengeräusche 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.

## Beispiel 6

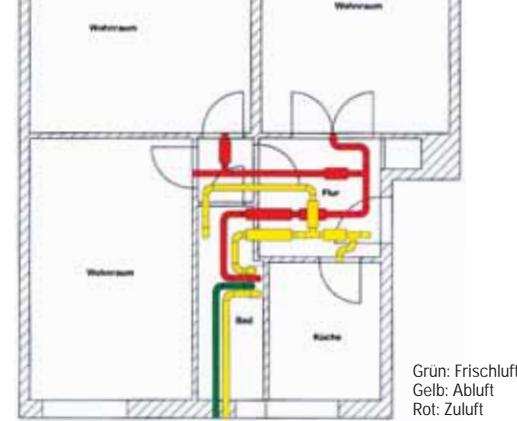


Zu- und Abluftkanäle unter der Decke im Flur.

### » Einbau von wohnungsweise geregelten Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung.

Die Wohnungsbaugenossenschaft KAIFU-NORLAND 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 dort 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.

### 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 frei werdende Wohnungen mit Lüftungsanlagen auszustatten. Die Baukosten für die Anlagen betragen ca. € 5.000 pro Wohneinheit (ca. 70 m<sup>2</sup>).

## Beispiel 7



Lüfter



Regelungsschalter

### » 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 1950 erbaut.

### Die Maßnahmen

- Einbau neuer Fenster mit Wärmeschutzverglasung
- Dämmung der Außenwand, des Daches und der Kellerdecke
- Einbau einer thermischen Solaranlage
- Einbau von dezentralen Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung 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.

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

## Beispiel 8



### » Passivhaus mit 10 Wohneinheiten und 2 Gewerbeeinheiten

Das Mehrfamilienhaus wurde im Jahr 2005 in St. Pauli, einem dicht bebauten innerstädtischen Bezirk erstellt. Es schloss eine Baulücke, die durch den Abriss eines nicht zu sanierenden Gebäudes entstanden war.

Die Aufgabe, unter diesen sehr einschränkenden Gegebenheiten ein Passivhaus zu planen, stellte die Planer vor hohe Anforderungen.

### Der energetische Standard:

Außenwand: 17,5 cm Porenbeton, 30 cm Mineralwolle WLK 040,  $U = 0,113 \text{ W/m}^2\text{K}$

Stahlbetondach: 22 cm Stahlbetondecke, 40 cm EPS WLK 040,  $U = 0,097 \text{ W/m}^2\text{K}$

Kellergeschossdecke: 5 cm Zementestrich, 30 cm Tektalan WLK 040, 16 cm

Betondecke:  $U = 0,128 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fenster:  $U = 0,80 \text{ W/m}^2\text{K}$

Das Gebäude verfügt über 10 Wohneinheiten und 2 Gewerbeeinheiten im Erdgeschoss. Die Neubebauung wurde richtungsweisend als Passivhaus errichtet. Der Entwurf hat beim Passivhauswettbewerb der Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt den 1. Preis erzielt.

Städtebaulich nimmt der Neubau den Versatz der benachbarten Gebäudefluchten durch eine Verschränkung von zwei Gebäudeteilen auf. Daraus leitet sich eine vertikale Dreiteilung ab, die sich in den Höhen maßstäblich an die angrenzende Bebauung anpasst. In der Mittelachse ist straßenseitig an der Nordseite des Gebäudes eine gläserne Pufferzone angeordnet, die die öffentliche

und private Erschließung sicherstellt. Die Nordseite ist ansonsten, bis auf die notwendigen Belichtungsöffnungen, aus energetischen Gründen weitgehend geschlossen. Nach Süden hin öffnet sich das Gebäude durch Glasfassaden mit vorgestellten thermisch getrennten Balkonanlagen. Im Kellergeschoss befinden sich eine Tiefgarage mit neun Stellplätzen, Abstellräume, Fahrrad- und Kinderwagenabstell-



Weitwurfdüsen

flächen, Müllraum, Trockenraum sowie die gesamte Haustechnik.

### Die kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Die Anlage ist als Kombination von zentraler und dezentraler Lüftungstechnik ausgeführt. Wärmerückgewinnung und Luftfilterung finden zentral statt. Die Luftmengenregelung und die Nachheizung wird wohnungsweise geregelt. Die Abluft aus Bädern und Küchen wird

über lotrechte Lüftungsleitungen in drei Installationsschächten zur Lüftungszentrale im Keller gefördert. Die Frischluft wird im rückwärtigen Gartenbereich in einer Höhe von 3,50 m angesaugt und über den Wärmetauscher und lotrechte Steigleitungen zu den Wohnungen gefördert.

Im Bürobereich im Erdgeschoss erfolgt die Zuluft über Weitwurfdüsen in der Decke. Die Abluft für diesen Bereich erfolgt über den Kochnischenbereich und das WC.

Die Nachheizung der Frischluft erfolgt über Nachheizregister in jeder Wohnung. Ein Brennwertkessel von 60 KW im Keller liefert diese Wärme sowie das warme Wasser.

## Beispiel 9



### » Passivhäuser Wohnsiedlung Iserbrook

Im westlichen Stadtteil Iserbrook wurde im Jahr 2009 diese Siedlung auf einem ehemaligen Recyclinghof mit einem sehr umfassenden ökologischen und energetischen Konzept realisiert.

In den verschiedenen Gebäudegruppen wurden 22 Wohneinheiten mit jeweils 35 bis 111 m<sup>2</sup> und 26 Doppel- und Reihenhäuser mit jeweils 112 bis 130 m<sup>2</sup> im Passivhausstandard erstellt. Dabei wurden drei historische Bestandsgebäude energetisch saniert und in die städtebauliche Gesamtsituation platzbildend einbezogen. Die Wohnungen in zwei Gebäuden sind behindertengerecht ausgestattet.

### Der energetische Standard

Außenwand: 24 cm Porenbeton, 15 cm Mineralwolle WLK 035, 11,5 cm Verblend,  $U = 0,126 \text{ W/m}^2\text{K}$

Dach: TJI-Träger, 36 cm Mineralwolle WLK 035,  $U = 0,099 \text{ W/m}^2\text{K}$

Bodenplatte: 18 cm Beton, 26 cm Polystyrol WLK 035, 8 cm Estrich,  $U = 0,104 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fenster:  $U = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$

### Lüftung und Heizung

Die Belüftung aller Gebäude erfolgt über eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung. In den Mehrfamilienhäusern sind jeweils 3-5 Wohnungen an ein Lüftungsgerät, das sich im Technikraum im Keller befindet, angeschlossen. In den Reihenhäusern befinden sich die Wärmetauscher jeweils in den Abstellräumen.



Alle Lüftungsgeräte sind mit Gegenstromwärmetauschern ausgestattet.

Die Zuluft wird über Wickelfalzrohre in die Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer geleitet und dort über Weitwurfventile ausgeblasen.

Die Nachheizung erfolgt über Konvektorheizkörper mit Thermostatregelung. Diese befinden sich oberhalb der Zimmertüren und unterhalb der Zuluftventile. So wird eine maximale Behaglichkeit erreicht.

Die Abluft wird über Tellerventile in Küche, Bad, WC und Abstellraum angesaugt und über Rohrleitungen zum Lüftungsgerät geführt.

Die Rohrleitungen verlaufen in den Fluren und stellen - mit Gipskarton verkleidet - durchaus ein gestaltendes Raumelement dar.



### Die Heizungsanlage

Die Heizungsanlage ist als Pumpenwarmwasseranlage konzipiert. Die gesamte Wohnanlage mit 1700 m<sup>2</sup> Wohnfläche wird über eine Pelletkesselanlage und ein Nahwärmenetz versorgt.

Kesselleistung: gesamt 220 kW verteilt auf 2 Kessel (1 Kessel mit 90 kW, 1 Kessel mit 130 kW).

## Beispiel 10



### » Klimaschutzsiedlung am Kornweg

Im Herbst 2008 wurde die Klimaschutzsiedlung am Kornweg fertig gestellt und bezogen. Auf dem Gelände einer ehemaligen Anzuchtgärtnerei im Stadtteil Klein Borstel entstanden vier Passivhäuser mit jeweils 2,5 Geschossen. In diesem Ensemble aus Reihen- und Stadthäusern befinden sich 30 Eigentumswohnungen mit einer Wohnfläche von ca. 2800 m<sup>2</sup>. Die Gruppierung um einen Innenhof nimmt dörfliche Strukturen auf.

Nach Süden wird eine evtl. sommerliche Überhitzung durch schattenspendende Elemente vermieden.

Zu den Erdgeschoss- und Maisonettewohnungen gehören Südterrassen, zu den Staffelgeschossen großzügige Dachgärten.



Das Holzpelletslager



Kreuzwärmetauscher



Wärmetauscher unter der Decke

### Der energetische Standard

Außenwandaufbau: 17,5 cm Kalksandstein, 30 cm Wärmedämmverbundsystem, Polystyrol WLG 035,  $U = 0,112 \text{ W/m}^2\text{K}$   
Flachdächer: TJI Träger und OSB Platten mit 40 cm Zellulose WLG 040,  $U = 0,100 \text{ W/m}^2\text{K}$

Erdgeschosssohle: 22 cm Beton, 24 cm PS WLG 035, 7 cm Estrich,  $U = 0,144 \text{ W/m}^2\text{K}$

Fenster: Kunststoffrahmen mit 3-fach Verglasung,  $U = \text{Rahmen } 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ , Glas  $0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

Eine Besonderheit dieses Projektes ist die vertraglich festgelegte Autofreiheit. Alle Bewohner haben sich verpflichtet, kein Auto anzuschaffen.

### Die kontrollierte Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Der zentrale Holzpelletofen mit einer Kesselleistung von 85 KW bei einer Gesamtwohnfläche von ca. 2800 m<sup>2</sup> befindet sich im Gemeinschaftskeller.

Die solarthermische Anlage steht zur Erwärmung des Brauchwassers und für die Nachheizung zur Verfügung.

Die Lüftungsanlagen sind wohnungsweise angeordnet: Jede Wohnung verfügt über einen Kreuzwärmetauscher, der sich in den Abstellräumen oder – in sehr flacher Ausführung – im Bad unter der Decke befindet. Für diese Anordnung ist eine Geschosserhöhung sinnvoll.

Die Zuluft wird nach der Vorerwärmung in der abgehängten Decke im Flur verteilt, die Abluft aus Bad, WC und Küche wird ebenfalls in der abgehängten Decke zum Wärmetauscher geführt. Weitwurfdüsen stellen die Verteilung der Frischluft in den Wohnräumen sicher.

Die Nacherwärmung erfolgt über jeweils einen Heizkörper, der entsprechend den Vorgaben der Nutzer angeordnet wurde.



# Energieeinsparverordnung 2009 (EnEV)

## § 6 Dichtheit, Mindestluftwechsel

Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist. Die Fugendurchlässigkeit außen liegender Fenster, Fenstertüren und Dachflächenfenster muss den Anforderungen nach Anlage 4 Nr. 1 genügen. Wird die Dichtheit nach den Sätzen 1 und 2 überprüft, sind die Anforderungen nach Anlage 4 Nr. 2 einzuhalten.

Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist.

## § 11 Aufrechterhaltung der energetischen Qualität

Anlagen und Einrichtungen der Heizungs-, Kühl- und Raumlufttechnik sowie der Warmwasserversorgung sind vom Betreiber sachgerecht zu bedienen. Komponenten mit wesentlichem Einfluss auf den Wirkungsgrad solcher Anlagen sind vom Betreiber regelmäßig zu warten und instand zu halten. Für die Wartung und Instandhaltung ist Fachkunde erforderlich. Fachkundig ist, wer die zur Wartung und Instandhaltung notwendigen Fachkenntnisse und Fertigkeiten besitzt.

## Anlage 1 Anforderungen an Wohngebäude

### 2.7. Anrechnung mechanisch betriebener Lüftungsanlagen

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

- a) die Dichtheit des Gebäudes nach Anlage 4 Nr. 2 nachgewiesen wird und
- b) der mit Hilfe der Anlage erreichte Luftwechsel § 6 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 die aus der Abluft gewonnene Wärme vorrangig vor der vom Heizsystem bereitgestellten Wärme genutzt wird.

## Anlage 4 (zu § 6) Anforderungen an die Dichtheit und den Mindestluftwechsel

### 2. Nachweis der Dichtheit des gesamten Gebäudes

Wird bei Anwendung des § 6 Abs. 1 Satz 3 eine Überprüfung der Anforderungen durchgeführt, darf der nach DIN EN 13 829 : 2001-02 bei einer Druckdifferenz zwischen innen und außen von 50 Pa gemessene Volumenstrom - bezogen auf das beheizte oder gekühlte Luftvolumen - bei Gebäuden

- ohne raumluftechnische Anlagen 3 l/h und
- mit raumluftechnischen Anlagen 1,5 l/h nicht überschreiten.

## 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

Partikelluftfilter 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 (Frischluf) pro Stunde. Einheit  $\text{m}^3/\text{h}$ .

### • Außenlufttrate

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/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/h.

### • U-Wert (Wärmedurchgangskoeffizient) (früher k-Wert)

Der U-Wert beschreibt den Wärmedurchgang durch ein Außenbauteil in Watt je  $\text{m}^2$  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

Frischluf, die den Zulufräumen von außen zugeführt wird, entweder direkt über Spaltventile bzw. Außenwanddurchlässe oder indirekt nach Vorerwärmung und Filterung im Wärmetauscher.

# Ansprechpartner und Adressen

## Energie|Bau|Zentrum Hamburg

Das EnergieBauZentrum ist Hamburgs Informations- und Beratungszentrum zum Thema energetische Gebäudeoptimierung.

Kontakt:  
Zum Handwerkszentrum 1  
21079 Hamburg  
Tel.: 040 / 35905 – 822  
[www.energiebauzentrum.de](http://www.energiebauzentrum.de)

## Zinsgünstige Finanzierungsprogramme

Anträge werden über die Hausbank gestellt.

Kontakt:  
Kreditanstalt für Wiederaufbau  
Palmengartenstraße 5-9  
60325 Frankfurt  
Tel.: 069 / 74 31 - 0  
[www.kfw.de](http://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](http://www.verbraucherzentrale-hamburg.de)

## Weitere Informationen unter

[www.hamburg.de/arbeitundklimaschutz](http://www.hamburg.de/arbeitundklimaschutz)

**Umwelttelefon: 040 / 34 35 36**

Herausgeber: "Arbeit und Klimaschutz", Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt  
Text: Marianne Dedekind, Michael Hell, Henning Kremer  
Gestaltung: Karina Petersen  
Fotos: Marianne Dedekind, Karina Petersen, Stockbyte, Architektenbüro 4a (Bild S 35)  
© 2009 Initiative "Arbeit und Klimaschutz",  
Behörde für Stadtentwicklung und Umwelt Hamburg  
Gedruckt auf 100% Recycling Papier

