



energie

Richtig lüften mit Komfortlüftungsanlagen

Komfort steigern – Klima schützen – Kosten senken

In Kooperation mit:

Bayerische Architektenkammer



Bayerische Architektenkammer mit der Beratungsstelle
Energieeffizienz und Nachhaltigkeit
Internet: www.byak-ben.de
E-Mail: ben@byak.de
Telefon: 089 139880-88



Bayerische Ingenieurekammer-Bau mit Online-Expertensuche
Internet: www.bayika.de
E-Mail: info@bayika.de
Telefon: 089 419434-0



Bayerische Energieagenturen e. V. mit unabhängiger Beratung
Internet: www.energieagenturen.bayern
E-Mail: info@energieagenturen.bayern
Telefon: 089 21546504



Bayerischer Bauindustrieverband
Internet: www.bauindustrie-bayern.de
Bildungsangebot: www.bauindustrie-bayern.de/bildung
E-Mail: info@bauindustrie-bayern.de
Telefon: 089 235003-0



**Fachverband
Sanitär-, Heizungs-
und Klimatechnik
Bayern**

Fachverband Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik Bayern
Internet: www.haustechnikbayern.de



Richtig lüften mit Komfortlüftungsanlagen

Komfort steigern – Klima schützen – Kosten senken

Impressum

Richtig lüften mit Komfortlüftungsanlagen

Herausgeber:

Bayerisches Staatsministerium für
Wirtschaft, Energie und Technologie
Prinzregentenstraße 28
80538 München
Tel.: 089 2162-0
Fax: 089 2162-2760
E-Mail: info@stmwi.bayern.de
Internet: www.stmwi.bayern.de

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg
Tel.: 0821 9071-0
Fax: 0821 9071-5556
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: www.lfu.bayern.de

Text:

Dr. Burkhard Schulze Darup, Sundgauer Straße 54, 14169 Berlin

Redaktion:

LfU, Ökoenergie-Institut Bayern, Alexandra Frisch, Stefan Kreidenweis
Referat 12, Anna Hofmann

Grafiken:

Dr. Burkhard Schulze Darup überarbeitet von LfU, Ref. 13

Layout:

LfU, Referat 13

Bildnachweis:

Seite 44

Druck:

LOUIS HOFMANN, Druck- und Verlagshaus GmbH & Co. KG, 96242 Sonnefeld

Gedruckt auf 100 % Recyclingpapier

Auflage:

1. Auflage Februar 2018, 2.000 Exemplare
2. überarbeitete Auflage August 2018, 8.000 Exemplare

Stand: August 2018



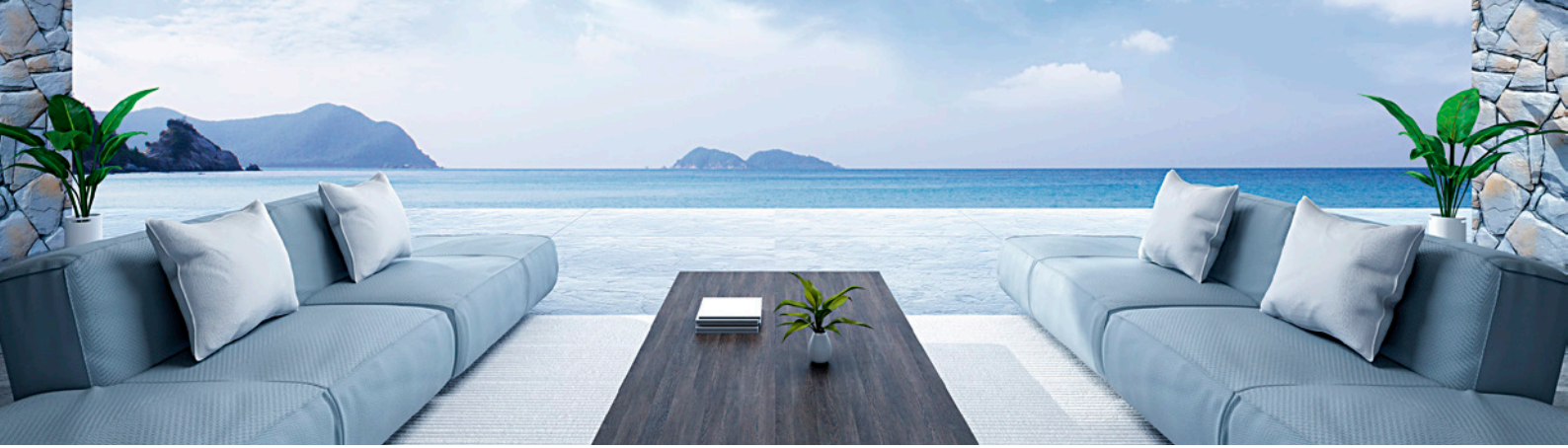
BAYERN | DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Tel. 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte sind vorbehalten. Die Publikation wird kostenlos abgegeben, jede entgeltliche Weitergabe ist untersagt. Der Inhalt wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Für die Inhalte fremder Internetangebote sind wir nicht verantwortlich.

Diese Druckschrift wird kostenlos im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von den Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zweck der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Publikation zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden. Bei publizistischer Verwertung – auch von Teilen – wird um Angabe der Quelle und Übersendung eines Belegexemplars erbeten.

Inhalt

1 Lüften mit Komfortlüftungsanlagen	4
Raumluftqualität	5
Lärm- und Schallschutz	7
Hygiene und Gesundheit beim Betrieb von Lüftungsanlagen	8
Fensterlüftung versus Komfortlüftung	8
2 Technik von Lüftungsanlagen	10
Systemübersicht Lüftungsanlagen in Einfamilienhäusern (EFH)	10
Systemübersicht Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern (MFH)	11
Prinzipieller Aufbau von Lüftungssystemen	12
3 Methodik zum Vergleich von Kosten und Energiebedarf	14
4 Systemlösungen für Einfamilienhäuser	16
Abluftanlagen	16
Zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung – Komfortlüftung	18
Komfortlüftung – Optimierungsvarianten	20
Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung – dezentrale Lösungen	22
5 Systemlösungen für Mehrfamilienhäuser	24
Zentrale Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern	24
Dezentrale Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern	26
6 Komponenten von Komfortlüftungsanlagen	29
1) Außenluftelement	29
2) Frostschutz und Erdreichwärmetauscher	29
3) Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung	30
4) Filter	31
5) Schalldämpfer	31
6) Verteilsystem Zuluft	31
7) Zuluftelement	32
8) Überströmelement	33
9) Abluftelement	33
10) Verteilsystem Abluft	33
11) Fortluftelement	33
7 Checkliste Planung und Bauausführung	34
8 Wartung und Betrieb	36
9 Planung und Auslegung	38
10 Brandschutz für Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern	41
Weitere Informationen im Internet / Literaturverzeichnis / Bildnachweis	43/44



1 Lüften mit Komfortlüftungsanlagen

Lüften ist Voraussetzung für gute Raumluftqualität.

Viele Menschen verbringen 80 bis über 90 Prozent ihrer Zeit in Innenräumen. Kontinuierliche Frischluftzufuhr sichert eine hohe Raumluftqualität und dient dem notwendigen Abtransport von Luftfeuchtigkeit.

Gute Raumluftqualität ist eine der wesentlichen Voraussetzungen für unsere Gesundheit. Der Mensch atmet 15 bis 20 mal pro Minute Luft ein und aus, jedes Mal etwa einen halben Liter. Das sind bis zu 15.000 Liter oder 15 Kubikmeter am Tag, die Stoffwechselprodukte wie Kohlendioxid, enthalten. Um diese Raumluftbelastung auszugleichen, müssen bei normaler Tätigkeit etwa 30 Kubikmeter frische Luft pro Person und Stunde zugeführt werden. Dies entspricht etwa einem vollständigen Luftaustausch alle zwei Stunden.

Bis etwa 1950 war in fast allen Gebäuden der regelmäßige Luftaustausch die Folge der Beheizung mit Öfen und Feuerstellen. Die benötigte Verbrennungsluft strömte über undichte Fenster oder Türen nach und sorgte für eine beständige Lüftung. In den 1960er Jahren wurden zunehmend Zentralheizungen eingebaut und nach der ersten Energiekrise 1973 wurden – energetisch vernünftig – Fenster und Türen abgedichtet. Gleichzeitig füllten nach und nach immer mehr Einrichtungsgegenstände aus Materialien, die belastende Stoffe enthielten, die Wohnräume. So entstand innerhalb weniger Jahre eine intensive Diskussion über schlechte Luft in unseren Wohnungen. Vor allem ging es um die Frage, wie der Widerspruch zwischen unbelasteter Raumluft und Energieeinsparung gelöst werden kann.

Fensterlüftung reicht oft nicht aus.

Die Praxis zeigt, dass die Nutzer mit ihrem Verhalten oft die regelmäßige Fensterlüftung nicht im erforderlichen Umfang leisten. In der Folge kann beispielsweise durch erhöhte Luftfeuchte Schimmel entstehen. In Gebäuden mit Lüftungsanlagen kann dies vermieden werden, denn hier sorgen in der Regel Ventilatoren für das Ansaugen von Frischluft und das Ausblasen von feuchter und verbrauchter Luft. Als Komfortlüftung werden diese bezeichnet, wenn sie zusätzlich mit Wärmerückgewinnung eine hohe Behaglichkeit – bei geringen Energieverlusten – schaffen.

Raumluftqualität

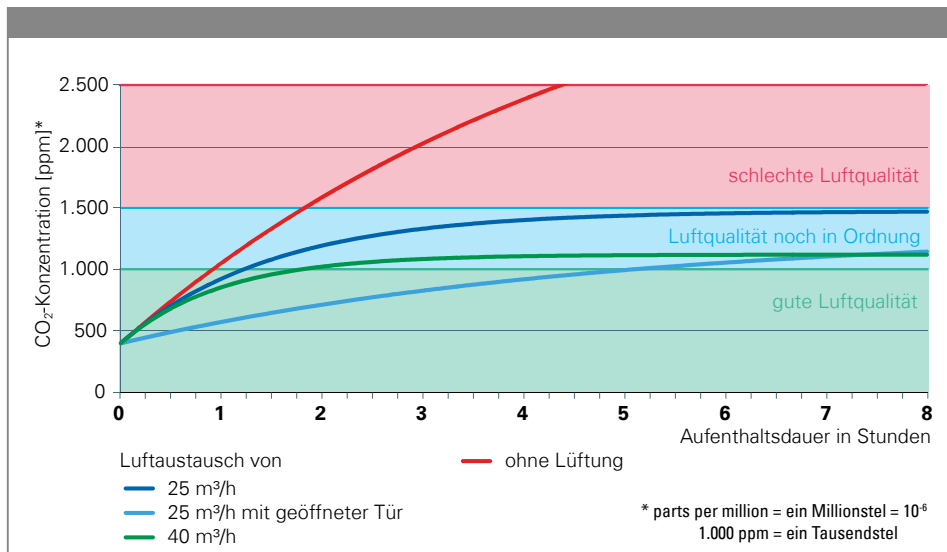
Eine gute Raumluftqualität wird durch mehrere Aspekte beeinflusst. Hier spielen Kohlendioxid, Schadstoffe aus Baumaterialien, Einrichtungsgegenständen sowie die Luftfeuchtigkeit eine große Rolle. Ebenso tragen die Aktivitäten der Bewohner, Mikroorganismen und Stäube zu einer Belastung der Raumluft bei. Die wichtigsten Zusammenhänge sind hier kurz dargestellt.

Kohlendioxidkonzentration (CO₂)

Vor über 150 Jahren definierte Max von Pettenkofer (1818–1901) die Grundlagen der Raumlufthygiene. Er wählte als Leitwert der Beurteilung die CO₂-Konzentration in der Raumluft, weil diese durch das Ausatmen der nutzenden Personen verursacht wird. Der nach ihm benannte „Pettenkofer-Wert“ fordert eine maximale Raumluftbelastung mit CO₂ von 1.000 ppm. Aktuelle Anforderungen sehen eine mittlere Belastung unter 1.000 ppm und eine Maximalbelastung, die 1.500 ppm möglichst nicht überschreitet. Im Freien liegt der Wert bei etwa 400 ppm (entspricht 0,04 Volumenprozent in der Luft).

Um in Innenräumen diese Anforderung einhalten zu können, ist der Austausch folgender Luftmengen erforderlich: Bei leichter Arbeit werden für eine erwachsene Person gut 30 m³, bei geringer Betätigung etwa 25 m³ und bei völliger Ruhe circa 20 m³ Frischluft pro Stunde benötigt.

Leitwert für gute Luftqualität:
Pettenkofer-Wert 1.000 ppm CO₂
in der Raumluft.



Verlauf der CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer mit 16m², wenn zuvor gelüftet wurde.

Beim Aufenthalt von zwei Personen ohne Lüftung wird der Wert von 1.500 ppm CO₂ bereits nach zwei Stunden überschritten (rote Linie). Bringt die Lüftungsanlage gut 40 m³/h frische Luft (grün), stellt sich eine gute Raumluftqualität ein. Bei einem Luftaustausch von 25 m³/h ist die Luftqualität mittelmäßig (dunkelblaue Linie). Kann dabei zusätzlich die Tür geöffnet werden, entsteht ein Verbund mit anderen Räumen (angenommen werden 60 m² Fläche) und die Luftqualität im Schlafzimmer liegt bis zum Morgen im guten Bereich (CO₂-Modell 2018).

Tipp: Die Raumluftqualität können Sie mit einem CO₂-Messgerät im Blick behalten.

Schadstoffarmes Bauen und Einrichten ist Voraussetzung für gute Raumluftqualität.

Bewusstes Wohnverhalten hilft der Gesundheit.

Tipp: Haushaltschemikalien und Körperpflegemittel sollten nicht nur gut verschlossen, sondern vor allem in Abluftbereichen gelagert werden.

Schadstoffe aus Baumaterialien und Einrichtung

Für eine gute Raumluft ist zudem der Einbau möglichst schadstoffarmer Produkte wichtig. Eine gute Grundlage für die Beurteilung von Materialien und für die Ausschreibung bietet das ökologische Baustoffinformationssystem WECOBIS sowie Sicherheitsdatenblätter der Bauprodukte. Garantierte Sicherheit bieten aber nur Schadstoffmessungen der konkret eingebauten Materialien oder die Auswahl zertifizierter Produkte.

Auch beim Kauf von Möbeln oder Einrichtungsgegenständen sollten schadstoffarm zertifizierte Produkte den Vorzug erhalten. Denn es hilft wenig, ein schadstoffminimiertes Gebäude zu beziehen, wenn die Möbel und Haushaltsgegenstände nicht ebenfalls wenig Schadstoffe abgeben. Es gibt zahlreiche Ökosiegel und Zertifikate, die schadstoffarme Möbel zuverlässig kennzeichnen wie zum Beispiel den Blauen Engel.

Mikroorganismen und Belastungen durch die Raumnutzung

Menschen geben durch Atemluft und über die Haut neben CO₂ weitere Stoffwechselprodukte an die Raumluft ab. Auch beim Kochen und Putzen wird die Raumluft belastet. Natürliche Mikroorganismen wie zum Beispiel Schimmelpilze entwickeln sich gerne im Biomüll, in der Erde von Zimmerpflanzen und an anderen Stellen mit länger anhaltender Feuchte. Hausstaub bildet sich im Innenraum, während Staubpartikel sowie Allergene von außen eingetragen werden.

Diese Belastungen können mit Hilfe einer gut durchplanten Lüftungstechnik entscheidend reduziert werden. Eine Studie von HOFMANN aus dem Jahr 2014 belegt, dass in Wohnungen mit Lüftungsanlagen deutlich geringere Schadstoffbelastungen und Konzentrationen von Schimmelpilzen festgestellt wurden als bei Vergleichsgebäuden mit Fensterlüftung.



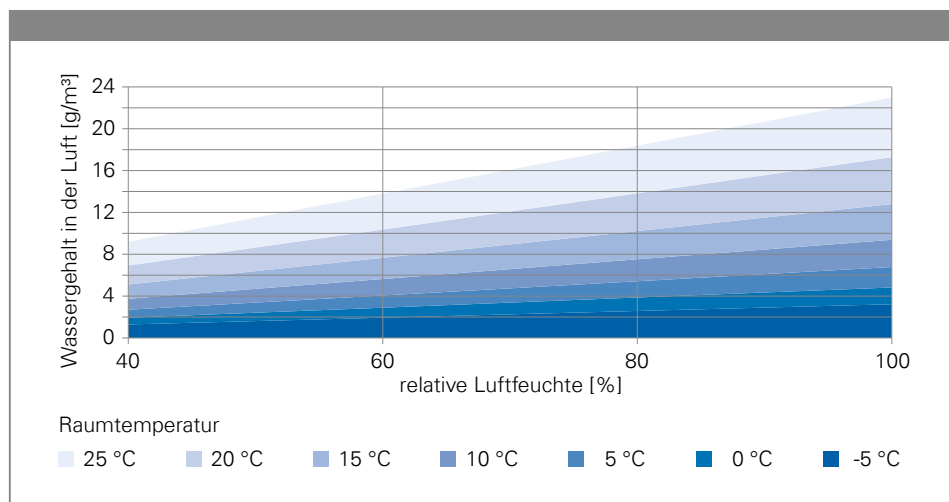
Luftfeuchtigkeit und Wohnfeuchte

Die Raumlufffeuchte stellt einen weiteren Leitwert für den Luftwechsel dar. In einem Drei- bis Vier-Personen-Haushalt werden täglich sechs bis über zehn Liter Wasser an die Raumluff abgegeben. Um zu vermeiden, dass die Raumluff zu feucht ist und sich an Fenstern und Außenwänden Tauwasser bildet, muss nahezu diese gesamte Wassermenge fortgelüftet werden. Grundsätzlich gilt, je wärmer Luft ist, umso mehr Wasser kann sie aufnehmen.

In einer üblichen Wintersituation bei Temperaturen um den Gefrierpunkt enthält die Außenluft mit einer relativen Luftfeuchte von 40 Prozent nur etwa ein Drittel der Wassermenge einer 20 Grad warmen Raumluff mit 60 Prozent relativer Luftfeuchte. In so einem Fall reicht ein Luftaustausch von weniger als 90 Kubikmeter pro Stunde, um die beschriebenen 10 Liter Wasser am Tag abzuführen. Ein deutlich höherer Luftwechsel hätte eine zu niedrige Luftfeuchte im Raum zur Folge. Deshalb ist es besonders in der kalten Jahreszeit wichtig, den Luftwechsel zu begrenzen.

Somit existiert ein Zielkonflikt zwischen möglichst schadstoffarmer Raumluff und CO₂-Minderung auf der einen Seite gegenüber zu trockener Luft auf der anderen. Empfohlen wird die Luftfeuchte auf einem behaglichen und gesundheitsverträglichen Bereich von 30 bis 65 Prozent relativer Feuchte zu halten. Feuchtere Luft fördert Mikroorganismen. Auch Hausstaubmilben vermehren sich bei hoher Feuchte, sterben aber unter 45 Prozent relativer Luftfeuchte ab. Zu niedrige Luftfeuchte führt dagegen zu trockenen Schleimhäuten. Zudem wird die Ausbreitung von Gerüchen ebenso begünstigt wie die Bildung von Staub und elektrostatischer Aufladung.

Tipp: Behalten Sie die Luftfeuchte mit einem Hygrometer im Blick.



Nur etwa drei Prozent der Wohnfeuchte wandern per Dampfdiffusion durch die Wand nach außen. Der Rest muss herausgelüftet werden!

Wassergehalt pro m³ Luft (g/m³) in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchte und der Raumlufftemperatur (blaue Farbskala)

Lärm- und Schallschutz

Bei Gebieten mit hohem Außenlärm gewinnt der Schallschutz an Bedeutung. Solange die Fenster mit hoher Schalldämmung geschlossen sind, ist es selbst in stark lärmbelasteten Gebieten im Innenraum angenehm leise. Beim Fensterlüften jedoch ist der Lärmeintrag sofort hörbar. Hier bieten sich Komfortlüftungsanlagen mit Schallschutz an, die frische Luft ohne belastenden Außenlärm in die Wohnräume bringen.

Lüftungsanlagen als Problemlöser für lautes Wohnumfeld.

Allerdings sollte beachtet werden, dass Lüftungsanlagen Ventilatoren benötigen, die ebenfalls Geräusche erzeugen. Auch können an den Zu- und Abluftelementen in den Räumen Strömungsgeräusche entstehen. Daher müssen bei der Lüftungsplanung diese Eigengeräusche der Anlage ebenso minimiert werden wie die Schallübertragung von außen und durch das Leitungsnetz.

Hygiene und Gesundheit beim Betrieb von Lüftungsanlagen

Lüftungsanlagen dienen der Gesundheit – wenn sie richtig geplant sind.

Oft wird diskutiert, ob beim Betrieb von Lüftungsanlagen auch gesundheitliche Bedenken bestehen – beispielsweise durch Keime. Selbstverständlich darf die Lüftungsanlage selbst keine beeinträchtigende Wirkung auf die Nutzer aufweisen. Wichtig sind hierbei die richtige Planung und der sachgerechte Betrieb. So müssen die luftberührten Materialien wie Rohre und Wärmetauscher hygienisch einwandfrei sein. Darüber hinaus dürfen keine mikrobiellen Belastungen durch Schmutz und Feuchte auftreten.

Das wichtigste Mittel dazu ist der Einsatz von Luftfiltern. Insbesondere die Filter im Bereich der Außenluftansaugung müssen regelmäßig gereinigt werden, weil dort Feuchtigkeit und Verschmutzung auftreten können. Das gilt ebenso für Erdreichwärmetauscher, in denen vor allem im Sommer Kondensat anfällt.

Die erwähnte Studie von HOFMANN aus dem Jahr 2014 belegt die geringere Schadstoff- und Schimmelpilzkonzentration in Wohnungen mit Lüftungsanlagen im Vergleich zur Fensterlüftung.

Fensterlüftung versus Komfortlüftung

Der regelmäßige Luftaustausch, der ständige Abtransport von feuchter Luft und die Möglichkeiten zum Filtern von Staub, Pollen und Keimen sind Voraussetzungen für ein gesundes Innenraumklima. Für jede Wohnsituation ist es wichtig, ein Lüftungssystem zu finden, das die individuellen Ansprüche in sich vereint.

Fensterlüftung – oft nicht richtig und in ausreichendem Umfang

Fensterlüftung:
Zweimal täglich lüften reicht nicht – erforderlich ist die Querlüftung alle zwei Stunden!

Viele Bewohner verhalten sich beim Fensterlüften nicht richtig. Trotz intensiver Aufklärung und zahlreichen Kampagnen herrscht in vielen Wohnungen dicke Luft. Das ist weitestgehend unabhängig vom Baualter der Gebäude und gilt nicht nur für luftdichte Neubauten. Austauscharme Wittersituationen, wie sie die längste Zeit des Jahres vorherrschen, erzeugen auch bei Wohnungen mit zugigen Fenstern und undichten Konstruktionen nur einen sehr geringen Luftaustausch. Zweimal Querlüften pro Tag wird als das zumutbare Maximum empfunden – auch von Gerichten. Dabei führt dies meist zu einem Luftwechsel von nur 20 bis 30 Prozent des Luftvolumens pro Stunde. In den Hauptwohnräumen sollte aber ein stündlicher Luftwechsel von mindestens 60 Prozent des Raumvolumens gegeben sein.

Um diesen zu erreichen, müsste mindestens alle zwei Stunden eine Querlüftung stattfinden, also das Öffnen mehrerer Wohnungsfenster für mehrere Minuten, bei dem ein spürbarer Durchzug entsteht.

Der größte Nachteil der Fensterlüftung liegt darin, dass der Luftwechsel sehr stark von der Witterung abhängig ist. Es ist daher nicht ganz leicht bei austauscharmer Witterung nicht zu wenig und bei Sturm nicht zu viel zu lüften.

Komfortlüftung – regelmäßiger Luftwechsel und energieeffiziente Wärmerückgewinnung

Gegenüber der Fensterlüftung besitzt die Komfortlüftung zahlreiche Vorteile. Der Begriff „Komfortlüftung“ hat sich für ventilatorgestützte Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung durchgesetzt. Ohne Zutun der Bewohner wird ausreichend frische Außenluft eingebracht. Schadstoffe, Feuchtigkeit und Gerüche werden verlässlich fortgelüftet. Auch Pollen und Insekten können gefiltert werden. Bei richtiger Planung gibt es keine Zugluft. Die Temperaturverteilung im Raum ist ausgeglichen. Bei einem lauten Umfeld ist ein gezielter Schallschutz möglich. So kann ein Maximum an Behaglichkeit und Komfort für die Bewohner erreicht werden. Viele Bewohner schätzen insbesondere, dass sich die Luft frisch anfühlt, ohne die Fenster öffnen zu müssen – die Möglichkeit diese zu öffnen bleibt jederzeit.

Komfortlüftung bringt kontinuierlich genügend Frischluft – und spart Energie.

Ganz nebenbei ermöglicht die Wärmerückgewinnung eine sehr hohe Energieeffizienz und senkt die Energiekosten. Aus der Perspektive der Energieeffizienz können in der Übergangszeit und im Sommer Lüftungsanlagen abgestellt werden. Viele Besitzer von Komfortlüftungsanlagen nutzen sie aber auch während dieser Zeit – weil es für sie oft komfortabler ist.

	FENSTERLÜFTUNG (manuelle, „freie“ Lüftung)	KOMFORTLÜFTUNG (Zu-/Abluft mit Wärmerückgewinnung)
Wirksamkeit	Abhängig von Witterung und Lüftungsverhalten	Kontinuierliche und bedarfsgerechte Lüftung
Abführen von Schadstoffen	Nur gesichert bei regelmäßiger Querlüftung circa alle zwei Stunden	Regelmäßiges Abführen der Schadstoffe
Luftfeuchtigkeit und Schimmelrisiko	Abhängig vom Lüftungsverhalten; falsches Lüften und Baumängel führen zu Schimmelpilzbildung	Bereits eine Grundlüftung vermeidet Schimmelbildung
Mögliche Bauschäden durch Feuchtigkeit	Feuchteschäden sind bei vielen unsanierten und schlecht sanierten Gebäuden zu beobachten	Keine Bauschäden durch Feuchtigkeit; nur bei deutlichen bauphysikalischen Mängeln; Lüftungstechnik zur Schadensbehebung möglich
Zeitaufwand	Circa alle zwei Stunden Querlüftung für fünf bis zehn Minuten (eigentlich auch nachts)	Kein Zeitaufwand
Zugluft	Zugluft nur während des Lüftens	Bei richtiger Planung keine Zugluft
Gerüche	Beim Heimkommen oftmals Geruchsbelastung wahrnehmbar, die zunächst fortgelüftet werden muss	Frische Luft beim Heimkommen; stärkere Lüftung ggf. beim Kochen oder anderen geruchsintensiven Betätigungen möglich
Wärme und Temperaturverteilung im Raum	Abkühlung durch das Lüften; die Temperaturverteilung im Raum ist von Lüftungsweise und Wärmeschutz des Gebäudes abhängig	Gleichmäßige Verteilung der Wärme in den Räumen
Schallschutz	Außenlärmbelastung während des Lüftens	Wirksam gegen Außenlärm; normativ sind höchstens 30 dB(A) in Wohnräumen vorgesehen, hochwertige Anlagen erzeugen einen Schalldruckpegel unter 27 dB(A) (erhöhter Schallschutz), für zertifizierte Passivhäuser ist das Kriterium ≤ 25 dB(A)
Einbruchrisiko	Kein Einbruchschutz bei Kipplüftung; keine Lüftung möglich, wenn Bewohner abwesend sind	Einbruchschutz jederzeit erhalten
Pollen und Insekten	Beim Lüften gelangen Pollen und Insekten in die Wohnräume	Hochwertige Filter (Klasse ePM1 ≥ 50 %, früher F7 oder F8) können Pollen und Staub zu großen Teilen abhalten; Insekten bleiben überwiegend draußen
Komfort	Hohe Luftqualität erfordert Wissen und ständiges Handeln der Bewohner	Behaglichkeit ohne gesonderten Aufwand
Energieeffizienz und Wärmerückgewinnung	Auskühlung der Räume; Lüftungswärmeverluste circa 40 kWh/(m ² a)	Lüftungswärmeverluste guter Anlagen mit Wärmerückgewinnung circa 5 kWh/(m ² a)
Energie- und Wartungskosten (100 m ² -Wohnung)	Bis zu 300 € erhöhte Heizkosten pro Jahr im Vergleich zur Komfortlüftung	Circa 70 € Stromkosten und 60 € Wartungskosten; davon sind 50 Prozent dem erhöhten Komfort zuzurechnen

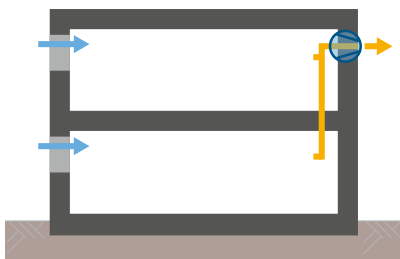
Vergleich von Fensterlüftung und Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung. Problematische Aspekte sind rot hinterlegt, über gelb geht es zu den günstigen Beurteilungen in den grünen Feldern.



2 Technik von Lüftungsanlagen

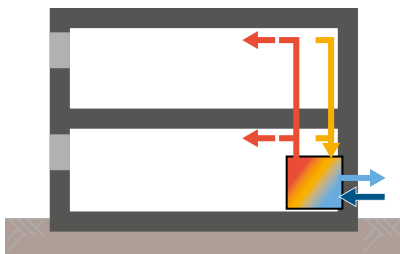
Zunächst werden verschiedene Lüftungstechniken für verschiedene Gebäudeformen vorgestellt und erläutert, um die wichtigsten Lösungsansätze und unterschiedlichen Techniken kennenzulernen. In den Kapiteln 4 und 5 werden die Systeme näher vorgestellt.

Systemübersicht Lüftungsanlagen in Einfamilienhäusern (EFH)



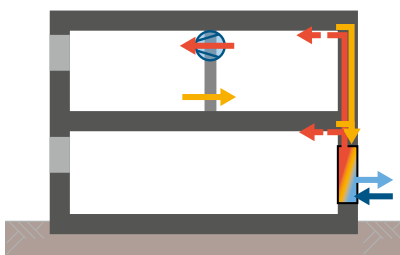
Abluftanlagen

Bei Abluftkonzepten wird aus Küche, Bad und WC verbrauchte Luft abgesaugt. In den Aufenthaltsräumen sorgen Außenluftdurchlässe in Wand oder Fensterrahmen für kontinuierliches Nachströmen frischer Außenluft. Die Anlagentechnik ist einfach, aber zugleich anspruchsvoll in der Planung. So können aufgrund der einströmenden kalten Luft im Winter unkomfortable kühle Bereiche entstehen. Außerdem muss eine gestalterische Lösung für die Außenluft- und Fortluftelemente gefunden werden. Ein Nachteil ist die fehlende Wärmerückgewinnung.



Komfortlüftung

Hier werden sowohl die Frischluftzufuhr und die Abluft ventilatoren-gestützt geregelt. Das Prinzip der Wärmerückgewinnung sorgt dafür, die Wärme der Abluft über einen Wärmetauscher weitestgehend auf die einströmende Außenluft zu übertragen. Die frische Luft wird mit nahezu Raumtemperatur in die Aufenthaltsräume geleitet, gelangt danach durch Flure und an Treppen vorbei in Küche, Bad und WC, wo sie abgesaugt wird. Der große Vorteil liegt in der deutlichen Reduktion von Energieverlusten und dem sehr hohen Nutzerkomfort. Deshalb werden die Systeme auch als Komfortlüftung bezeichnet.



Optimierte Form der Komfortlüftung

Zentrale Komfortlüftungsanlagen werden kontinuierlich weiterentwickelt. Erhöhte Effizienz, einfachere Konzepte und wirtschaftlichere Lösungen werden angestrebt. Neue Systemlösungen minimieren Platzverluste, indem zum Beispiel Geräte in Außenwänden positioniert werden. Luftströme können durch Kaskadenlüftung (S. 20) reduziert werden. Die Frischluft wird dabei über kleine Ventilatoren gezielt durch mehrere Räume gelenkt. Sensoren und individuelle Regelungen können den Komfort nochmals verbessern.



Dezentrale Lösungen

Es gibt eine Vielzahl von dezentralen Lüftungssystemen. Eine sinnvolle Lösung für kleine Wohnungen stellen Lüftungsgeräte mit Zu- und Abluft-Anschlüssen für jeweils ein bis zwei Räume dar (S. 22 oben). Davon zu unterscheiden sind sogenannte „Push-Pull-Geräte“ (S. 22 unten), die durch den regelmäßigen Richtungswechsel der Luftführung einen integrierten Wärmespeicher ständig auf- und entladen. Sie sollten jeweils paarweise geplant werden. Bei dem Konzept erhöht sich der Gesamtluftwechsel im Vergleich zu zentralen Anlagen. Ablufträume erfordern gesonderte Abluftsysteme mit erhöhten Wärmeverlusten.

Systemübersicht Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern (MFH)

In Mehrfamilienhäusern können die Anlagen dezentral pro Wohnung oder zentral für das gesamte Gebäude installiert werden. Bei der zentralen Lösung müssen Lüftungsschächte geplant und dem Brandschutz besondere Beachtung geschenkt werden (S. 41).

Abluftanlagen

Bei Mehrfamilienhäusern können Abluftanlagen sehr unterschiedlich konzipiert werden. Dezentrale Lösungen benötigen einen Ventilator pro Wohnung oder pro Abluftraum, wie im nebenstehenden Schema dargestellt. Die Außenlufterelemente erfordern aufgrund ihrer hohen Anzahl eine gezielte architektonische Planung. Bei zentralen Anlagen wird die Abluft für das gesamte Gebäude über einen gemeinsamen Schacht abgeführt.

Zentrale Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung

Zentrale Lüftungsanlagen in MFH bestehen aus einer Lüftungszentrale im Keller oder Dachgeschoss, einem Steigstrang und der Verteilung innerhalb der Wohnungen. Die Planung kann so erfolgen, dass alle Wartungen außerhalb der Wohnungen vorgenommen werden können. Diese Variante eignet sich besonders für den Mietwohnungsbau.

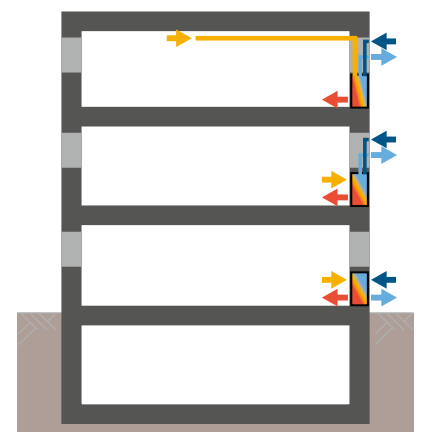
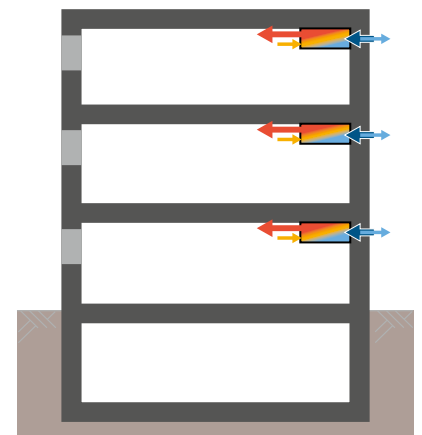
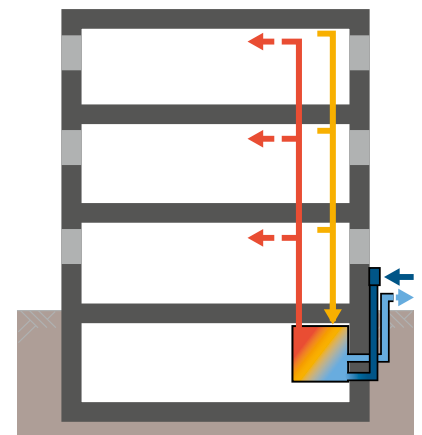
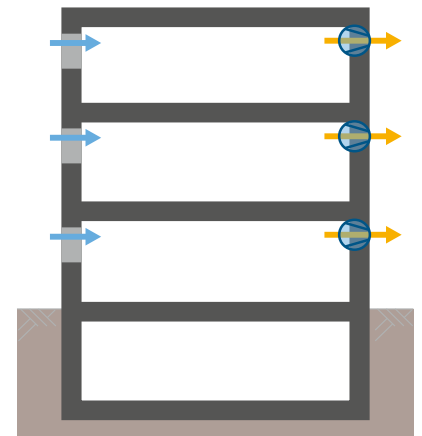


Dezentrale Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung

Wird pro Wohnung ein Lüftungsgerät eingebaut, handelt es sich um eine dezentrale Anlage. Wenn die Luftführung innerhalb der Wohnung sehr einfach gehalten wird, kann eine äußerst kostengünstige Lösung erreicht werden. Der Regelkomfort ist sehr gut und die Anlagen können – zum Beispiel bei einer Sanierung – wohnungsweise montiert werden. Nachteilig ist der notwendige Filterwechsel innerhalb der Wohnung. Außerdem muss eine gestalterisch befriedigende Lösung für die Außen- und Fortlufterelemente gefunden werden.

Dezentrale Einzelraumgeräte mit Wärmerückgewinnung

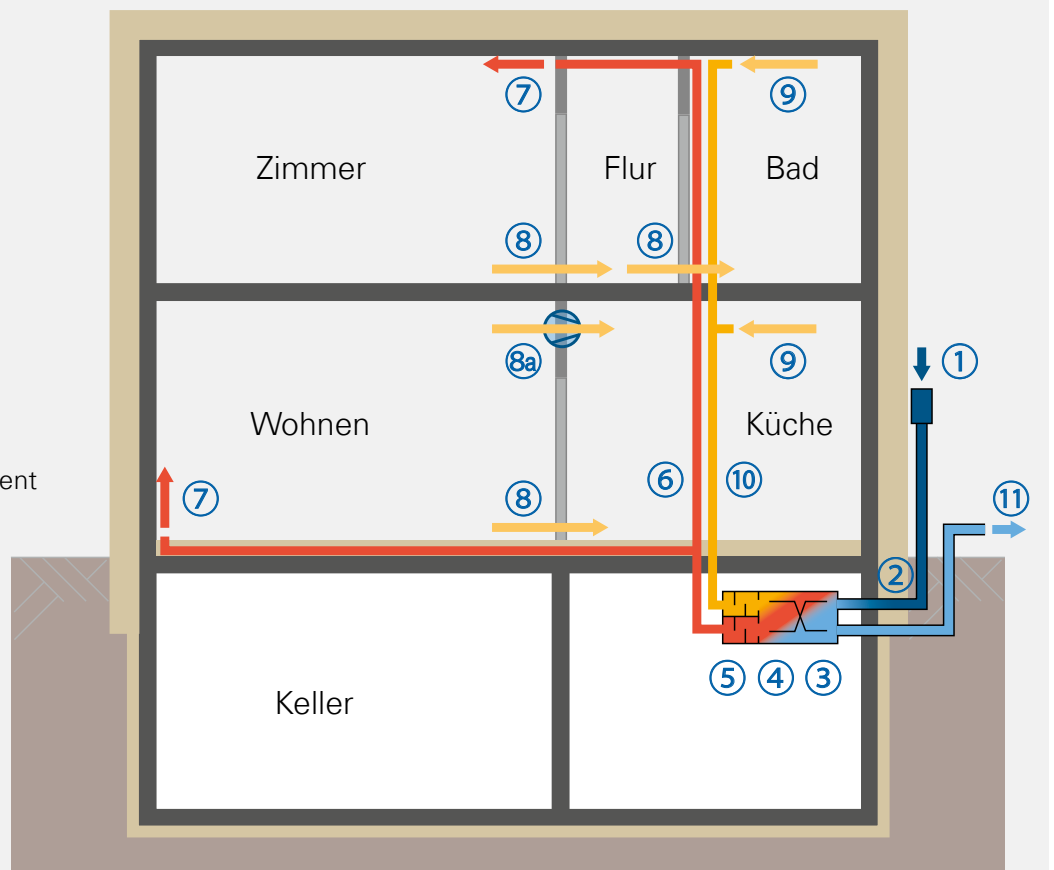
Analog zum Einfamilienhaus gibt es zahlreiche Systeme mit dezentralen Einzelgeräten. Wandintegrierte Kleinstgeräte mit integriertem Gegenstrom-Wärmetauscher können für Apartments und auch Zwei- bis Dreizimmerwohnungen eine gute Lösung darstellen. „Push-Pull“-Lösungen sind einfach montierbar, können durch die Ventilatorgeräusche und den regelmäßigen Richtungswechsel jedoch als störend empfunden werden. Wie beim EFH weisen sie den Nachteil einer erhöhten erforderlichen Luftmenge auf und benötigen zudem Sonderlösungen für Abluftbereiche.



Prinzipieller Aufbau von Lüftungssystemen

In den Kapiteln 4 und 5 werden unterschiedliche Lüftungssysteme für Einfamilien- und Mehrfamilienhäuser beschrieben. Grundlegende Teile der Anlagen sind in allen Varianten vergleichbar aufgebaut. Im Wesentlichen bestehen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung aus folgenden Komponenten:

- ① Außenluftelement
- ② Frostschutz oder Erdreichwärmetauscher
- ③ Lüftungsgerät
- ④ Filter
- ⑤ Schalldämpfer
- ⑥ Verteilsystem Zuluft
- ⑦ Zuluftelemente
- ⑧ Überströmelemente
- ⑧a Aktives Überströmelement
- ⑨ Abluftelemente
- ⑩ Verteilsystem Abluft
- ⑪ Fortluftelement



1) Außenluftelement

Die frische Außenluft wird über einen freistehenden oder wandintegrierten Außenluftdurchlass angesaugt. Bei Abluftanlagen gibt es für jeden Zulufttraum mindestens ein Einströmelement im Wand- oder Fensterbereich.

2) Frostschutz oder Erdreichwärmetauscher

Um das Einfrieren des Wärmetauschers im Lüftungsgerät zu verhindern, kann die Luft durch einen Erdreichwärmetauscher geleitet werden, um sie vorzuwärmen (Seite 29). Der Frostschutz kann auch durch ein Heizregister vor dem Wärmetauscher oder durch die Regelung mittels Reduzieren des Zuluftvolumenstroms erreicht werden.

3) Lüftungsgerät

Das eigentliche Herz der Anlage enthält die Ventilatoren mit der Regelung. Abluftanlagen beinhalten nur einen Abluft-Ventilator. Komfortlüftungsanlagen enthalten zusätzlich den Wärmetauscher.

4) Filter

Filter sind für den hygienischen Betrieb der Anlage unabdingbar und befinden sich in den meisten Fällen im Lüftungsgerät. Sie können jedoch auch im Außenluftelement oder in einer Filterbox vor dem Gerät angeordnet werden.

5) Schalldämpfer

Zur Dämpfung der Ventilatorgeräusche und des Telefonieschalls müssen Schalldämpfer in das Lüftungsgerät, eine Verteilbox oder das Leitungssystem integriert werden.

6) Verteilsystem Zuluft

Die Luft wird nach dem Lüftungsgerät über ein Leitungssystem im Gebäude verteilt und in die Aufenthaltsräume geführt. Bei kostengünstigen Lüftungssystemen wird versucht das Verteilsystem zu minimieren. Dezentrale Anlagen benötigen zum Teil keine Verteilung.

7) Zuluftelemente

Die Luft muss in den Raum gerichtet sein und diesen möglichst vollständig durchströmen. Dazu tragen die Zuluftelemente bei. Weitwurfelemente verteilen die Luft im Raum, Quelllüftungen lassen die Luft im Boden- oder Sockelbereich ausströmen.

8) Überströmelemente

Damit die Luft möglichst ungehindert in Richtung der Ablufträume streichen kann, wird sie durch Überströmelemente geleitet, die in der Tür oder Wand integriert sein können. Möglich ist hier auch ein Spalt von 1 bis 1,5 cm zwischen Fußboden und Türblatt. Aktive Überströmer können in die Regelstrategie einbezogen werden und die Luft mittels eines kleinen Ventilators in Räume leiten (8a).

9) Abluftelemente

In den Ablufträumen wie Küche, Bad, WC und Abstellräumen wird die Luft über Abluftelemente abgesaugt. Um eine Verunreinigung des Leitungssystems zu vermeiden, werden darin Filter integriert.

10) Verteilsystem Abluft

Durch das Abluftsystem wird die verbrauchte Luft zurück zum Lüftungsgerät geleitet. Abluftanlagen bestehen nur aus diesem Teil des Leitungssystems sowie der Fortluftleitung.

11) Fortluftelement

Durch das Fortluftelement strömt die verbrauchte Luft nach außen.

Die Nummerierung dieser Aufstellung wird für die folgenden Beispiele jeweils übernommen. Eine ausführliche Erläuterung zu allen Komponenten finden Sie in →**Kapitel 6**.



3 Methodik zum Vergleich von Kosten und Energiebedarf

Zur finanziellen Bewertung unterschiedlicher Lüftungssysteme werden in den folgenden Kapiteln jeweils die Investition, die Betriebskosten und der Energiebedarf der jeweiligen Konzepte gegenübergestellt. Besonders gute oder ungünstige Systeme können deutlich von den dargestellten Trends abweichen.

Investition

In der vereinfachten Darstellung werden die Investitionen für die Komfortlüftung aufgeteilt auf das Lüftungsgerät (inklusive Regelung), das Verteilsystem und die Verkleidung von Leitungen.

Für diese Positionen werden die Investitionskosten in drei Klassen eingeteilt:

- ungünstig (höhere Kosten der Anlage als üblich)
- normal (übliche Anlagenkosten)
- optimiert (optimierte Lösung mit niedrigen Kosten)

Zum Vergleich werden die Kosten einer handelsüblichen Abluftanlage gegenübergestellt.

Jährliche Kosten: Betrieb, Wartung und Finanzierung

Für Bauherren und Nutzende sollten nicht nur die Investitionskosten kaufentscheidend sein, sondern die jährliche Belastung, also die Summe, die jedes Jahr für Betrieb, Wartung und Finanzierung aufzubringen ist.

Die jährlichen Kosten beinhalten dabei:

- Durch Lüftungsverluste verursachte Heizkosten
- Hilfsstrombedarf der Lüftungsanlage (Ventilatoren)
- Wartung inklusive Filterwechsel
- Finanzierung der Investition (Investition über Lebensdauer)

In den dargestellten Berechnungen sind zwei Kostenvorteile eingerechnet:

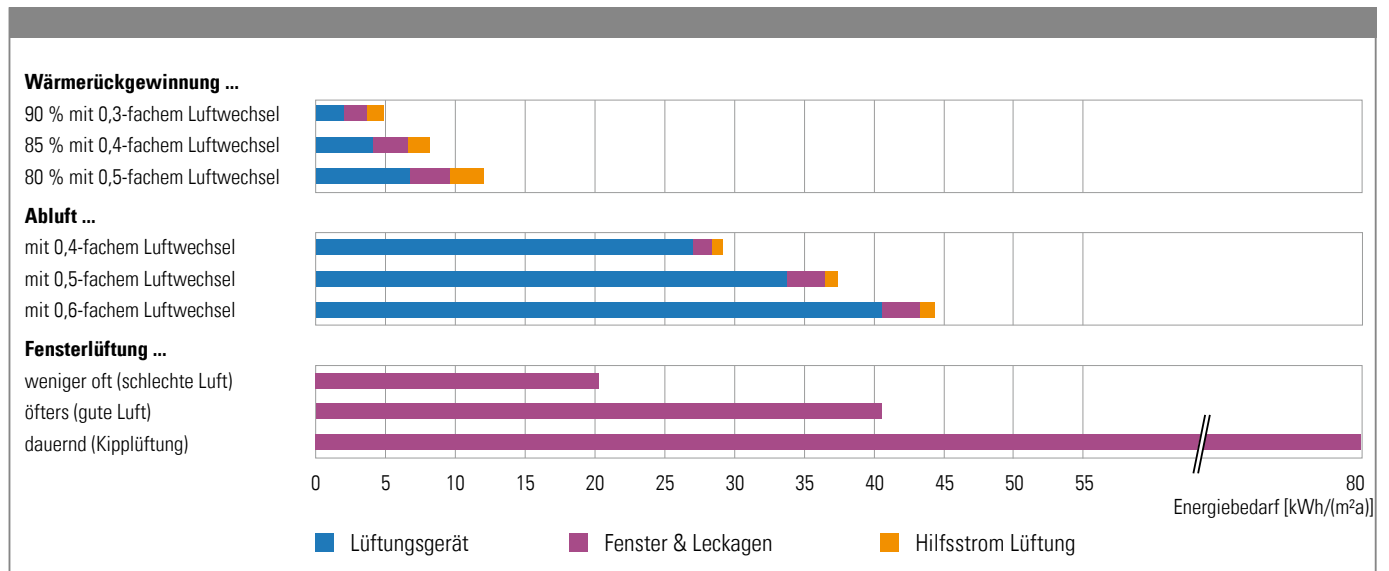
- Erhöhte Förderung durch die KfW-Bank durch Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung mit einem Ansatz von 2.500 €
- Verringerte Investition für die Heizungsanlage auf Grund eines niedrigeren Heizwärmebedarfs mit – niedrig angesetzt – 1.500 €

Die Darstellung der Ergebnisse reicht von „ungünstig“ über „normal“ bis „optimiert“. Zum Vergleich sind die jährlichen Kosten für eine Abluftanlage gegenübergestellt.

Endenergievergleich: Lüftungswärmebedarf und Hilfsenergie

Der energetische Vergleich der Lüftungssysteme erfolgt anhand des Endenergiebedarfs. Zunächst werden die Lüftungswärmeverluste bilanziert, die von der ausgetauschten Luftmenge und der Wärmerückgewinnung abhängen. Weiterhin geht Wärme über Leckagen im Gebäude und beim Öffnen von Fenstern verloren. Als dritte Position wird schließlich der Hilfsstrom für die Lüftungsanlage aufgeführt. Im Diagramm werden unterschiedliche Lüftungskonzepte hinsichtlich ihres Endenergiebedarfs gegenübergestellt.

Gegenüberstellung des Endenergiebedarfs für unterschiedliche Lüftungsoptionen. Es werden drei Varianten mit Wärmerückgewinnung (WRG) dargestellt, wobei der Luftwechsel zwischen 0,3 und 0,5 h⁻¹ und der Wärmebereitstellungsgrad zwischen 80 und 90 Prozent variiert. Bei den Abluftanlagen wird ein Luftwechsel von 0,4 bis 0,6 h⁻¹ aufgeführt.

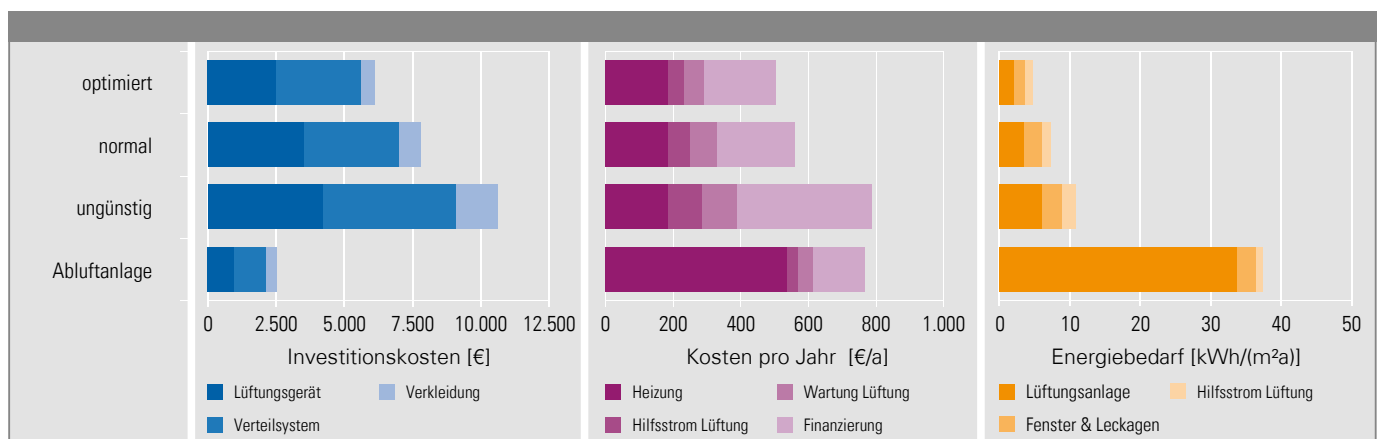


Ergebnisdiagramme

Die Ergebnisse werden bei jedem der im Folgenden vorgestellten Anlagentypen in drei Diagrammen verglichen. Dabei gelten für jeden Aspekt – also für die Investitionskosten, die jährlichen Kosten sowie für den Endenergiebedarf – jeweils die Kategorien „ungünstig“ über „normal“ bis „optimiert“. Zu beachten ist, dass eine Lüftungsanlage mit ungünstigen (hohen) Investitionskosten beim Endenergiebedarf sehr gut abschneiden kann und bei der jährlichen Belastung im mittleren Bereich liegen. Umgekehrt sind sehr kostengünstige Anlagen nicht automatisch energetisch günstig, sodass sie bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ebenfalls im Mittelfeld landen können. Die in einer Zeile dargestellten Ergebnisse beziehen sich daher nicht zwangsläufig auf dieselbe Anlage.

Beispiel – Vergleich von drei Komfortlüftungsanlagen (optimiert – normal – ungünstig) mit einer Abluftanlage. Verglichen werden:

- Investitionskosten der Lüftungsanlage für ein Einfamilienhaus (140 m²)
- Kosten pro Jahr für die Lüftung (Heizkosten für Lüftungswärmeverluste, Hilfsstrom der Lüftung, Wartung und Finanzierung)
- Energiebedarf (Lüftungswärmeverluste über die Lüftungsanlage und über Fenster/Leckagen sowie Hilfsenergie)

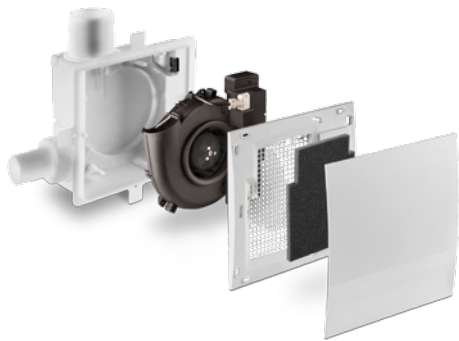




4 Systemlösungen für Einfamilienhäuser

Für Einfamilienhäuser werden fünf Lüftungsvarianten dargestellt: Abluftanlagen, Komfortlüftung als gebäudezentrales System, dazu Optimierungsvarianten und schließlich zwei dezentrale Lösungen.

Abluftanlagen



Aufbau eines Abluftgeräts

Für den reinen Luftwechsel reichen einfache Abluftanlagen aus. Die Luft wird in den Aufenthaltsräumen über die Fassade oder die Fenster angesaugt. Diese Außenluftelemente [1] müssen einerseits gegen Winddruck gesichert sein, damit bei höheren Windstärken kein Luftzug und keine Auskühlung des Raumes auftreten. Außerdem sollten sie Filter beinhalten, um Einträge von Staub und Insekten zu minimieren. Schlitz- in den Fensterdichtungen entsprechen nicht dem Stand der Technik. Wichtig ist die Einregulierung der Durchlässe, damit alle Räume angemessen durchlüftet werden. Da in den Wintermonaten kalte Außenluft einströmt, ist es vorteilhaft, wenn die Heizflächen im Bereich der Außenluftelemente platziert sind. Die Luft strömt durch die Räume in die Überströmbereiche wie Flure oder Treppenträume. Der dazu erforderliche Unterdruck wird mit einem oder mehreren Abluftventilatoren [3] erzeugt, die in den Ablufträumen wie Küche, Bad und WC die Luft absaugen. Beim Fortluftelement [11] sollte auf ansprechende Gestaltung und auf Schallschutz nach innen und außen geachtet werden.

Kostenoptimierung und Planungsdetails

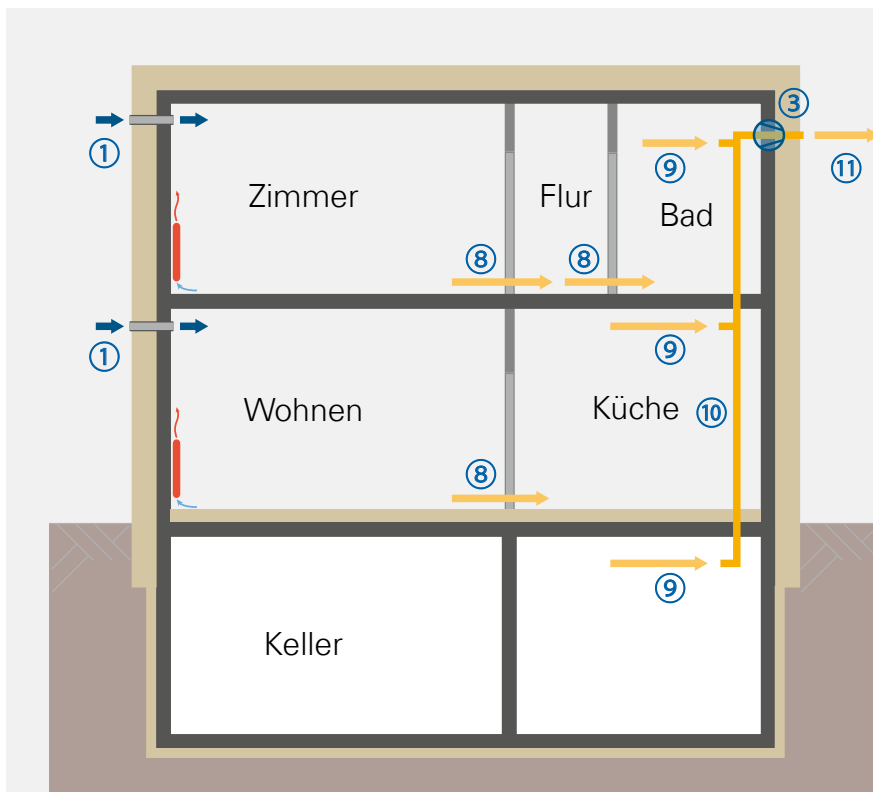
Obwohl das Anlagenkonzept einfach ist, erfordert die Planung viel Fachwissen, um Komfort und Funktionalität sicherzustellen. Die Lüftungsgeräte sollten einen geringen Schalldruckpegel und einen niedrigen Stromverbrauch aufweisen. Eine hochwertige Regelung ermöglicht hohe Luftqualität mit einem niedrigeren Luftvolumen als die manuelle Lüftung. Wenn Feuchte, CO₂ und gegebenenfalls Schadstoffbelastungen in die Regelstrategie einbezogen werden, können die Luftvolumina entsprechend der Nutzung optimiert werden. Dabei müssen auch die Außenluftdurchlässe so ausgeführt werden, dass alle Räume die geplante Luftmenge erhalten. Zudem geht es um eine hochwertige Gestaltung von Außenluft- und Fortluftdurchlässen. Sinnvoll sind Durchlasselemente im Bereich von Fensterrahmen. Eine elegante Alternative stellen Ansauggitter in der Fensterlaibung dar. Keinesfalls sollte die frische Außenluft durch Bereiche strömen, die nicht auf einfache Art zu reinigen sind, wie zum Beispiel durch Rollladenkästen.



Charmante Lösung: Außenluftelement in der Fensterlaibung

Bau- und Betriebskosten

Abluftanlagen kosten inklusive Einbau von 1.500 bis deutlich über 4.000 €. Diese Kosten sind der Raumlufthygiene geschuldet. Bei optimierter Regelung, die dem Nutzungsverhalten angepasst wird, kann bei gleichbleibend guter Raumlufthqualität gegenüber der Fensterlüftung Heizenergie eingespart werden. Aber Vorsicht: Bei hohen Lüftungsraten und zusätzlicher Fensterlüftung steigt der Energieverbrauch stark an.



Abluftanlagen

- ① Außenluftelement
- ③ Lüftungsgerät
- ⑧ Überströmelemente
- ⑨ Abluftelemente
- ⑩ Verteilsystem Abluft
- ⑪ Fortluftelement

Lüftungswärmebedarf und Hilfsenergie (Vergleich zur manuellen Lüftung)

Die Lüftungswärmeverluste manueller Fensterlüftung betragen mindestens 40 kWh/(m² a), wenn gute Raumluftqualität erreicht werden soll. Im Vergleich zur manuellen Lüftung können hochwertige Abluftanlagen den Luftwechsel bedarfsgerecht regeln. Die möglichen Einsparungen sind sehr vom persönlichen Verhalten bei manueller Lüftung abhängig.

Vorteile und Nachteile

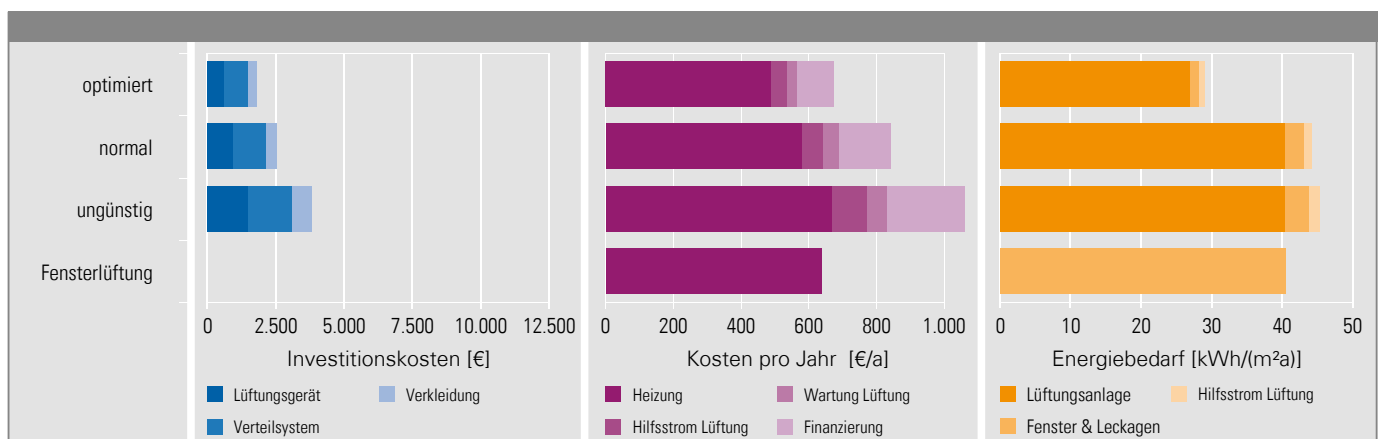
Abluftanlagen bieten den Vorteil mit einfacher Technik gute Raumluftqualität bereitzustellen. Der größte Nachteil liegt in der fehlenden Wärmerückgewinnung. Zudem schränkt die direkt einströmende kühle Außenluft den Komfort ein. Bei starkem Winddruck kann sich dieser Effekt erhöhen oder die Luftmenge deutlich von den geplanten Werten abweichen. Aus gestalterischer Sichtweise stellt es zudem eine Herausforderung dar, die zahlreichen Außenluftdurchlässe architektonisch angemessen auszuführen.

Vergleich von drei Abluftlösungen (optimiert – normal – ungünstig) mit Fensterlüftung.

Verglichen werden:

- Investitionskosten der Lüftungsanlage
- Kosten pro Jahr für die Lüftung
- Energiebedarf

Da bei der Abluftanlage die Luft gezielt geleitet werden kann, ist die Luftqualität im Gebäude bei guter Planung besser als bei der Fensterlüftung. Außerdem entfällt der Aufwand für das manuelle Lüften.



Zentrale Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung – Komfortlüftung



Küchenintegriertes Lüftungsgerät – minimaler Platzbedarf

Zu-/Abluftanlagen übertragen Wärme der verbrauchten Abluft über einen Wärmetauscher auf die kontinuierlich einströmende frische Außenluft. Raumluftqualität und Komfort können mit hoher Energieeffizienz und geringeren Betriebskosten verbunden werden.

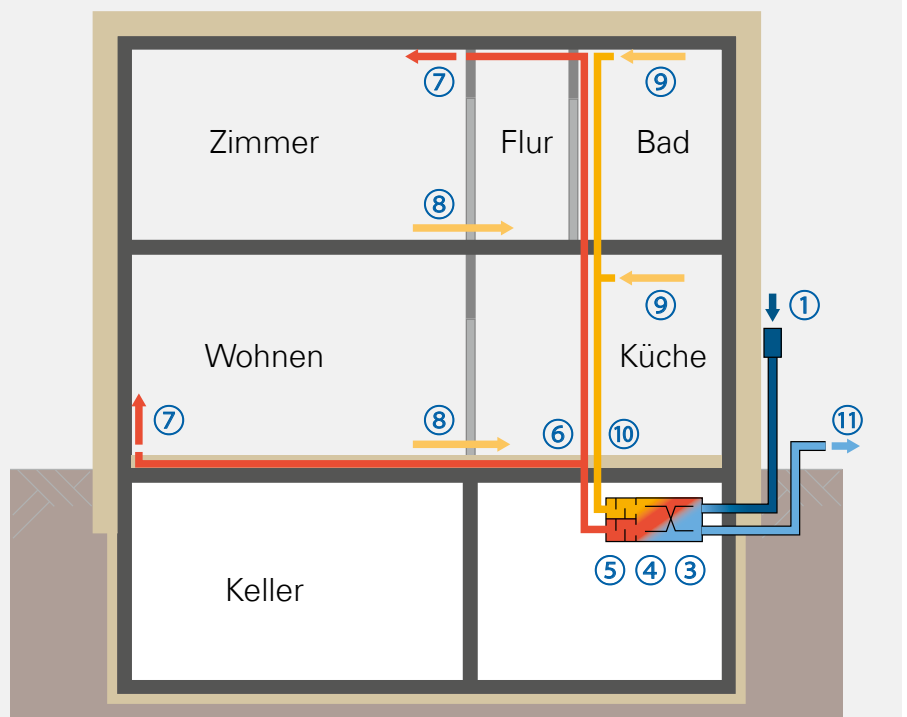
Die Außenluft wird über ein Außenluftelement mit Filter angesaugt [1]. Die Luft kann direkt zum Lüftungsgerät [3] oder optional durch einen Erdreichwärmetauscher geführt werden. Ein Feinfilter [4] befindet sich im Gerät vor dem Wärmetauscher, in dem die Luft durch die entgegenströmende Abluft auf nahezu Raumlufttemperatur erwärmt wird. Schalldämpfung [5] reduziert wirkungsvoll die Ventilatorgeräusche. Das Verteilsystem [6] kann sehr vielfältig ausgeführt werden. Im Beispiel erfolgt die Verteilung im Erdgeschoss unter dem Estrich. Die Luft gelangt auf der gegenüberliegenden Raumseite in Bodennähe in den Raum [7]. Im Obergeschoss wird die Verteilung über ein Weitwurfelement [7] dargestellt. Die Luft strömt durch den Coanda-Effekt (S. 35) an der Decke entlang und verteilt sich im gesamten Raum. Sie zieht dann durch die Überströmräume wie Flure und Treppenbereiche zu den Ablufträumen. Dort wird die verbrauchte Luft abgesaugt [9] und zurück zum Lüftungsgerät geführt.

Kostenoptimierung und Planungsdetails

Eine optimierte Planung ist Grundlage für effiziente und kostengünstige Lösungen. Wichtig ist eine günstige Platzierung des Lüftungsgerätes, die kurze Anbindungswege für die Außen- und Fortluftleitung ermöglicht. Durch die Wahl eines kompakten Geräts und platzsparenden Einbau geht wenig Wohnraum verloren. Es ist vorteilhaft, wenn die Ablufträume eng beieinander liegen und über eine einzelne Steigleitung erschließbar sind. Die Verteilleitungen für die Zuluft können deutlich reduziert werden, wenn Weitwurfelemente verwendet werden, die in den Aufenthaltsräumen die Luft gleichmäßig verteilen. Schließlich muss das gewählte System schnell und sicher montierbar sein.

Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung

- ① Außenluftelement
- ③ Lüftungsgerät
- ④ Filter
- ⑤ Schalldämpfer
- ⑥ Verteilsystem Zuluft
- ⑦ Zuluftelemente
- ⑧ Überströmelemente
- ⑨ Abluftelemente
- ⑩ Verteilsystem Abluft
- ⑪ Fortluftelement



Bau- und Betriebskosten

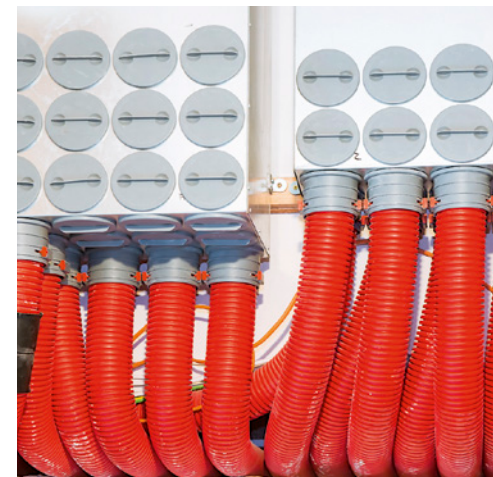
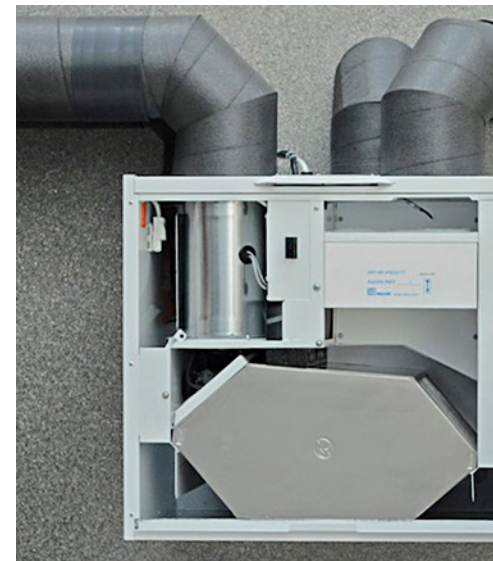
Komfortlüftungsanlagen für ein Einfamilienhaus können bei optimierter Planung bereits ab 7.000 € mit Montage erstellt werden. Allerdings gibt es auch deutlich teurere Anbieter. Relevant ist aber die jährliche Belastung. Beim Vergleich von Heiz-, Betriebs- und Wartungskosten schneidet die Komfortlüftung deutlich besser ab als Abluftanlagen. Wird die Finanzierung für die Investitionskosten dazugerechnet, sind die optimierten Anlagen immer noch preiswerter als Abluftanlagen. Für Komfortlüftungsanlagen erhält man im Allgemeinen attraktivere Förderungen. Obendrein muss weniger geheizt werden. Gute Planer setzen das in kostengünstigere Heizsysteme um.

Lüftungswärmebedarf und Hilfsenergie

Im Vergleich zu den etwa 40 kWh/(m² a) für die Fensterlüftung reduziert die Wärmerückgewinnung den Lüftungswärmebedarf deutlich auf bis zu 4 kWh/(m² a) für das Lüftungsgerät und die Verluste über Leckagen. Dazu kommt der Hilfsstrom für den Betrieb des Lüftungsgerätes. Er beträgt im optimalen Fall weniger als 1,5 kWh/(m² a) für die Heizperiode. Bei schlechten Planungen und zu hoch eingestellten Anlagen steigt dieser Wert auf 2 bis 3 kWh/(m² a). Falls das Gerät im Sommer aus Komfortgründen betrieben wird, verdoppelt sich der Verbrauch nahezu.

Vorteile und Nachteile

Der große Vorteil zentraler Systeme liegt im hohen Komfort und in der gerichteten Luftbewegung. Die frische Luft wird mehrfach genutzt. Zunächst belüftet sie die Aufenthaltsräume, danach den Überströmbereich und entnimmt schließlich aus den Ablufträumen Gerüche und Feuchtigkeit. Gute Luftqualität kann mit Energieeffizienz verbunden werden, weil für das Gesamtgebäude bei optimierter Planung ein 0,3- bis 0,4-facher Luftwechsel ausreichen kann. Als Nachteil ergibt sich daraus, dass ein Verteilsystem erforderlich ist, um die Zu- und Abluft an den jeweils richtigen Stellen einzublasen bzw. abzusaugen. Je kürzer das Rohrsystem ist, desto wirtschaftlicher sind die Anlagen.



Von oben nach unten:

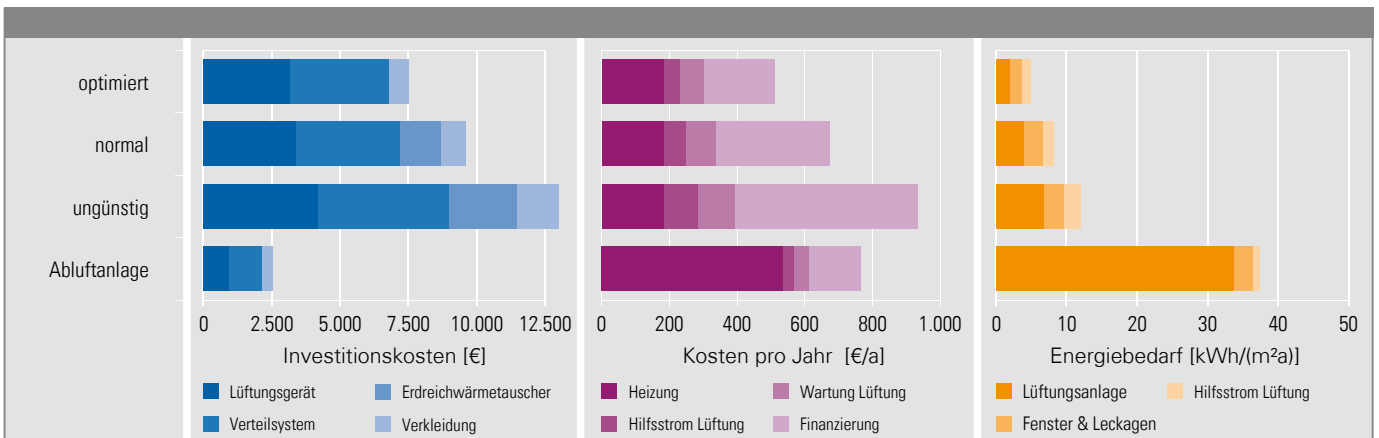
Blick in ein Lüftungsgerät

Verteilboxen für Zu- und Abluft und die Verteilungen im Bodenaufbau bzw. der Decke

Vergleich von drei zentralen Komfortlüftungsanlagen (optimiert – normal – ungünstig) mit einer Abluftanlage. Verglichen werden:

- Investitionskosten
- Kosten pro Jahr für die Lüftung
- Energiebedarf

Trotz der erhöhten Investitionskosten liegen die jährlichen Kosten bei gut geplanten Komfortlüftungen günstiger als bei Abluftanlagen. Der Energiebedarf fürs Lüften wird entscheidend verringert, sodass eine kleinere und kostengünstigere Heizungsanlage eingeplant werden kann.



Komfortlüftung – Optimierungsvarianten

Optimierte Planung ermöglicht kostengünstige Lüftungskonzepte. So kann zunächst der Platzverlust minimiert werden, indem das Lüftungsgerät [3] zum Beispiel in die Außenwand integriert wird. Möglich sind auch platzsparende Optionen in Küche oder Bad. Bei der dargestellten Lösung werden zudem Leitungslängen minimiert. Einerseits liegen Ablufträume sehr eng beieinander. Andererseits sind die Zuluftleitungen [6] auf ein Minimum beschränkt, indem die frische Luft nur in den Wohn-/Galeriebereich eingebracht wird. Von dort werden die einzelnen angrenzenden Zuluft Räume über aktive Überströmelemente [8a] versorgt. Die kleinen Ventilatoren schalten ein, sobald der Raum genutzt wird und der Sensor in dem Raum erhöhte CO₂-Belastung oder Feuchte misst.

Alternativ könnte bei dem Beispiel das Lüftungsgerät im Obergeschoss positioniert und die gesamte Zuluft in die Schlaf-/Kinderzimmer über Weitwurfelemente eingebracht werden. Als Überströmbereich können in dem Fall Galerie und Wohnbereich gesehen werden – man spricht von Kaskadenlüftung. Die Luft wird mehrfach genutzt: erst in den Schlaf-/Kinderzimmern, dann in der Überströmzone inklusive Wohnbereich und schließlich in den Ablufträumen.

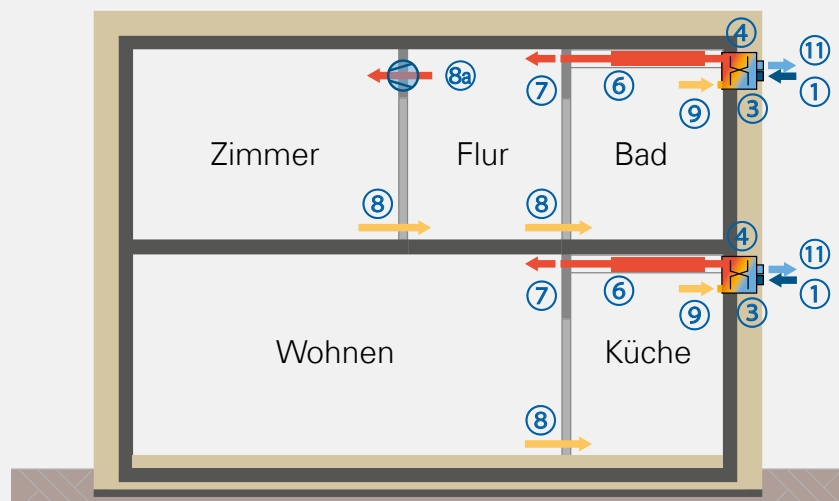
Optimierungsvariante 1

- ① Außenluftelement
- ③ Lüftungsgerät
- ④ Filter
- ⑥ Verteilsystem Zuluft
- ⑦ Zuluftelemente
- ⑧ Überströmelemente
- ⑧a Aktives Überströmelement
- ⑨ Abluftelemente
- ⑩ Verteilsystem Abluft
- ⑪ Fortluftelement



Optimierungsvariante 2

- ① Außenluftelement
- ③ Lüftungsgerät
- ④ Filter
- ⑥ Verteilsystem Zuluft
- ⑦ Zuluftelemente
- ⑧ Überströmelemente
- ⑧a Aktives Überströmelement
- ⑨ Abluftelemente
- ⑪ Fortluftelement



Handelt es sich um ein weniger offenes Gebäudekonzept (Optimierungsvariante 2), kann das gleiche Konzept auf zwei kleinere Lüftungsgeräte [3] aufgeteilt werden. Im Erdgeschoss erhält der Wohnbereich die Zuluft [7]. Abluftelemente [9] sind in Küche und WC. Im Obergeschoss befinden sich das Lüftungsgerät [3] inklusive Abluftelement [9] im Bad, die Zuluft wird entweder direkt in die Zimmer mit Weitwurfelementen [7] eingebracht oder in den Flur und von dort mit aktiven Überströmern [8a] in die genutzten Räume. Ein Vorteil dieses Systems liegt darin, dass nachts das Gerät im Erdgeschoss auf ein Minimum geregelt werden kann – und umgekehrt. Diese Optimierungsvariante macht sich die Vorteile dezentraler Anlagen zu Nutze.

Bau- und Betriebskosten

Im günstigsten Fall ist es möglich, Anlagen für Einfamilienhäuser zwischen 6.000 und 7.000 € zu erstellen. In der Praxis sind aber auch Angebote für über 12.000 € üblich. Für die Wirtschaftlichkeit ist darüber hinaus der Vergleich von Heiz-, Betriebs- und Wartungskosten entscheidend. Es zeigt sich, dass die günstigeren Anlagen mit Wärmerückgewinnung bei den Betriebskosten besser abschneiden als Abluftanlagen.

Lüftungswärmebedarf und Hilfsenergie

Gegenüber den Standardanlagen (S. 18) kann durch die gezielte Lenkung und Regelung des Luftvolumens nochmals eine kleine Einsparung beim Lüftungswärmebedarf erzielt werden. Durch das kürzere Leitungssystem sinkt zudem der Bedarf an Hilfsstrom.

Vorteile und Nachteile

Die Kunst bei der Auslegung der Anlagen besteht darin, sie einerseits so einfach wie möglich zu konzipieren, andererseits aber eine erhöhte Regelbarkeit und Anpassung an die Nutzer zu erreichen. Aktive Überströmelemente können dabei eine große Hilfe sein, weil mit sehr einfacher Technik die Luft dorthin geleitet wird, wo sie gebraucht wird. Voraussetzung ist aber ein Grundrisskonzept, das diese Lösungen zulässt. Das gilt erst recht für die Kaskadenlüftung. Es ist günstig, wenn die Luft zunächst in Schlaf- und Kinderzimmer eingebracht wird und der gesamte Wohnbereich als Überströmbereich versorgt werden kann, da keine getrennten Luftvolumen für Schlaf- und Wohnräume eingeplant werden müssen. Als Vorteil ergibt sich daraus, dass die Lüftungsanlage geringer dimensioniert werden kann und geringere Anschaffungs- und Betriebskosten anfallen.

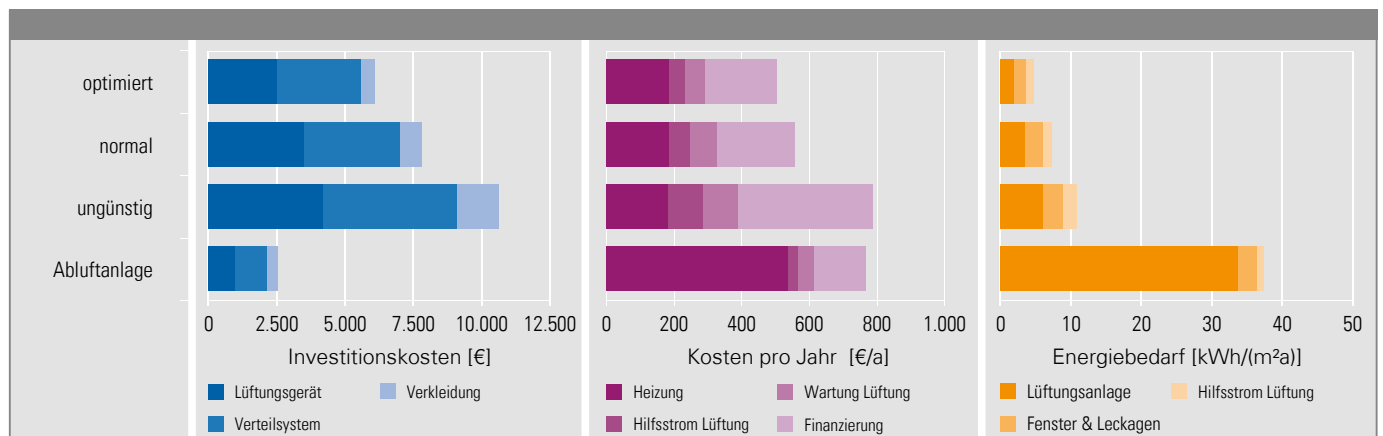


Außenluftelemente in der Fassade



Geräteabdeckung als Gestaltungselement

Beim Vergleich der Optimierungsvariante für Komfortlüftungsanlagen nach Investitionskosten, den jährlichen Kosten und dem Energiebedarf zeigt sich, dass gegenüber den Standardlösungen auf den vorhergehenden beiden Seiten vor allem bei den Investitionskosten Einsparungen erzielt werden können. Dadurch sinken für die Nutzer die jährlichen Belastungen.



Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung - dezentrale Lösungen



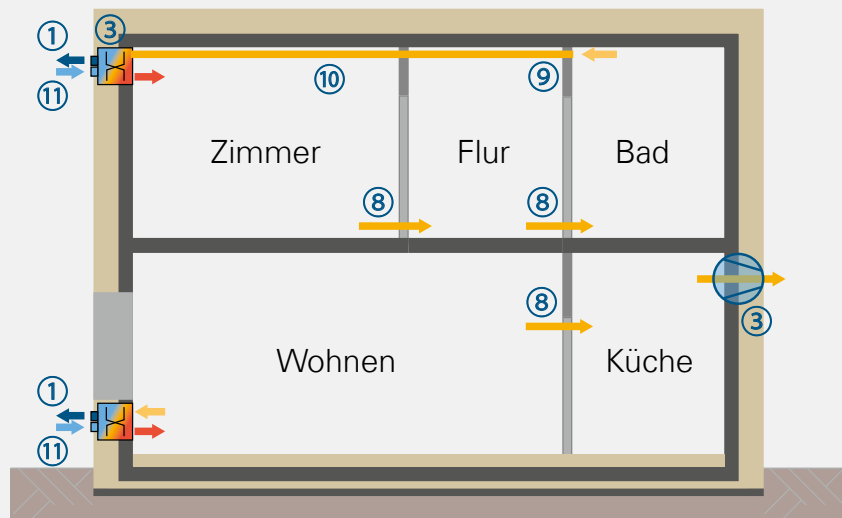
Wandintegrierte Komfortlüftung

Insbesondere bei der Gebäudesanierung gibt es Situationen, in denen kleine Inzellösungen eine große Hilfe für den Komfort und die Energieeffizienz eines Gebäudes bieten können. Wenn es nicht möglich ist, eine umfassende Komfortlüftung zu installieren, können Raumgruppen durch einfache Lösungen belüftet werden. Kleinstgeräte mit Wärmetauscher und 40 bis 100 m³ Lüftungsvolumen pro Stunde können ein bis drei Aufenthaltsräume und einen Abluftbereich versorgen. Ein gutes Beispiel dafür: Geräteinstallation im Bad mit kurzer Zuluftleitung ins Schlafzimmer und ggf. einen weiteren Raum, oder genau andersherum. Solch ein Vorgehen stellt eine sinnvolle Lösung für viele Bestandsgebäude dar, in denen nur zwei bis drei Personen in einem Gebäude wohnen. Das nächtliche Lüftungsproblem ist damit behoben und zugleich wirkt die Anlage als Grundlüftung zum Feuchteschutz für weite Teile des Gebäudes.

Push-Pull-Geräte stellen eine andere Lösungsvariante dar: Die wandintegrierten Geräte saugen frische Außenluft durch einen Wärmetauscher in den Raum und schalten nach ein bis zwei Minuten in die Gegenrichtung. Mit der warmen Innenraumluft wird der

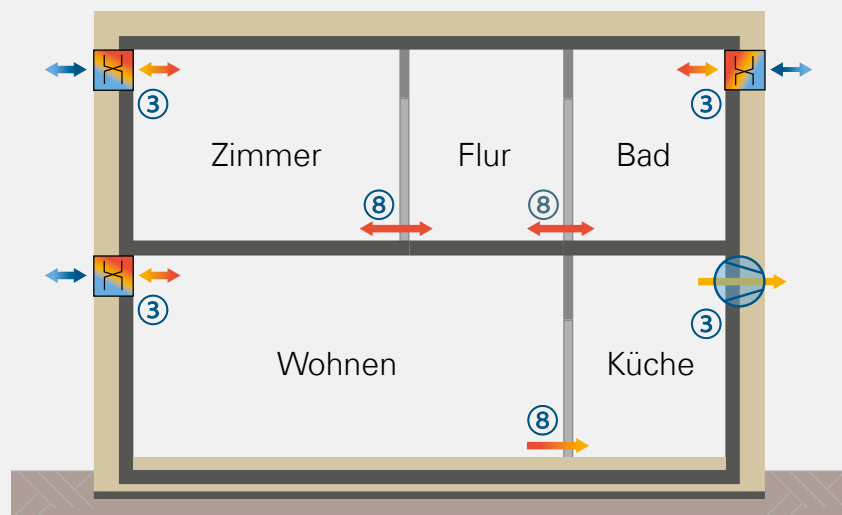
Dezentrale Lüftungsanlagen – Getrennt für Obergeschoss und Erdgeschoss

- ① Außenluftelement
- ③ Lüftungsgerät
- ⑧ Überströmelemente
- ⑨ Abluftelemente
- ⑩ Verteilsystem Abluft
- ⑪ Fortluftelement



Dezentrale Lüftungsanlagen – Push-Pull-Geräte

- ③ Lüftungsgerät
- ⑧ Überströmelemente





Wandgerät mit Gegenstromwärmetauscher (links); Kleineres Einzelraumgerät mit maximal 55 m³/h (rechts)

Wärmetauscher wieder „aufgeladen“ für die nächste Phase. Aufenthaltsräume benötigen je ein Gerät, größere Räume auch zwei. Jeweils zwei Geräte werden im Wechsel synchron zueinander geschaltet. Um die gleiche Raumluftqualität zu erreichen wie bei Anlagen mit gleichbleibender Luftführung muss 30 bis 70 Prozent mehr Luft bewegt werden. Im Abluftbereich können Push-Pull-Geräte nicht eingesetzt werden, da sonst die geruchsbelastete Luft in die Aufenthaltsräume gelangen würde. Deshalb wird dort in den meisten Fällen mit Abluftgeräten gearbeitet, die nur im Bedarfsfall eingeschaltet werden. Dadurch verschlechtert sich der Grad der Wärmerückgewinnung. Zusätzlich werden die Geräusche der Push-Pull-Geräte auf Grund der regelmäßigen Umschaltvorgänge häufig als störend empfunden.

Bau- und Betriebskosten

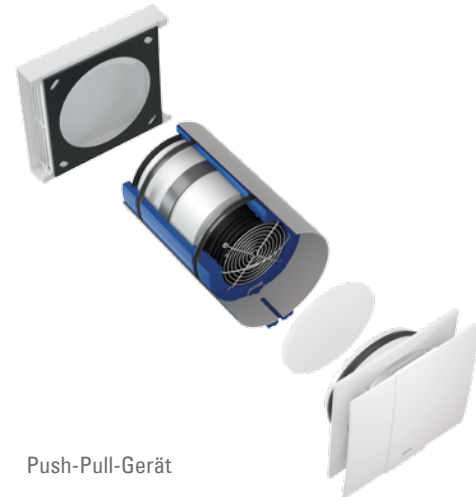
Die Investitionskosten für günstige Push-Pull-Lösungen können günstiger sein als für dezentrale Komfortlüftungsanlagen. Bei den jährlichen Kosten ist es umgekehrt. Push-Pull-Anlagen verursachen höhere Wärmeverluste und einen höheren Hilfsstrombedarf.

Lüftungswärmebedarf und Hilfsenergie

Der Energiebedarf von Push-Pull-Lösungen liegt bei gleichwertiger Raumluftqualität deutlich höher als bei dezentralen Komfortlüftungsanlagen. Etwas günstiger sieht die Situation aus, wenn für die Ablufträume eine Lösung mit Wärmerückgewinnung gefunden wird.

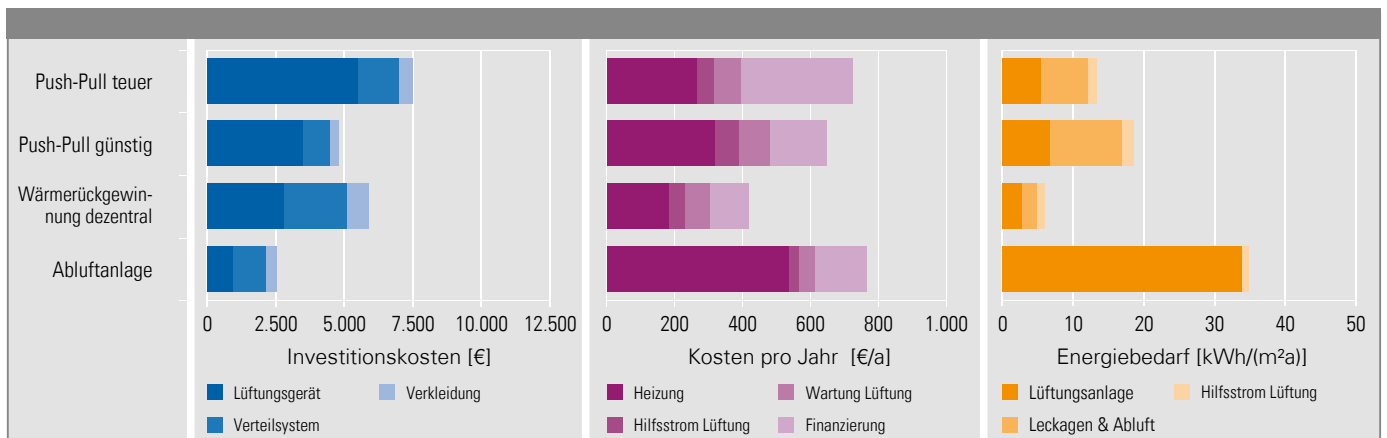
Vorteile und Nachteile

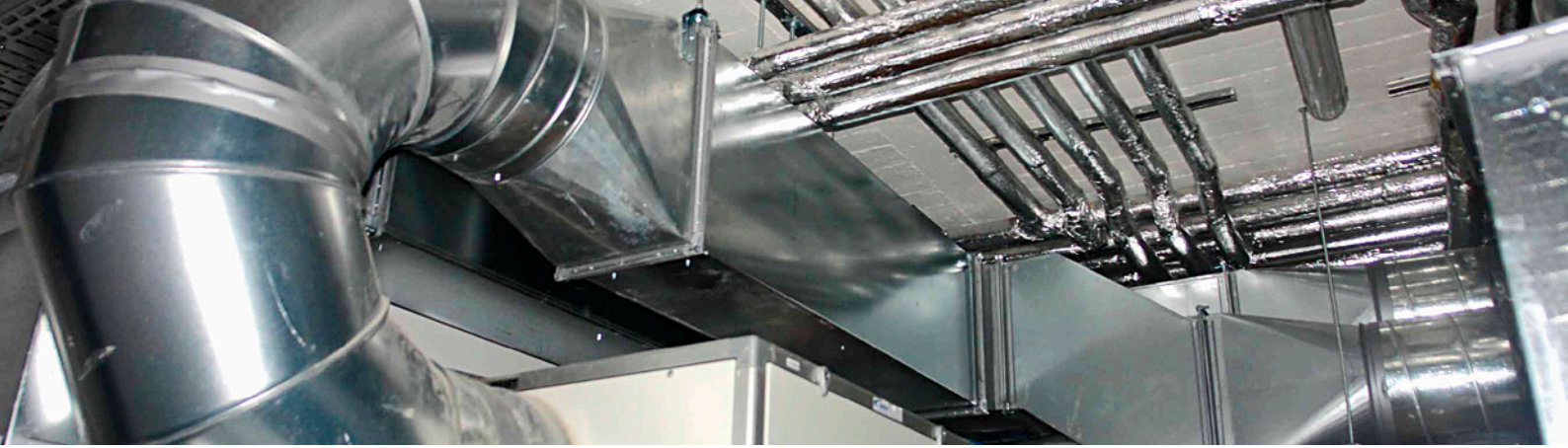
Dem großen Vorteil der einfachen und kostengünstigen Montage der Push-Pull-Geräte stehen die schon beschriebenen Nachteile im Betrieb gegenüber wie das erhöhte Luftvolumen und die Verluste im Abluftbereich. Zudem gibt es nur wenige Geräte, die hohe Schallschutzanforderungen im Raum erfüllen. Schließlich muss nicht nur ein Gerät gewartet werden, sondern zahlreiche Push-Pull-Geräte.



Push-Pull-Gerät

Vergleich der Varianten: Push-Pull, versus kostengünstiger dezentraler Lüftungsanlagen und Abluftanlagen; Investitionskosten, jährliche Kosten und Energiebedarf: bei Push-Pull-Lösungen lohnt ein kritischer Blick auf die Verbrauchswerte.





5 Systemlösungen für Mehrfamilienhäuser

In Mehrfamilienhäusern können grundsätzlich zentrale und dezentrale Lösungen eingesetzt werden, die im Folgenden näher erläutert werden.

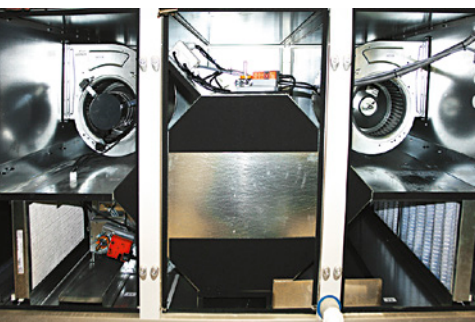
Zentrale Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern



Lüftungszentrale für 15 sanierte Wohnungen

Zentrale Lüftungssysteme eignen sich hervorragend für Mehrfamilienhäuser (MFH) mit Mietwohnungen. Die Nutzenden nehmen kaum etwas von der Anlage wahr – außer der angenehmen, frischen Innenraumluft.

Die Technik befindet sich meist in einer Zentrale, die im Keller, auf dem Dachboden oder in einem Nebenraum untergebracht werden kann. Die Ansaugung der frischen Außenluft [1] erfolgt auf möglichst kurzem Weg, da kalte Leitungen im Gebäude gedämmt werden müssen und trotzdem Wärmeverluste verursachen. Das Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung [3] sollte zudem so positioniert werden, dass es einfach zu warten ist. Ein möglichst kompaktes Verteilsystem [6], mit dem die Luft auf kurzem Weg in die Wohnungen gebracht wird, ist günstig. Der Brandschutz stellt dabei einen relevanten Kostenfaktor dar (S. 41). Für die Luftverteilung innerhalb der Wohnungen gibt es eine Vielzahl von Möglichkeiten. Bei semizentralen Lüftungsanlagen befindet sich eine kleine Ventilatoreinheit in jeder Wohnung statt im Gerät in der Lüftungszentrale. Die Zuluftleitungen [6a] können in der Betondecke, unter dem Estrich oder in abgehängten Deckenbereichen verlegt werden. Zuluftelemente [7] leiten die Luft in die Aufenthaltsräume wie Wohnzimmer, Schlaf- und Kinderzimmer. Flure bilden den Überströmbereich zu den Ablufträumen wie Küche, Bad und WC. Die Abluftelemente [9] sollten dort möglichst nah unter der Decke positioniert sein. Die Abluft wird dann über den Verteilstrang [10] zurück zum zentralen Lüftungsgerät geführt, wo sie ihre Wärme mittels Wärmetauscher auf die einströmende frische Außenluft überträgt.



Blick in ein Lüftungsgerät: mittig der Wärmetauscher, links und rechts oben die Ventilatoren

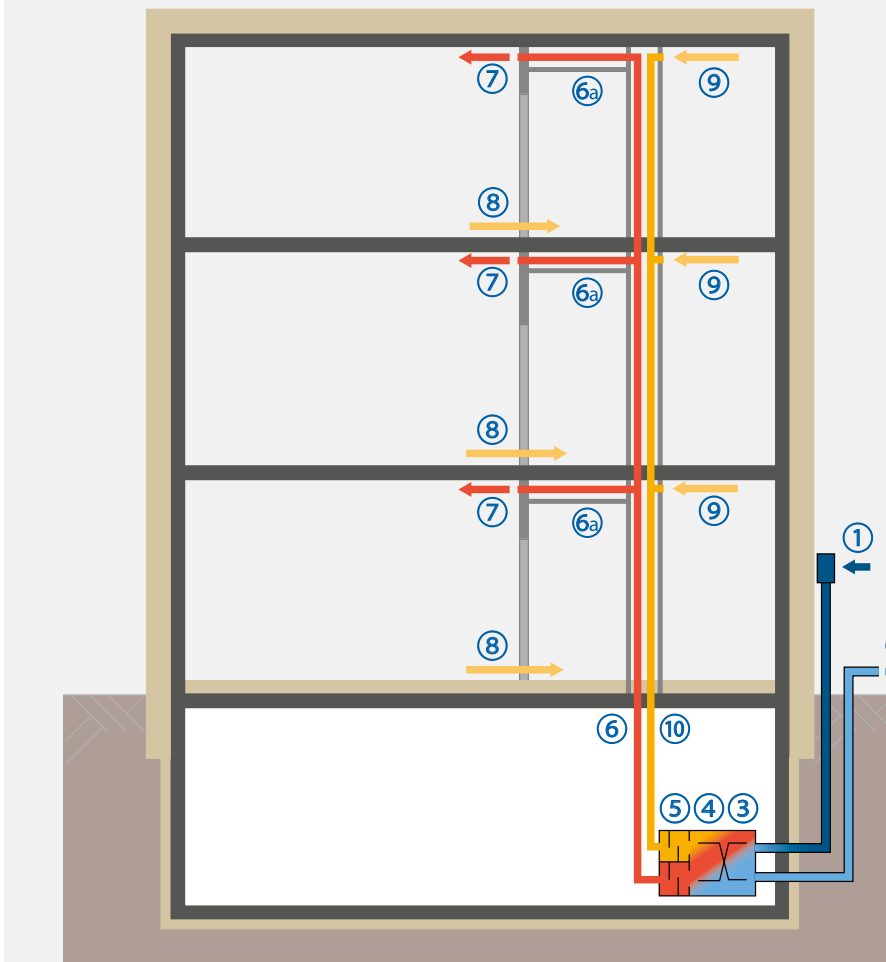
Die Festlegungen zur Regelung sind entscheidend für die Effizienz der Anlagen. Wird in den Wohnungen die Nennlüftung nach DIN 1946-6 (S. 38) eingestellt, kommt es bei niedriger Personenbelegung zu trockener Luft in den Wintermonaten. Besser ist es, nur eine Grundlüftung einzustellen, die gegebenenfalls durch die nutzenden Personen manuell erhöht werden kann. Außerdem hat es sich in der Praxis bewährt, wenn die Bewohner bei erhöhtem Lüftungsbedarf kurz die Fenster öffnen.

Bau- und Betriebskosten

Zielgerichtete Grundrissplanung stellt die Voraussetzung für kostengünstige Lösungen dar. Es ist vorteilhaft, wenn Ablufträume angrenzen, die Steigstränge zusammengefasst und kurze Wege zu den Zuluftträumen realisiert werden können. Wenn zudem über eine Kaskadenlösung (S. 20) zum Beispiel der Wohnbereich als Überströmbereich versorgt wird, sind weitere Einsparungen bei Investition und Betrieb möglich. Lüftungszentrale

Zentrale Lüftungsanlagen in MFH

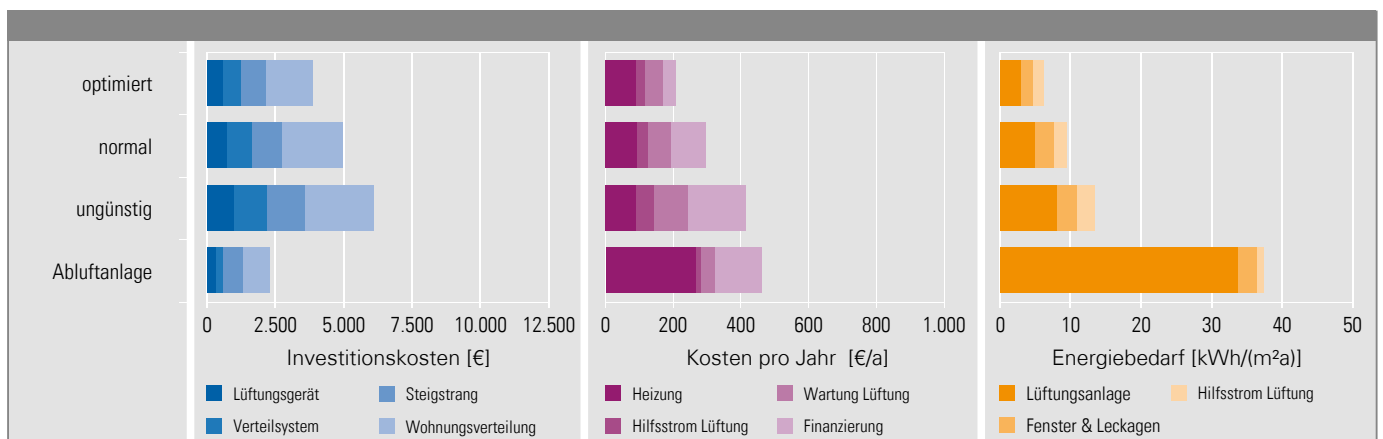
- ① Außenluftelement
- ③ Lüftungsgerät
- ④ Filter
- ⑤ Schalldämpfer
- ⑥ Verteilsystem Zuluft
- ⑥a Übergabe und Verteilung
- ⑦ Zuluftelemente
- ⑧ Überströmelemente
- ⑨ Abluftelemente
- ⑩ Verteilsystem Abluft
- ⑪ Fortluftelement



und Steigleitungen sollten möglichst platzsparend geplant und vor allem für den Brandschutz kostengünstige Lösungen gefunden werden.

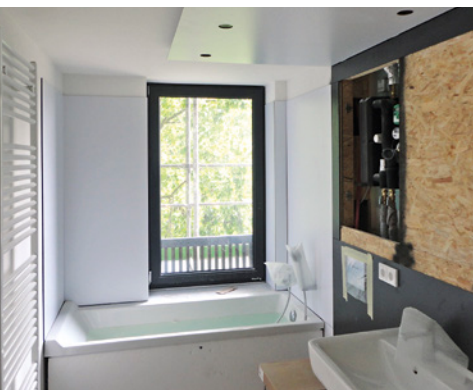
Die Investitionskosten zum Beispiel für eine 70 m² Wohnung liegen oftmals über 6.000 €, günstige Ausführungen kosten unter 4.000 €. Hinsichtlich der Finanzierung kann durch WRG-Anlagen oftmals eine bessere KfW-Förderstufe erzielt werden. Ist es zudem möglich bei der Heizanlage Kosten einzusparen, kann die jährliche finanzielle Belastung pro Wohnung für Heizen, Hilfsstrom, Wartung und Finanzierung bei einer günstigen Anlage mit Wärmerückgewinnung über 200 € günstiger liegen als bei gleichen Wohnungen mit Abluftanlagen.

Vergleich einer optimierten, normalen und ungünstigen Komfortlüftung für eine Wohnung im MFH nach Investitionskosten, jährlichen Kosten und Energiebedarf: trotz der erhöhten Investitionskosten sind die jährlichen Kosten für die Anlagen mit Wärmerückgewinnung günstiger als für die Abluftanlage.





Einfache Regelung für die Nutzer



Lichtelement unter der Decke als Verkleidung des Lüftungsgeräts



Wandintegriertes Lüftungsgerät

Lüftungswärmebedarf und Hilfsenergie

Der Endenergiebedarf für Lüftungswärmeverluste und Hilfsstrom beträgt bei Abluftanlagen 30 bis 40 kWh/(m² a). Bei Anlagen mit Wärmerückgewinnung liegen die Vergleichswerte bei 6 bis 12 kWh/(m² a). Dabei handelt es sich um die Lüftungswärmeverluste beim Betrieb des Lüftungsgeräts und die Verluste über Leckagen sowie der Hilfsstrom für den Betrieb des Lüftungsgerätes. Diese beträgt im optimalen Fall weniger als 1,5 kWh/(m² a) für die Heizperiode. Bei schlechten Planungen und schlecht eingestellten Anlagen steigt dieser Wert auf 2 bis 3 kWh/(m² a). Wird das Gerät im Sommer aus Komfortgründen betrieben, erhöht sich der Verbrauch um weitere 1,5 bis 2,5 kWh/(m² a).

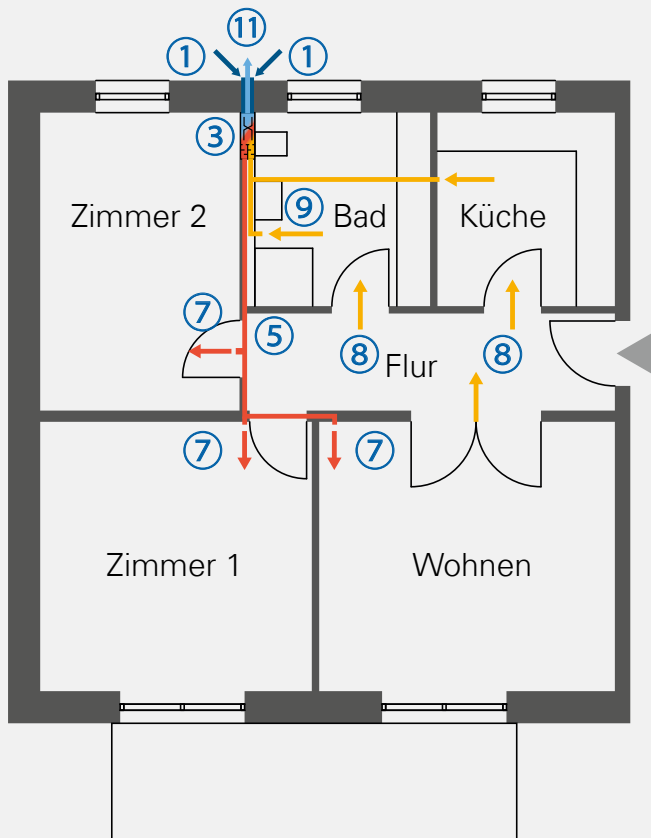
Vorteile und Nachteile

Der große Vorteil zentraler Lüftungssysteme liegt in der Wartung. Bei richtiger Planung ist sie auf die Lüftungszentrale beschränkt und mithin sehr kostengünstig ausführbar. Minimierte Technik in den Wohnungen ist für die meisten Personen sehr angenehm. Ein Nachteil liegt im Raumbedarf für die Lüftungszentrale, die mindestens 1 m² Fläche pro Wohnung erfordert, bei ungünstiger Planung auch deutlich mehr. Nicht zu vernachlässigen sind zudem die Lüftungsschächte. Wenn keine kostengünstige Lösung für den Brandschutz im Mehrfamilienhaus gefunden wird, können erhöhte Kosten auftreten.

Dezentrale Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern

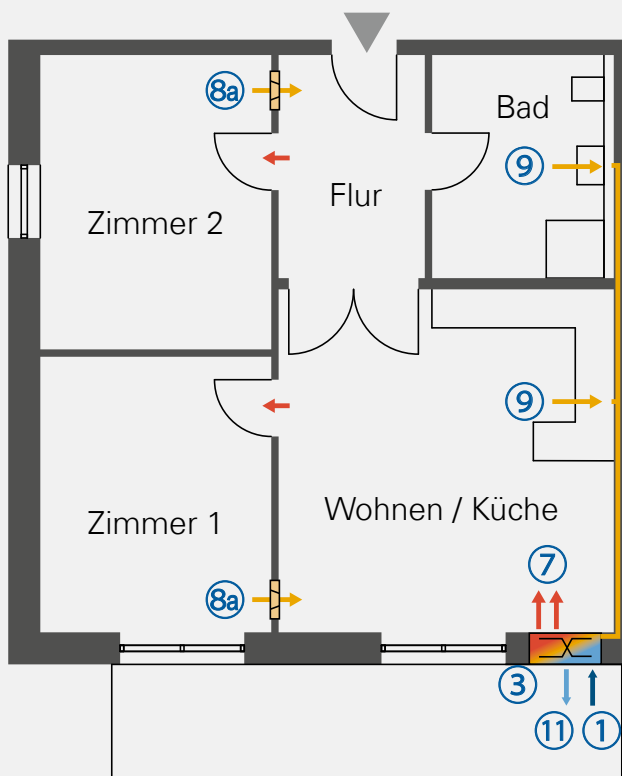
Zwei- bis Dreizimmerwohnungen machen den Großteil in Bestands- und Neubauten aus. Für sie reichen kompakte Lüftungsanlagen. Dezentrale Systeme können sehr einfach und platzsparend konzipiert werden. Die Lüftungsgeräte [3] beinhalten als bewegliche Teile zwei kleine Ventilatoren, die für die Grundlüftung der Wohnung etwa jeweils 10 Watt benötigen. Das entspricht der Leistung von zwei kleinen Energiesparleuchten. Das Gerät lässt sich zum Beispiel über dem WC, unter der Baddecke, über der Küchenzeile oder in der Außenwand ohne Wohnflächenverlust montieren. Die frische Außenluft wird über ein Außenwandelement [1] angesaugt, das idealerweise direkt mit dem Gerät verbunden ist oder nur eine kurze, gedämmte Anbindung benötigt. Oftmals ist das Fortluftelement [11] in diesen Außenluftdurchlass integriert. Die Zuluftleitungen vom Gerät in die Aufenthaltsräume inklusive Schalldämpfung [5] sollten so kurz wie möglich sein. Die Variante 1 zeigt drei sehr kurze Anbindungen zu den Zuluftströmen. Alternativ kann die gesamte Zuluft zunächst in die beiden Schlafzimmer (Zimmer 1 und 2) geführt und das Wohnzimmer mittels Überströmelement erschlossen werden.

In Variante 2 wird das Leitungssystem nochmals verringert. Die Zuluft [7] wird vollständig in den Wohnbereich geführt. Nur wenn die beiden anderen Zimmer genutzt werden, schaltet der CO₂-Sensor die Überströmventilatoren [8a] ein, welche die benötigte Luft in den jeweiligen Raum strömen lassen. Die Abluftseite [9] ist ebenfalls sehr einfach und kostengünstig ausführbar. Voraussetzung dafür ist die direkte Zuordnung der Abluftströme zueinander. In dem Fall reichen wenige Meter Abluftleitung und eine geringe Aufwendung zur Verkleidung der Leitungen.



Dezentrale Lüftungsanlagen in MFH – Variante 1

- ① Außenluftelement
- ③ Lüftungsgerät
- ⑤ Schalldämpfer
- ⑦ Zuluftelemente
- ⑧ Überströmelemente
- ⑨ Abluftelemente
- ⑪ Fortluftelement



Dezentrale Lüftungsanlagen in MFH – Variante 2 Minimiertes Leitungssystem

- ① Außenluftelement
- ③ Lüftungsgerät
- ⑦ Zuluftelemente
- ⑧a Aktives Überströmelement
- ⑨ Abluftelemente
- ⑪ Fortluftelement



Lüftungsgerät über dem WC und Verteilung unter der Baddecke – kein Platzverlust



Gerät und Verteilung unter der Decke

Bau- und Betriebskosten

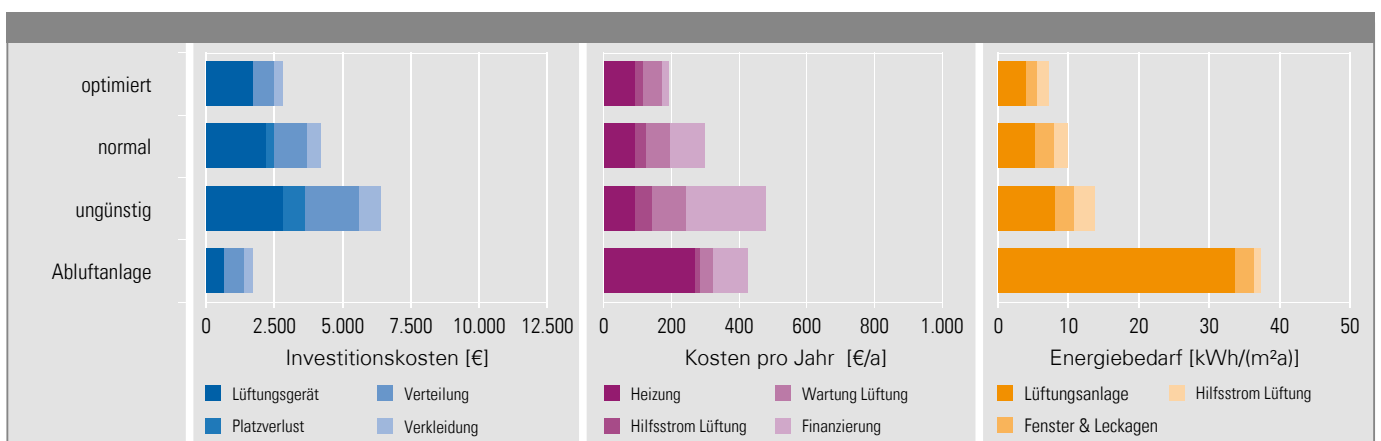
Dezentrale Komfortlüftungsanlagen kosten vielfach 6.000 € und mehr. Erste Hersteller bieten kostengünstige Anlagen, wie sie in den Varianten 1 und 2 beschrieben werden, inklusive Montage für 2.500 bis 3.000 € an. Wenn durch die Wärmerückgewinnung eine höhere Förderung erreicht wird, ist die Anlage bereits in der Anschaffung günstiger als eine Abluftanlage. Das gilt insbesondere, wenn bei der Heizung aufgrund der geringeren erforderlichen Leistung Kosten eingespart werden. Die jährliche Belastung durch Heizen, Hilfsstrom, Wartung und Finanzierung ist bei günstigen Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ab dem ersten Tag geringer als bei Abluftanlagen.

Lüftungswärmebedarf und Hilfsenergie

Die energetische Betrachtung ist ähnlich wie bei den zentralen Anlagen. Während der Endenergiebedarf für Lüftungswärmeverluste und Hilfsenergie bei Abluftanlagen meist zwischen 30 und 40 kWh/(m² a) liegt, weisen Anlagen mit Wärmerückgewinnung Vergleichswerte von 6 bis 13 kWh/(m² a) zuzüglich Hilfsstrom von 1,5 bis 3 kWh/(m² a) auf.

Vorteile und Nachteile

Dezentrale Anlagen haben vor allem den Vorteil, dass sie bei optimierter Planung nahezu ohne Wohn- und Nutzflächenverlust integrierbar sind. Die Geräte samt Verteilung können sehr einfach installiert werden. Zudem ist eine individuelle Regelung nach den Bedürfnissen der nutzenden Personen möglich. Der größte Nachteil liegt in der Wartung, weil die Filterwechsel in der Wohnung erfolgen müssen. Bei guten Systemen ist das mit zwei einfachen Handgriffen möglich. Ein weiterer Nachteil liegt in der Ansaugung über die Gebäudehülle. Die Außen- und Fortlufterelemente müssen gestalterisch hochwertig integriert oder in nicht einsehbaren Bereichen wie Balkons oder ähnlichem untergebracht werden.



Sehr kostengünstige dezentrale Komfortlüftungsanlagen erreichen Investitionskosten deutlich unterhalb von 3.000 € inklusive der Montage. Sie liegen hinsichtlich der jährlichen Kosten sehr günstig, wenn die Wartung effizient und wirtschaftlich ist.

6 Komponenten von Komfortlüftungsanlagen

Im Folgenden werden die wesentlichen Komponenten von Lüftungssystemen ausführlich beschrieben. Für das Anlagenkonzept ist zu beachten, dass sich die Kosten etwa zur Hälfte zwischen Zentralgerät und Verteilsystem aufteilen. Der Planer hat also einen großen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit.

1) Außenluftelement

Für die Positionierung der Außenluftelemente kommen mehrere Varianten infrage:

Wand: Klassisch ist die Ansaugung der frischen Außenluft über Durchlässe in der Außenwand. Das Lüftungsgerät sollte möglichst nah zu diesem positioniert sein. Besonders kostengünstige Lösungen integrieren das Gerät in der Wand. Die Fortluft kann durch die gleiche Wandöffnung geführt werden, wenn keine Durchmischung der Luftströme erfolgt. Die feuchte Luft muss so ausströmen, dass sich kein Kondenswasser an der Fassade bilden kann.

Dach: Grundsätzlich gelten für die Positionierung von Anlagen in der Dachhaut die gleichen Kriterien wie für die Wand. Vorrangig bietet sich diese Lösung an, wenn die zentralen Geräte im Dachbereich stehen.

Freifläche: Ansaugenelemente können am Gebäude oder frei stehend positioniert werden. Die Luft wird über eine Erdleitung zum Gebäude geführt. Ein Erdreichwärmetauscher kann integriert werden.

2) Frostschutz und Erdreichwärmetauscher

Im Wärmetauscher des Lüftungsgerätes kondensiert der Wasserdampf in der Fortluft und gefriert, wenn die Außenluft unter circa -4 °C fällt. Es muss also eine Frostschutz-Strategie gefunden werden, um das Einfrieren des Wärmetauschers zu verhindern. Eine günstige Möglichkeit kann über die Regelung realisiert werden. Das Luftvolumen der Außenluft wird so weit abgesenkt, dass die Fortluft nicht in den Gefrierbereich kommt. Alternativ kann die Außenluft geringfügig durch ein (Elektro)-Heizregister vorgewärmt werden. Bei großen Anlagen ist dies auch über das Heizsystem möglich. Eine weitere Möglichkeit ist das Vorschalten eines Erdreichwärmetauschers. Die Luft wird durch ein Rohrsystem im Erdreich geführt und wärmt sich dadurch auf. Zusätzlich zum Frostschutz wird etwas Energie eingespart. Im Sommer hingegen besteht ein leichter Kühleffekt. Dem steht der mögliche Wartungsaufwand gegenüber, um den Erdreichwärmetauscher hygienisch einwandfrei zu halten. Alternativ kann eine Soleleitung ins Erdreich verlegt und die gewonnene Erdwärme über einen vorgeschalteten Wärmetauscher auf die Zuluft übertragen werden.

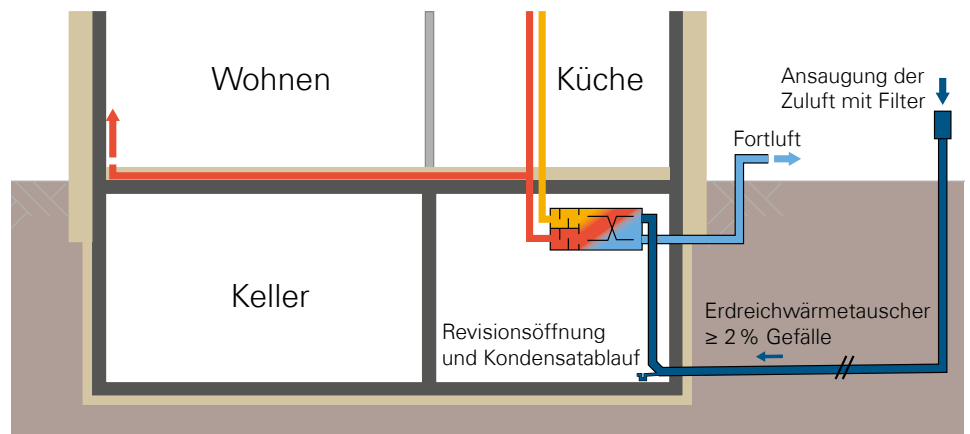


Außenluftelement



Außenluftelement als Gestaltungselement

Schema eines Erdreichwärmetauschers



3) Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung

Den Kern der Anlagen stellen die Lüftungsgeräte dar. Die Außenluft wird mittels Ventilator angesaugt und durch den Wärmetauscher geleitet. Parallel dazu befindet sich der Fortluftventilator auf der Abluftseite. Die zentrale Funktion der Wärmerückgewinnung übernimmt der Wärmetauscher aus Metall oder Kunststoff. Je höher die Übertragungsfläche, desto besser ist der Wirkungsgrad. Weitere Funktionen wie Schallschutz, Kondensatableitung und Regelung sind im Gerät integriert. Hochwertige Lösungen sollten folgende Kriterien des Passivhaus Institutes erfüllen:

- Der Wärmebereitstellungsgrad beträgt mindestens 75 Prozent, besser 85 bis 93 Prozent.
- Die Zulufttemperatur liegt immer höher als 16,5 °C, auch bei -10 °C Außentemperatur.
- Der Strombedarf pro gefördertem Kubikmeter Luft beträgt maximal 0,45 Wh/m³ (gute Geräte schaffen deutlich unter 0,3 Wh/m³, also weniger als 1 kWh pro Tag in einem Einfamilienhaus).
- Das Gerät muss einfach zu inspizieren und zu reinigen sein.

Die Norm zum Schallschutz im Hochbau (DIN 4109-1) fordert die Begrenzung des Schalldruckpegels der Lüftungsanlage auf höchstens 30 dB(A) in Wohnräumen und 33 dB(A) in Küchen. Künftig soll ein Maximalwert von 27 dB(A) für erhöhten Schallschutz ergänzt werden. Zentrale Lüftungsanlagen können so geplant und ausgeführt werden, dass sie im Wohnraum unter optimalen Bedingungen praktisch nicht hörbar sind. Das Passivhausinstitut empfiehlt für von ihm zertifizierte Passivhäuser als Zielwert für die Planung einen Schalldruckpegel ≤ 25 dB(A) in Wohnräumen und unter 30 dB(A) in Ablufträumen.

Enthalpiewärmetauscher

übergeben einen großen Teil der Feuchtigkeit von der Abluftseite auf die Zuluftseite. Die Feuchtigkeit wandert mittels Osmose durch die Membran des Plattenwärmetauschers. Die Technik bietet sich an, wenn durch den Betrieb der Lüftungsanlage die Raumluftfeuchte zu sehr absinken könnte, z. B. bei größeren Wohneinheiten mit wenig Personenbelegung. Ein weiterer Vorteil ist der verbesserte Einfrierschutz. Ein Nachteil der etwas geringere Wärmebereitstellungsgrad.

Rotationswärmetauscher

ermöglichen Feuchterückgewinnung über Kondensation, haben allerdings den Nachteil, dass in geringem Umfang Abluft in die Zuluft gelangt.



Blick in ein Lüftungsgerät



Enthalpiewärmetauscher

4) Filter

Mit Filtern können Staub und Pollen, die in der Außenluft enthalten sind, reduziert werden. Dazu werden Filtermatten genutzt, die flächig, gefaltet oder in Taschenform in die Lüftungsleitung eingebracht werden. Abluftfilter können als grobe Filter mit der Klasse ePM10 \geq 50 % (früher M5) ausgeführt werden. Filter in der Frischluftzuführung müssen mindestens die Klasse ePM1 \geq 50 % (früher F7) einhalten. Bei zentralen Anlagen sollte dieser Filter direkt in der Aussenluftansaugung platziert sein. Zur zuverlässigen Filterung von Feinstaub und Pollen ist ein zusätzlicher Filter vor dem Lüftungsgerät der Klasse ePM1 \geq 80 % (früher F9) anzubringen. Je feiner die Filter, desto höher der Strömungswiderstand und somit die Ventilatorleistung und der Stromverbrauch. Wichtig ist, dass der Filter mit wenigen Handgriffen leicht von Laien gewechselt werden kann. Bei der Auswahl des Lüftungsgerätes sollte darüber hinaus darauf geachtet werden, dass Ersatzfilter kostengünstig sind.



Filter in einem Lüftungsgerät

5) Schalldämpfer

Schalldämpfer sind im Lüftungsgerät und im Verteilsystem integriert. Sie müssen einerseits die Ventilatorgeräusche, andererseits auch den Telefoneschall zwischen den Räumen dämpfen. Dabei handelt es sich um die Schallübertragung von Raum zu Raum durch das Leitungssystem. Die Dämpfung muss besser sein als die direkten Schallübertragungen zwischen den Räumen. Zu dem Zweck können klassische Rohr- und Telefoneschalldämpfer in das Leitungssystem integriert werden. Alternativ oder ergänzend können (mit Schaumstoff ausgekleidete) Verteilboxen als Schalldämpfer fungieren. Schließlich haben die Ausführung und das Material des Leitungssystems Auswirkungen auf den Schallschutz.



Wickelfalzrohr mit integrierten Schalldämpfern

6) Verteilsystem Zuluft

Das System für die Verteilung der Luft beeinflusst die Kosten einer Lüftungsanlage enorm. Grundsätzlich gilt es, ein möglichst einfaches Rohrsystem mit optimiert kurzen Leitungslängen zu planen. Bei den Anlagenvarianten (Kapitel 4 und 5) werden bereits zahlreiche Optionen dargestellt. Die Verteilung kann sternförmig erfolgen oder die Räume werden der Reihe nach von einer Leitung aus erschlossen. Wird bei der sternförmigen Verteilung eine schallgedämmte Verteilbox verwendet, erhält man einen besseren Schallschutz zwischen den Räumen und zudem über eine Öffnung gute Wartungsmöglichkeiten. Außerdem gibt es keine Abzweigungen und Zwischenanschlüsse. Das spart Montagezeit und ermöglicht im Nachhinein eine präzise Rohrreinigung von der Verteilbox aus. Ein Nachteil liegt in der deutlich größeren Leitungslänge.

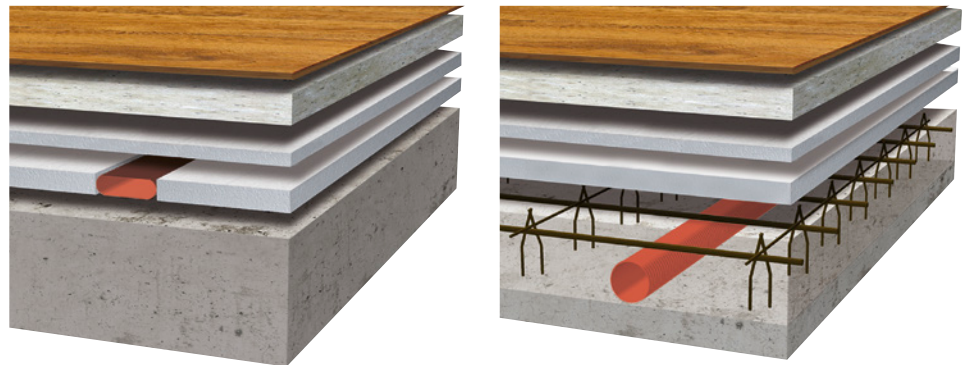


Sternförmige Erschließung über schallgedämmte Verteilboxen

Für die Verteilung gibt es folgende Möglichkeiten:

- Unter der Decke: Ausführung mit Wickelfalz- oder Kunststoffrohren. Die Rohre werden in den meisten Fällen anschließend verkleidet.
- Im Estrichaufbau: Kunststoffrohre oder Blechkanäle werden auf der Rohdecke verlegt. Wichtig ist trittfestes Material. Die Verlegung sollte vor allen anderen Gewerken erfolgen. Der Schallschutz des Estrichaufbaus sowie der Schutz der Leitungen während der Bauzeit muss dabei beachtet werden. Der ovale oder rechteckige Querschnitt ist oftmals nicht besonders wartungsfreundlich.
- In Stahlbetondecken: Kunststoffrohre können sehr kostengünstig auf der unteren Bewehrungslage verlegt werden und ermöglichen Decken- oder Bodenauslässe. Ein Nachteil ergibt sich im Bauablauf, weil die Verlegung bereits während des Rohbaus erfolgt. Außerdem ist die Lage der Rohre bei der Statik zu beachten. Von Vorteil ist, dass hier runde Leitungen eingesetzt werden können, die bei Bedarf leicht zu reinigen sind.

Verteilssystem im Estrich (links)
Verteilssystem in der Stahlbetondecke (rechts)



- In der Außendämmung und über Dachböden: bei Sanierungen kann es eine Option darstellen, Lüftungsleitungen von außen zu montieren und damit die Eingriffe in der Wohnung zu minimieren. Wichtig sind eine absolut luftdichte Ausführung und eine großzügige Überdämmung.

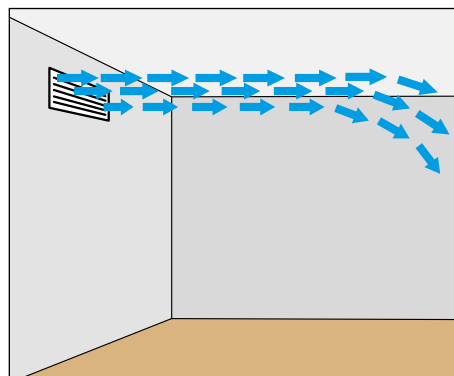
Die Art der Montagesysteme wirkt sich unmittelbar auf Kosten aus. Zwei Personen können Anlagen für eine Wohnung an einem halben Tag, für ein Einfamilienhaus an einem Tag installieren. Vorausgesetzt die Montage kann reibungslos verlaufen. Vor allem sollten Anschlüsse, zum Beispiel an die Geräte, mit einem Griff erledigt sein. Das erhöht zugleich die Reparaturfreundlichkeit. Bereits bei der Planung ist zu berücksichtigen, dass alle Aussparungen für die Leitungsführung in Wänden und Decken vorgesehen werden. Im Idealfall werden Passstücke eingefügt, wodurch sich auch das spätere Verfüllen der Durchbrüche erübrigt.

7) Zuluftelement

Um die Luft aus dem Verteilssystem gezielt in die Räume zu leiten, werden Zuluftelemente benötigt. Sie werden auch als Ventil oder – technisch korrekt – als Durchlass bezeichnet. Die Aufgabe von Zuluftdurchlässen besteht darin, für eine gleichmäßige Verteilung der frischen Luft im Raum zu sorgen. Das ist beispielsweise mit Weitwurfelementen möglich. Werden sie über der Zimmertür montiert, streicht die Luft entlang der Decke und verteilt sich dann im Raum. Eine Quelllüftung auf der entgegengesetzten Seite des Raumes kann die Luftverteilung quer durch den Raum in Richtung Überströmbereich verbessern. Dazu ist ein Durchlass in der Decke, im Sockelbereich oder im Boden möglich. Besonders bei Bodenventilen muss eine einfache Reinigung möglich sein, da diese leicht verschmutzen und nicht mehr hygienisch sind. Auf keinen Fall darf Flüssigkeit in den Bodenauslass fließen.

Coanda-Effekt bei Weitwurfelementen:
die Luft streicht entlang der Decke weit
in den Raum hinein (links).

Zuluftelement im Boden (rechts)



8) Überströmelement

Von den Zulufräumen muss die Luft mittels Überströmdurchlässen zu den Ablufträumen geführt werden. Der einfachste Weg ist ein Spalt unter der Tür, der bei einem Überströmvolumen von 30 bis 60 m³/h eine freie Höhe von 1 bis 1,5 cm Höhe aufweist. Alternativ kann ein Überströmelement in das Türblatt eingebaut oder ein Spalt im Sturzbereich eingefügt werden. Erhöhte Schallschutzanforderungen werden mittels Überströmdurchlass mit integriertem Schalldämpfer gelöst. Aktive Durchlässe ermöglichen eine gezielte Luftführung, die die Nutzungsanforderungen berücksichtigt. Ungenutzte Räume erhalten nur sehr geringe Luftmengen. Erst wenn der CO₂-Gehalt oder die Feuchte in dem Raum ansteigt, wird das Luftvolumen durch einen integrierten Ventilator bewegt.

9) Abluftelement

Die verbrauchte Luft wird aus Ablufträumen wie Küchen, Bädern, WCs und Nebenräumen abgesaugt. Es ist sinnvoll, die Abluftelemente in den am meisten belasteten Bereichen möglichst in Deckennähe zu montieren. Filter in den Elementen sorgen dafür, dass die Leitungen und der Wärmetauscher des Lüftungsgerätes nicht durch Hausstaub verschmutzen. Die Filter müssen regelmäßig gereinigt werden.

10) Verteilsystem Abluft

Die Techniken für die Abluftseite sind beim Verteilsystem der Zuluft auf S. 31 beschrieben.

11) Fortluftelement

Die verbrauchte Luft wird über einen Fortluftdurchlass nach außen geleitet. Dabei muss sichergestellt sein, dass keine Durchmischung mit der angesaugten Frischluft erfolgt. Außerdem sollte der Schallschutz bedacht werden. Da die Fortluft eine erhöhte Luftfeuchtigkeit aufweist, sollte sie nicht an Bauteilen entlangstreichen. Der auf diese Weise entstehende Kondensationsniederschlag bietet Mikroorganismen optimale Entwicklungsbedingungen.

Öfen

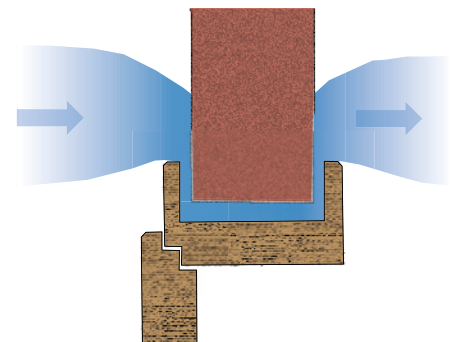
können zusammen mit Lüftungsanlagen betrieben werden, wenn die Verbrennungsluft raumluftunabhängig angesaugt wird. Zudem muss sichergestellt sein, dass keine Abgase aus dem Ofen in die Raumluft gelangen. Die meisten Lüftungs- und Ofenhersteller können dies über die Regelung lösen.

Dunstabzugshauben

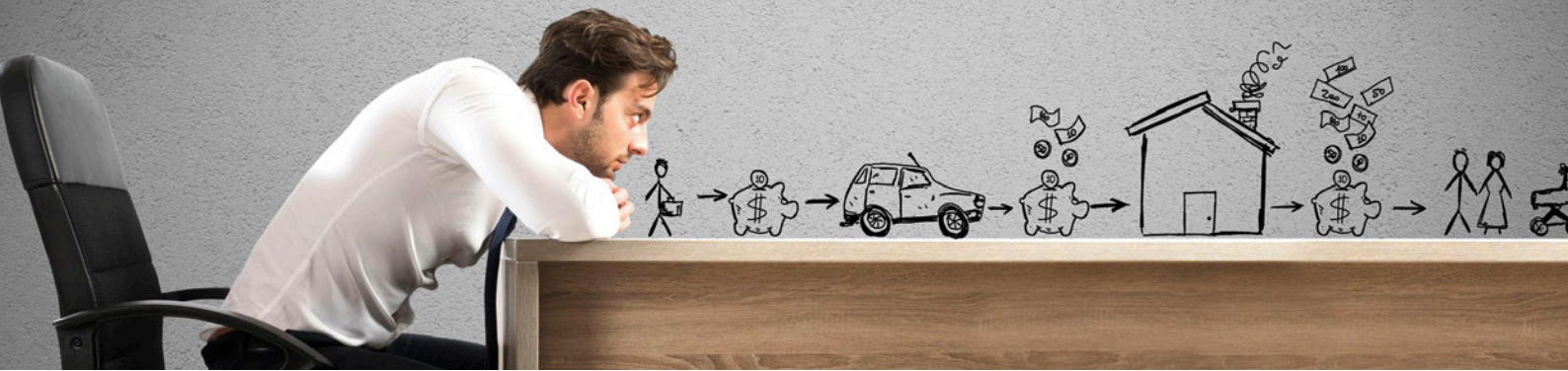
sind im Allgemeinen nicht kompatibel mit Lüftungssystemen. Das Abluftvolumen von Küchen beträgt 40 bis 60 m³/h. Dunstabzugshauben fördern die zehnfache Luftmenge oder mehr. Eine geeignete Lösung sind Umlufthauben.



Neben der Zimmertür ist die unscheinbare Abdeckung eines aktiven Überströmelementes zu sehen. Darunter verbirgt sich ein kleiner Ventilator, der die Luft in den Nachbarraum bläst.



Überströmung durch eine Türzarge. Zwischen Mauerwerk und Türrahmen wird ein Spalt frei gelassen, durch den die Luft strömt. Unten ist das Türblatt zu erkennen.



7 Checkliste Planung und Bauausführung

Lüftungsanlagen erfordern vom Planer umfangreiches Fachwissen zur Bauphysik und Gebäudetechnik. Darüber hinaus ist interdisziplinäres Denken erforderlich, bei dem gesundheitliche Aspekte, der Wohlfühlfaktor und nicht zuletzt die individuellen Wünsche des Bauherrn zu berücksichtigen sind. Die folgenden Punkte sollen helfen, eine möglichst umfassende und gute Planung durchzuführen. Zu beachten ist dabei, dass die Technik auf keinen Fall die Bewohner bevormundet. Die Anlage soll vielmehr für die späteren Nutzer einen möglichst hohen Komfort sicherstellen. Individuelle Eingriffsmöglichkeiten müssen möglich sein, wie beispielsweise das Öffnen der Fenster.

Planung

Welche Informationen benötigt das Planungsbüro?

- Persönliche Vorstellungen und Wünsche der Bauherrschaft zum Lüften
- Bedarfsanalyse: Fläche und Anzahl der nutzenden Personen
- Gewünschte Komfortfaktoren und Anforderungen an die Lüftung (durch den Architekten gemeinsam mit dem Bauherrn aufgestellt)

Wie kann die interessierte Bauherrschaft erkennen, ob das Planungsbüro Erfahrung hat?

- Positive Grundeinstellung zur Lüftungstechnik und Detailwissen über Vor- und Nachteile unterschiedlicher Systeme
- Das Einsparpotenzial der Lüftungsvarianten kann berechnet werden
- Referenzen über erfolgreich ausgeführte Projekte nennen

Planung (S. 38)

- Integrierte Grundrissplanung und Lüftungsplanung bereits in der Vorentwurfsphase
- Festlegung von Zuluft-, Überström- und Ablufträumen
- Optionen für Kaskadenlüftung – Aufenthaltsräume durch Überströmung belüftbar?
- Positionierung des Lüftungsgeräts mit minimiertem Platzverlust, Vermeidung kalter Leitungen im Haus
- Außen- und Fortluftelemente mit hochwertiger architektonischer Integration
- Kurzes und wirtschaftliches Verteilsystem mit geringen Druckverlusten
- Rohre möglichst rund und mit glatter innerer Oberfläche als Schutz vor Staubablagerung und zur einfachen Säuberung
- Rohrdurchmesser mit großem Querschnitt mit dem Vorteil geringer Druckverluste; Strömungsgeräusche, Stromverbrauch und damit dauerhaft niedrige Kosten
- Optimierung der Lage von Zu- und Abluftventilen hinsichtlich Funktion und Komfort, Vermeidung übermäßiger Druckverluste durch Gitter (besondere Achtsamkeit bei Designgittern)
- Ideal: Erfüllen von Passivhauskriterien → www.passiv.de; www.passipedia.de
- Ausschreibung mit präzisen Angaben zur gewünschten Systemlösung
- Vergabe an eine ausführende Firma mit Erfahrung und Referenzen

Bauausführung, Qualitätssicherung und Abnahme

- Ausführung entsprechend der Planung und der ausgeschriebenen Materialien
- Außen- und Fortluftleitung ausreichend gedämmt und diffusionsdicht isoliert
- Außenluft-/Fortluftelement: Außenluftansaugung möglichst in 3 m Höhe; geschützt vor Eingriffen, Regen und Flugschnee; kein Kurzschluss von Außen- und Fortluft; Fortluftströmung frei (nicht in Richtung von Bauteilen)
- Zentralgerät: gut zugänglich für Wartung und Filterwechsel, Aufstellort schallentkoppelt, Schallentkopplung zwischen Geräte- und Verteilnetz, Kondensatablauf korrekt, Wärmetauscher überprüfen, Filter festsitzend ohne vorbeiströmenden Leakagestrom
- Verteilsystem: Prüfung auf Sauberkeit und Luftdichtheit sowie die fachlich richtige Verarbeitung der Kanäle; diffusionsdichte und hochwertige Dämmung kalter Kanäle im warmen Bereich, Revisionsöffnungen an den Verteilungen
- Zuluftelemente: Weitwurfventile circa 15 cm unter der Decke (zum Beispiel über Türen), alternativ als Boden- oder Tellerventile (zur Vermeidung von Kurzschlussströmen auf der gegenüberliegenden Seite des Überströmelements), Austrittstemperatur an den Zuluftelementen über 16,5 °C, Ausblasrichtung nicht direkt in Richtung von Aufenthaltsbereichen, Volumenströme prüfen
- Überströmdurchlässe: Strömungsgeschwindigkeit unter 1 m/s, damit kein Druckabfall entsteht, bei Türschlitzern sicherstellen, dass später kein Fußbodenaufbau den Querschnitt verringert
- Abluftelemente: möglichst im oberen Bereich (unter der Decke sind die höchsten Wasserdampfkonzentrationen), Prüfung der Volumenströme, kein Anschluss der Dunstabzugshaube, Bad/Hauswirtschaftsraum: bei der Planung der Abluft Einbeziehung von Trockenschrank/Wäschetrocknung
- Erdwärmetauscher: Hochwertiger Filter vor dem Erdwärmetauscher, Prüfen von Dichtheit und Sauberkeit des Erdwärmetauschers, Gefälle mindestens 2 Prozent, Sicherstellen eines Kondensatablaufs, Planung einer einfachen Revisionierbarkeit

Inbetriebnahme

- Vollständige Kontrolle der Anlage, Überprüfung auf vollständig ausgeführt Montage inklusive aller Zu-, Überström- und Abluft-Durchlässe
- Sauberkeit der Anlage, des Wärmetauschers, der Filter und des Rohrsystems
- Inbetriebnahme und Einstellung der Regeleinheit für die konkrete Nutzung
- Prüfung des Stromverbrauchs und der Temperaturen
- Balancierter Betrieb und Luftmengen pro Raum – Nachweis der Einregulierung
- Siphon für Kondensatablauf, Gerät (ggf. Erdreichwärmetauscher) funktionsfähig und getrennt vom Abwasser
- Brandschutzanforderungen erfüllt, Differenzdruckwächter bei parallel betriebenen Öfen vorhanden
- Überprüfung des Telefonieschalls und des Schallpegels der Anlage
- Inbetriebnahme bei einer Innentemperatur von 18 bis 22 °C und Raumluftfeuchte unter 65 Prozent relativer Feuchte, um Verfälschungen bei der Einregulierung der Volumenströme zu vermeiden
- Sorgfältige Einweisung der Nutzer und Bereitstellen der Betriebsanleitung und Unterlagen



Entspricht die Ausführung der Planung und den ausgeschriebenen Materialien?



Messung des Volumenstroms eines Zuluftventils bei der Einregulierung der Anlage



Inbetriebnahme und Einstellen der Regelung



8 Wartung und Betrieb

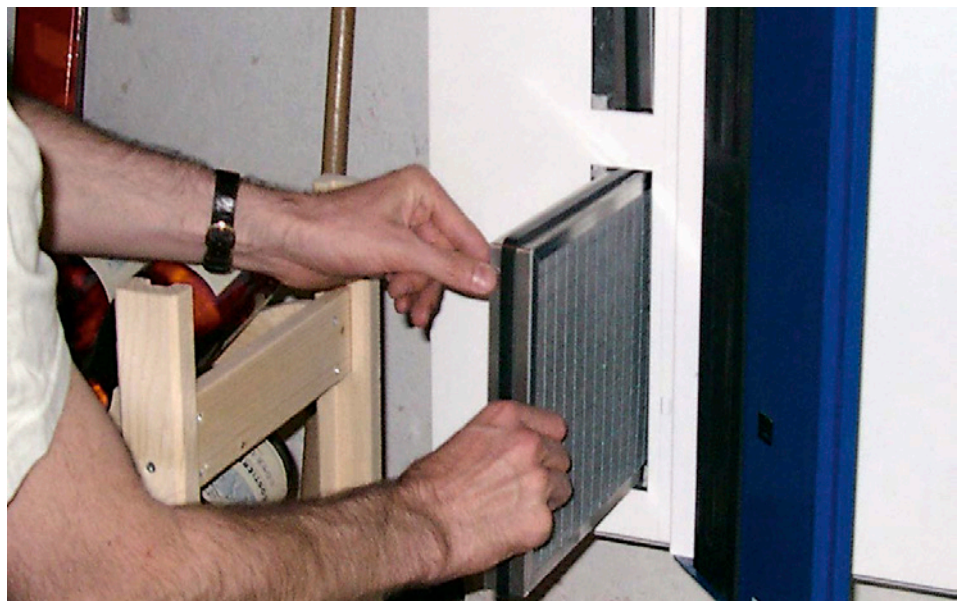
Gut geplante Lüftungssysteme mit hochwertigen Komponenten verlangen nur einen sehr geringen Aufwand für die Wartung. Jeweils zwei Ventilatoren sind die wesentlichen beweglichen Teile der Anlage. Da Elektromotoren eine sehr hohe Nutzungsdauer haben, fällt von dieser Seite bei üblichen Geräten kein Wartungsaufwand an. Zudem können sie bei zahlreichen Herstellern leicht ausgewechselt werden, falls sie doch einmal defekt sein sollten. Der wesentliche Wartungsaufwand fällt bei den Filtern an, die regelmäßig geprüft oder ausgetauscht werden müssen. Die Erfahrung zeigt, dass bei regelmäßigem Filterwechsel das Leitungssystem auch nach zehn bis fünfzehn Jahren keine nennenswerte Verschmutzung oder Staubebelegung aufweist.

Die Liste auf der folgenden Seite gibt Hinweise auf diejenigen Bauteile der Anlage, die in wiederkehrenden Intervallen überprüft werden sollten. Insbesondere bei kleinen Wohnungslüftungsgeräten mit kurzen Wegen der Außen- und Fortluftleitung ist eine Sichtung der wesentlichen Anlagenteile bei jedem Filterwechsel möglich. Daher ist es nicht zu erwarten, dass größere Maßnahmen erforderlich sind. Die Inspektions- und Wartungsintervalle hängen zudem von den Systemlösungen ab, sodass die Empfehlungen der Hersteller dazu beachtet werden sollten.

Für den wirtschaftlichen Betrieb von Lüftungsanlagen empfiehlt es sich, die Luftmengen dem tatsächlichen Bedarf anzupassen. Das bezieht sich sowohl auf den täglichen Nutzungsrhythmus als auch auf spezielle Zeiträume, in denen das Gerät ausgeschaltet oder auf Minimalbetrieb gestellt werden kann, da die Bewohner zum Beispiel verreist sind.



Zustand von Abluft- und Zuluftfilter nach sechs Monaten Betriebszeit (oben); einfacher Filterwechsel: alten Filter herausziehen und den neuen Filter einschieben (rechts)

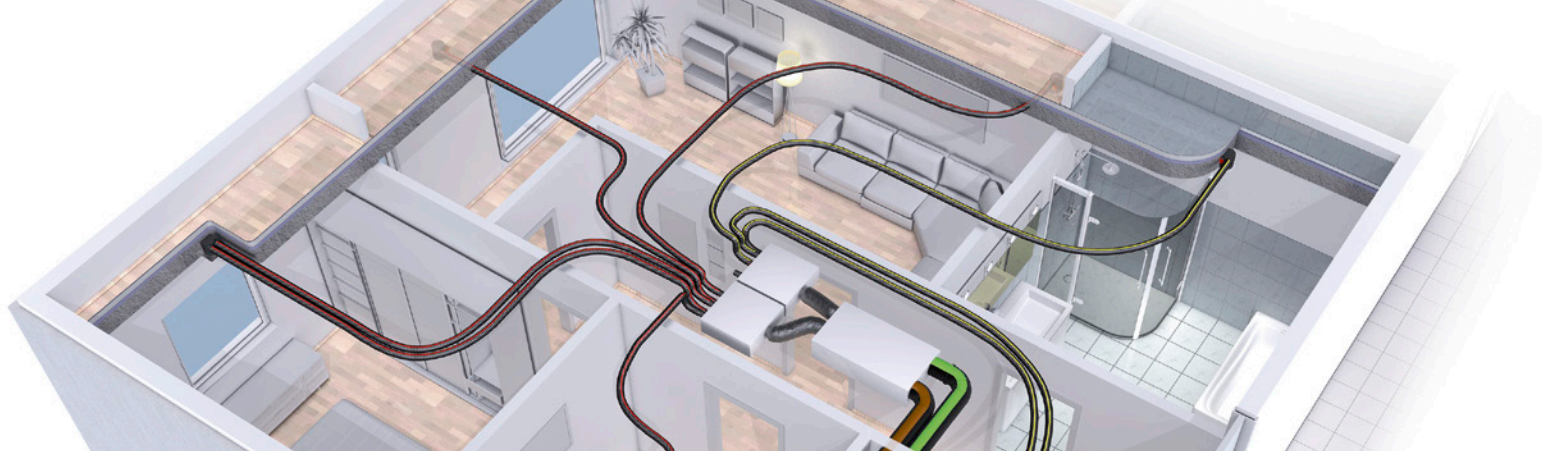


Bauteil	Maßnahme
Filter und Lüftungsgerät	Regelmäßige Filterkontrolle und Filterwechsel sind Voraussetzung für einen dauerhaft hygienischen Betrieb von Lüftungsanlagen. Grobfilter sollten ein- bis dreimal, Feinfilter mindestens einmal im Jahr gewechselt werden. Bereits bei der Auswahl der Lüftungsanlage sollte auf kostengünstige Austauschfilter geachtet werden. Beim Filterwechsel sollte eine Sichtprüfung des Lüftungsgerätes hinsichtlich Sauberkeit und funktionierendem Kondensatablauf erfolgen. Falls erforderlich kann der Wärmetauscher gemäß den Herstellerangaben gesäubert werden, zum Beispiel mit dem Duschkopf. Grundsätzlich muss ein Filterwechsel nach einer Stillstandsphase der Anlage erfolgen. Bei Push-Pull-Anlagen müssen alle Geräte geöffnet und die Filter ausgetauscht werden. Dies kann relativ aufwendig sein.
Lüftungsleitungen	Lüftungsleitungen bleiben bei regelmäßigem Filterwechsel über viele Jahre sauber und hygienisch einwandfrei. Zugängliche Stellen können stichprobenartig überprüft werden, um sicher zu gehen.
Außenluft- und Fortluftelemente	Je nach Verschmutzungssituation sollte mindestens ein- bis zweimal jährlich eine Sichtprüfung erfolgen sowie die erforderliche Säuberung. Das kann zusammen mit dem Filterwechsel geschehen. Die Wartungsintervalle hängen sehr von der individuellen Anlage und Ansaugsituation ab.
Durchlässe von Zuluft und Abluft und ggf. Überströmdurchlässe	Es kann eine gelegentliche Sichtprüfung auf Verschmutzung durchgeführt werden. Üblicherweise treten kaum Ablagerungen auf. Wichtig ist es, beim Säubern die Einstellungen nicht zu verändern. Filter in Abluftdurchlässen müssen regelmäßig gewechselt werden.
Regelung und Frostschutz	Bei der Inbetriebnahme von Lüftungsanlagen in Einfamilienhäusern und wohnungszentralen Anlagen in Eigentumswohnungen sollten individuelle Einstellungsmöglichkeiten genutzt werden, die den Interessen der Bewohner entsprechen. Die Bandbreite reicht vom automatischen Wochenprogramm bis hin zu differenziert einstellbaren Lüftungsstufen. Die Einweisung sollte einfach sein und dem Nutzer eine gelegentliche Kontrolle der eingestellten Parameter ermöglichen.
Überprüfung der Anlage im Betrieb	Grundsätzlich helfen ein Hygrometer zur Feuchtemessung und ein CO ₂ -Messgerät, die Einstellungen im Betrieb zu überprüfen und zu optimieren. In Abhängigkeit von der individuellen Nutzung können auf der Basis dieser Werte ggf. Luftmengen einzelner Räume verändert werden. An sehr kalten Tagen ist erkennbar, ob die Frostschutzregelung der Anlage funktioniert (geringfügig erhöhte CO ₂ -Werte).
Erdreichwärmetauscher	Eine einfache Sicht- und Hygienekontrolle sollte mehrmals jährlich durchgeführt werden. Dabei erfolgt eine Überprüfung auf ggf. anfallende Feuchtigkeit sowie die Funktionsfähigkeit des Siphons. Mindestens einmal jährlich sollte eine vollständige Reinigung des Erdreichwärmetauschers erfolgen. Dazu eignen sich sowohl Leitungereinigungssysteme als auch die grundlegende Ausstattung eines Schornsteinfegers.



Hinweise für die Wartung und den Betrieb von Wohnlüftungsanlagen

Einfaches Herausziehen des Wärmetauschers für die Reinigung (links) Waschen mit einem Duschkopf (rechts)



9 Planung und Auslegung

Lüftungskonzepte müssen nicht nur für den Neubau erstellt werden, sondern auch bei Sanierungen.

Planer sind verpflichtet, Lüftungskonzepte zu erstellen, in denen sie den notwendigen Luftaustausch für Hygiene und Bautenschutz gemäß DIN 1946 Teil 6 nachweisen. Es geht darum, bei wechselnden An- und Abwesenheiten eine gute Luftqualität und angemessene Feuchte mit möglichst geringem Energieaufwand beziehungsweise Heizenergieverlusten zu erzielen. Eine Überlüftung kann ohne Weiteres durch Überwachung der Luftfeuchte mit einem Hygrometer vermieden werden. Die Auslegung basiert auf vier Lüftungsstufen:

Lüftungsstufe 1: Die Lüftung zum Feuchteschutz ist ständig nutzerunabhängig zu sichern. Sie sorgt für Bautenschutz und Feuchteabfuhr, sodass Kondenswasser- und Schimmelbildung vermieden werden.

Lüftungsstufe 2: Die reduzierte Lüftung muss als hygienischer Mindeststandard zur Abfuhr von Schadstoffen weitestgehend nutzerunabhängig erfolgen.

Lüftungsstufe 3: Die Nennlüftung ist als Auslegungsgröße zu wählen und stellt die hygienisch-gesundheitlichen Anforderungen sowie den Bautenschutz sicher.

Lüftungsstufe 4: Intensivlüftung sorgt für den Abbau von Lastspitzen zum Beispiel durch Besuch, Waschen und Kochen. Dabei kann aktive Fensterlüftung einbezogen werden.

In Abhängigkeit von der Fläche der Wohnung werden Mindestwerte für die Gesamt-Außenluftvolumenströme empfohlen (DIN 1946-6). Anforderungen für die Außenluftvolumenströme der vier Lüftungsstufen befinden sich in der folgenden Tabelle.

Mindestwerte der Gesamt-Außenluftvolumenströme in Abhängigkeit von der Fläche der Wohnung [m³/h] (DIN 1946-6)

Fläche (m²)	50	70	90	130	170	210
1 Lüftung zum Feuchteschutz	25	30	35	45	55	65
2 Reduzierte Lüftung	55	65	80	105	130	150
3 Nennlüftung	75	95	115	155	185	215
4 Intensivlüftung	100	125	150	200	245	285

Ergänzend sind die mindestens notwendigen Abluftvolumenströme nach DIN 1946-6 zu beachten. Sie betragen für Küchen, Bäder und Duschen 45 m³/h, für WCs und Hausarbeitsräume 25 m³/h.

Auslegungsbeispiel für ein Mehrfamilienhaus (MFH) nach DIN 1946-6

Am Beispiel einer Wohnung mit 70 m² lassen sich die wesentlichen Auslegungsschritte beschreiben. Zunächst werden für alle Räume die Fläche und das Volumen berechnet. Dann erfolgt die Zuordnung nach Zuluft-, Überström- und Abluftbereich. Für die Auslegung muss der Volumenstrom der Nennlüftung aus der obigen Tabelle gewählt werden. Die 95 m³/h gilt es zunächst auf die Zuluft Räume aufzuteilen. Das geschieht nach Norm mittels Faktoren ($f_{R,Zu}$), die jedem Raum zugeordnet werden. Für Wohnräume können sie zwischen 2,5 und 3,5, für Schlaf- und Kinderzimmer zwischen 1,0 und 3,0

	Fläche	Volumen	Typ	Faktor für die Zuluft- anteile		Nennlüftung		Reduzierte Lüft.	
						Standard	Kaskade	Zuluft	Kaskade
	m ²	m ³		f _{R,Zu}	gewählt	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
Wohnen	20,8	52	Zuluft	2,5-3,5	3,0	41	Überstr.	28	Überstr.
Schlafen	16,2	41	Zuluft	1,0-3,0	2,5	34	59	23	41
Kind	13,2	33	Zuluft	1,0-3,0	1,5	20	36	14	24
Flur	5,8	15	Überstr.			Überstr.	Überstr.	Überstr.	Überstr.
Küche	7,2	18	Abluft			45	30	30	30
Bad	6,8	17	Abluft			50	35	35	35
Summe	70,0				7,0	95	95	65	65

gewichtet werden. Entsprechend der gewählten Werte wird der Anteil der Luftmengen den Räumen zugeteilt. Im orangenen Bereich der Tabelle werden die Ergebnisse für die Nennlüftung ausgewiesen. Zwischen Zu- und Abluft muss eine Balance mit jeweils 95 m³/h hergestellt werden, damit eine möglichst hohe Effizienz der Wärmerückgewinnung erzielt wird und keine größeren Fehlströme über Leckagen entstehen. Eine gute Anlage zeichnet sich dadurch aus, dass auch bei der reduzierten Lüftung (siehe rechte Spalten in den Tabellen) ein ausreichender Volumenstrom vor allem in den Schlafräumen gegeben ist. Diese Anforderung ist am besten zu erfüllen, wenn Kaskadenlösungen möglich sind. Kann zum Beispiel das Wohnzimmer aufgrund der Grundrissituation oder über einen aktiven Überströmdurchlass als Überströmbereich ausgelegt werden, ergeben sich in diesem Beispiel für die Schlafräume ausreichende Luftmengen auch bei der reduzierten Lüftungsstufe.

Auslegung einer Wohnung: für die Zulufräume werden mit den f_R-Faktoren die Werte für die Nennlüftung ermittelt. Zuluft- und Abluftvolumen müssen zueinander in Balance stehen (je 95 m³/h). Proportional dazu die Werte für die reduzierte Lüftung mit 65 m³/h.

Auslegungsbeispiel für ein Einfamilienhaus (EFH) mit 130 m² Wohnfläche

Analog wird die Auslegung für ein Einfamilienhaus in der folgenden Tabelle durchgeführt. Der Außenvolumenstrom für die Nennlüftung beträgt 155 m³/h, die reduzierte Lüftung 105 m³/h. Es wird wiederum alternativ eine Kaskadenlösung gegenübergestellt, bei der das Wohnzimmer als Überströmbereich genutzt werden kann und das Arbeitszimmer mittels Überströmventil versorgt wird. Dadurch ergeben sich für die Nachtsituation auch bei reduzierter Lüftung stimmige Luftmengen in den Schlafzimmern. Diese Auslegungsform kann sehr hilfreich sein, zu niedrige Luftfeuchtigkeit durch die Lüftungsanlage zu vermeiden, weil insbesondere in den kalten Nachtstunden eine geringere Luftmenge ausreichend ist und mithin eine geringere Entfeuchtung ermöglicht wird.

Auslegung eines EFH: die Zuluftmengen werden über die f_R-Faktoren aus dem Nennvolumen von 155 m³/h den Räumen zugeordnet. Die reduzierte Lüftung hat ein Volumen von 105 m³/h. Wenn mittels einer Kaskadenlüftung Wohn- und Arbeitszimmer als Überströmbereich ausgeführt werden können, reicht die reduzierte Lüftung für die nächtliche Belüftung der Schlafräume aus.

	Fläche	Volumen	Typ	Faktor für die Zuluft- anteile		Nennlüftung		Reduzierte Lüftung	
						Standard	Kaskade	Zuluft	Kaskade
	m ²	m ³		f _{R,Zu}	gewählt	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h
Wohnen	36,5	91	Zuluft	2,5-3,5	3,0	42	Überstr.	29	Überstr.
Schlafen	16,0	40	Zuluft	1,0-3,0	2,5	35	60	24	40
Kind 1	14,5	36	Zuluft	1,0-3,0	2,0	28	48	19	32
Kind 2	14,5	36	Zuluft	1,0-3,0	2,0	28	48	19	32
Arbeit	14,0	35	Zuluft	1,0-3,0	1,5	21	Überstr.	14	Überstr.
Diele EG	8,5	21	Überstr.			Überstr.	Überstr.	Überstr.	Überstr.
Flur OG	6,0	15	Überstr.			Überstr.	Überstr.	Überstr.	Überstr.
Küche	9,0	23	Abluft			70	70	47	47
WC EG	3,5	9	Abluft			25	25	17	17
Bad OG	7,5	19	Abluft			60	60	41	41
Summe	130,0				11,0	155	155	105	105

Der Wärmebereitstellungsgrad gibt an, wie viel Prozent der Wärme ein Lüftungssystem aus der Luft zurückgewinnt.

Auslegung für Passivhäuser

Die Passivhausauslegung (PHPP 2018) basiert auf der Anzahl der Personen und sieht pro Person einen Zuluftvolumenstrom von 30 m³/h vor. Der Abluftbedarf ist ebenfalls für die Auslegung von Belang und beträgt für Küchen 60 m³/h, Bäder 40 m³/h sowie Duschen und WCs 20 m³/h. Neben der Berechnung der Luftmengen pro Raum wird der mittlere Luftwechsel in Abhängigkeit von den täglichen Betriebsarten berechnet, der bei großzügigen Einfamilienhäusern mindestens 30 Prozent der Luft pro Stunde beträgt und bei Wohnungen zwischen 40 und 50 Prozent. Außerdem wird der effektive Wärmebereitstellungsgrad der Anlage ermittelt. Anlagen mit Auslegung nach DIN 1946-6 sind in vielen Fällen kompatibel zur Passivhausprojektierung zu betreiben, wenn bei der Inbetriebnahme das Luftvolumen der Nennlüftung auf den ermittelten Passivhauswert reduziert wird.

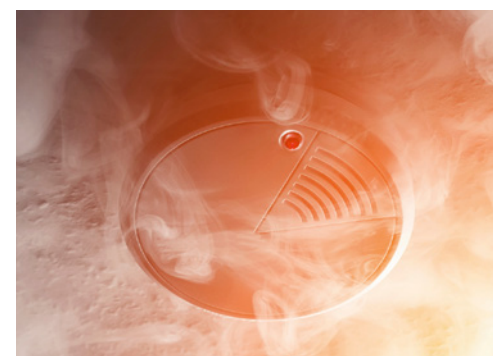
Tipp: Bei Einzelraumgeräten ist die Regelung sehr einfach durch Schalterstufen oder Feuchte- und CO₂-Sensoren möglich. Bei Zentralgeräten sind individuelle Regelungen dagegen aufwendiger.



10 Brandschutz für Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern

„Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind“ (BAYBO 2007). Entsprechend gilt die Anforderung an Lüftungsanlagen, dass Brandlasten minimiert werden und zudem eine Übertragung von Feuer und Rauch verhindert wird. Da die häufigste Verletzung bei Bränden eine Rauchgasvergiftung ist und Erstickungsgefahr droht, liegt ein wesentlicher Schwerpunkt in der Vorbeugung gegen Rauchentwicklung und der Rauchweiterleitung. Diese Anforderungen werden in der Musterlüftungsanlagenrichtlinie (M-LÜAR 2015) über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen geregelt. Da sie auch Großanlagen erfasst, ist sie entsprechend komplex.

Bei den Brandschutzanforderungen geht es einerseits darum, einen zweiten Fluchtweg sicherzustellen. Bei Gebäuden bis 7 m Höhe (= Höhe des Fußbodens über Gelände) ist dies grundsätzlich durch die Anleiterung der Feuerwehr sichergestellt. Weiterhin muss genügend Zeit für die Rettung verbleiben. Deshalb gibt es Anforderungen an die Feuerwiderstandsdauer der sicherheitsrelevanten Bauteile. Hier muss ein Brandwiderstand des Bauteils für mindestens 90 Minuten gegeben sein (F 90). Die Tabelle zeigt einen Überblick in Abhängigkeit von der Gebäudeklasse (GK).

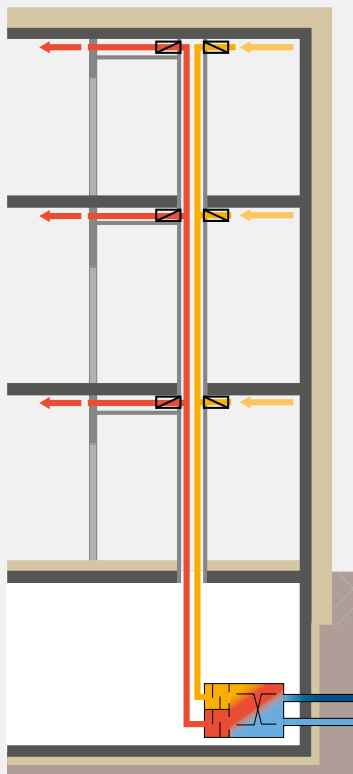


Rauchmelder – wichtige Vorsorge und in Lüftungssysteme integrierbar

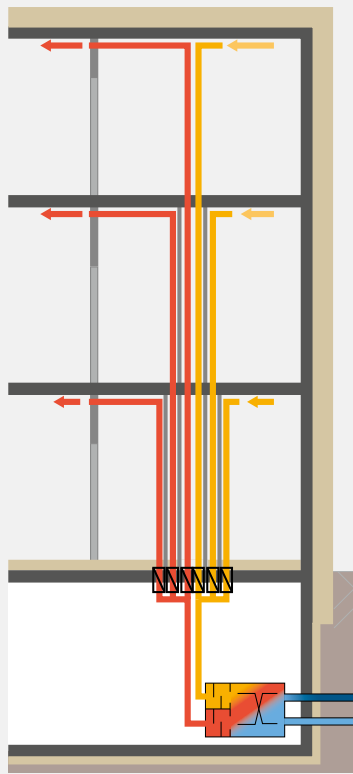
Gebäudeart	Einfamilienhaus, kleines Bürogebäude (GK 1)	Doppelhaus, Reihenhaus (GK 2)	Mehrfamilienhaus, Bürogebäude (GK 3)	Mehrfamilienhaus, Bürogebäude (GK 4)	Mehrfamilienhaus, Bürogebäude (GK 5)
Nutzeinheiten	max. 2	max. 2			
Nutzfläche	≤ 400 m ²	≤ 400 m ²			
Höhe (Gelände außen bis Boden oberstes Geschoss)	≤ 7 m	≤ 7 m	≤ 7 m	≤ 13 m	≤ 22 m
Zweiter Fluchtweg	Anleiterung	Anleiterung	Anleiterung	Anleiterung 2. Treppenhaus	Anleiterung 2. Treppenhaus
Feuerwiderstandsdauer:					
Kellergeschossdecken	keine	keine	F 90	F 90	F 90
Obergeschossdecken	keine	keine	F 30	F 60 - F 90	F 90
Wohnungstrennwände	keine	F 30	F 30	F 60 - F 90	F 90
Brandwände	keine	F 60 - F 90	F 60 - F 90	F 60 - F 90	F 90

Werden Geschossdecken oder Brandwände durchdrungen, darf der Brandschutz dadurch nicht beeinträchtigt werden. Relevant sind die Anforderungen bei zentralen Lösungen für Mehrfamilienhäuser. Vor allem die Lüftungssteigleitungen müssen die beschriebenen Brandschutzanforderungen erfüllen.

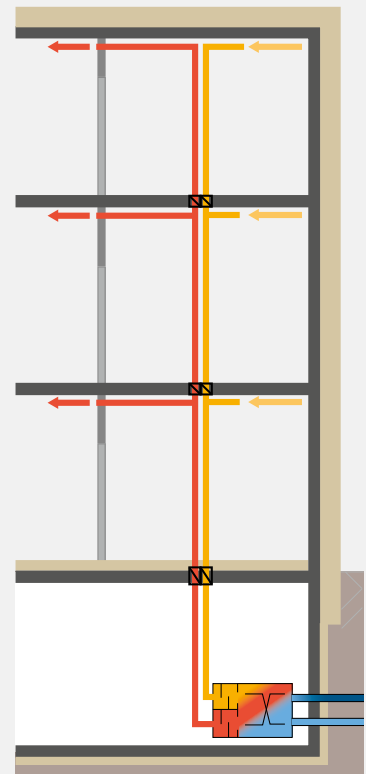
Anforderungen an die Gebäudeklassen nach Musterbauordnung



Variante 1 Schachtlösung



Variante 2 Schacht mit Einzelsträngen



Variante 3 Absperrklappen pro Etage



Von oben nach unten:
Lüftungsleitungen mit Feuerschutzmantel
Brandschutzklappen an der Decke der Lüftungszentrale im Keller

Lösungsbeispiele für ein Mehrfamilienhaus

Bei Variante 1 verlaufen die Zu- und Abluftleitungen in einem Schacht mit einer Feuerwiderstandsdauer, die den Anforderungen an die Gebäudeklasse entspricht. Beim Übergang der Zu- und Abluftleitungen in die Wohnungen befinden sich Absperrklappen (DIN EN 15650) und Kaltrauchsperrn. Diese Lösung ist sehr platzsparend, hat aber den Nachteil, dass die Absperrklappen regelmäßig gewartet werden müssen. Wartungsfreie Brandschutzklappen mit Ferninspektion können ggf. eine Lösung darstellen.

Variante 2 stellt die gleiche Systemlösung dar. Allerdings wird jede Wohnung mit einer eigenen Zu- und Abluftleitung angefahren. Bei dieser Variante kann die Wartung der Brandschutzklappen kostengünstig vom zentralen Technikraum aus erfolgen. Der Nachteil liegt im höheren Platzverlust, insbesondere in den Wohnungen, die nah an der Zentrale liegen.

Variante 3 leistet den Brandschutz über Absperrklappen in den Geschossdecken. Innerhalb der Wohnungen sind keine Brandschutzschächte erforderlich. Dem geringen Platzverlust stehen die Wartungsanforderungen wie bei Variante 1 gegenüber.

Variante 4 (ohne Abbildung): Werden die Lüftungsgeräte dezentral pro Wohnung installiert, entfallen diese Brandschutzanforderungen. Für Anlagen in Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäusern gilt dies ebenfalls.

Weitere Informationen im Internet

Weitere Informationen zum Thema Lüften, sowie Bauen und Sanieren finden Sie unter: → www.energieatlas.bayern.de/buerger/bauen_sanieren

Informationen zum Thema Lüftung finden Sie kompakt in unserem Faltblatt Lüftungsanlagen: → www.bestellen.bayern.de/shoplink/ifu_klima_00146.htm

Verbreitete Vorurteile und Befürchtungen zum Thema Dämmen werden beantwortet unter: → www.bestellen.bayern.de/shoplink/ifu_klima_00138.htm

Eine Übersicht von Beratungsangeboten zur Energieeffizienz und für Lüftungskonzepte finden Sie unter: → www.energieatlas.bayern.de/thema_energie/energieberatung/beratersuche.html

Eine Übersicht passivhauszertifizierter Lüftungsanlagen finden Sie unter: → <https://database.passivehouse.com/de/components>

Das Europäische Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte e.V. stellt eine Marktübersicht bereit: → www.tzwl.de/tzwl-ebulletin

Vertiefende Informationen zu Lüftungstechnik und Komfort auf: → www.komfortlueftung.at

Literaturverzeichnis

BAYBO (2007): Bayerische Bauordnung (BayBO) in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2007

CO₂-Modell 2018: Berechnung der CO₂-Konzentration nach → www.co2-modell.nlga.niedersachsen.de

DIN 4106 Teil 6 Wohnungslüftung, Beuth Verlag Berlin 2018

DIN EN 15650: 2017-05 (Entwurf) Lüftung von Gebäuden

HOFMANN, H, ERDMANN, G, MÜLLER, A (2014): Zielkonflikt energieeffiziente Bauweise und gute Raumluftqualität – Datenerhebung für flüchtige organische Verbindungen in der Innenraumluft von Wohn- und Bürogebäuden, Abschlussbericht VOC-DB II, Forschungsvorhaben FKZ 3709 62 211

M-LÜAR (2015): Muster-Richtlinie über brandschutztechnische Anforderungen an Lüftungsanlagen (Muster-Lüftungsanlagen-Richtlinie - M-LÜAR) vom 11.12.2015

PHPP (2018): Passivhaus Projektierungs Paket, Arbeitsblatt Lüftung. – Hrsg. Passivhaus Institut Darmstadt → www.passiv.de

SCHULZE DARUP, B. (2002): Messtechnische Evaluierung und Verifizierung der energetischen Einsparpotenziale und Raumluftqualität an Passivhäusern in Nürnberg. – gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt; Projektpartner: LGA, EAM, AnBUS

SCHULZE DARUP, B. (2008): Energetische Gebäudesanierung mit Faktor 10. – Umsetzungsorientiertes Forschungsvorhaben mit Förderung der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Koordination: Schulze Darup; Partner: PHI Darmstadt, ZEBAU Hamburg, IEMB Berlin und vier Industriepartner, Laufzeit 2003-2004, Projektbericht (2. überarbeitete Auflage 2008)

SCHULZE DARUP, B. (2003A): Umweltverträgliches Bauen und gesundes Wohnen – Neubau. – Arbeitsblätter zum Wohnungsbau 6, Hrsg. Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, München 2003

SCHULZE DARUP, B. (2003B): Umweltverträgliches Bauen und gesundes Wohnen – Bestand. – Arbeitsblätter zum Wohnungsbau 7, Hrsg. Oberste Baubehörde im Bayerischen Staatsministerium des Innern, München 2003

Bildnachweis

123rf:

© jakobradlgruber - 123rf.com: S. 6; © alphaspirt - 123rf.com: S. 34;

© Romolo Tavani - 123rf.com: S. 41 o.

bluMartin GmbH:

S. 11, 16 o., 21 o, M., 26 u., 33 o.

Fotolia:

Titelbild: © Antonioguillen / Fotolia; © wachirawutlek – Fotolia: S.4;

© detshana / Fotolia: S. 29 o.; © Norman / Fotolia: S. 29 M.;

© Matthias Krüttgen / Fotolia: S. 29 u., 36 o.; © rcfotostock / Fotolia: S. 41 r.

LUNOS Lüftungstechnik GmbH:

S. 16 M., 22 o. l.

MAICO Elektroapparate-Fabrik GmbH:

S. 36 u. l.

Pluggit GmbH:

S. 28 o., 32 u. r., 38

pixabay.com/CC0:

moersch: S. 14 o.

Schulze Darup:

S. 5, 7, 10, 11, 12, 15, 16 u., 17, 18 u., 19 u., 20, 21 u., 22 u., 23 u., 24, 25, 26 o., M., 27, 28 M., u., 30 o., 31, 33 u., 35 o., M., 36 u. r., 42

VALLOX GmbH:

S. 19 o., 22 r., 35 u.

Viessmannwerke GmbH & Co. KG:

S. 21 o., 22 o., 30 M., 37 l.

Zehnder Group Deutschland GmbH:

S. 18 o., 22 o. r., 30 u., 32 o., 37 r.

