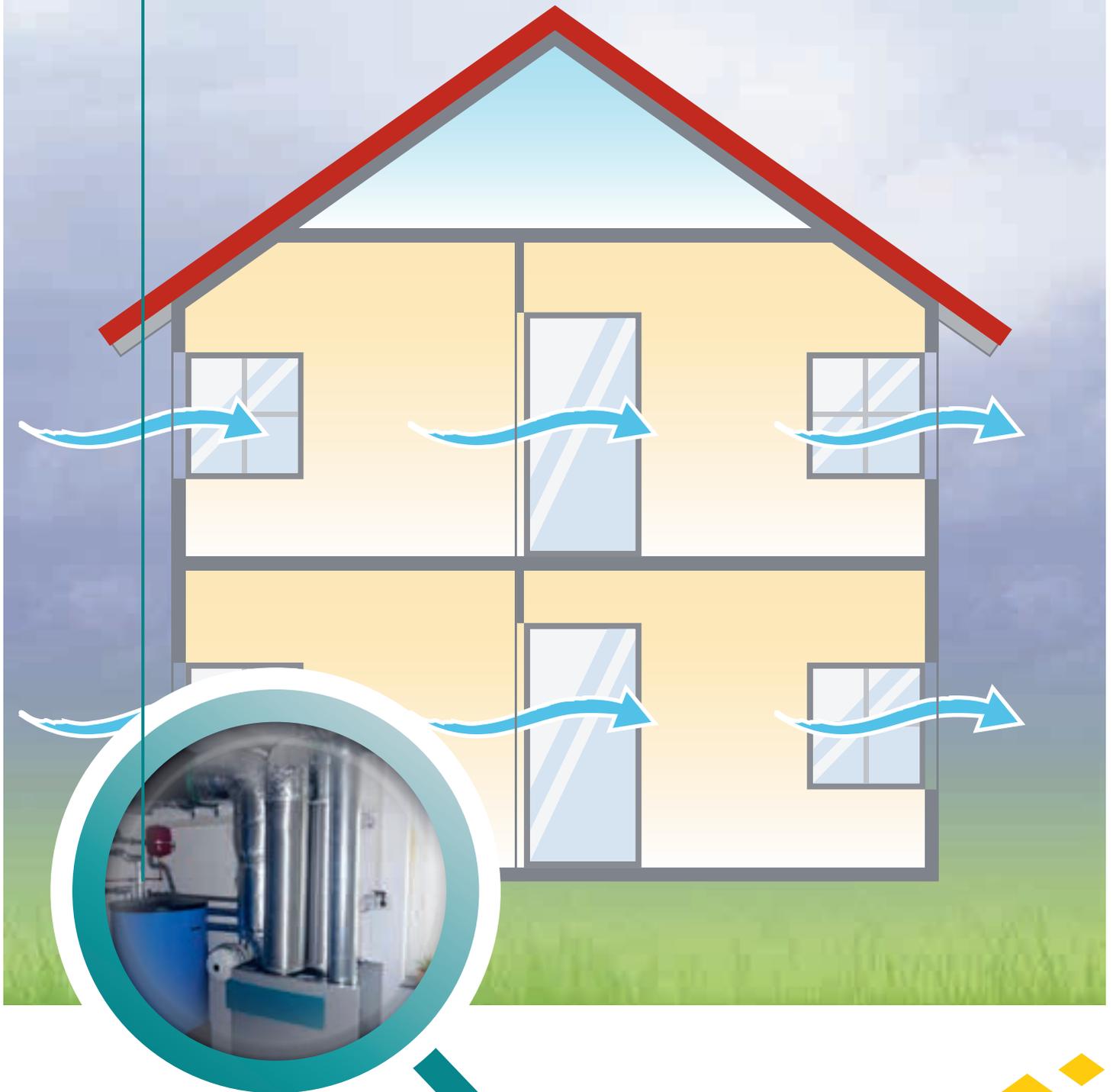


WOHNUNGSLÜFTUNG

GRUNDLAGEN, ANFORDERUNGEN UND
TECHNISCHE LÖSUNGEN



MACH MIT.
BAU NACHHALTIG.
Energieeffizientes Bauen in Sachsen

saena
Sächsische
Energieagentur GmbH





Allgemeine Hinweise für den Leser der Broschüre

Sehr geehrte Leserinnen, sehr geehrter Leser,

mit dieser **Informationsbroschüre** möchte die Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH vorwiegend Bauherren, Eigentümer und Käufer, aber auch Mieter, Vermieter, Energieberater und Handwerksbetriebe sowie Immobilienverwalter und Makler grundlegend über die Möglichkeiten der **Lüftung von Wohnräumen** informieren. Die Broschüre gibt einen detaillierten, fachlichen Überblick zu dem sehr komplexen Thema. Von der Notwendigkeit der richtigen Belüftung von Wohnräumen bis hin zu den unterschiedlichen Varianten von technischen Lüftungsanlagen reicht das Spektrum. Sie gibt Einblicke in Gesetzlichkeiten, DIN-Vorschriften und benennt die wichtigsten Ansprechpartner für die Prüfung, Planung und Umsetzung Ihrer Wohnungslüftung.

Lüften ist notwendig, um den Bewohnern von Gebäuden eine ausreichend **gute Luftqualität** (Raumluftthygiene) zu ermöglichen, aber auch um **Feuchteschäden** und die Entstehung von **Schimmelpilzbefall** zu vermeiden. Für einen ausreichenden **Feuchteschutz** in Wohnräumen sollte in Abhängigkeit der Personenanzahl alle 2- 5 Stunden ein kompletter Luftwechsel der Raumluft erfolgen. Das entspricht einer **Frischluftzufuhr** von außen von ca. 30 Kubikmeter Raumluft pro Stunde und Person. **Neubauten** müssen aufgrund heutiger hoher Wärmeschutzanforderungen dauerhaft **luftdicht** errichtet werden. Zudem ist zum Zwecke der Gesundheit die Einhaltung des erforderlichen Mindestluftwechsels verpflichtend sicherzustellen.

Bereits bei der Planung eines Neubaus oder wenn bei einer Sanierung mehr als ein Drittel der vorhandenen Fenster ausgetauscht oder mehr als ein Drittel der Dachfläche saniert werden, muss von Fachleuten ein **Lüftungskonzept nach DIN 1946-6** erstellt werden. Damit lässt sich überprüfen, ob Lüftungstechnische Maßnahmen für einen ausreichenden Feuchteschutz erforderlich sind. Durch die zunehmend luftdichte Bauweise kann der natürliche Luftwechsel durch Fugen in der Gebäudehülle unter dem erforderlichen Mindestluftwechsel liegen. Daher ist eine regelmäßige Lüftung solcher Wohnräume notwendig. Eine ausreichende Frischluftzufuhr kann natürlich auch mit **Fensterlüftung** erfolgen. Weil aber nicht immer gewährleistet werden kann, dass Bewohner ständig den Mindestluftwechsel einhalten können, sind gemäß der Lüftungsnorm DIN 1946-6 zusätzliche nutzerunabhängige Maßnahmen erforderlich.

In dieser Broschüre wird im Wesentlichen auf diese zusätzlichen **lüftungstechnischen Maßnahmen** gemäß der DIN 1946-6 eingegangen, die in einem Neubau oder einer Sanierung möglich sind. Von der **freien Lüftung** durch einfache Zuluftöffnungen in den Außenwänden, über **Einzellüftungsgeräte** (dezentral) bis hin zur mechanischen **Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung** (zentral) werden die zugehörigen Komponenten und einige Vor- und Nachteile verschiedener Systeme näher erläutert.

Welche Lüftungslösung für Sie am geeignetsten ist, hängt von vielen Faktoren ab. Beispielsweise von Ihren eigenen Nutzungsgewohnheiten, von der Anforderung an die gewünschte Raumluftqualität (z. B. pollenfrei), der Außenlautstärke und natürlich auch von den **Investitionskosten**. Mechanische Lüftungsanlagen können zwischen 50 – 80 € pro m² Wohnfläche kosten, gewährleisten aber eine ständig gute Luftqualität, vermindern die Schimmelpilzgefahr wesentlich und vermeiden hohe Lüftungswärmeverluste.

Des Weiteren wird in der Broschüre auf die Wichtigkeit einer **qualifizierten Planung, Ausführung, Inbetriebnahme und Wartung** bei der Umsetzung von Lüftungstechnischen Maßnahmen eingegangen. Durch zahlreiche Abbildungen und Fotos und durch ein praktisches Planungsbeispiel (Kapitel 11) soll diese komplexe Thematik für Sie etwas anschaulicher vermittelt werden.

Für Fragen stehen Ihnen die Mitarbeiter der SAENA oder Ihr Fachplaner oder Lüftungsinstallateur gern zur Verfügung. Qualifizierte Sachverständige finden Sie z. B. auch im SAENA-Netzwerk „Energie-Experten Sachsen“ unter der Kategorie „Fachunternehmen für hocheffizientes Bauen und Sanieren“, unter „Planung von Bau- und Sanierungsvorhaben“ und der Rubrik „1.9 Planung Heizung, Lüftung, Klima, Solar“.



Haftungsausschluss

Der Inhalt ist sorgfältig geprüft und nach bestem Wissen erstellt worden, jedoch übernimmt die SAENA keinerlei Haftung für eventuell falsche oder missverständliche Texte bzw. Darstellungen und für Vollständigkeit. Aufgezeigte Abbildungen stellen keine Hersteller- und Qualitätsauswahl dar. Diese Broschüre stellt keine Planungs- oder Rechtsgrundlage dar. Amtliche maßgebliche Textfassungen finden sich ausschließlich in den einschlägigen Planungsnormen bzw. Gesetzestexten wieder.

Warum lüften? 4

1	Grundlagen	4
1.1	Raumlufthygiene	4
1.2	Thermische Behaglichkeit	5
1.3	Nutzerverhalten	6
1.4	Feuchteschutz	7
1.5	Luftdichtheit	8
1.5.1	Luftdichtheitsmessung	8
1.5.2	Gesetzliche Anforderungen	9

Wie lüften? 10

2	Fensterlüftung	10
3	Lüftungssysteme nach DIN 1946-6	11
3.1	Freie Lüftung	11
3.1.1	Querlüftung	11
3.1.2	Schachtlüftung	12
3.2	Ventilatorgestützte Lüftung	13
3.2.1	Zuluftsysteme	13
3.2.2	Abluftsysteme	14
3.2.3	Zu-/ Abluftsysteme	15
3.3	Kombinierte Lüftungssysteme	16
4.	Komponenten von zentralen Lüftungsanlagen	17
4.1	Zentrale Lüftungsgeräte	17
4.2	Luftverteilungssysteme für zentrale Lüftungsanlagen	19
4.2.1	Ab- und Zuluftdurchlässe	19
4.2.2	Revisionsöffnungen (Wartung/ Reinigung)	20
4.3	Luftvorerwärmung und Luftvorkühlung	21
4.3.1	Elektrische Luftvorerwärmung/ Frostschutz	21
4.3.2	Erdreich-Luft-Wärmeübertrager	21
4.3.3	Sole-Luft-Wärmeübertrager	23
4.4	Vergleich Erdreich-Luft- und Sole-Luft-Wärmeübertrager	23
4.5	Luftnacherwärmung	24
4.6	Steuerung der Lüftungsanlagen	24
5	Dezentrale Lüftungsgeräte	25
5.1	Alternierende Geräte	25
5.2	Einzelraumgeräte	25
5.3	Einzelraumgeräte mit Zweitraumanschluss	26
6	Sondersituationen	26
6.1	Innenliegende Bäder	26
6.2	Kellerlüftung	26
6.3	Radon	28
6.4	Gemeinsamer Betrieb von Lüftungsanlagen und Feuerstätten	29
6.5	Gemeinsamer Betrieb von Lüftungsanlagen und Abluft-Dunstabzugshauben	30

Wie umsetzen? 31

7	Entscheidungskriterien für die Systemauswahl	31
7.1	Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 im Neubau und bei Sanierungen	31
7.2	Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung	35
7.3	Fördermöglichkeiten	39
7.4	Energieeffizienz von Lüftungsgeräten - Ecolabel	39
7.5	Mietrecht	40
8	Ausgewählte Hinweise für die Auslegung von Wohnungslüftungsanlagen	42
8.1	Auslegung der erforderlichen Luftvolumenströme	42
8.2	Schallschutz	43
8.3	Brandschutz	44
8.4	Wärmedämmung von Lüftungsleitungen	45
9	Installation, Inbetriebnahme und Übergabe von Wohnungslüftungsanlagen	45
9.1	Lagerung und Schutz auf der Baustelle	45
9.2	Installation	45
9.3	Inbetriebnahme und Übergabe	46
10	Wartung und Instandsetzung	47
10.1	Kriterien für Sauberkeit und Beurteilung	47
10.2	Wartungsintervalle	47
10.3	Reinigung	48

... und konkret? 49

11	Planungsbeispiel – Lüftungsanlage Zweifamilienhaus	49
11.1	Relevante Daten ermitteln	49
11.2	Lüftungskonzept nach DIN 1946-6	49
11.3	Lüftungstechnische Maßnahmen auswählen	50
11.4	Bestimmung der Gesamt-Außenluftvolumenströme	50
11.5	Raumweise Aufteilung der Mindest-Volumenströme (Bemessung nach Nennlüftung)	51
11.6	Planung der Leitungsführung der zentralen Lüftungsanlage	51

Begriffe aus der DIN EN 12792 und DIN 1946-6 53

Quellenverzeichnis 54

Impressum 55

→ 4 | Warum lüften?

1 Grundlagen

Neben Nahrungsmitteln und Wasser braucht der Mensch Luft zum Leben. Im Freien steht ihm meist ausreichend Luft guter Qualität zur Verfügung, in Gebäuden, in denen der Mensch ca. 80% seiner Zeit verbringt, kann es daran mangeln. Durch Lüftung wird „frische“ Luft zur Verfügung gestellt und so eine gute Luftqualität im Gebäude garantiert. Darüber hinaus erfüllt Lüften auch noch andere wichtige Zwecke, wie

- Abtransport von belasteter Raumluft und Bauwerksfeuchte
- Reduktion des Schad- und Geruchsstoffgehalts in der Raumluft
- gefahrloser Betrieb von (offenen) Feuerstätten.

1.1 Raumlufthygiene

Die Luftqualität beschreibt die Beschaffenheit der Luft bezogen auf den Anteil der Luftverunreinigungen. Für die Bewertung der Luftqualität in Räumen wird oft auf die Kohlendioxid-Konzentration zurückgegriffen. Kohlendioxid (CO₂) ist dabei ein brauchbarer Indikator für andere Emissionen und Geruchsstoffe, die die Gesundheit und die Befindlichkeit negativ beeinflussen.

Der Münchner Mediziner Max von Pettenkofer führte vor etwa 150 Jahren den Kohlendioxid-Maßstab ein und definierte für gute Raumluftqualität einen Grenzwert von 1000 ppm CO₂ (parts per million). Dies entspricht einem Anteil des Kohlendioxids an der Raumluft von 0,1 Volumenprozent in der Luft. Die CO₂-Konzentration in der Außenluft ist innerhalb der letzten 100 Jahre im Mittel von etwa 300 ppm auf etwa 400 ppm angestiegen.

Den Zusammenhang zwischen Lüftung und der Kohlendioxid-Konzentration und damit der Raumluftqualität verdeutlicht Abbildung 1 am Beispiel eines Schlafzimmers.

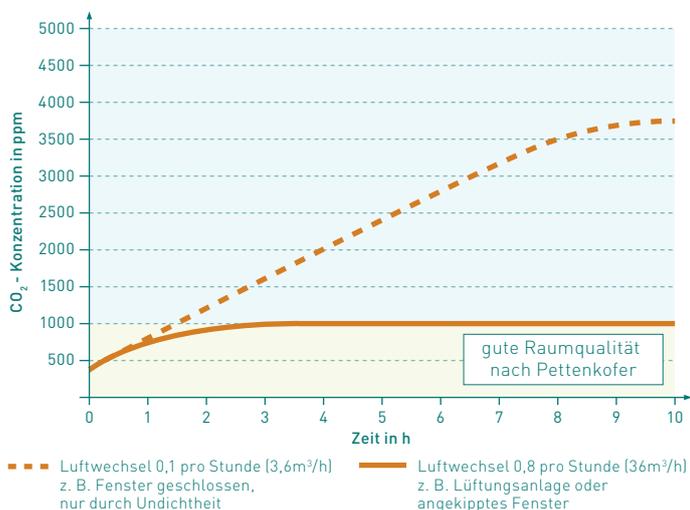


Abb. 1 Kohlendioxid-Konzentration in einem Schlafzimmer (Zwei schlafende Personen, Grundfläche 18 m²)

Weitere Schadstoffe, welche die Raumluftqualität negativ beeinflussen, sind z. B.

- Staub / Feinstaub aus Straßenverkehr, Industrie und Verbrennungsprozessen,
- Ruß aus Verkehr und Verbrennungsprozessen,
- flüchtige organische Komponenten (VOC – Volatile Organic Compounds) aus der Raumausstattung sowie aus Pflege- und Reinigungsmitteln,
- Nikotin aus Tabakrauch,
- Ozon aus der Atmosphäre, fotochemischen Prozessen und Kopiergeräten,
- Radon aus Baumaterialien und Erdreich,
- Allergene aus Pollen und Mikroorganismen (Hausstaubmilben, Schimmelpilze).

Für die Verbesserung der Raumluftqualität spielt neben der (nur teilweise möglichen) Vermeidung von Emissionen im Wohnbereich wiederum das Lüftungskonzept die zentrale Rolle. Ventilatorgestützte Lüftungssysteme (siehe Kapitel 3.2) bieten die Möglichkeit, durch

- witterungs- und nutzerunabhängige Sicherstellung des Luftaustausches und
- Luftfilterung

die Raumluftqualität maßgeblich zu verbessern.

Auch sogenannte „Lüftungsampeln“ oder CO₂-Messgeräte (Abb. 2), die mit CO₂-Sensoren ausgestattet sind, können zur Verbesserung der Raumluftqualität beitragen. Während Lüftungsampeln dem Nutzer nach dem bekannten Ampelprinzip im Straßenverkehr (Rot, Gelb, Grün) den Zustand der Luftqualität signalisieren, wird bei CO₂-Messgeräten die Kohlenstoffdioxid-Konzentration (in ppm) und ggf. weitere Parameter (z. B. Temperatur und Feuchte) der Raumluft überwacht. Sobald ein voreingestellter kritischer CO₂-Wert erreicht ist, wird der Nutzer durch ein akustisches oder optisches Warnsignal darauf hingewiesen und zum Lüften aufgefordert.

ppm	Luftqualität	Handlung
< 1000	hygienisch unbedenklich	keine weiteren Maßnahmen
1.000 – 2.000	hygienisch auffällig	Lüftungsmaßnahmen (Außenluftvolumenstrom bzw. Luftwechsel erhöhen) Lüftungsverhalten überprüfen und verbessern
> 2.000	hygienisch inakzeptabel	Belüftbarkeit des Raumes prüfen ggf. weitergehende Maßnahmen prüfen

Tab. 1 Leitwerte zur hygienischen Bewertung der CO₂-Konzentrationen in der Innenraumluft



Abb. 2 Messgerät zur Überwachung der CO₂-Konzentration, Raumluftfeuchte und Raumlufttemperatur

1.2 Thermische Behaglichkeit

Die thermische Behaglichkeit ist ein wesentliches Kriterium für unser Wohlbefinden. Die Bewertung des Raumklimas hängt von verschiedenen Einflüssen ab (Abb. 3), wie

- menschliche Aktivität,
- menschliche Kleidung und
- Raumklimaparameter (Lufttemperatur, mittlere Umgebungstemperatur, Luftgeschwindigkeit, Luftfeuchte).

Die Raumklimaparameter wiederum werden beeinflusst durch

- Baukonstruktion (Wärmeschutz, Fensterflächenanteile),
- Beheizung (Anordnung der Heizflächen und Heiztemperaturen) und
- Lüftung (Anordnung der Luftzuführung, Lufttemperaturen).

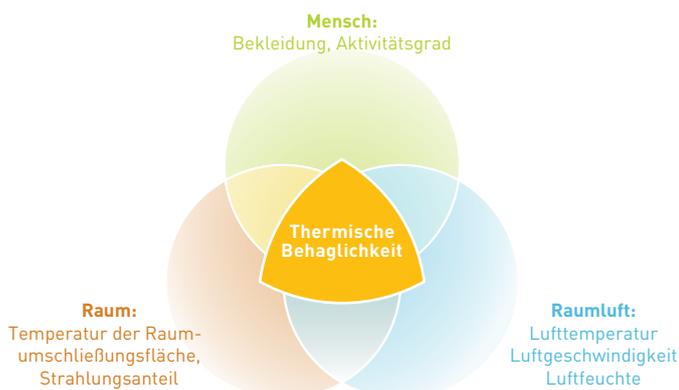


Abb. 3 Thermische Behaglichkeit – Einflussgrößen

Für die Bewertung werden verschiedene Kenngrößen definiert, es werden globale (z. B. die so genannte Empfindungstemperatur) und partikuläre Bewertungskriterien (z. B. der Temperaturunterschied zwischen Kopf und Fuß oder das Zugluftrisiko) unterschieden. Im Zusammenhang mit der Bewertung von Lüftungskonzepten spielt insbesondere das Zugluftrisiko eine Rolle. Damit wird der Anteil der Raumnutzer definiert, der über eine Zugbelastung im Aufenthaltsbereich klagt.

Für die Bewertung des Zugluftrisikos ist eine Klasseneinteilung üblich, Kategorie A (< 10 Prozent Unzufriedene) kennzeichnet die höchste Behaglichkeit, Klasse C (< 30 Prozent Unzufriedene) die niedrigste.

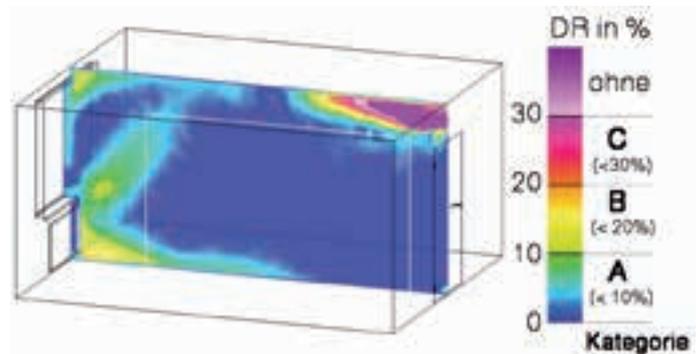


Abb. 4 Zugluftrisiko bzw. Draught Risk - DR in %, Anteil der über Zugluft klagenden Raumnutzer) am Beispiel eines Raumes mit einer Zu-/Abluftanlage in dem die Luftzuführung über der Raumtür erfolgt

Um beim Einsatz von ventilatorgestützter Lüftung das Zugluftrisiko zu minimieren, sind die folgenden Grundsätze zu beachten.

Abluftanlagen und Zuluftanlagen mit nicht erwärmter Zuluft*:

- geringer Abstand Luftzuführung - Heizfläche (z. B. unter dem Fenster unmittelbar oberhalb oder hinter dem Heizkörper),
- gezielte Luftzuführung in den Raum mit dem Ziel der guten Durchmischung von Außenluft und Raumluft und
- optimierte Regelung (z. B. reduzierter Volumenstrom bei niedrigen Außentemperaturen).

Zu-/Abluftanlagen und Zuluftanlagen mit erwärmter Zuluft:

- Anordnung Luftzuführung möglichst im Außenwandbereich, bei Anordnung an der Innenwand nicht unmittelbar über der Zimmertür oder Verwendung von Weitwurfdüsen
- Zulufttemperaturen möglichst im Bereich der Raumlufttemperatur (z. B. durch effiziente Wärmerückgewinnung)

* Nicht erwärmte Zuluft: Zulufttemperatur entspricht der Außenlufttemperatur.

1.3 Nutzerverhalten

Das Lüftungs- und Heizverhalten der Bewohner kristallisiert sich zunehmend als eine wesentliche Einflussgröße auf den Gebäudeenergieverbrauch heraus. Der Nutzer definiert die Ansprüche an die Raumluft (Temperatur und Luftqualität) und greift in die Anlagentechnik ein. Felduntersuchungen zeigen, dass die Lüftungs- und Heizgewohnheiten eine große Bandbreite aufweisen und von einer Vielzahl von Faktoren, z. B.

- Wetter: Temperatur, Wind, Sonne, Niederschlag
- Lebensgewohnheiten: Anwesenheit, Rauchen
- Gebäude: Dichtheit, Fensteranordnung
- Umgebungseinflüsse: Lärm, Staub

beeinflusst werden.

Ein verbesserter Wärmeschutz kann den Energiemehrverbrauch bei höheren Raumtemperaturen teilweise kompensieren. Die Wirkung lässt aber wieder nach, wenn der Luftwechsel durch verstärktes Fensterlüften erhöht wird. Hier bietet der Einsatz von ventilatorgestützten Lüftungssystemen die Möglichkeit, die Nutzergewohnheiten nachhaltig zu verändern. Anfänglich bestanden Unsicherheiten, inwieweit die Nutzer ihre Lüftungsgewohnheiten umstellen, wenn beispielsweise im Zuge von Modernisierungsmaßnahmen Lüftungsanlagen nachgerüstet werden.

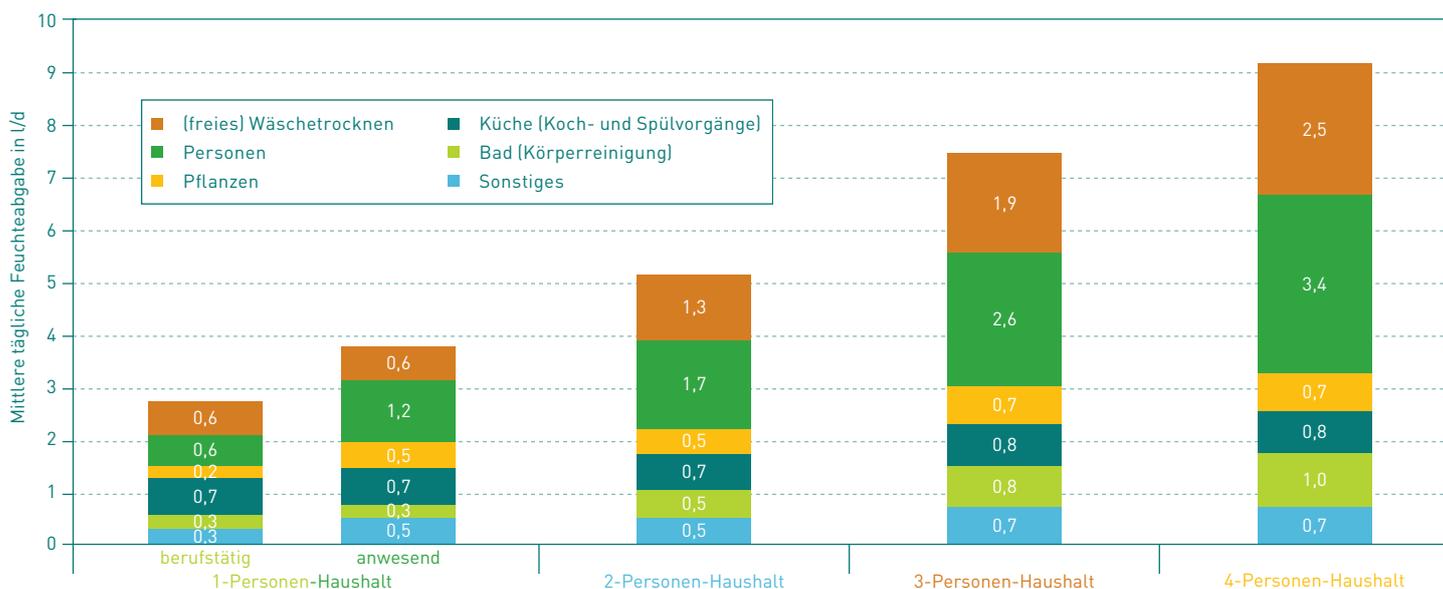
Neuere Untersuchungen zeigen, dass bei entsprechender Nutzerinformation das Fensterlüften in ventilatorgestützt gelüfteten

Wohnungen von vielen Nutzern deutlich reduziert wird und damit das theoretische Energieeinsparpotenzial der Lüftungstechnik auch praktisch annähernd erschlossen werden kann.

Die Feuchteabgabe durch den Nutzer hat einen entscheidenden Einfluss auf den Feuchtehaushalt in Wohnungen. Im Rahmen einer üblichen Nutzung wird Feuchte im Wesentlichen von Personen und Pflanzen sowie beim Kochen und bei der Körper- und Gebäudereinigung sowie ggf. im geringeren Maße bzw. nur teilweise in Wohnungen vorkommend durch Wasserflächen (z. B. Aquarien), Zimmerspringbrunnen oder Luftbefeuchter oder Haustiere freigesetzt. Auch temporäre bzw. nicht nutzungsbedingte Feuchtequellen (z. B. Wasserschäden, Baufeuchte, Spritzwasser, aufsteigendes Grundwasser) können auftreten.

Werden die aktuellen und für heutige Wohnverhältnisse realistischen Ansätze für typische nutzungsbedingte Feuchtequellen zugrunde gelegt, ergibt sich für Modellwohnungen die in Abbildung 5 dargestellte mittlere tägliche Feuchteabgabe. In Abhängigkeit von der Haushaltsgröße und der Nutzungsintensität sind danach bei üblicher Nutzung in einer Wohnung Feuchtelasten zwischen ca. 2 und 9 Litern pro Tag zu erwarten.

In diesem Zusammenhang sei auf das besonders kritische Wäschetrocknen in Wohnungen hingewiesen. Dies sollte aufgrund der hohen Feuchtefreisetzung von mehreren Litern Wasser je Waschmaschine nach Möglichkeit vermieden werden, bzw. muss durch ein geeignetes Lüftungs- und Heizkonzept kompensiert werden.



¹¹ Randbedingungen für alle Szenarien: ein Kochgericht, Spülen, Sonstiges:

1 Pers. 12 h/d; 5 Pflanzen; 1 Bad, 1 Waschmaschine (WM) in 4 d / 1 Pers. 24 h/d; 10 Pflanzen; 1 Bad, 1 WM in 4 d / 2 Pers. je 17 h/d; 10 Pflanzen; 1 Bad; 1 Dusche, 2 WM in 4 d / 3 Pers. je 17 h/d; 15 Pflanzen; 2 Bäder, 1 Dusche, 3 WM in 4 d, Geschirrspüler / 4 Pers. je 17 h/d; 15 Pflanzen; 2 Bäder; 2 Duschen, 4 WM in 4 d, Geschirrspüler

Abb. 5 Mittlere tägliche Feuchteabgabe in Modellwohnungen mit typischen Feuchtelasten 1) nach DIN FB 4108-8

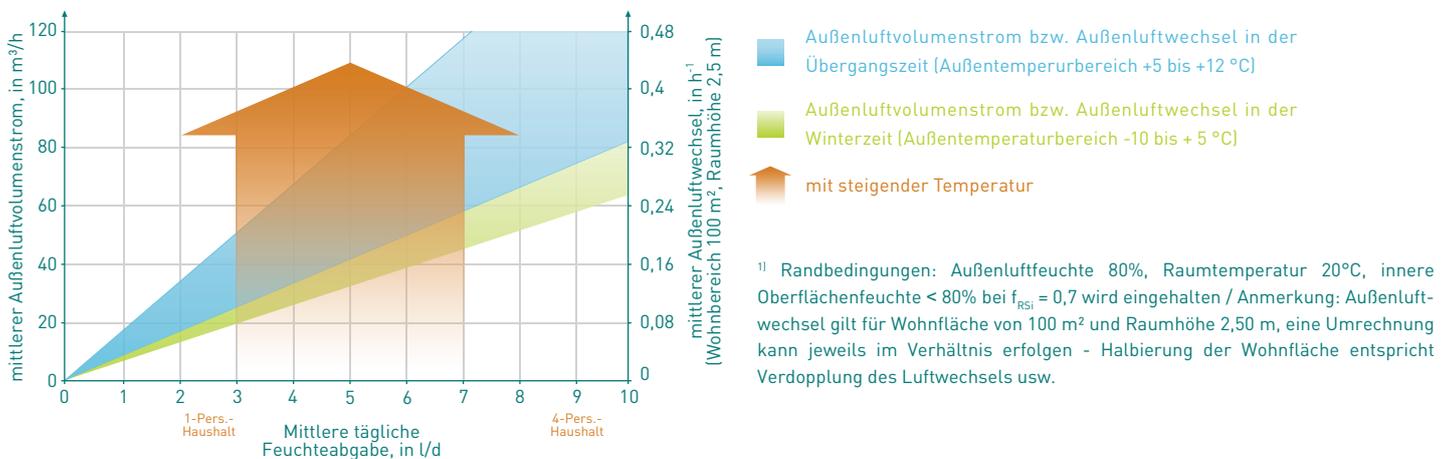


Abb. 6 Erforderlicher mittlerer Außenluftvolumenstrom bzw. Außenluftwechsel zur Schimmelpilzvermeidung in Abhängigkeit von Feuchteabgabe und Jahreszeit ¹⁾

Aus der mittleren täglichen Feuchteabgabe nach Abbildung 5 lässt sich unter Berücksichtigung des Trocknungspotenzials der Außenluft (kalte Luft mit größerem Effekt) ableiten, wie groß der mittlere Außenluftvolumenstrom bzw. Außenluftwechsel zur Ableitung der anfallenden Feuchte unter Vermeidung von Schimmelpilz sein muss (Abb. 6).

Der in der rechten Achse angegebene Außenluftwechsel gilt für eine festgelegte Wohnungsgröße (Wohnfläche 100 m^2 und Raumhöhe 2,50 m). Eine Umrechnung auf andere Wohnungsgrößen kann im Verhältnis erfolgen - die Verdopplung der Wohnfläche bewirkt eine Halbierung des erforderlichen Außenluftwechsels (analoges Vorgehen bei der Raumhöhe).

1.4 Feuchteschutz

Als besonders wichtig für den Feuchteschutz von Baukonstruktionen erweist sich auch die richtige Lüftung von Räumen, um innere Feuchtelasten gezielt abzuführen. Existiert keine Quertlüftung mittels Außenluftdurchlässen (ALD) sowie keine ventilatorgestützte Lüftungsanlage (=nutzerunabhängige Lüftung), muss regelmäßig „frische“ Luft mittels Fensterlüftung zugeführt und so die feuchte Raumluft gegen trockenere Außenluft ausgetauscht werden. Um die Entstehung von Feuchtigkeit an Wandinnenoberflächen bei durchschnittlichen Raumklimabedingungen (Raumlufttemperatur: 20 °C, relative Luftfeuchtigkeit: 50 %) zu vermeiden, muss verhindert werden, dass die relative Raumluftfeuchte an Wandinnenoberflächen größer wird als 80%, da über diesem Wert, gemäß DIN 4108-2 gegebenenfalls Schimmelpilzwachstum auftreten kann.

Die Feuchtesituation und daraus resultierend das Schimmelpilzrisiko in Wohnungen unterliegt vielfältigen Einflüssen. Wesentlich sind

- Raumluftfeuchtigkeit,
- Raumlufttemperatur,
- Innenoberflächentemperaturen von Außenbauteilen, besonders im Bereich potenzieller Wärmebrücken,
- Lüftungssituation, ggf. einschließlich Lüftungstechnischer Maßnahmen,
- Nutzergewohnheiten sowie
- nutzungsbedingte Feuchtequellen (z. B. Duschen, Kochen, Wäsche trocknen).

Die Erfahrung zeigt, dass bereits durch eine moderate Abdichtung der Gebäudehülle z. B. durch den Austausch der Fenster eine deutliche Minderung des Luftaustausches bewirkt werden kann. Dieser aus energetischer Sicht gewünschte Effekt hat aber auch zur Folge, dass die Raumluftfeuchte ansteigt. Nahezu zwangsläufig streicht die Raumluft durch Zirkulation an kälteren Stellen an Außenbauteilen (Wärmebrücken) vorbei. Dadurch wird die Gefahr des Tauwasserausfalls und die Entstehung von Schimmelpilzbefall erhöht. Schimmelpilze können Bauschäden verursachen und zu Asthma, Allergien, aber auch Erkältungskrankheiten führen.

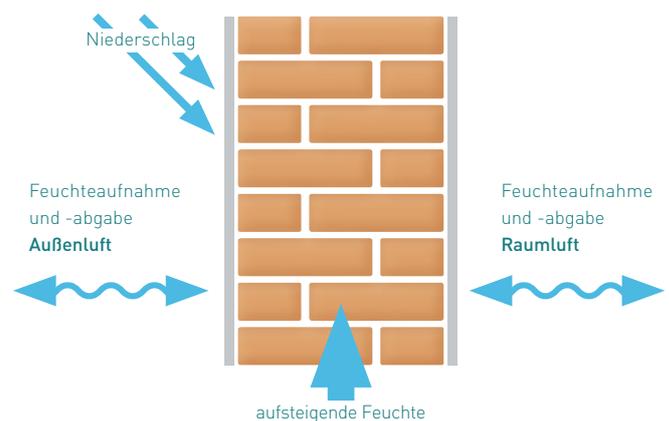


Abb. 7 Feuchtebeanspruchung einer Außenwand

1.5 Luftdichtheit

Ältere Gebäude weisen baulich und funktionell bedingte Undichtigkeiten wie Risse, Spalten und Fugen in der Umfassungs-konstruktion auf, über die ein Luftaustausch stattfindet. In der Vergangenheit konnte daher in vielen Fällen darauf vertraut werden, dass ein Mindestmaß an Lüfterneuerung über erheblich undichte Fenster und die häufig sehr luftdurchlässige Bauweise erfolgte. Dieser Zustand ist heute eher unerwünscht, da der Luftaustausch über undichte Fensterfugen und sonstige bau-liche Leckagen

- häufig wesentlich zu hoch ist und damit den Heizenergie-verbrauch erhöht,
- vom Nutzer nicht zu regulieren ist,
- bei starkem Wind und tiefen Temperaturen zu Beheizungs-problemen und Zugscheinungen führt,
- an zufälligen Stellen im Gebäude auftritt und
- mit dem Risiko der Kondensation von Wasserdampf in der Baukonstruktion
- sowie dem Eindringen von Luftschadstoffen (z. B. Radon) verbunden ist.

Heute zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen, entsprechend der anerkannten Regeln der Technik, dau-erhaft luftundurchlässig ist. Die Gebäudehülle ist mit der Lage und Ausführung der luftdichten Ebene bei einer Sanierung oder Neubau zu planen und fachgerecht auf der Baustelle umzuset-zen. Eine dicke „rote Linie“ im Gebäude- oder Bauteilquerschnitt (Abb. 8) kann sehr helfen, die Lage der umlaufend durchgehen-

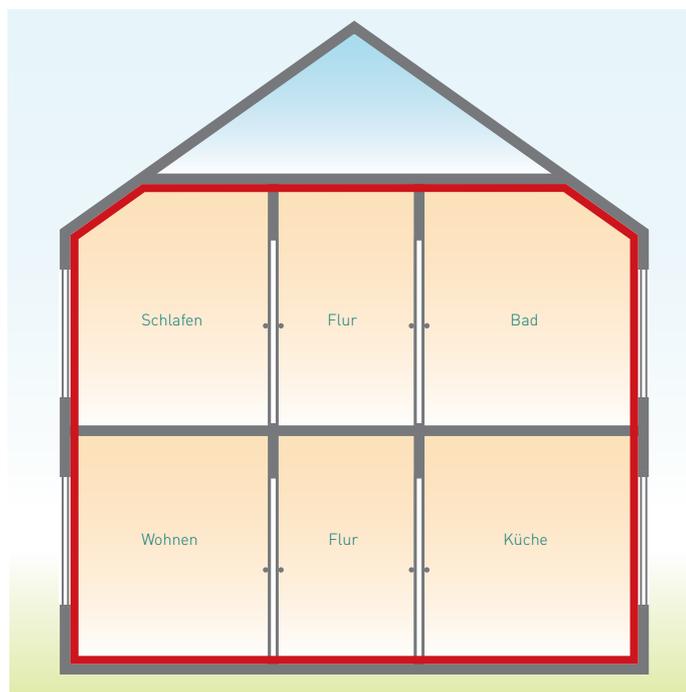


Abb. 8 Lage der umlaufenden luftdichten Ebene von beheizten Wohnbereichen

den luftdichten Ebene festzulegen und Anschlussdetails, wie Wand an Dach, genauer zu planen. Die luftdichte Bauweise soll das Eindringen von warmer und feuchter Raumluft in die Bau-konstruktion wirksam verhindern und damit der Entstehung von Feuchteschäden und Schimmelpilzbefall vorbeugen. Als Maß für die Luftdichtheit eines Wohngebäudes gilt der sogenannte n_{50} -Wert. Dieser wird durch eine Luftdichtheitsmessung ermittelt.

1.5.1 Luftdichtheitsmessung

Die Luftdichtheit wird mit dem Differenzdruck-Messverfahren (auch als „Blower-Door-Test“ bekannt) nach DIN EN ISO 9972 ermittelt. Hierbei wird durch eine Vorrichtung mit einem drehzahlgeregelten Ventilator (Abb. 9), ein Unter- oder Über-druck im Gebäude zwischen Raum- und Außenluft erzeugt. Bei unterschiedlichen Druckdifferenzen werden die vorhandenen Leckagenvolumenströme gemessen und in einer Leckagekurve dargestellt. Die geförderte Luftmenge, die durch diese Leckagen in der Gebäudehülle ein- bzw. ausströmt, ist ein Maß für die Dichtheit der Gebäudehülle. Um die Luftwechselrate n_{50} zu ermitteln, wird die Leckagenluftmenge V_{50} bei 50 Pascal Druckdifferenz auf das beheizte Raumvolumen V bezogen (Abb. 10).

Der n_{50} -Wert dient dem Nachweis gesetzlicher Anforderungen und dem Vergleich von Gebäuden untereinander. Für Passivhausbauten, KfW-Effizienzhäuser und Neubauten nach dem vereinfachten Modellgebäudeverfahren (EnEV-Easy), ist die Messung der Luftdichtheit bereits verpflichtend.

Weitere Informationen erhalten Sie im Kurzfilm „Luftdichtheit Gebäude – Blower-Door-Test“ der Sächsischen Energieagentur unter www.saena.de/themen/thermische-gebaeudehuelle.html



Abb. 9 Eingesetzte Vorrichtung im Türschwelle für die Messung der Luftdichtheit

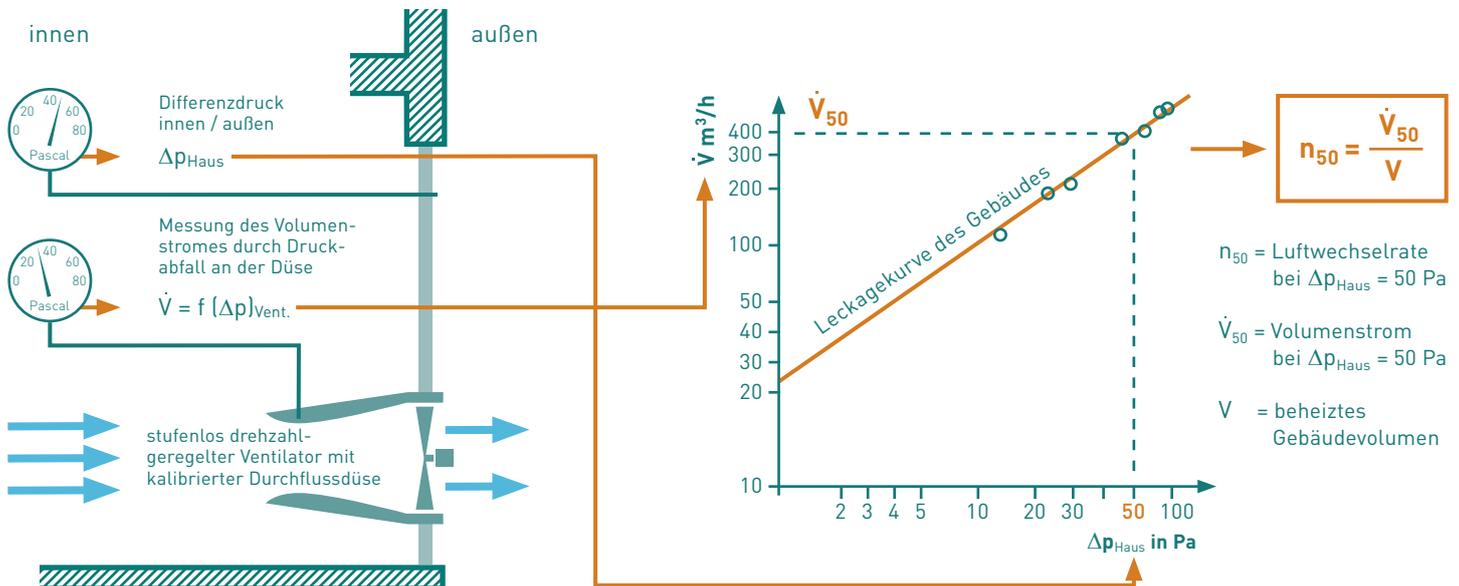


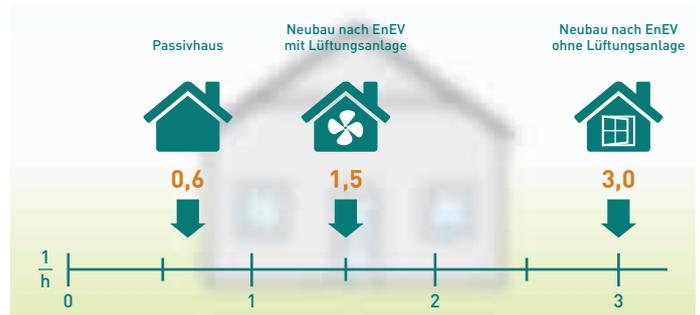
Abb. 10 Messprinzip Differenzdruckmessverfahren

Tip! Luftdichtheitsmessung zur Qualitätssicherung

Die Luftdichtheitsmessung eines Gebäudes dient nicht nur dem Nachweis der Luftdichtheit, sondern hilft vor allem auch die baulichen Ausführungen an der luftdichten Ebene zu überprüfen und zu verbessern. Eine Messung sollte daher immer bei komplexen Baumaßnahmen im Neubau wie auch in der Sanierung durchgeführt werden und auch Bestandteil des Bauvertrages sein. Wenn die Arbeiten an der luftdichten Ebene komplett abgeschlossen und diese noch zugänglich sind (z. B. keine Trockenbauverkleidung), wäre der geeignetste Zeitpunkt für die Messung.

1.5.2 Gesetzliche Anforderungen

Durch die Energieeinsparverordnung (EnEV) werden Anforderungen an die Luftdichtheit bei neu errichteten Gebäuden gestellt. Für Neubauten wird eine dauerhaft luftundurchlässige Ausführung der Gebäudehülle gefordert (siehe Abb. 11). Gleichzeitig ist der für Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sicherzustellen. Soll eine Lüftungsanlage eingesetzt werden, so sind die Anforderungen an die Dichtigkeit höher. Nachweislich luftdichte Gebäude werden im EnEV-Nachweis mit einem Bonus bedacht (anzusetzende Luftwechselrate n darf bei freier Lüftung von 0,7/h auf 0,6/h gesenkt werden). Anhaltswerte sind in DIN 4108-7, DIN V 4108-6 und DIN V 18599-2 beschrieben, sind jedoch nicht als Anforderungen an die Luftdichtheit von Bestandsgebäuden zu verstehen. Werden Gebäude umfangreich saniert, sollten die Anforderungen für zu errichtende Gebäude aber als Maßstab dienen.

Abb. 11 Übersicht geforderte n_{50} -Werte für Wohngebäude

Die Lüftungsnorm DIN 1946-6 fordert, für neu zu errichtende oder lüftungstechnisch relevant (z. B. Austausch von mehr als einem Drittel der Fenster) zu modernisierende Gebäude mit einem sogenannten Lüftungskonzept festzustellen, ob für die betroffenen Wohnungen eine lüftungstechnische Maßnahme (LTM) erforderlich ist. (siehe Kapitel 7.1 / 11.2).

Eine im Mai 2015 durchgeführte Studie unter Mitgliedsunternehmen vom Fachverband Luftdichtheit im Bauwesen (FLiB e.V.) ergab, dass die durchschnittlich ermittelte Luftwechselrate deutlich unter dem von der EnEV geforderten Grenzwert liegt. Bei der Umfrage ist auf die Unterscheidung nach Lüftungsverfahren verzichtet worden, da primär gezeigt werden sollte, dass luftdichte Gebäude heutzutage ohne Schwierigkeiten zu erreichen sind, sowohl im Neubau als auch im Bestand.

Für Passivhäuser darf der n_{50} -Wert nicht über 0,6 liegen. Im Zeitraum 2010 bis 2014 wurden in Sachsen über das Förderprogramm Energie und Klimaschutz EuK/2007 unter anderem auch über 150 Passivhausneubauten gefördert, bei denen die n_{50} -Werte zwischen 0,1 – 0,6 lagen.

2 Fensterlüftung

Wie in den Grundlagen beschrieben, ist die Lüftung von Wohnräumen von zahlreichen Faktoren abhängig. Wesentlich sind die baulichen Gegebenheiten und das Nutzerverhalten. Ob ein Bewohner täglich seine Wohnung mit ausreichender Frischluft über die Fenster versorgen kann, hängt von seinem tatsächlichen Lüftungsverhalten ab.

Unter Fensterlüftung, oft auch manuelle Lüftung genannt, wird das Öffnen der Fenster durch den Nutzer verstanden. Dabei wird zwischen zwei Lüftungsarten unterschieden:

- Stoßlüftung: kurzzeitig geöffnete Fenster
- Dauerlüftung: dauerhaft geöffnete Fenster

Die Wirksamkeit der Fensterlüftung ist abhängig von:

- der Fensterform,
- der Öffnungsfläche und
- der räumliche Anordnung.

Wie sich die Luftvolumenströme und der Luftwechsel in Abhängigkeit von der Fensterstellung verhalten, zeigt folgende Beispielrechnung:

Fensterstellung	Luftvolumenstrom durch Fenster in m ³ pro Stunde Lüften [in m ³ /h]	Luftwechsel im Raum in Abhängigkeit vom Raumluftvolumen mit V = 75...25 m ³ in Luftwechsel pro Stunde [1/h ⁻¹]
Fenster klein (lichte Maße: max. b x h = 0,8 m x 1,2 m)		
einseitig, gekippt	60	ca. 1 ... 2
einseitig, komplett offen	670	ca. 9 ... 27
gegenüberliegend, gekippt	250	ca. 3 ... 10
gegenüberliegend, komplett offen	2.800	ca. 40 ... 110
Fenster groß (lichte Maße: b x h = 1,0 m x 2,0 m)		
einseitig, gekippt	90	ca. 1 ... 4
einseitig, komplett offen	1.680	ca. 23 ... 67
gegenüberliegend, gekippt	320	ca. 4 ... 13
gegenüberliegend, komplett offen	5.840	ca. 80 ... 230

Tab. 2 Größenordnung des Luftwechsels in Abhängigkeit der Fensterstellung

Es wird deutlich, dass der größte Luftaustausch bzw. Luftvolumenstrom erreicht wird, wenn zwei gegenüberliegende Fenster komplett geöffnet sind. Üblicherweise wird ein Mindestluftwechsel in Wohnräumen von 0,5 Raumvolumina pro Stunde empfohlen. Dies bedeutet, dass die Hälfte der Raumluft in einer Stunde ausgewechselt werden soll. Die rechte Spalte zeigt die möglichen Luftwechsel, wenn die Fensterlüftung eine Stunde durchgeführt wird. Durch eine verkürzte Stoßlüftung kommt

ein wesentlich geringerer Luftwechsel zu Stande. Zur Vermeidung hoher Lüftungswärmeverluste ist eine Stoßlüftung je nach Raumvolumen und Jahreszeit mehrmals am Tag notwendig. Eine Empfehlung, wie lange in welcher Jahreszeit gelüftet werden sollte, ist abhängig von der Funktion und Nutzung des Raumes. Eine dauerhafte Kippstellung der Fenster sollte jedoch im Regelfall vermieden werden, da diese zu höheren Heizkosten führt und umliegende Bauteile stärker auskühlen.



Eine Ausnahme stellt hier die dauerhafte Kipplüftung im Schlafzimmer dar. Da im Schlafzimmer die Raumtemperatur in der Regel niedriger ist als in ständig genutzten Räumen (z. B. Wohn- oder Kinderzimmer), stellt die Kipplüftung aufgrund einer deutlich niedrigeren Taupunkttemperatur hier zumeist kein Problem dar. Die Fensterlüftung ist kein Lüftungssystem nach DIN 1946-6. Sie wird bei der Auslegung der Lüftungssysteme nicht berücksichtigt. Selbstverständlich dürfen bei allen Lüftungssystemen zeitweise, z. B. bei intensiver Küchennutzung, die Fenster geöffnet werden.



Tipp! Richtige Fensterlüftung

- Alle Räume abhängig von Funktion, Jahreszeit und Nutzung mehrmals am Tag stoßlüften
- Nach Luftfeuchteanstieg und Geruchsbelastung lüften, besser CO₂-Messgerät mit Warnsignal nutzen
- Beim Stoßlüften gegenüberliegender Räume auf geöffnete Innentüren achten
- Ständig gekippte Fenster vermeiden
- Stoßlüften des Bades nach dem Duschen oder Baden
- Mehr Lüften und Heizen beim Wäschetrocknen
- Nach Sanierungen Lüftungsgewohnheiten überprüfen und ggf. anpassen
- Bei restlicher Baufeuchte verstärkt heizen und lüften
- Kellerräume wenn möglich entsprechend **Kapitel 6.2** belüften

Weitere Hinweise siehe **Kapitel 7.5 Mietrecht**.

3 Lüftungssysteme nach DIN 1946-6

Die DIN 1946-6 gibt Hilfen zur Auslegung von Lüftungssystemen und die Erstellung von Lüftungskonzepten. Die Lüftungssysteme stehen für eine nutzerunabhängige Lüftung und werden nach ihrem Wirkprinzip unterschieden. Bei den freien Lüftungssystemen wird zwischen der Querlüftung zum Feuchteschutz, der Querlüftung und der Schachtlüftung unterschieden.

Bei den ventilatorgestützten Lüftungssystemen wird hingegen zwischen Abluft-, Zuluft- sowie Zu-/Abluftsystemen unterschieden. Der durch Undichtheiten der Gebäudehülle verursachte Luftvolumenstrom (Infiltration) wird nach DIN 1946-6 nicht als eigenständiges Lüftungskonzept betrachtet, jedoch bei der Auslegung der Lüftungssysteme berücksichtigt.

Sind in undichten Gebäuden (z. B. im unsanierten Gebäudebestand) nach DIN 1946-6 keine Lüftungstechnischen Maßnahmen erforderlich, kann der Nutzer durch die Kombination von Infiltrationslüftung mit Fensterlüftung (regelmäßiges Fensteröffnen) die Wohnungslüftung realisieren. Auch wenn ein Lüftungssystem vorhanden ist, kann die Lüftung jederzeit durch Fensterlüftung, z. B. zur Intensivlüftung bei hohen Feuchtespitzen und Schadstoff- bzw. Geruchsbelastungen, unterstützt werden.

3.1 Freie Lüftung

Als freie Lüftung wird im Sinne der DIN 1946-6 der Einbau von Lüftungskomponenten ohne Ventilator verstanden. Das Öffnen der Fenster (Fensterlüftung) ist also nach DIN 1946-6 kein System der freien Lüftung.

Antreibende Kräfte für den Luftaustausch bei freier Lüftung sind witterungsbedingte Druckdifferenzen am und im Gebäude, verursacht durch Windkräfte und/ oder Temperaturdifferenzen zwischen innen und außen. Nach der maßgeblichen Antriebskraft wird zwischen Quer- und Schachtlüftung unterschieden.

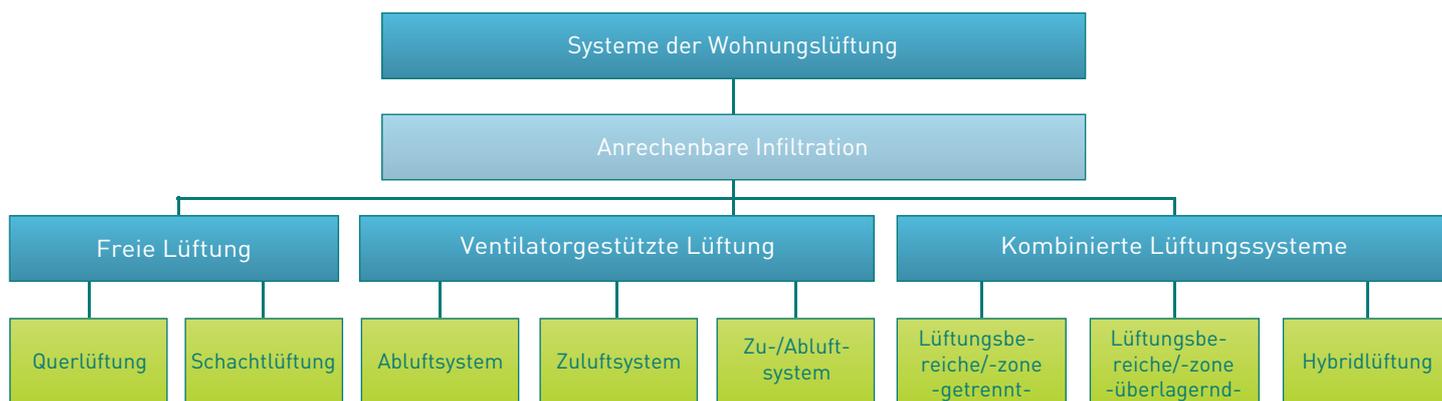


Abb. 12 Lüftungssysteme nach DIN 1946-6

3.1.1 Querlüftung

Querlüftung ist eine Form der freien Lüftung, die überwiegend durch Winddruck auf die Gebäudeaußenflächen entsteht (Abb. 14). Die horizontale Antriebskraft resultiert aus der Druckdifferenz zwischen angeströmter (Luv) und nicht angeströmter (Lee) Gebäudeseite. Je größer die Windgeschwindigkeit, desto größer der Luftaustausch.

Überschlägig kann die Druckdifferenz an einer direkt angeströmten Fassade ermittelt werden.

$$\rightarrow \text{Druckdifferenz} = \text{Dichte Außenluft (bei } 0^\circ\text{C)} / 2 \times \text{Windgeschwindigkeit}^2$$

$$\rightarrow \Delta p = 1,29 \text{ kg/m}^3 / 2 \times (5,4 \text{ m/s})^2 = 18,8 \text{ Pa}$$

Bereits bei Windstärke 3 nach der Beaufort-Skala (schwache Brise mit Windgeschwindigkeiten 3,4 bis 5,4 m/s) ergibt sich eine Druckdifferenz von ca. 7 bis 19 Pa.



Abb. 13 Beispiel Außenluftdurchlass (ALD) am Fenster

Im technischen Sinne wird unter Querlüftung nicht vordergründig die Luftströmung durch Undichtheiten der Gebäudehülle, sondern vielmehr die Luftströmung durch gezielte Öffnungen in

→ 12 | Wie lüften?

der Gebäudefassade, sogenannten Außenluftdurchlässen (ALD), verstanden. Dabei kann zwischen herkömmlichen ALD und „intelligenten“ ALD (Abb. 13) differenziert werden. Letztere regeln den Luftaustausch zwischen Außen und Innen anhand einer Führungsgröße (z. B. relative Raumluftfeuchte).

Die Dimensionierung der Lüftungskomponenten - Außenluftdurchlässe in der Gebäudehülle und Überströmluftdurchlässe zwischen den Räumen (Abb. 20 und Abb. 23) - kann für die Lüftung zum Feuchteschutz oder für reduzierte Lüftung erfolgen.

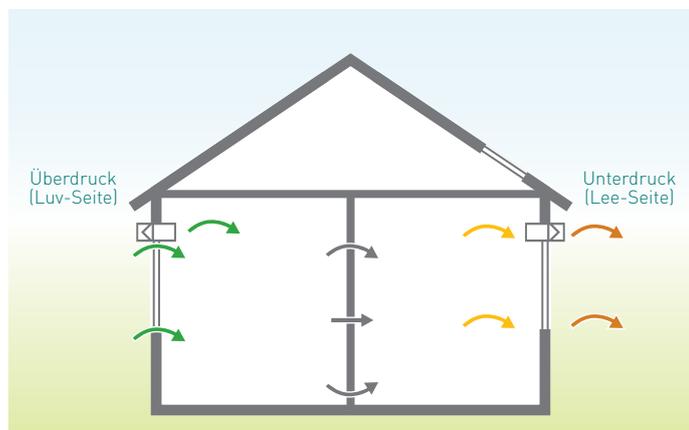


Abb. 14 Funktionsschema Freie Lüftung – Querlüftung

Vorteile – Querlüftung:

- geringe Investitionskosten
- kein Hilfsenergieverbrauch
- Feuchteschutz realisierbar
- sehr gute Nachrüstbarkeit

Nachteile – Querlüftung:

- abhängig von Windrichtung und -stärke und thermischem Auftrieb (Temperaturdifferenz innen – außen)
- abhängig von der Stellung der Zwischentüren
- abhängig von baulichen Gegebenheiten
- keine Wärmerückgewinnung = hohe Lüftungswärmeverluste

3.1.2 Schachtlüftung

Die vertikale Antriebskraft für die Schachtlüftung resultiert aus der Temperaturdifferenz zwischen Außenluft und Raumluft und den damit verbundenen Dichteunterschieden und ist von der Höhe der Gebäude abhängig.

$$\begin{aligned} \rightarrow \text{Druckdifferenz} &= [\text{Dichte Außenluft (bei } 0^\circ\text{C)} - \text{Dichte Raumluft (bei } 20^\circ\text{C)}] \times \text{Höhendifferenz} \times \text{Fallbeschleunigung} \\ \rightarrow \Delta p &= [1,29 - 1,20] \text{ kg/m}^3 \times 10 \text{ m} \times 9,81 \text{ m/s}^2 = 8,8 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Die Schachtlüftung gehört zur freien Lüftung und entsteht überwiegend durch thermischen Auftrieb in senkrechten Lüftungsschächten oder in offenen Treppenhäusern. Die Außenluft wird über Leckagen in der Gebäudehülle beziehungsweise über ALD angesaugt. Früher kam die Schachtlüftung sehr oft zum Einsatz. Stattdessen werden heute vorrangig ventilatorgestützte Lüftungssysteme eingebaut.

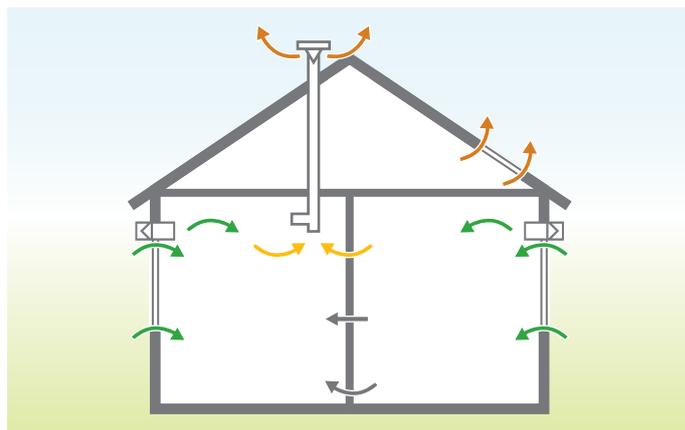


Abb. 15 Funktionsschema Freie Lüftung – Schachtlüftung

Vorteile – Schachtlüftung:

- einfache Lösung
- kein Hilfsenergieverbrauch
- Feuchteschutz realisierbar

Nachteile – Schachtlüftung:

- Witterungsabhängigkeit (Temperatur innen – außen und Auftriebshöhe im Gebäude)
- unterschiedliche Wirksamkeit Sommer – Winter
- Nutzerabhängigkeit (im Sommer)
- keine Wärmerückgewinnung = hohe Lüftungswärmeverluste

3.2 Ventilatorgestützte Lüftung

Bei einer ventilatorgestützten Lüftung wird durch ein einzelnes zentral positioniertes Lüftungsgerät oder mehrere dezentrale kleinere Lüftungsgeräte eine kontinuierliche Versorgung mit „frischer“ und unbelasteter Außenluft gewährleistet. Durch den Einsatz von Filtern kann zudem das Eindringen von Pollen, Sporen und (Fein-) Staub sowie Insekten verhindert werden. Mit Hilfe einer permanenten Abluft können CO₂, Schadstoffe, Gerüche und Feuchte direkt abgeführt werden. Beim Einsatz einer Wärmerückgewinnung werden Lüftungswärmeverluste wesentlich reduziert und somit der Heizwärmebedarf gesenkt. Besonders in lauten Wohnregionen kann das Weglassen der Fensterlüftung Schutz vor Außenlärm, erhöhter Einbruchschutz, Komfortgewinn und Zeitersparnis bringen.

3.2.1 Zuluftsysteme

Ein Zuluftsystem ist eine Lüftungsanlage oder ein Lüftungsgerät mit ventilatorgestützt geförderter Zuluft. Die Abluft strömt als Fortluft über Leckagen in der Gebäudehülle beziehungsweise über Außenluftdurchlässe (ALD) aus der Wohnung ins Freie. Es werden zentrale (Abb. 16) und dezentrale Zuluftsysteme (Abb. 17) unterschieden. Zuluftanlagen sind für die Nutzung von regenerativer Energie geeignet. Durch einen vorgeschalteten Solarluftkollektor oder Erdreich-Wärmeübertrager kann die kalte Zuluft vorgewärmt werden. Eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft ist bei Zuluftsystemen nicht möglich.

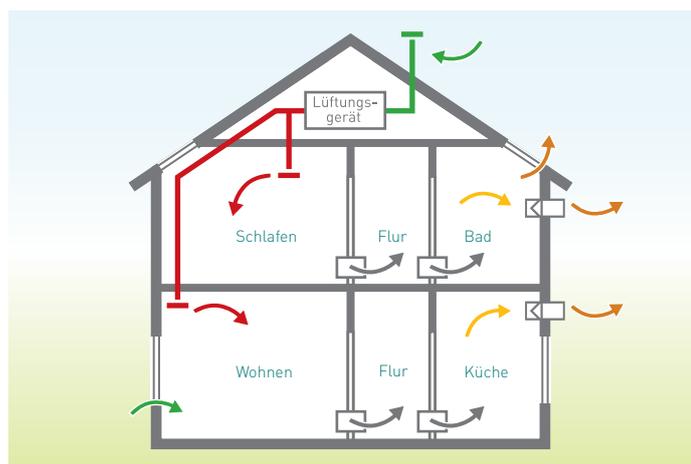


Abb. 16 Funktionsschema Ventilatorgestützte Lüftung – Zuluftsystem (zentral)

Vorteile – Zuluftsystem (zentral):

- gute Nachrüstbarkeit
- Schalldämpfung und Luftfilterung möglich
- Einbindung regenerativer Energie (z. B. Solarluftkollektor, Erdreich-Wärmeübertrager)

Nachteile – Zuluftsystem (zentral):

- Überdruck im Raum bauphysikalisch umstritten (feuchte Raumluft kann in die Umhüllungskonstruktion eindringen und bei Abkühlung dort kondensieren → Feuchtebauschäden)
- Platzbedarf für Luftverteilung
- Hilfsenergieverbrauch
- keine Wärmerückgewinnung = hohe Lüftungswärmeverluste

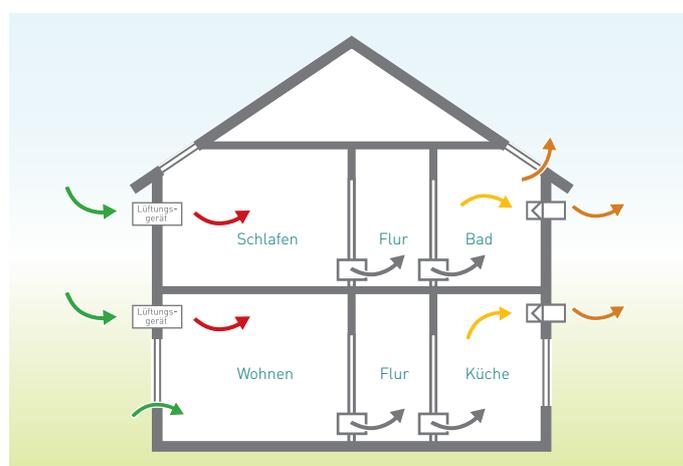


Abb. 17 Funktionsschema Ventilatorgestützte Lüftung – Zuluftsystem (dezentral)

Vorteile – Zuluftsystem (dezentral):

- günstige Investitionskosten
- gute Nachrüstbarkeit
- geringer Platzbedarf

Nachteile – Zuluftsystem (dezentral):

- Überdruck im Raum bauphysikalisch umstritten (Feuchte Raumluft kann in die Umhüllungskonstruktion eindringen und bei Abkühlung dort kondensieren → Feuchtebauschäden)
- Hilfsenergieverbrauch
- Schallprobleme
- keine Wärmerückgewinnung = hohe Lüftungswärmeverluste
- höhere Heizkosten
- kalte Zuluft mit Zugluftrisiko

Legende für die schematischen Darstellungen

AUL	— Außenluft		Wohnungslüftungsgerät
ZUL	— Zuluft		Außenluftdurchlass (ALD)
ABL	— Abluft		Überström-Luftdurchlass (ÜLD)
FOL	— Fortluft		Leitungsgebundener Luftdurchlass
IDA	— Raumluft		

3.2.3 Zu-/Abluftsysteme

Ein Zu-/Abluftsystem ist eine Lüftungsanlage oder ein Lüftungsgerät mit ventilatorgestützt geförderter Zuluft und ventilatorgestützt geförderter Abluft. Es werden zentrale (Abb. 21) und dezentrale Zu-/Abluftsysteme (Abb. 22) unterschieden. Eine Wärmerückgewinnung aus der Abluft ist durch Abluft-Zuluft-Wärmeübertrager, durch Abluft-Wärmepumpen und durch Kombinationen dieser Komponenten möglich. Üblich ist auch die Nutzung von regenerativer Energie durch einen vorgeschalteten Erdreich-Luft-Wärmeübertrager bzw. Sole-Luft-Wärmeübertrager.

Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung entsprechen dem Stand der Technik und gehören seit über 25 Jahren zur Standardausstattung von Passivhäusern.

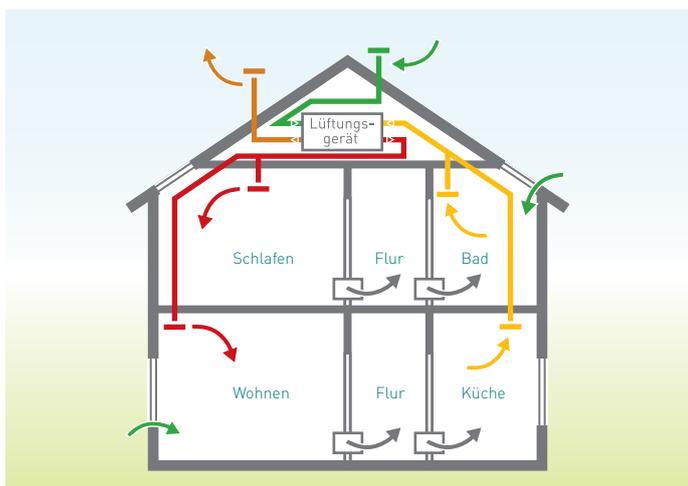


Abb. 21 Funktionsschema Ventilatorgestützte Lüftung – Zu-/Abluftsystem (zentral)

Vorteile – Zu-/Abluftsystem (zentral):

- große Variabilität (bis hin zur Luftheizung und Klimatisierung)
- Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung
- Raumluftqualität/ Behaglichkeit
- kontrollierte Zufuhr von „Frischluft“ und Abfuhr von Feuchte, Gerüchen und Schadstoffen
- effektive Außenluftfilter (größere Filterfläche, für Allergiker geeignet)
- geringe Geräuschbelastigung (Fenster können geschlossen bleiben, gute Schalldämmung)

Nachteile – Zu-/Abluftsystem (zentral):

- hohe Investitionskosten
- hoher Platzbedarf
- Hilfsenergieverbrauch
- Wartungsaufwand (regelmäßiger Filterwechsel)

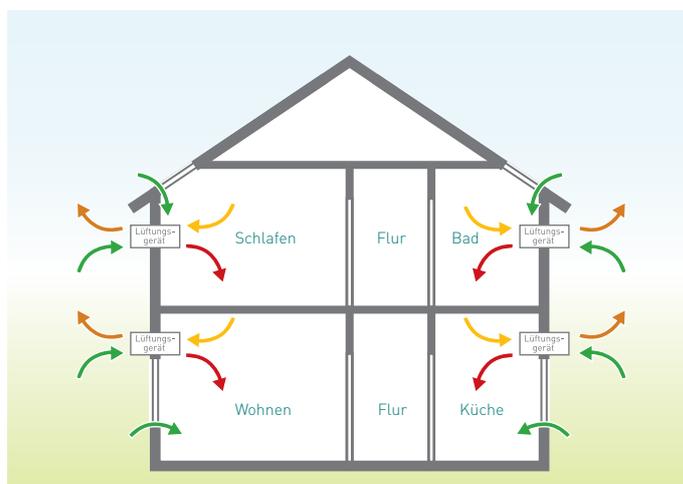


Abb. 22 Funktionsschema Ventilatorgestützte Lüftung – Zu-/Abluftsystem (dezentral) (Einzelgerät)

Vorteile – Zu-/Abluftsystem (dezentral; als Einzelgerät):

- einfache Lösung in Problemräumen (Minderung Schadensrisiko, Feuchte- und Geruchsabfuhr, hoher Umgebungslärm)
- Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung
- sehr gute Nachrüstbarkeit
- Filterung der Außenluft (für Allergiker geeignet)

Nachteile – Zu-/Abluftsystem (dezentral; als Einzelgerät):

- Schallschutz (z. B. in Schlafräumen)
- Hilfsenergieverbrauch
- Denkmalschutz
- Luftaustausch im Raum begrenzt (teilweise geringere Lüftungseffektivität in Abhängigkeit von der Konstruktion)
- Kondensatablauf problematisch



Abb. 23 Luft-Überströmelement für den Wandeinbau

3.3 Kombinierte Lüftungssysteme

Werden in einer Wohnung mehrere Lüftungssysteme eingesetzt, spricht man nach DIN 1946-6 von kombinierten Lüftungssystemen. Dabei können grundsätzlich alle unter freier und ventilatorgestützten Lüftung beschriebenen Lösungen in unterschiedlichen Konstellationen kombiniert werden.

3.3.1 Getrennte Lüftungsbereiche

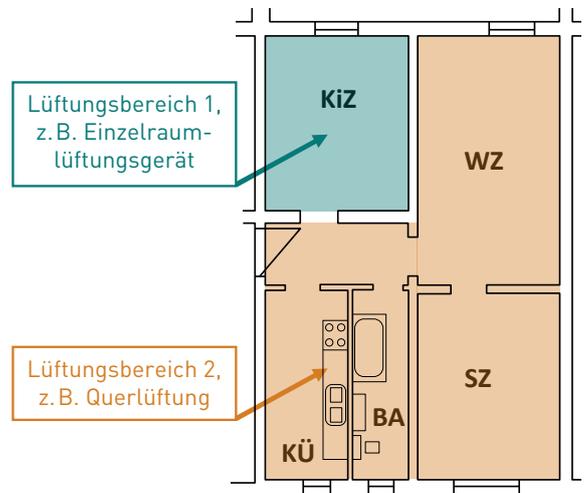
Gibt es zwischen den Lüftungssystemen in einer Wohnung keine wesentlichen Wechselwirkungen hinsichtlich der Luftvolumenströme und der Differenzdrücke, handelt es sich um getrennte Lüftungsbereiche. Zum Beispiel könnte im Schlafzimmer der Wohnung ein dezentrales Zu-/Abluftgerät installiert sein, für die übrigen Räume könnte eine Querlüftung vorgesehen sein. Beide Systeme funktionieren dann auch bei geschlossener Schlafzimmertür (und ohne Überströmluftdurchlass zwischen Schlafzimmer und Flur) sachgerecht und normenkonform (Grafik 1).

3.3.2 Überlagernde Lüftungsbereiche

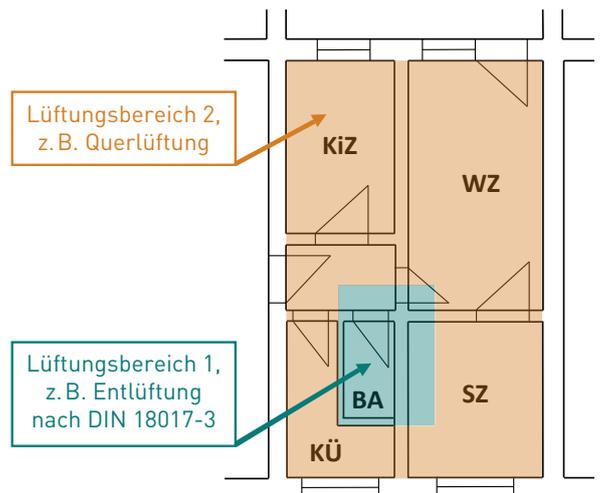
Gibt es zwischen den Lüftungssystemen in einer Wohnung wesentliche Wechselwirkungen hinsichtlich der Luftvolumenströme und der Differenzdrücke, handelt es sich um überlagernde Lüftungsbereiche. Zum Beispiel könnte im innenliegenden Bad der Wohnung eine Entlüftungsanlage nach DIN 18017-3 installiert sein, für die übrigen Räume könnte eine Querlüftung vorgesehen sein. Bei der Auslegung der Querlüftung muss der Unterdruck der Entlüftungsanlage in Verbindung mit dem für die Luftnachströmung notwendigen Überströmluftdurchlass zwischen Bad und Flur berücksichtigt werden (Grafik 2).

3.3.3 Hybridlüftung

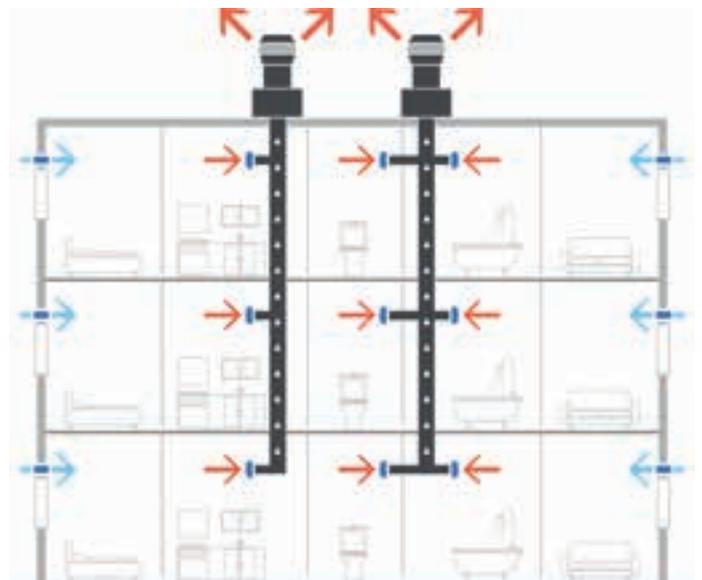
Bei der Hybridlüftung werden zwei Systeme so kombiniert, dass zeitweise ein System und die übrige Zeit das zweite System für die Wohnungslüftung sorgt. Typisches Beispiel ist eine Schachtlüftung, die im Winterfall die Lüftung sicherstellt, in der Übergangszeit wegen der geringeren Temperaturdifferenzen aber durch einen Abluftventilator im Lüftungsschacht (in der Regel als Bypasslösung) unterstützt wird. Die Auslegung einschließlich der Festlegung der maßgeblichen Lüftungsstufe erfolgt nach DIN 1946-6 für das in der Heizperiode überwiegend betriebene Lüftungssystem.



Grafik 1: Beispiel für getrennte Lüftungsbereiche



Grafik 2: Beispiel für überlagernde Lüftungsbereiche



Grafik 3: Schema Hybridlüftung

4 Komponenten von zentralen Lüftungsanlagen

Zentrale Lüftungsanlagen bestehen in der Regel aus einem zentralen Lüftungsgerät mit abgehenden Zu- und Abluft- sowie Außenluft- und Fortluftleitungen und vielen weiteren Bauteilen. Am Markt steht eine Vielzahl an Lüftungsgeräten und Luftverteilsystemen zur Verfügung. Bei der Auswahl geeigneter Komponenten spielen im Wesentlichen die mögliche Einbausituation (z. B. unter oder in Decke), die benötigte Luftqualität sowie die Wartung eine große Rolle. In den folgenden Kapiteln wird eine Auswahl von wichtigen Komponenten einer zentralen Lüftungsanlage übersichtlich dargestellt.

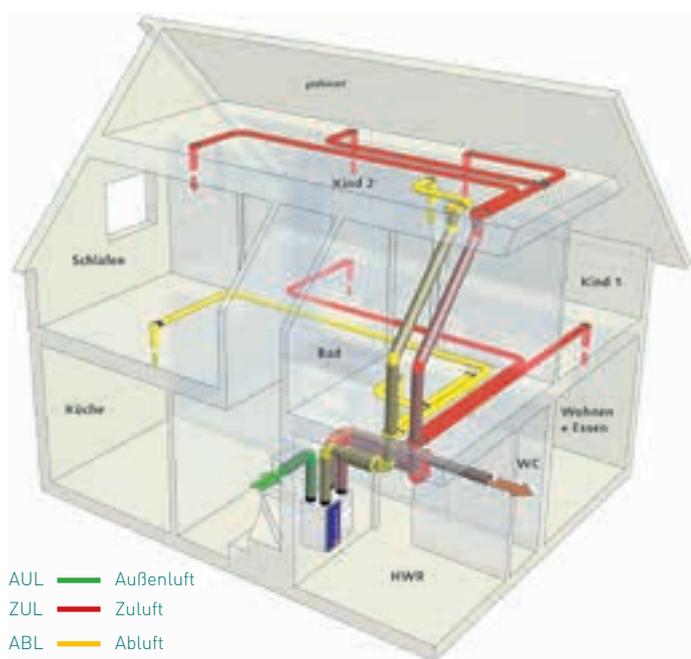


Abb. 24 Komponenten von zentralen Lüftungsanlagen

4.1 Zentrale Lüftungsgeräte

Zentrale Lüftungsgeräte behandeln (beheizen, filtern, kühlen, etc.) die transportierte Luft an zentraler Stelle im Gebäude für mehrere zu versorgende Bereiche. Stand der Technik bei Neubauten (insbesondere im Ein- und Zweifamilienhaus) sind Geräte mit Wärmerückgewinnung oder ggf. in Kombination mit einer Wärmepumpe zur Heizung und Warmwasserbereitung.

Mit Hilfe einer Wärmerückgewinnung (WRG) in einem Lüftungsgerät kann fast die gesamte Wärmeenergie eingespart werden, die durch eine reine Fensterlüftung oder Abluftanlage nach außen verloren gehen würde. Dabei wird die in der Abluft enthaltene Wärme aus den Wohnräumen im Wärmeübertrager auf die Außenluft meist kontaktlos übertragen (Abb. 25). Die somit vorgewärmte Zuluft der Wohnräume erreicht je nach Art des Wärmeübertragers annähernd die Temperatur der Abluft.

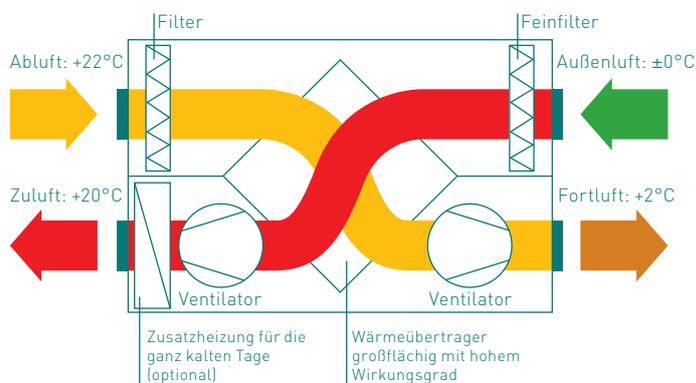


Abb. 25 Funktionsprinzip zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung

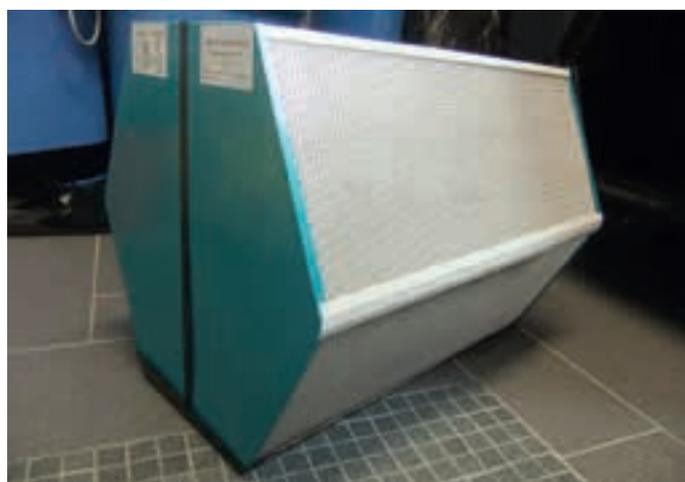


Abb. 26 Beispiel Kreuzstromwärmeübertrager

Die Heizung des Gebäudes muss nur noch den verbleibenden sehr geringen Temperaturunterschied zwischen der gewünschten Raumtemperatur und der Zulufttemperatur zur Verfügung stellen. Die Güte oder Höhe der Wärmerückgewinnung wird mit dem Begriff des Wärmerückgewinnungsgrades beschrieben. Dieser liegt heutzutage bei den meisten Geräten bei 80 bis 90 %.

Je nach bereitzustellendem Zuluftvolumen bzw. Luftvolumen der Wohneinheit gibt es unterschiedliche Größen von Lüftungsgeräten. Diese können zum Beispiel im Haustechnikraum stehen oder an der Wand befestigt sein, bzw. bei kleineren Geräten ist auch eine Installation hinter Trockenbauwänden- und -decken möglich.

Wichtig ist hierbei, die Zugänglichkeit für Wartungsarbeiten sowie Filterwechsel zu gewährleisten. Weiterhin ist ein Kondensatablauf im Bereich dieser Geräte vorzusehen.

Speziell für hocheffiziente Neubauten können auch Hybridlösungen zum Lüften, Heizen und zur Warmwasserbereitung eingesetzt werden. Sogenannte „Wärmepumpenkompaktgeräte“ haben oft eine im Lüftungsgerät integrierte Luft/Wasser-Wärmepumpe (Abb. 29).

→ 18 | Wie lüften?



Abb. 27 Zentrales Wohnungslüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung für kleinere Wohneinheiten



Abb. 29 Lüftungskompaktgerät mit Wärmerückgewinnung und Luft-/Wasser-Wärmepumpe für Trinkwasser und/oder Heizwasser



Abb. 28 Zentrales Wohnungslüftungsgerät mit WRG

Der Einbau einer Luft/Wasser-Wärmepumpe im Gerät erfolgt oft in den Fortluftkanal nach dem Wärmeübertrager.

Die Wärmepumpe nutzt dabei die verbleibende Restwärme in der Fortluft, da diese immer noch einige °C über der angesaugten Außenlufttemperatur liegt. Mit diesen Wärmepumpensystemen kann ein integrierter oder separater Warmwasser- oder Pufferspeicher aufgeheizt aber auch ein Zuluftnacherhitzer angeschlossen werden. Zusätzlich benötigte Wärme wird oft elektrisch bereitgestellt, was aber wiederum zu höheren Stromkosten führen kann. Optional kann eine thermische Solaranlage, ein Kaminofen oder ein herkömmlicher Heizkessel integriert werden.

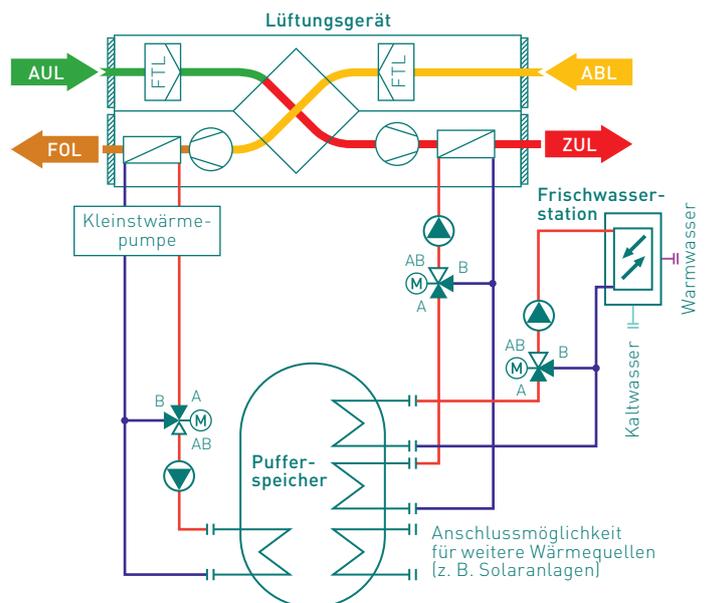


Abb. 30 Funktionsschema Lüftungskompaktgerät mit Wärmerückgewinnung und Luft-/Wasser-Wärmepumpe



Tipp! Übersicht für Wohnungslüftungsgeräte

Das europäische Testzentrum für Wohnungslüftungsgeräte (TZWL) e.V. veröffentlicht regelmäßig eine aktuelle „Liste für Wohnungslüftungsgeräte mit und ohne Wärmerückgewinnung“. Sie enthält Detailinformationen über eine Vielzahl an verfügbaren Wohnungslüftungsgeräten in Deutschland. Mit Hilfe der Liste des TZWL lassen sich so für das entsprechende Bauvorhaben gut passende Geräte finden und wichtige Kennwerte ablesen.

Die Liste des TZWL ist unter www.tzwl.de/tzwl-ebulletin abrufbar.

4.2 Luftverteilsysteme für zentrale Lüftungsanlagen

Luftverteilsysteme können je nach Anwendungsfall unterschiedlich ausgeführt werden. Die Auswahl der Luftleitungen richtet sich oft nach dem vorhandenen Installationsraum. Eine Auswahl der am häufigsten verwendeten Systeme für den Neubau oder in der Sanierung werden hier beispielhaft aufgeführt.

System	Material	Anwendungsbeispiel
Rundkanal (Wickelfalzrohr)	verzinktes Blech	
Flachkanal	Kunststoff oder verzinktes Stahlblech	 Abb. 31.2 Flachkanal aus Kunststoff für die Verlegung im Fußboden-, Wand- und Deckenbereich
		 Abb. 31.3 Flachkanal aus Blech für die Verlegung im Fußboden-, Wand- und Deckenbereich
flexible Rund- und Oval-Rohrsysteme	PE-HD = Polyethylen mit hoher Dichte (High Density); Rohr ist außen gewellt und innen glattwandig und antistatisch	 Abb. 31.4 Flexschlauchverlegung in Rohbetondecke
EPS-Rohr	glattes hochverdichtetes expandiertes Polystyrol (EPS)	 Abb. 31.5 EPS-Rohrsysteme für die Verlegung im Decken- und Wandbereich (speziell geeignet für die Modernisierung von Altbauten)
EPP-Rohr	dampfdichtes antistatisches EPP (expandiertes Polypropylen)	 Abb. 31.6 isoliertes Rohrsystem aus EPP, speziell für die Anschlüsse am Gerät/Technikzentrale (Fortluftleitung, Abluftleitung, Zuluftleitung, Außenluftleitung); ist eine Alternative zur Wickelfalzrohr-Installation mit nachträglicher Wärmedämmung

Tab. 3 Luftverteilsysteme

4.2.1 Ab- und Zuluftdurchlässe

Eine richtige Platzierung, Auswahl und Dimensionierung der Zu- und Abluftdurchlässe ist für einen komfortablen Betrieb der Wohnungslüftungsanlage entscheidend und ist daher durch einen qualifizierten Installateur oder Fachplaner zu planen bzw. auszuführen.



Abb. 32 Zuluftdurchlass (ZuLD) für Wand

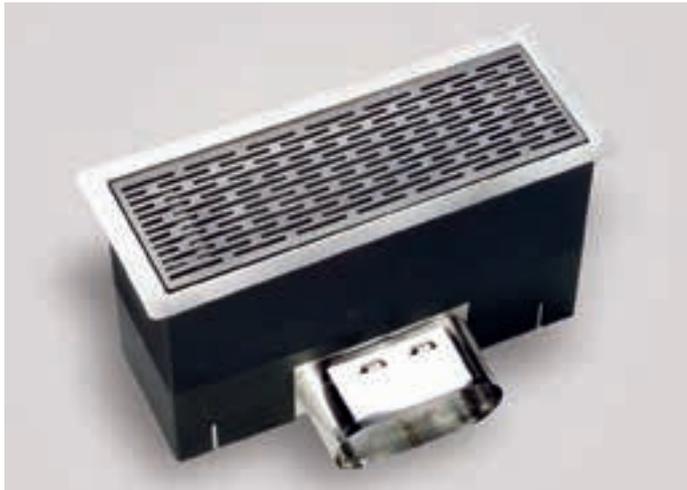


Abb. 33 Zuluftdurchlass für Fußboden

Abbildung 34 zeigt ein Beispiel eines Wohnungsgrundrisses mit Anordnungen von Ab- und Zuluftdurchlässen, die zu bevorzugen bzw. zu vermeiden sind. Für Zuluftdurchlässe aus dem Fußboden gelten etwas andere Anordnungen, welche vom Planer bzw. der ausführenden Firma abhängig von Bodenaufbauten entsprechend zu planen sind.

Damit die Abluftleitungen über die Zeit nicht mit belasteter und verstaubter Raumluft verschmutzt werden, sind Abluftdurchlässe mit einem Vorschaltfilter zu versehen.

Diese Filter können aus unterschiedlichem Material bestehen. So kann z. B. wiederverwendbares, waschbares Drahtgewirke (Abb. 35) zum Einsatz kommen. Aber auch austauschbare Materialien, wie Kunststoff oder Zellulose eignen sich als Filtermaterial. Wichtig ist die Einhaltung der Wartungsintervalle der Abluftfilter, da stark zugesetzte Filter zu höheren Ventilatorgeräuschen und Stromverbräuchen führen.

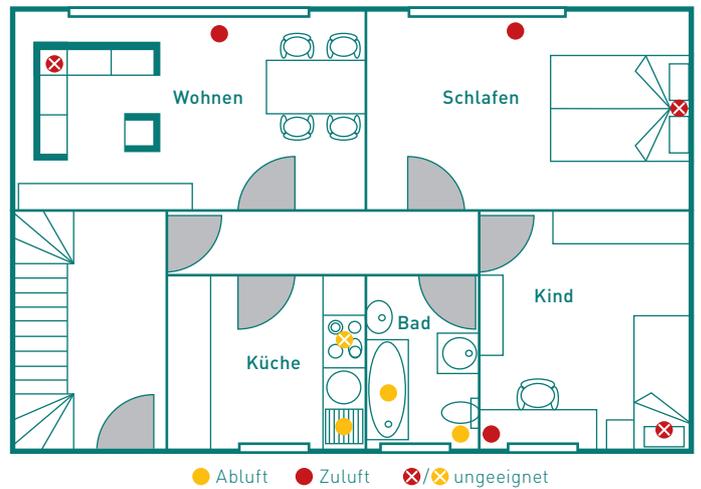


Abb. 34 Beispielgrundriss mit positiven und negativen Positionierungen der Zu- und Abluftdurchlässe



Abb. 35 Abluftdurchlass mit Vorschaltfilter für Wand und Decke

4.2.2 Revisionsöffnungen (Wartung/ Reinigung)

Bei der Planung einer Lüftungsanlage sollten Revisionsöffnungen in den Lüftungsbauteilen und in den ggf. davor befindlichen Bauteilen (Trockenbauplatte) eingeplant werden, um eine Wartung bzw. Reinigung zu ermöglichen. Nach DIN 1946-6 sollten vertikal angeordnete Sammelleitungen am unteren Ende luftdichte Revisionsöffnungen aufweisen. Kanalabschnitte ohne Hindernisse wie Brandschutzklappen, Schalldämpfer usw. sind nach DIN EN 12097 alle 7,5 m mit einer Revisionsöffnung auszustatten. Weiterhin sollte vor und hinter einem Einbauteil eine Revisionsöffnung vorgesehen werden. Die Revisionsöffnungen sollten immer gut zugänglich sein.



Abb. 36 Revisionsklappe in Trockenbauwand mit Reinigungsöffnungen in den Luftkanälen

4.3 Luftvorerwärmung und Luftvorkühlung

Um die Energieeffizienz eines Gebäudes weiter zu erhöhen, ist es möglich, die Wärme bzw. Kälte des Erdreiches zu nutzen. Im Winter kann die angesaugte Außenluft, die zum Lüftungsgerät führt, mit verschiedenen Systemen vorgewärmt werden. Zudem kann im Sommer die Zuluft zu den Wohnräumen etwas gekühlt werden. Bei der Auslegung eines Lüftungsgerätes mit Wärmerückgewinnung muss berücksichtigt werden, dass der Wärmeübertrager im Lüftungsgerät im Winter nicht einfriert. Aus diesem Grund muss die Außenluft bei Temperaturen unter dem Gefrierpunkt vorgewärmt werden. Auf die verschiedenen Möglichkeiten der Luftvorerwärmung und Luftvorkühlung wird im Folgenden näher eingegangen.

4.3.1 Elektrische Luftvorerwärmung/ Frostschutz

Der Frostschutz für den Wärmeübertrager eines Lüftungsgerätes kann mit Hilfe eines am bzw. im Gerät befindlichen elektrischen Vorheizregisters sichergestellt werden. Hierbei wird die angesaugte Außenluft unter 0 °C durch Heizdrähte wie bei einem Föhn elektrisch vorgewärmt. Bei vielen Geräten regelt sich die elektrische Leistungsaufnahme in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur. Je kälter umso höher der Stromverbrauch. Je nach Intensität des Winters und Luftvolumen kann der jährliche Stromverbrauch für ein Einfamilienhaus zwischen 50 und 300 kWh liegen.

Vorteile:

- niedrige Investitionskosten
- einfache und schnelle Montage
- leicht nachrüstbar

Nachteile:

- zusätzlicher Hilfsenergiebedarf (Strom)
- keine Sommertemperaturierung (Vorkühlen der Außenluft)



Abb. 37 Elektrischer Lüfterhitzer

4.3.2 Erdreich-Luft-Wärmeübertrager

Eine weitere Möglichkeit ist der Einbau eines außenliegenden Erdreich-Luft-Wärmeübertragers (Erdreich-Luft-WÜT), Abb. 38. Dabei wird die Temperatur der angesaugten Außenluft durch das Durchströmen des im Erdreich verlegten Rohres erhöht und gleichzeitig auch die Frostsicherheit des Wärmeübertragers gewährleistet. Üblicherweise werden diese Rohr-Wärmeübertrager umlaufend um das Gebäude in einer Tiefe zwischen 1,5 bis 3,0 m verlegt. Nach DIN 1946-6 sind glattwandige, luft- und wasserdichte Rohre mit einem Mindestgefälle in Strömungsrichtung von $\geq 1\%$ zu verwenden. Die Luftgeschwindigkeit in den Rohren sollte 3 m/s nicht überschreiten. Das anfallende Kondensat muss bei dieser Art der Außenluftvorwärmung direkt abgeführt werden (Einbindung in die Abwasserinstallation). Dies kann z. B. über einen außenliegenden Kontrollschacht oder im Inneren mit einem geeigneten frei austropfenden Geruchsverschluss (Kondensatabfluss) erfolgen (Abb. 39). Im Sommer wird die warme Außenluft durch das kältere Erdreich geführt, ehe es in das Lüftungsgerät und schließlich in den Wohnbereich geleitet wird.

Hinweis: In stark radonbelasteten Gebieten muss auf eine gasdichte Bauweise geachtet werden.

Vorteile:

- Vorwärmung der Außenluft im Winter
- Vorkühlung der Außenluft im Sommer
- Frostschutz mit geringem Energieeinsatz

Nachteile:

- zusätzlicher Montageaufwand und Platzbedarf
- zusätzliche Investitionskosten
- zusätzlicher Hilfsenergiebedarf (Strom) für Ventilator durch zusätzliche Druckverluste
- Hygienisch anspruchsvoller gegenüber Erdreich-Sole-WÜT und ggf. mehr Inspektionsaufwand



Abb. 38 Erdreich-Luft-Wärmeübertrager

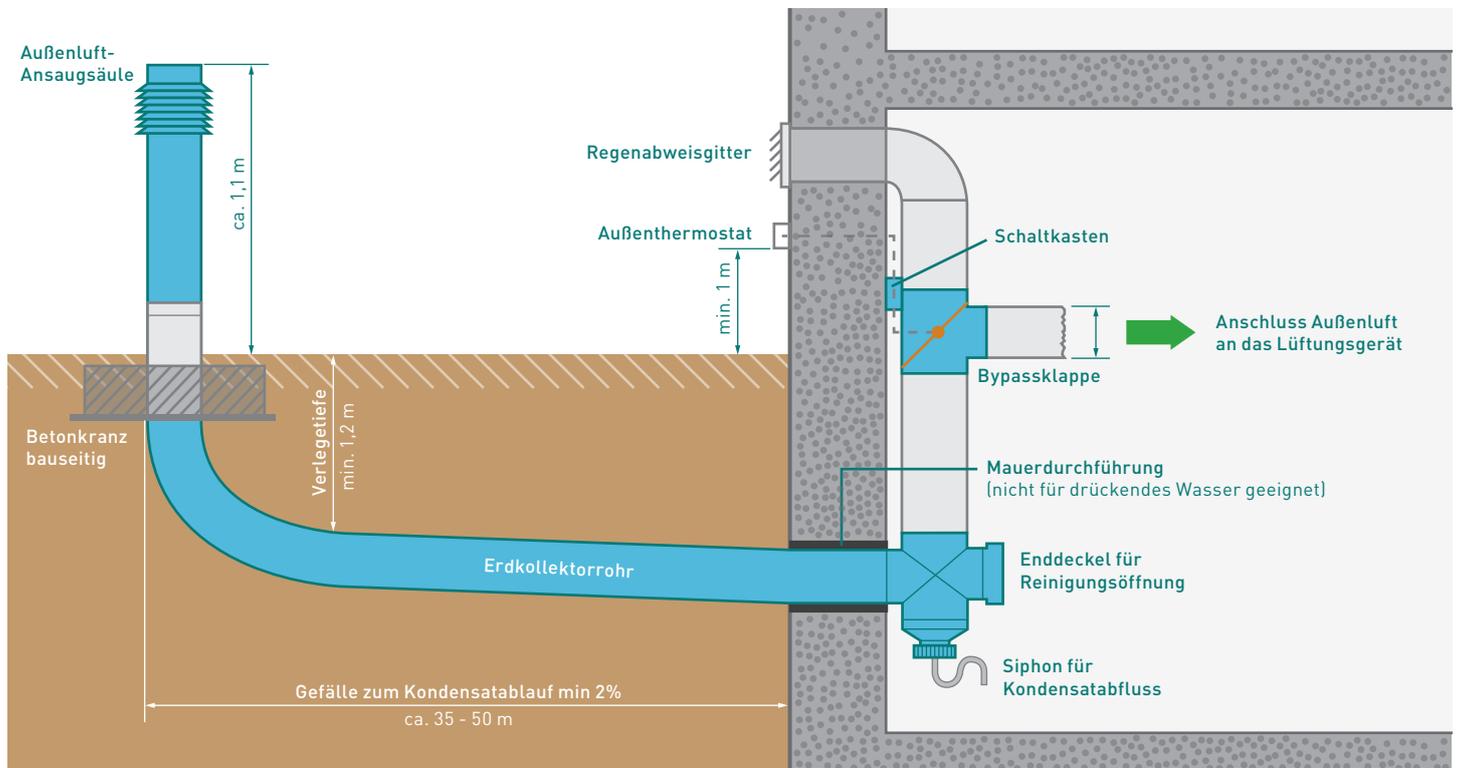


Abb. 39 Prinzipieller Aufbau eines Erdschicht-Luft-Wärmeübertragers

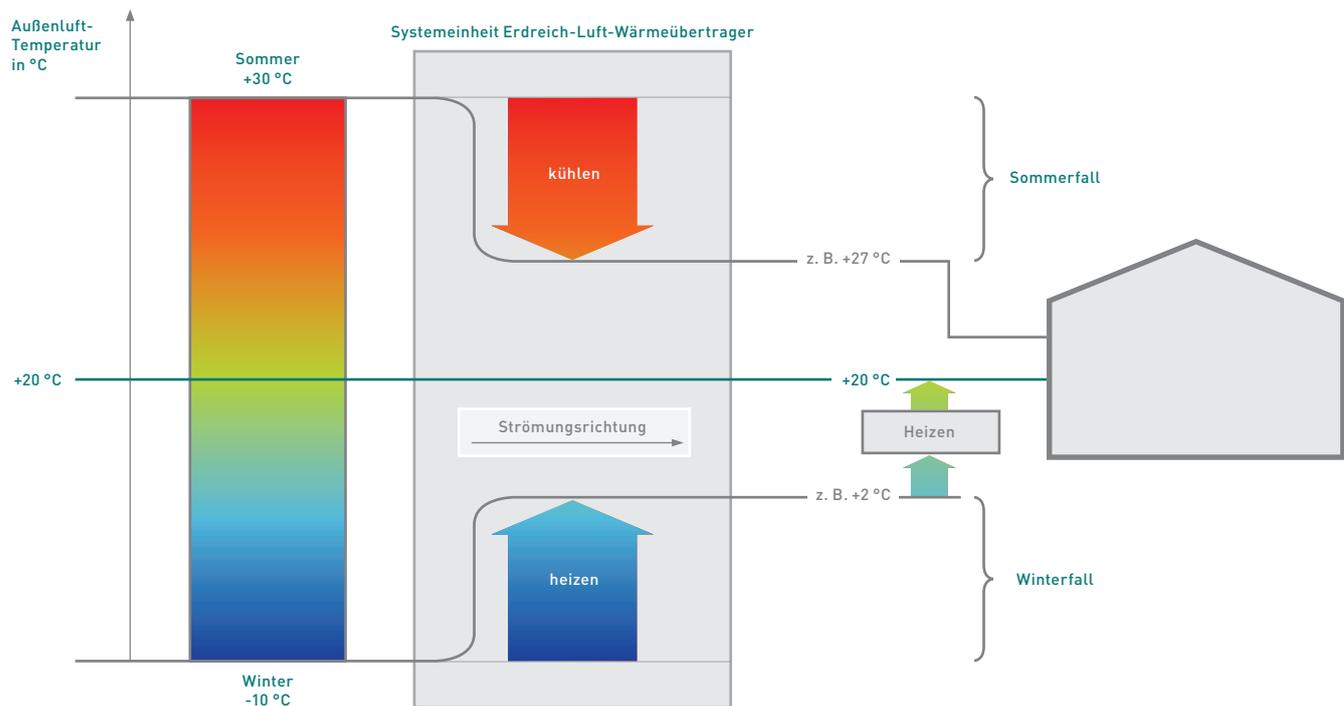


Abb. 40 Prinzipschema für die Wirkungsbandbreite eines Erdschicht-Luft-Wärmeübertragers

4.3.3 Sole-Luft-Wärmeübertrager

Alternativ werden auch Sole-Luft-Wärmeübertrager (Sole-Luft-WÜT) eingesetzt. Dabei erfolgt die Wärmeübertragung aus dem Erdreich (Sole) über ein mit Soleflüssigkeit (Wasser-/Glykolgemisch) gefülltes Rohrleitungssystem. Die Soleleitungen können z. B. umlaufend um das Gebäude, unter Bodenplatten oder in einer Schlaufe im Außenbereich in Tiefen zwischen 1,5 und 3,0 m verlegt werden. Die Soleflüssigkeit wird mit einer Umwälzpumpe umgewälzt und ins Gebäude transportiert. Im Gebäude wird die Wärme von der Soleflüssigkeit mit Hilfe eines Wärmeübertragers im Sole-Luft-WÜT auf die kalte Außenluft übertragen.

Vorteile:

- Vorwärmung der Außenluft im Winter
- Vorkühlung der Außenluft im Sommer
- Frostschutz mit geringem Energieeinsatz
- hygienisch unproblematisch gegenüber Erdreich-Luft-Wärmeübertrager
- bessere Regelbarkeit gegenüber Erdreich-Luft-Wärmeübertrager

Nachteile:

- zusätzlicher Montageaufwand und Platzbedarf
- erhöhte Investitionskosten gegenüber Erdreich-Luft-Wärmeübertrager
- erhöhter Hilfsenergiebedarf (Strom) gegenüber Erdreich-Luft-Wärmeübertrager für Sole-Pumpe und Regelung
- geringere Effizienz wegen des zusätzlichen Wärmeübertragers

4.4 Vergleich Erdreich-Luft- und Sole-Luft-Wärmeübertrager

Eine Vorwärmung der Außenluft im Winter sowie eine Vorkühlung der Zuluft im Sommer ist sowohl mit einem Erdreich-Luft-Wärmeübertrager als auch mit einem Sole-Luft-Wärmeübertrager möglich.

Bei Erdreich-Luft-Wärmeübertragern können je nach Randbedingungen (Verlegetiefe, Verlegelänge, Bodenbeschaffenheit, Volumenstrom,...) Temperaturhübe von 3 bis 12 K (Abb. 40) erreicht werden ([1], S. 8-9).

Bei Sole-Luft-Wärmeübertragern kann von ähnlichen maximalen Temperaturdifferenzen ausgegangen werden. Welche Temperaturen im realen Betrieb erreicht werden können, hängt stark von der täglichen Betriebszeit, den Regenerationsphasen, der Bodenbeschaffenheit, der Grundwassertiefe und den meteorologischen Bedingungen im Betriebszeitraum ab.

Die Installation eines Sole-Luft-Wärmeübertragers ist in der Regel mit höheren Investitionskosten verbunden, wohingegen Erdreich-Luft-Wärmeübertrager einen höheren Platzbedarf für den Einbau erfordern. Für beide Arten von Wärmeübertragern fallen für den Wärmetransport zusätzlich Stromkosten an. In jedem Fall ist eine auf den Einzelfall bezogene Auslegung empfehlenswert.

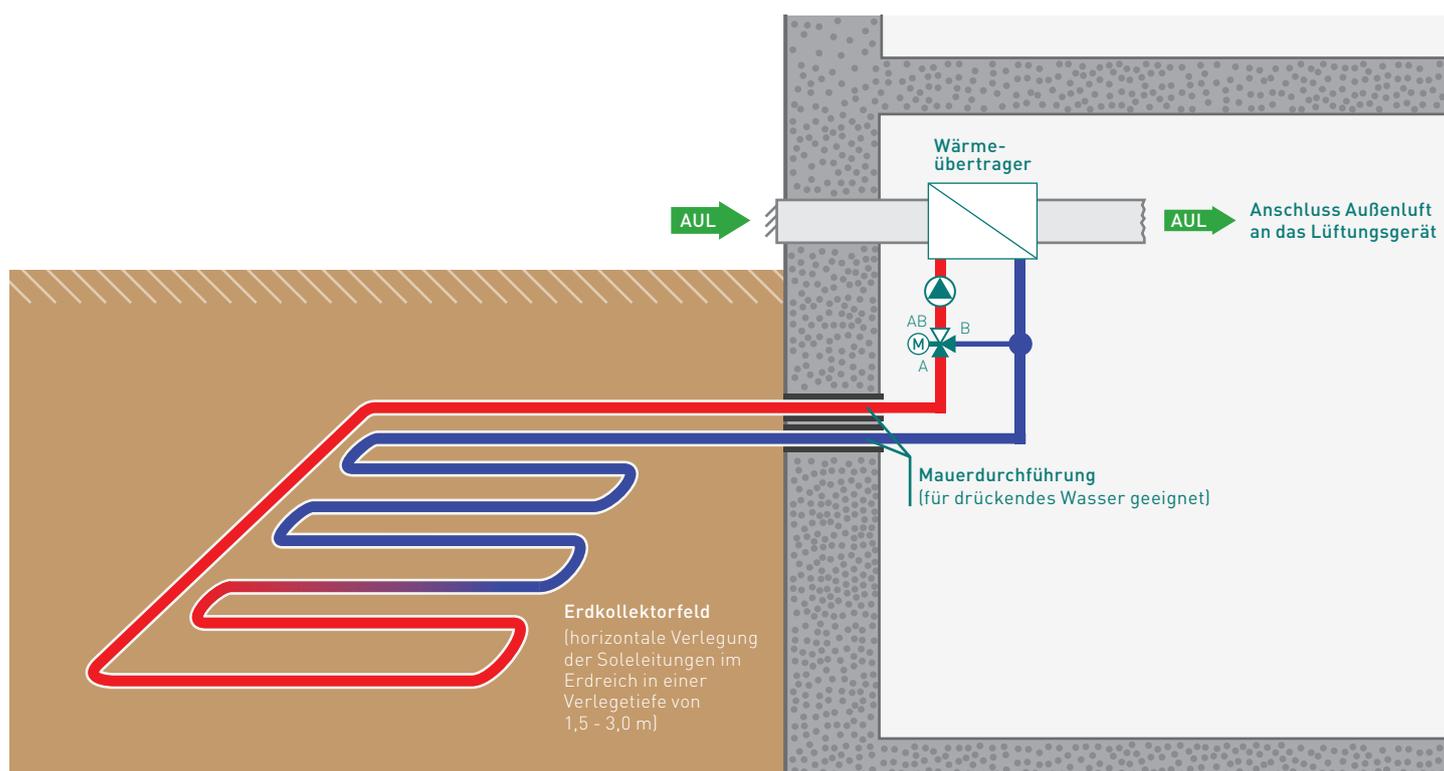


Abb. 41 Prinzipieller Aufbau eines Sole-Luft-Wärmeübertragers

4.5 Luftnachwärmung

Um die Zulufttemperatur in den Wohnräumen weiter zu erhöhen, können spezielle Nachheizregister nach der Wärmerückgewinnung zum Einsatz kommen. Speziell in Mehrfamilienhäusern werden Nachheizregister eingebaut, um den Mietern eine individuelle Anpassungsmöglichkeit der Zulufttemperatur zu bieten. Insbesondere hochwärmegeämmte Gebäude können mit dieser Komponente eine reine Zuluftheizung realisieren. Als Bauteile eignen sich hierfür z. B. elektrische oder wassergeführte Nachheizregister.



Abb. 42 Elektro-Nachheizregister



Abb. 43 Warmwasser-Nachheizregister

4.6 Steuerung der Lüftungsanlage

Damit die Lüftungsanlage durch den Nutzer bedienbar ist, stellen viele Hersteller elektronische Bediengeräte mit einem berührungsfähigen Farbdisplay (Touch Panel) zur Verfügung. Diese lassen sich an beliebiger Stelle in der Wohnung oder am Lüftungsgerät anbringen.



Abb. 44 Touch Panel mit Farbdisplay – Startbildschirm

Über diesen kleinen Monitor können alle Funktionen der Lüftungsanlage aufgerufen, überwacht, angepasst und gespeichert werden. Im Startbildschirm sind oft die vom Installateur eingestellten Lüftungsstufen zu finden oder auch ein individueller programmierbarer Automatikbetrieb nach den eigenen Nutzungszeiten und Lüftungsstufen. Als weiteren Vorteil bieten die Displays eine Überwachung der Wartungsintervalle. So ist es z. B. möglich, einzustellen, wie oft ein Filterwechsel erfolgen sollte (Abb. 44, Angabe oben rechts). Durch eine Warnmeldung wird der Nutzer nach Ablauf des Zeitraums darauf hingewiesen, dass ein Filterwechsel erfolgen sollte.



Abb. 45 Einstellung der Lüftungsstufen nach Zeit und Wochentag

5 Dezentrale Lüftungsgeräte

Dezentrale Lüftungsgeräte werden raumweise eingesetzt. Diese Geräte sind besonders in der Sanierung von Altbauten geeignet, da keine oder nur wenige Lüftungskanäle verlegt werden müssen und somit u.a. vorhandene Decken- und Fußbodenaufbauten unverändert bleiben können. Dezentrale Lüftungsgeräte werden in der Regel an der Gebäudefassade (Außenwand oder Fenster) installiert.

5.1 Alternierende Geräte

Alternierende Geräte, auch „Pendellüfter“ oder „Push-Pull-Geräte“ genannt, sind seit einigen Jahren auf dem Markt. Im Vergleich zu zentralen Lüftungsgeräten, bei denen die Wärmerückgewinnung meist mit einem Plattenwärmeübertrager realisiert wird, erfolgt die Wärmeübertragung bei alternierend arbeitenden Lüftungsgeräten oft mit einem Keramik- oder Aluminiumwärmespeicher. Die warme Raumluft (Abluftbetrieb) und die kalte Außenluft (Zuluftbetrieb) wird dabei abwechselnd mit Hilfe eines Ventilators durch die Wärmespeicher geführt. Die warme Raumluft gibt dabei beim Hinausströmen die Wärme an den Wärmespeicher ab. Dieser speichert die Wärme und erwärmt anschließend nach Umkehr der Strömungsrichtung die einströmende kalte Außenluft (Abb. 47). Alternierende Geräte werden meist direkt in die Außenwand in einem Kernbohrloch bzw. Mauerdurchbruch eingesetzt und mit einem 230-V-Anschluss versehen (Abb. 46).



Abb. 46 Aufbau eines wandeingebauten Lüfters mit Wärmerückgewinnung

Um in der Wohnung keinen Über- bzw. Unterdruck zu erzeugen, werden diese Geräte paarweise eingesetzt. Das heißt, während ein Gerät im Abluftmodus ist und Luft aus der Wohnung absaugt, befindet sich das Partnergerät im Zuluftmodus und bläst Luft in die Wohnung. Diese Arbeitsweise der beiden paarweisen Geräte setzt allerdings voraus, dass sie miteinander gekoppelt sind, z. B. über Kabel oder auch drahtlos per Funktechnologie. Die Festlegung der Anzahl und die Auslegung der Geräte erfolgt hinsichtlich des erforderlichen Zuluftvolumenstroms und der Raumzuordnung.

Für die Bedienung der Lüftungsgeräte gibt es viele Möglichkeiten von manueller Bedienung direkt am Gerät bis hin zu Fernbedienungen und Handsteuerungen.

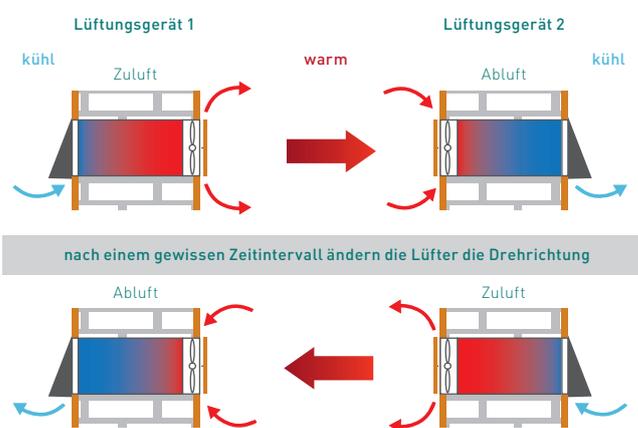


Abb. 47 Funktionsprinzip – Alternierende dezentrale Lüftungsgeräte

Hinsichtlich der alternierenden Lüftungsgeräte ist auf Folgendes zu achten:

- Geruchs- oder feuchtebelastete Ablufträume (z. B. Bad oder WC) können nicht als Zuluft Raum betrieben werden. Ausstattung mit Einzelraumlösung (zwei Geräte in einem Raum) notwendig.
- Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung unter Prüfbedingungen ist hoch, Auswirkung auf Wärmerückgewinnung durch Empfindlichkeit des Axialventilators gegenüber Winddruckstößen im Einbauzustand bisher ungeklärt.

5.2 Einzelraumgeräte

Dezentrale Einzelraumgeräte können, wie zentrale Lüftungsgeräte auch, die drei ventilatorgestützten Grundprinzipien: Zuluftsystem (siehe Abschnitt 3.2.1), Abluftsystem (siehe Abschnitt 3.2.2) oder Zu- und Abluftsystem (siehe Abschnitt 3.2.3) realisieren. Der Aufbau (grundlegende Komponenten) und die Steuerung der dezentralen Lüftungsgeräte sind prinzipiell identisch mit zentralen Lüftungsgeräten. Anders als bei zentralen Lüftungsanlagen werden mit dezentralen Einzelraumgeräten nur einzelne Räume einer Wohnung gelüftet (Abb. 48).



Abb. 48 Einzelraumlüftungsgerät und Einzelraumlüftungsgerät mit Zweitraumanschluss

5.3 Einzelraumgeräte mit Zweitraumanschluss

Eine Mischlösung zwischen dezentraler und zentraler Wohnungslüftung stellt ein Einzelraumgerät mit Zweitraumanschluss dar. Über diesen Zweitraumanschluss lassen sich zusätzliche Räume lüftungstechnisch mit versorgen (Abb. 48).

6 Sondersituationen

6.1 Innenliegende Bäder

Innenliegende Räume ohne Außenfenster – häufig Bäder oder Toiletten im Mehrfamilienhaus – stellen einen Sonderfall dar. Zur Geruchs- und Feuchteabfuhr kann nicht mit dem Fenster gelüftet werden. Stattdessen kommt ein Entlüftungssystem nach DIN 18017-3 zum Einsatz. Dabei werden meist alle nicht innenliegenden Räume zur Luftnachströmung genutzt und sind (soweit zusätzlich zur Infiltration erforderlich) mit Außenluft- und Überström-Luftdurchlässen auszustatten.

Zu beachten ist, dass die Abluft aus der Küche nicht über die Wohnräume in Richtung Bad strömen darf.

Nach der DIN 18017-3 können auch andere Räume wie z. B. Abstellräume entlüftet werden. Für Wohnungen mit innenliegenden Bädern bzw. Toiletten gelten sowohl DIN 1946-6 als auch DIN 18017-3. Dabei sind für das Lüftungskonzept die gesamte Nutzungseinheit und DIN 1946-6 maßgeblich, während für die Lüftung der innenliegenden Bäder und Toiletten DIN 18017-3 ausschlaggebend ist. Das Zusammenwirken beider Normen erweist sich als komplex und erfordert oft eine Betrachtung mit kombinierten Lüftungssystemen (siehe Abschnitt 3.3) und die Unterscheidung nach verschiedenen Anwendungsfällen.

6.2 Kellerlüftung

Durch die Kombination aus niedrigen Erdreichtemperaturen (Jahresanfang gegenüber Sommer und Herbst), geringem Wärmeschutz (Mindestwärmeschutz gegenüber EnEV-Anforderungen) und ungünstiger Inneneinrichtung (Schränke an der Außenwand) können Kellerräume ein erhöhtes Risikopotenzial für Schimmelpilz- und Feuchteschäden bergen. In Abhängigkeit von der Nutzung und den Feuchtelasten können sich weitere Besonderheiten ergeben. Die Raumnutzung des Kellerraums nach DIN 1946-6 lässt sich wie folgt einteilen:

- praktisch ungenutzt (z. B. Abstellraum)
- wenig genutzt (z. B. Waschküche, Hauswirtschaftsraum)
- ständig genutzt (z. B. Wohnraum, Schlafzimmer, Gästezimmer)

Bei der Lüftung von Kellerräumen ist insbesondere die Möglichkeit zur manuellen Fensterlüftung eingeschränkt, da aufgrund der geringen Größe der Fenster und deren minimaler Höhe über dem Erdboden praktisch nur sehr geringe Windeffekte zu erwarten sind und unter sommerlichen Verhältnissen die Raumluft ohnehin kaum getrocknet werden kann.

Die Abbildung 49 bis Abbildung 53 geben wichtige Hinweise zur Lüftung von Kellerräumen sowohl bezüglich freier als auch ventilatorgestützter Lüftung. Die allgemein üblichen Forderungen, ausreichend zu lüften und in zu Wohnzwecken genutzten Räumen ausreichend zu heizen, gelten für winterliche Verhältnisse. Besondere Beachtung sollte der Lüftung in Kellerräumen unter sommerlichen Verhältnissen eingeräumt werden. Eine generelle Empfehlung, im Sommer ausreichend zu lüften, ist wenig hilfreich, da über lange Zeiträume aufgrund der höheren absoluten Außenluftfeuchte zusätzliche Feuchte in die Kellerräume eingetragen werden würde. Sind Bewohner sich nicht

sicher, ob die Außenluft aktuell trockener als die Raumluft ist, ist es sinnvoller, die Fenster vorsichtshalber geschlossen zu halten. Um zeitweise Feuchtigkeit durch Lüftung im Sommer abzuführen, wird zu einer geeigneten Sensorik geraten, die die Differenz der absoluten Feuchte zwischen Innen und Außen misst. Diese kann direkt auf die Lüftungsanlage oder auf motorisch öffnende Fenster aufgeschaltet werden, bzw. als Lüftungsampel den Nutzer informieren, wann Fensteröffnen sinnvoll ist. Unter Umständen kann es bei sommerlichen Bedingungen vorkommen, dass auch auf aktive Entfeuchtungsgeräte zurückgegriffen werden muss, wenn die feuchtegeführte Lüftung nicht ausreicht, um einen dauerhaft raumlufthygienischen und bauphysikalisch unbedenklichen Zustand herzustellen. Der

Einsatz eines Entfeuchtungsgerätes kann ebenfalls erforderlich sein, wenn neben einer Feuchte- auch gleichzeitig eine Radonproblematik in Kellerräumen vorliegt, da bei Vorhandensein von Radon dauerhaftes Lüften empfohlen wird [2], [3].

Legende für die schematischen Darstellungen

- AUL — Außenluft
- ZUL — Zuluft
- ABL — Abluft
- FOL — Fortluft
- IDA — Raumluft

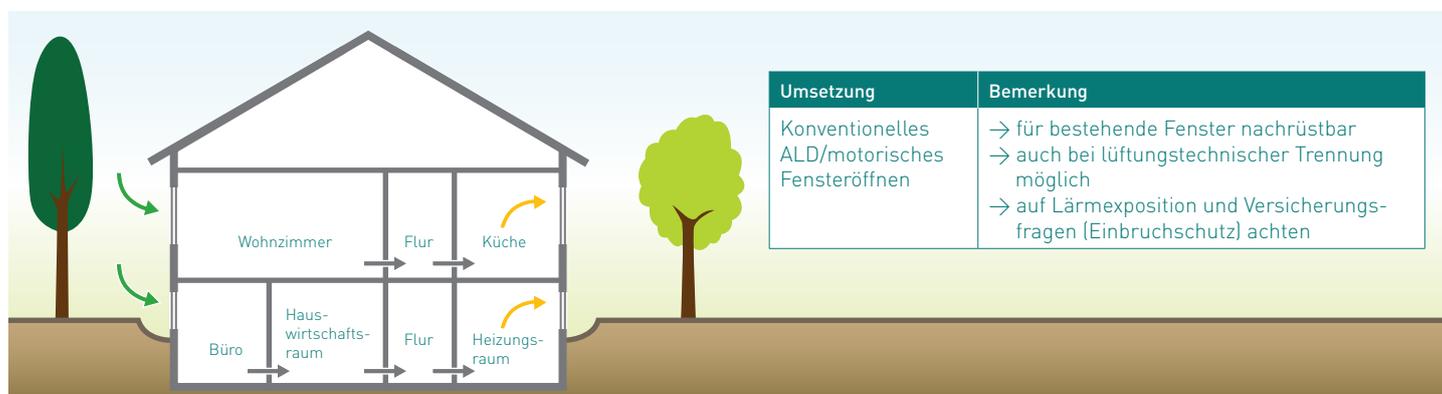


Abb. 49 Kellerlüftung – Querlüftung nach (DIN 1946-6; [2])

Umsetzung	Bemerkung
Konventionelles ALD/motorisches Fensteröffnen	→ für bestehende Fenster nachrüstbar → auch bei lüftungstechnischer Trennung möglich → auf Lärmexposition und Versicherungsfragen (Einbruchschutz) achten

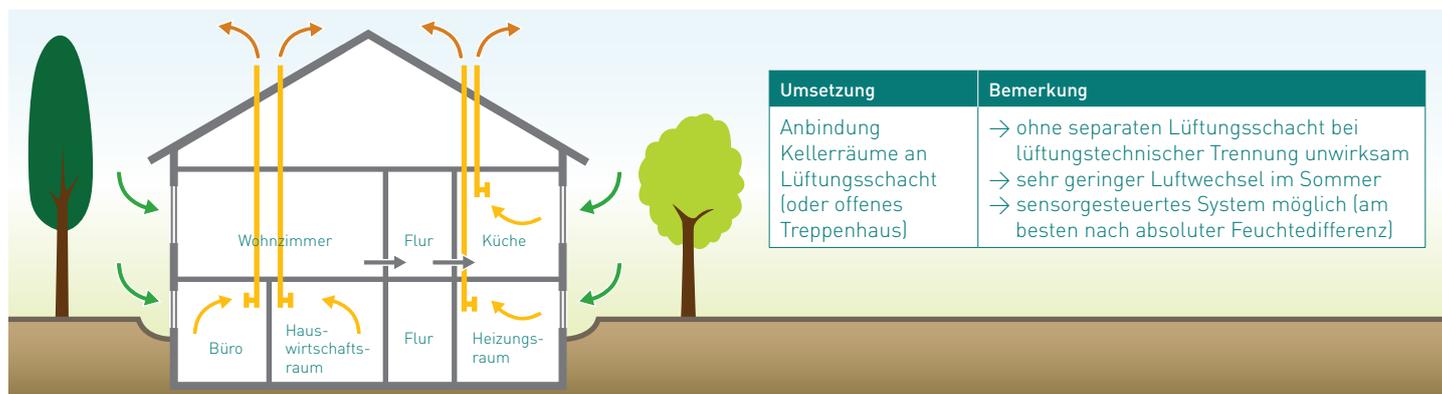


Abb. 50 Kellerlüftung – Schachtlüftung nach (DIN 1946-6; [2])

Umsetzung	Bemerkung
Anbindung Kellerräume an Lüftungsschacht (oder offenes Treppenhaus)	→ ohne separaten Lüftungsschacht bei lüftungstechnischer Trennung unwirksam → sehr geringer Luftwechsel im Sommer → sensorgesteuertes System möglich (am besten nach absoluter Feuchtedifferenz)

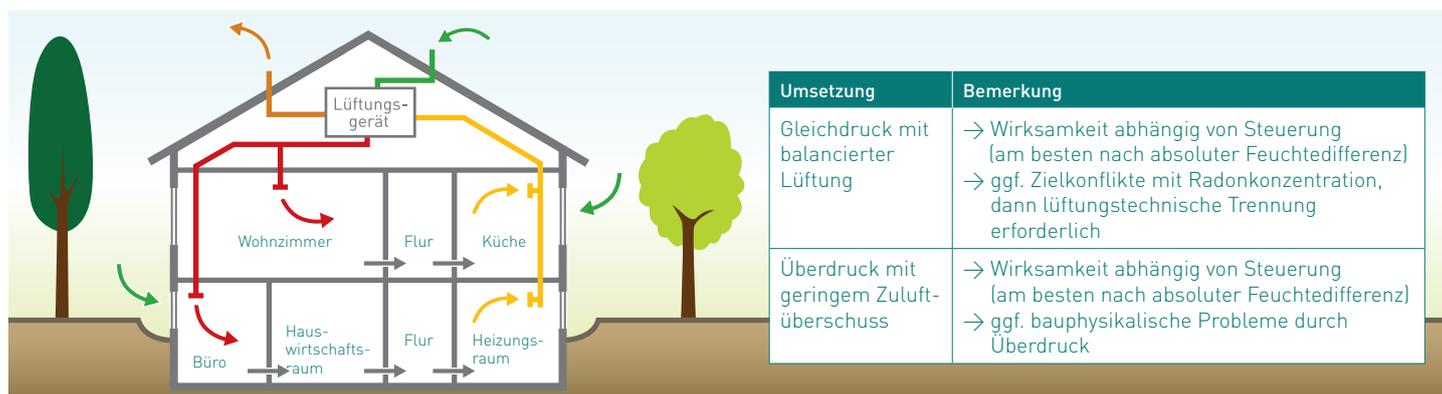


Abb. 51 Kellerlüftung – Zu-/Abluftsystem nach (DIN 1946-6; [2])

Umsetzung	Bemerkung
Gleichdruck mit balancierter Lüftung	→ Wirksamkeit abhängig von Steuerung (am besten nach absoluter Feuchtedifferenz) → ggf. Zielkonflikte mit Radonkonzentration, dann lüftungstechnische Trennung erforderlich
Überdruck mit geringem Zuluftüberschuss	→ Wirksamkeit abhängig von Steuerung (am besten nach absoluter Feuchtedifferenz) → ggf. bauphysikalische Probleme durch Überdruck

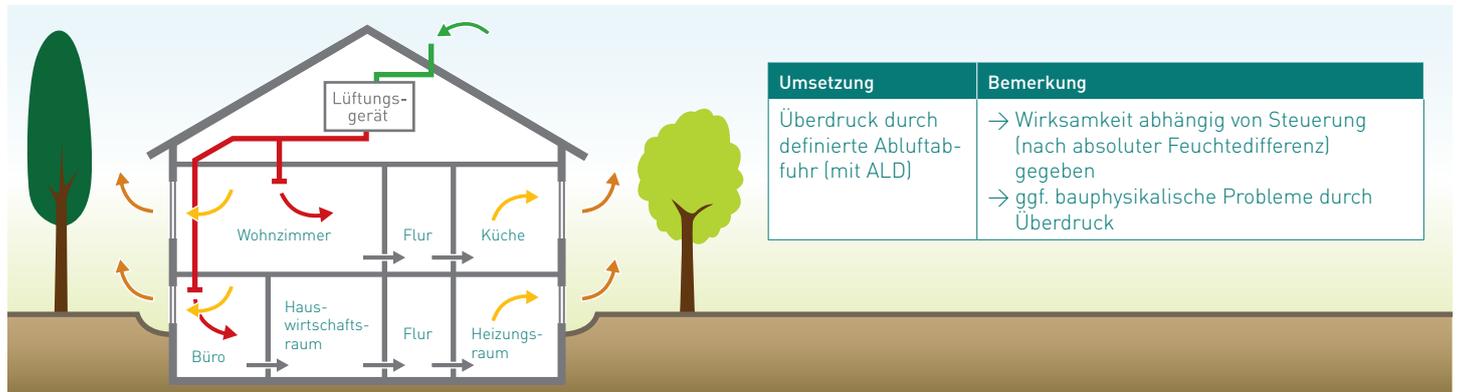


Abb. 52 Kellerlüftung – Zuluftsystem nach (DIN 1946-6 [2])

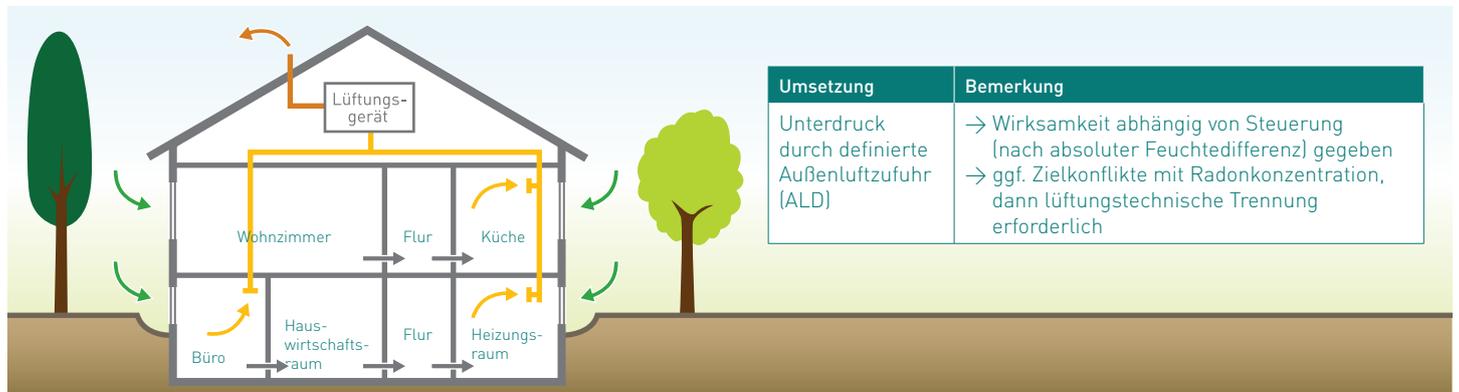


Abb. 53 Kellerlüftung – Abluftsystem nach (DIN 1946-6 [2])

6.3 Radon

Radon ist ein in der Natur vorkommendes radioaktives Edelgas, welches farb-, geruch- und geschmacklos ist. Wird es vom Menschen eingeatmet, steigt das Risiko an Lungenkrebs zu erkranken. Durch geeignete Maßnahmen ist es möglich, sich vor der schädlichen Wirkung von Radon zu schützen.

Eine Abschätzung der unterschiedlichen Radonkonzentrationen im Boden (abhängig von der Boden- und Gesteinsart sowie der Gasdurchlässigkeit des Untergrundes) in Deutschland zeigt die im Auftrag des Bundesumweltministeriums erstellte Karte, die unter www.bfs.de zu finden ist.

Ergänzend zur deutschlandweiten Radonkarte kann unter www.umwelt.sachsen.de die aufgrund höherer Datendichte detailliertere Radonkarte für Sachsen heruntergeladen werden.

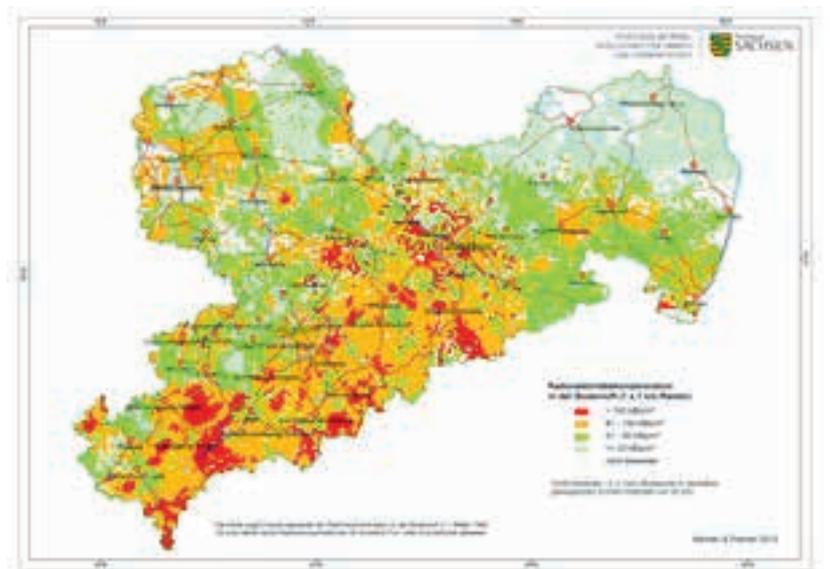


Abb. 54 Radonkarte für Sachsen

Tritt Radon aus der Erdoberfläche aus, verdünnt es sich mit der Außenluft schnell zu meist unbedenklichen Konzentrationen. Anders sieht es im Gebäudeinneren aus, durch den beschränkten Luftwechsel ist der Verdünnungseffekt viel geringer. Haupteintrittsweg des Radons in das Gebäude ist der konvektive Eintritt aus dem Untergrund (durch Risse, Spalten, Öffnungen in der Bodenplatte/den Kellerwänden). Andere Eintrittspfade können die Diffusion aus dem Untergrund durch diffusionsoffene Baumaterialien (z. B. Ziegelfußboden) oder in Einzelfällen in Bergbaugebieten die Konvektion aus der Umgebungsluft sowie das Ausgasen aus Brunnen- oder Trinkwasser sein. Eine weitere Radonquelle sind Radon freisetzende Baumaterialien.

Neben baulichen Maßnahmen (wie z. B. radondichte Bauweise beim Neubau oder Radondrainage beim Bestandsgebäude) kann auch lüftungstechnisch gegen Radonprobleme vorgegangen werden.

- Luftwechseleerhöhung (Verdünnung der Innenraumkonzentration)
- Druckausgleich im Gebäude (Senkung des konvektiven Eintritts)
- Überdruckerzeugung (Senkung des konvektiven Eintritts)
- Unterdruckerzeugung (Kann jedoch zu lokaler Erhöhung der Konzentration in ungenutzten oder wenig genutzten Kellerräumen führen!)

Mehr Informationen sind im Artikel „Radonschutzmaßnahmen – Planungshilfen für Neu- und Bestandsbauten“ zu finden:

www.publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/26126

Fördermaßnahmen zum Radonschutz:

Weiterführende Informationen zum Thema Radon sind in der speziell vom Freistaat Sachsen hierfür eingerichteten Radonberatungsstelle in Bad Schlema und Chemnitz kostenfrei erhältlich. Auch kostenfreie Radonmessungen (Teilnahmebedingungen auf Anfrage) im Rahmen von Messprogrammen des Freistaates werden durchgeführt.

Staatl. Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft Radonberatungsstelle

Prof.-Dr.-Rajewsky-Straße 4, 08301 Bad Schlema
Telefon/Telefax: +49 3772 24214
E-Mail: radonberatung@smul.sachsen.de

2. Landesmessstelle für Umweltradioaktivität

Dresdner Straße 183, 09131 Chemnitz
Telefon: +49 371 461240
Telefax: +49 371 4612422
www.radon.sachsen.de

Weitere Informationen über aktuelle Entwicklungen und Maßnahmen finden Sie unter www.radon.sachsen.de.

6.4 Gemeinsamer Betrieb von Lüftungsanlagen und Feuerstätten

Die Anforderungen an die Aufstellung und Verbrennungsluftversorgung von Feuerstätten sind in den Landes-Feuerungsordnungen zusammengefasst. Werden Lüftungsanlagen und (insbesondere raumluftabhängige) Feuerstätten in Wohnungen bzw. in Räumen gemeinsam betrieben, muss sichergestellt sein, dass es zu keiner Gefährdung der Nutzer aufgrund eines unzulässig großen Unterdrucks in Verbindung mit der möglichen Anreicherung von Rauchgasen im Aufstellraum der Feuerstätte kommen kann.

Bei raumluftunabhängigen Feuerstätten muss zudem die Verbrennungsluftzufuhr mit Außenluft über eine separate Zuluftleitung gewährleistet werden.

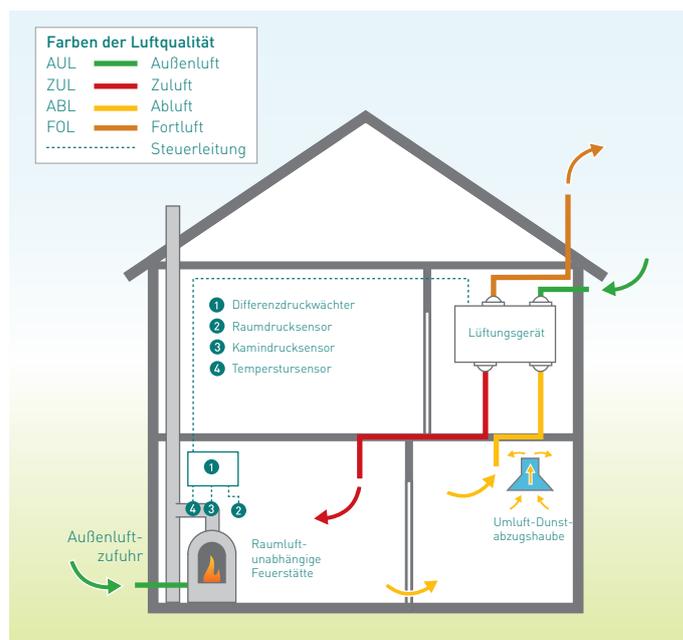


Abb. 55 Überwachung der Lüftungsanlage oder der Feuerstätte mittels Messung des Unterdrucks über einen Differenzdruckwächter

Planungen sollten vorab mit dem Bezirksschornsteinfeger bzw. mit Sachverständigen abgestimmt werden.

In DIN 1946-6 wird für den gemeinsamen Betrieb von Lüftungsanlagen und raumluftabhängigen Feuerstätten gefordert, dass ein kritischer Unterdruck in der Wohnung vermieden und eine ausreichende Verbrennungsluftversorgung sichergestellt werden muss. Mögliche Betriebsweisen und detaillierte Lösungen sind in den Beiblättern 3 und 4 der DIN 1946-6 beschrieben.

Wechselweiser Betrieb

Der sichere Betrieb wird erreicht, indem die Lüftungsanlage abgeschaltet bleibt bzw. nicht eingeschaltet wird, wenn eine (raumluftabhängige) Feuerstätte in Betrieb geht.

Gemeinsamer Betrieb

Die Sicherheit wird gewährleistet, indem entweder Lüftungsanlage oder Feuerstätte abgeschaltet werden, bzw. nicht in Betrieb gehen, wenn im Aufstellraum der Feuerstätte ein kritischer Unterdruck erreicht wird. Eine Sicherheitseinrichtung (Abb. 56) für den gemeinsamen Betrieb benötigt eine allgemeine bauaufsichtliche Zulassung und wirkt im Störfall auf die Lüftungsanlage ein oder gibt eine ausreichend groß dimensionierte Öffnung ins Freie (Außenluftdurchlässe) frei.



Abb. 56 Differenzdruckwächter mit abgehenden Druckschläuchen

abzugshaube kann es unter Umständen zum Nachströmen von Abluft aus Bad/ WC kommen, welches wegen Geruchsstörung zu vermeiden ist. Außerdem sollte aus brandschutztechnischen (Übertragung von Feuer und Rauch, geltende brandschutztechnische Regelungen beachten!) und hygienischen (Fettpartikel) Gründen die Abluftleitung der Abluft-Dunstabzugshaube nicht mit der Abluft der Lüftungsanlage verbunden werden.

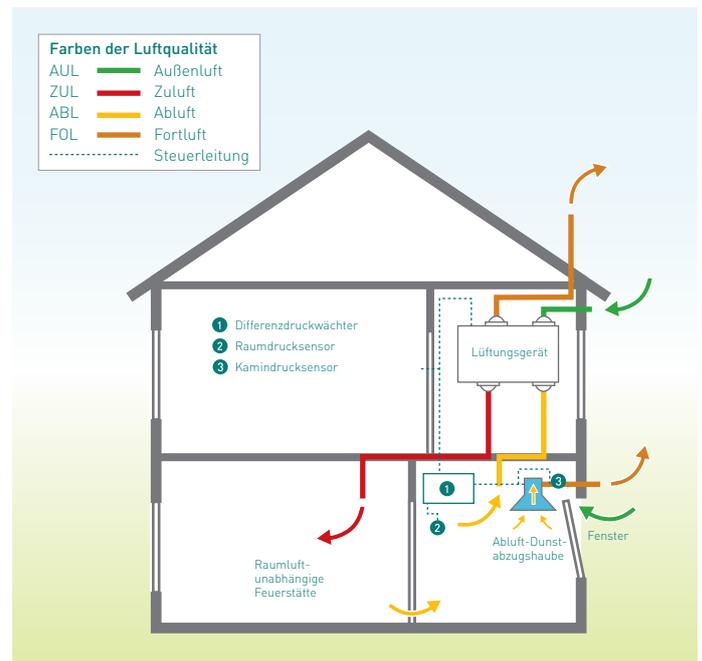


Abb. 57 Überwachung der Lüftungsanlage oder der Feuerstätte mittels Messung des Unterdrucks über einen Differenzdruckwächter

6.5 Gemeinsamer Betrieb von Lüftungsanlagen und Abluft-Dunstabzugshauben

Der Betrieb von Abluft-Dunstabzugshauben kann ebenfalls einen Unterdruck im Gebäude erzeugen. Dies kann unter Umständen zu kritischen Druckverhältnissen führen (Fluchttüren lassen sich nicht mehr öffnen), welches nicht direkt eine Abschaltung der Lüftungsanlage zur Folge haben muss.

Wird der Unterdruck in einem Gebäude überwacht, ist es sinnvoll, wenn im Sicherheitsfall beide Systeme (Lüftungsgerät und Abluft-Dunstabzugshaube) abgeschaltet werden. Hauptverursacher für den Unterdruck ist dabei nicht die Lüftungsanlage, sondern die Abluft-Dunstabzugshaube mit Förderluftvolumenströmen von 300 m³/h bis zu 650 m³/h.

Zur Vermeidung eines Unterdrucks ist für eine ausreichende Nachströmung von Außenluft, z. B. durch Fensteröffnen oder durch ausreichend groß dimensionierte Öffnungen ins Freie (Außenluftdurchlässen), zu sorgen. Ohne Gewährleistung der Nachströmung von Außenluft im Aufstellraum der Abluft-Dunst-



Abb. 58 Typische Abluft-Dunstabzugshaube

7 Entscheidungskriterien für die Systemauswahl

7.1 Lüftungskonzept nach DIN 1946-6 im Neubau und bei Sanierungen

Die DIN 1946-6 fordert für neu zu errichtende oder lüftungstechnisch relevante (z. B. Austausch von mehr als einem Drittel der Fenster) zu modernisierende Gebäude mit einem sogenannten Lüftungskonzept festzustellen, ob für die betroffenen Wohnungen eine lüftungstechnische Maßnahme (LtM) erforderlich ist. Eine lüftungstechnische Maßnahme ist zur Vermeidung von Schimmelpilzbefall und Feuchteschäden dann erforderlich, wenn ein definierter minimaler Volumenstrom zum Feuchteschutz durch den im Mittel in der Heizperiode gegebenen Volumenstrom durch Infiltration (Undichtigkeiten in der Gebäudehülle) nicht mehr sichergestellt werden kann. Als lüftungstechnische Maßnahme werden Einrichtungen zur freien und ventilatorgestützten Lüftung bezeichnet, die zur Sicherstellung eines nutzenabhängigen Luftaustausches dienen. Ob lüftungstechnische Maßnahmen zum Feuchteschutz notwendig sind oder nicht, kann durch die Erstellung eines Lüftungskonzeptes im Einzelfall festgestellt werden.

Aus den nachfolgenden Fragen lassen sich Tendenzen ableiten, ob lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich sind:

→ Um welches Gebäude handelt es sich?

- Neubau
- Bestand
- Modernisierung (EFH: mehr als 1/3 der Fenster ausgetauscht und/ oder mehr als 1/3 der Dachfläche abgedichtet, MFH: mehr als 1/3 der Fenster ausgetauscht)

Tendenz: Im Bestandsgebäude kann grundsätzlich davon ausgegangen werden, dass die Lüftung durch Undichtheiten der Gebäudehülle (Infiltration) ausreicht, um den Feuchteschutz zu gewährleisten und es sind keine Lüftungstechnischen Maßnahmen nach DIN 1946-6 notwendig. Beim Neubau und nach Modernisierung ist die Gebäudehülle deutlich dichter ausgeführt, als im Bestand. Die Luftzufuhr durch Infiltration reicht somit häufig nicht mehr aus, um den Feuchteschutz ausreichend zu gewährleisten, sodass lüftungstechnische Maßnahmen umgesetzt werden müssen.

→ Wie viele Geschosse hat die Wohnung?

- Eingeschossig
- Mehrgeschossig

Tendenz: Mehrgeschossige Wohnungen profitieren zusätzlich vom thermischen Auftrieb zwischen den Geschossen. Dadurch sind häufig weniger lüftungstechnische Maßnahmen für den Feuchteschutz notwendig.

→ Welchen Wärmeschutz hat die Wohnung (niedrig: schlechter als Wärmeschutzverordnung 1995 oder hoch: Wärmeschutzverordnung 1995 oder besser)?

- niedriger Wärmeschutz
- hoher Wärmeschutz

Tendenz: Gebäude mit niedrigerem Wärmeschutz weisen eine geringere Oberflächentemperatur auf der Innenseite der Außenwände und anderen Bauteilen auf, als Gebäude mit hohem Wärmeschutz. Daher steigt die Schimmelpilzgefahr und es ist zu empfehlen, über lüftungstechnische Maßnahmen nachzudenken.

→ Wie ist die Luftdichtheit der Gebäudehülle?

Tendenz: Die Luftdichtheit der Gebäudehülle sollte nach Möglichkeit durch eine Messung des Luftwechsels bei $\Delta p = 50$ Pa bestimmt werden (Differenzdruckmessverfahren). Alternativ kann auch mit n_{50} -Auslegungswerten nach DIN 1946-6 Tabelle 10 in Abhängigkeit vom Bauzustand bzw. vom Umfang der Modernisierungsmaßnahmen gerechnet werden.

→ Wo liegt die Wohnung? (Zuordnung zu Windgebiet nach DIN 1946-6, siehe Abbildung 59)

- Windschwaches Gebiet (z. B. Raum Leipzig)
- Windstarkes Gebiet (z. B. Erzgebirge)

Tendenz: Gebäude in windschwachen Gebieten weisen einen niedrigeren Infiltrationsluftvolumenstrom durch den geringeren Winddruck auf die Fassadenseiten aus als Gebäude in windstarken Gebieten. Daher werden hier lüftungstechnische Maßnahmen eher erforderlich sein.

→ Gibt es innenliegende Räume?

- Ja
- Nein

Tendenz: Bei innenliegenden Räumen, wie Bädern und WCs, ist neben der DIN 1946-6 zusätzlich die Entlüftung dieser Räume nach DIN 18017-3 zu beachten.

Diese Fragen, mit den angeführten Tendenzen, ersetzen in keinem Fall ein vom Fachmann erstelltes Lüftungskonzept.

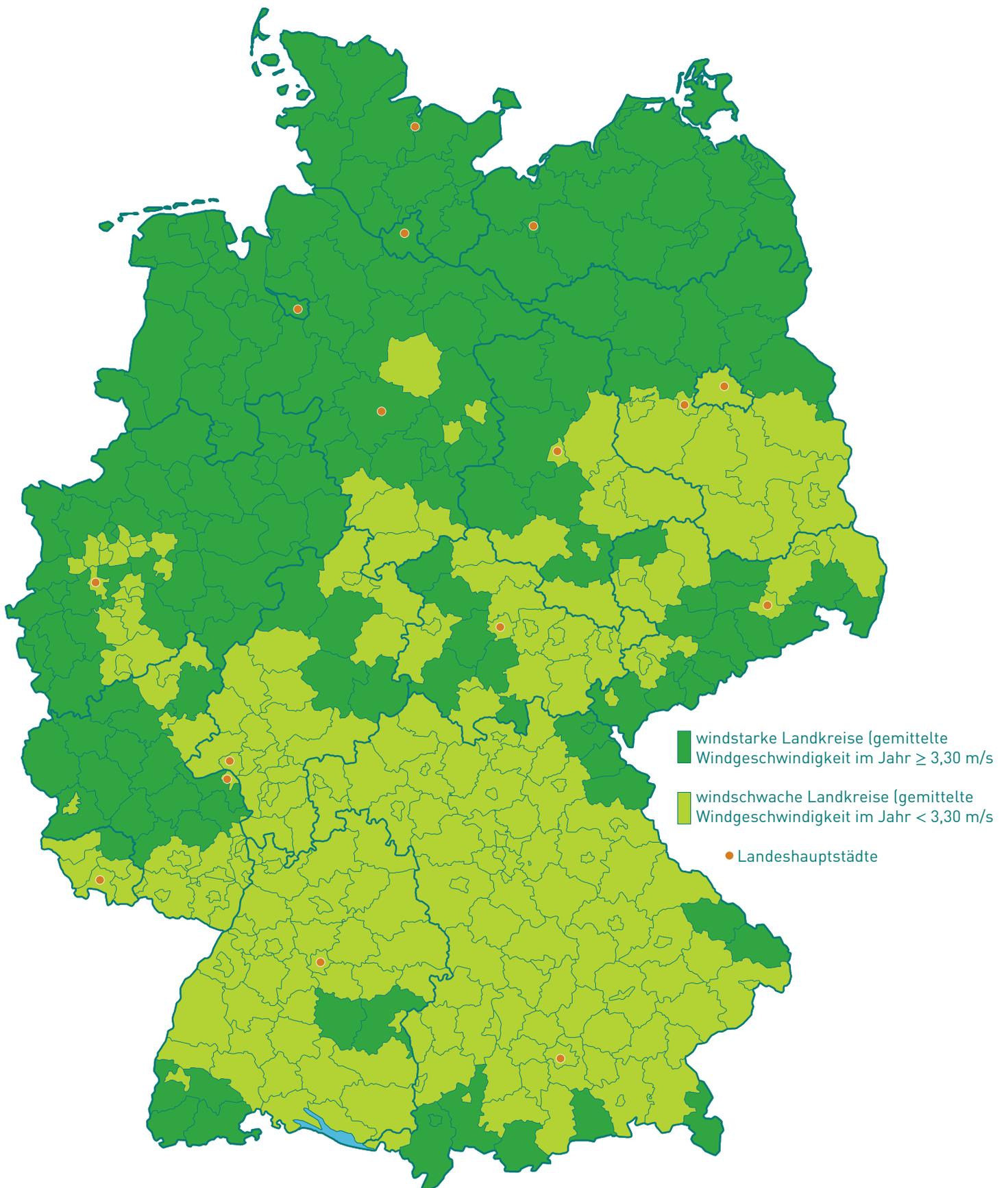


Abb. 59 Windstarke und windschwache Landkreise in Deutschland

Ob nach DIN 1946-6 lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich werden, zeigen unter Standardbedingungen für Gebäude mit maximal vier Geschossen beispielhaft die folgenden zwei Grafiken (Abb. 60 und Abb. 61).

Nach Abbildung 60 ist für ein schlecht wärmegeädämmtes Ein-familienhaus (Mehrgeschossiges Wohnhaus mit Treppenhäuser), mit Standardwerten für die Luftdichtheit sowie mit einer Wohnfläche von 150 m² in windschwacher Lage, nach komplettem Austausch aller Fenster ein Infiltrationsluftvolumenstrom von ca. 45 m³/h anrechenbar. Lüftungstechnische Maßnahmen sind bei geringer Belegung (mindestens 40 m² pro Person) nicht erforderlich.

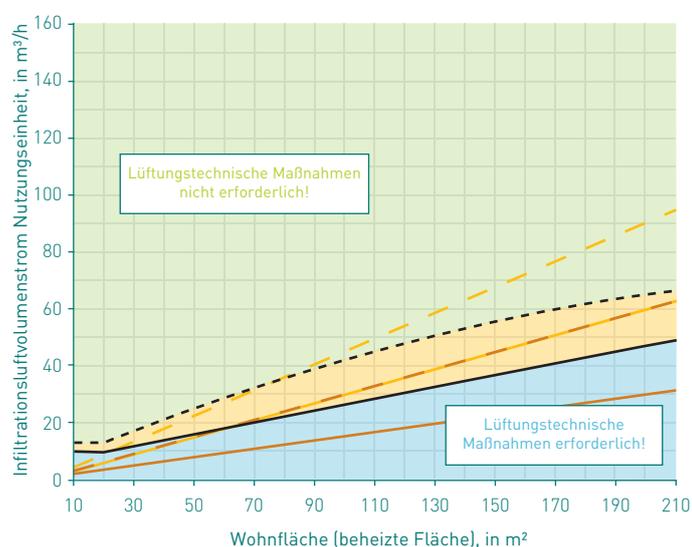


Abb. 60 Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen bei niedrigem Wärmeschutz ¹⁾

Für eine eingeschossige Wohnung mit Standardwerten für die Luftdichtheit ($n_{50} = 1,5$ 1/h) mit hoher Belegung sowie einer Wohnfläche von 90 m² in einem neu errichteten Mehrfamilienhaus und in windschwacher Lage, sind hingegen lüftungstechnische Maßnahmen zu planen (Infiltrationsluftvolumenstrom nach Abbildung 61 ist ca. 15 m³/h).

Die grundsätzliche Vorgehensweise für ein Lüftungskonzept mit der Auslegung der Lüftungskomponenten zeigt folgendes Ablaufschemata. Im **Kapitel 11 „Planungsbeispiel – Lüftungsanlage Zweifamilienhaus“** gibt es hierzu weitere Informationen.

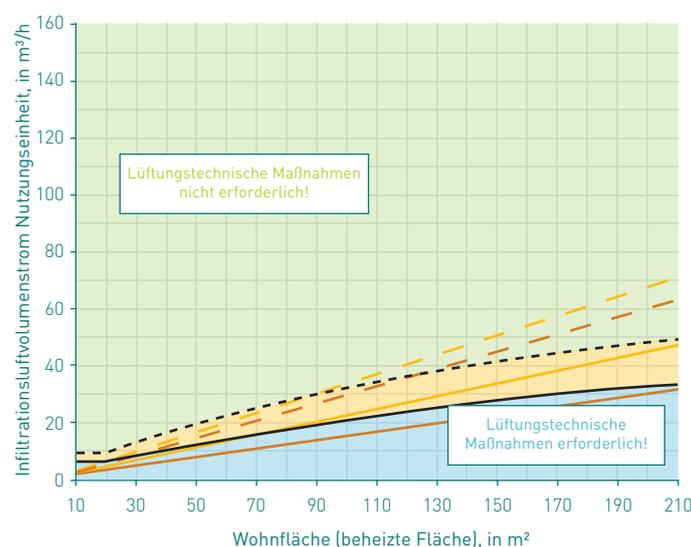


Abb. 61 Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen im Neubau ²⁾

- — — eingeschossige Nutzungseinheit (z. B. MFH), windstarke Lage
- — — eingeschossige Nutzungseinheit (z. B. MFH), windschwache Lage
- — — Lüftung zum Feuchteschutz mit hoher Belegung (z. B. MFH)
- — — Lüftung zum Feuchteschutz mit geringer Belegung (z. B. EFH)

- — — mehrgeschossige Nutzungseinheit (z. B. EFH), windstarke Lage
- — — mehrgeschossige Nutzungseinheit (z. B. EFH), windschwache Lage

¹⁾ Schlechter als WSV0 1995, bei Modernisierung im Bestand; Bsp.: Gebäude bis maximal vier Geschosse, mit Standardwerten nach DIN 1946-6

²⁾ Neubau; Bsp.: Gebäude bis maximal vier Geschosse, mit Standardwerten nach DIN 1946-6

↓ **Tipp! n_{50} -Wert für hocheffiziente Gebäude i.d.R. besser als in DIN 1946-6 angegebene n_{50} -Auslegungswerte**

Bei hocheffizienten Gebäuden (z. B. Neubau KfW-Effizienzhäuser) mit hohen Anforderungen an die Ausführungsqualität und Luftdichtheit der Gebäudehülle kann bei der Planung im Lüftungskonzept von einer besseren Luftdichtheit ($n_{50} \leq 1,0$ 1/h) ausgegangen werden, als es die DIN 1946-6 für freie Lüftung ($n_{50} = 1,5$ 1/h) für Neubauten ab 1995 vorgibt. Der genaue n_{50} -Wert wird mit einer Luftdichtheitsmessung, oder (falls nicht bekannt) der geplante Zielwert (Kapitel 1.5.1) nach Fertigstellung der luftdichten Gebäudehülle ermittelt. Die ermittelte tatsächliche Luftdichtheit des Gebäudes sollte bei der Auslegung lüftungstechnischer Maßnahmen bzw. Dimensionierung der Nennlüftung von Lüftungssystemen berücksichtigt werden.

Auf der Seite des VfW – Bundesverband für Wohnungslüftung e. V. (www.wohnungslueftung-ev.de) wird ein kostenloses Planungstool zur Feststellung der Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen zur Verfügung gestellt.

→ 34 | Wie umsetzen?

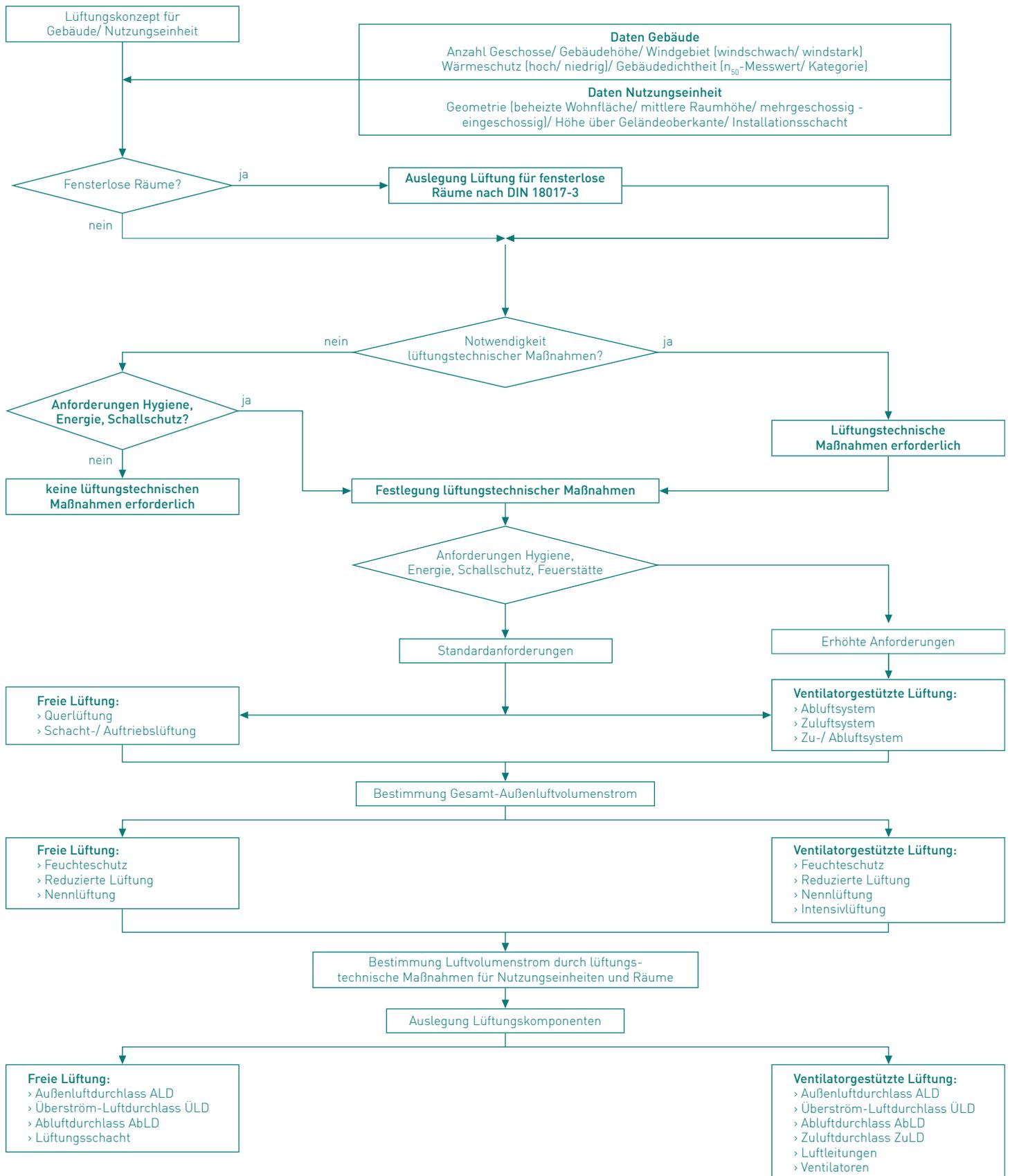


Abb. 62 Ablaufschema Lüftungskonzept nach DIN 1946-6

7.2 Energieeinsparung durch Wärmerückgewinnung

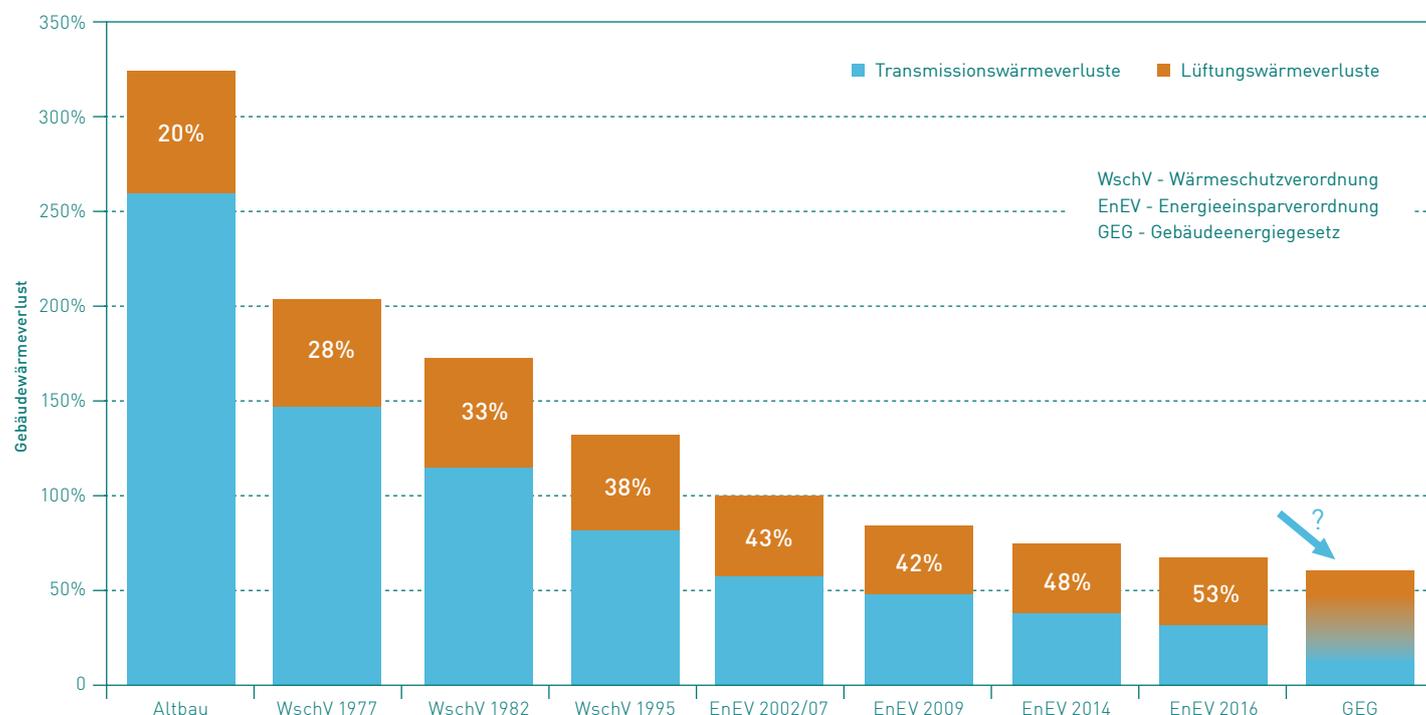


Abb. 63 Aufteilung der Gebäudewärmeverluste in Abhängigkeit vom Wärmeschutzstandard

Auf der Suche nach Energieeinsparmöglichkeiten im Gebäudebereich geraten die Lüftungswärmeverluste über die Gebäudehülle aufgrund von Undichtheiten verstärkt in den Fokus. Durch die stetig verschärften Anforderungen im energiesparenden Bauen sind im Wesentlichen die Transmissionswärmeverluste reduziert worden. Damit ist trotz erhöhter Anforderungen an die Gebäudedichtheit der Anteil der Lüftungswärmeverluste am Gesamtwärmeverlust beständig größer geworden (Abb. 63).

Eine Senkung der Lüftungswärmeverluste bei freier Lüftung verstärkt die Gefahr einer Zunahme hygienischer und bauphysikalischer Probleme vor allem in modernisierten, aber auch in neu errichteten Gebäuden. Die ventilatorgestützte Lüftung bietet demgegenüber die Möglichkeit, die Lüftungswärmeverluste unter Einhaltung der Anforderungen an Raumlufthygiene und Bautenschutz weiter zu senken. Dazu bestehen prinzipiell drei Möglichkeiten:

1. Rückgewinnung der in der Abluft enthaltenen (und sonst an die Umwelt abgegebenen) Energie mittels Wärmeübertrager und/oder Wärmepumpe (siehe Kapitel 4.1),
2. Vorwärmung der zugeführten Außenluft mittels erneuerbarer Energien, z. B. mit Erdreich-Luft-Wärmeübertrager, Sole-Luft-Wärmeübertrager (siehe Kapitel 4.3.2 – 4.3.3),

3. Verringerung des Außenluftwechsels (Bedarfs- oder Zonenlüftung).

Unter Bedarfs- oder Zonenlüftung wird die Anpassung der Luftvolumenströme an die durch geeignete Sensoren (z. B. Luftfeuchte oder Kohlendioxid) erfassten Lastverhältnisse in der Wohnung verstanden. Eine Zonenregelung kann beispielsweise realisiert werden, indem wechselweise Schlafräume nachts und Wohnräume tagsüber verstärkt gelüftet werden.

Einsparpotenziale durch bedarfsgeführte Abluftanlagen oder Wärmerückgewinnung

Die grundsätzlichen Einsparpotenziale energieeffizienter Konstellationen der ventilatorgestützten Lüftung gegenüber freier Lüftung können anhand ausgewählter Beispiele auf Basis der EnEV 2014 (Anforderungsniveau ab 2016) nach Abbildung 64 (bedarfsgeführte Abluftanlage) und Abbildung 65 (Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung) verdeutlicht werden.

→ 36 | Wie umsetzen?

Trinkwarmwasserbereitung:
→ gebäudezentrale Versorgung mit Wärmeversorgung über Heizung

Lüftung:
→ keine ventilatorgestützte Lüftung

Heizung:
→ Brennwertkessel mit Erdgas/Heizöl EL betrieben und thermische Solaranlage
→ Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle
→ 55/45 °C-Auslegung



Ausgangswerte
 $A_N = 100 - 500 \text{ m}^2$
 $q_n \approx 30 - 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$



Energiebedarf Ventilator:
 $q_{HE,E} \approx 0,9 \text{ kWh/m}^2\text{a}$



Einsparpotenzial
Endenergie (Wärme):
 $\Delta q_{WE,E} \approx 4,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (brennwertbezogen)
Primärenergie:
 $\Delta q_p \approx 3,5 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Trinkwarmwasserbereitung:
→ unverändert

Lüftung:
→ zentrale Abluftanlage
→ bedarfsgeführt mit Anlagenluftwechsel $n = 0,35 \text{ h}^{-1}$
→ Gleichstromventilator (DC)

Heizung:
→ unverändert

Abb. 64 Primär- und Endenergetischer Vergleich von freier Lüftung und bedarfsgeführter Abluftanlage (Beispiel in Anlehnung an DIN 4701-10 Bbl.1)

Trinkwarmwasserbereitung:
→ gebäudezentrale Versorgung mit Wärmeversorgung über Heizung

Lüftung:
→ keine ventilatorgestützte Lüftung

Heizung:
→ Brennwertkessel mit Erdgas/Heizöl EL betrieben und thermische Solaranlage
→ Aufstellung innerhalb der thermischen Hülle
→ 55/45 °C-Auslegung



Ausgangswerte
 $A_N = 100 - 500 \text{ m}^2$
 $q_n \approx 30 - 50 \text{ kWh/m}^2\text{a}$



Energiebedarf Ventilator:
 $q_{HE,E} \approx 2,0 \text{ kWh/m}^2\text{a}$



Einsparpotenzial
Endenergie (Wärme):
 $\Delta q_{WE,E} \approx 13 - 14 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ (brennwertbezogen)
Primärenergie:
 $\Delta q_p \approx 12 - 13 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

Trinkwarmwasserbereitung:
→ unverändert

Lüftung:
→ zentrale Zu-/Abluftanlage (Verlegung der Verteilungen innerhalb der thermischen Hülle)
→ Anlagenluftwechsel $n = 0,4 \text{ h}^{-1}$
→ Gleichstromventilator (DC)
→ mit Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager (Wärmebereitstellungsgrad 80%)

Heizung:
→ unverändert

Abb. 65 Primär- und Endenergetischer Vergleich von freier Lüftung und Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager (Beispiel in Anlehnung an DIN 4701-10 Bbl.1)

Unter typischen Einsatzbedingungen für neu errichtete bzw. energetisch modernisierte Wohngebäude (Nutzfläche zwischen 100 und 500 m², Heizwärmebedarf 30 bis 50 kWh/m²a, Gas-Brennwertheizung in Verbindung mit thermischer Solaranlage, zentrale Warmwasserbereitung) ergeben sich durch die Lüftungsanlagen gegenüber freier Lüftung folgende rechnerische, primärenergetische Einsparpotenziale:

- bedarfsgeführte Abluftanlage: ca. 3,5 kWh/m²a
- Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager mit $\eta_t = 80\%$: ca. 12 – 13 kWh/m²a.

Der Einsatz von Abluft-Wärmepumpen ist differenzierter zu bewerten. In Abhängigkeit von der Nutzung der Abwärme für

- Luftheizung (Abluft-Zuluft-Wärmepumpe)
- Heizungsunterstützung (Abluft-Wasser-Wärmepumpe)
- Trinkwassererwärmung (Abluft-Wasser-Wärmepumpe)

sind primärenergetische Einsparpotenziale gegenüber konventioneller Anlagentechnik tendenziell eher in kleineren Gebäuden mit hohem Wärmeschutz zu erreichen. Energieeffiziente Lüftungssysteme können einen wesentlichen Beitrag bei der Erfüllung der aktuellen und zukünftigen Vorgaben der Energieeinsparverordnung leisten.

Kosten von Wohnungslüftungsanlagen

Verbrauchsgebundene Kosten sind die für den Endenergiebedarf anfallenden Energiekosten unter Beachtung von Arbeits- und Leistungspreisen (z. B. für Gas und Strom). Aktuelle mittlere Energiepreise für Deutschland enthält die Tabelle 4. Mit dem Szenario „Preisanstieg“ wird versucht, die Entwicklung der kommenden Jahre abzuschätzen, in dem von einer Fortsetzung der Preisentwicklung der letzten Jahre ausgegangen wird. Eine treffsichere Prognose der Energiepreisentwicklung für einen längeren Zeithorizont erweist sich wegen der Komplexität der Einflüsse (politische Interessen, ökologische Aspekte, verfügbare Ressourcen, Weltmarktentwicklung usw.), auch unter dem Eindruck der Energiepreisturbulenzen der letzten Jahre, als nahezu unmöglich.

Energiekosten	Brutto (inkl. MwSt.)	
	konstant ¹⁾	Preisanstieg ²⁾
Erdgas (Heizung) (brennwertbezogen)	0,057 €/kWh	0,077 €/kWh
Haushaltsstrom (Hilfsenergie, Ventilatoren)	0,261 €/kWh	0,351 €/kWh

Tab. 4 Energiekosten – Arbeitspreise [Privatkunden – Tarif]

Für die vorgestellten Beispiele einer energieeffizienten ventilatorgestützten Lüftung sind die verbrauchsgebundenen Kosten-

einsparungen in Tabelle 5 dargestellt. Den Einsparungen an Heizenergie sind dabei die Mehrkosten für den Strombedarf der Ventilatoren gegenzurechnen. In Abhängigkeit von den Annahmen zur zukünftigen Energiepreisentwicklung lassen sich im Verbrauch für die bedarfsgeführte Abluftanlage Einsparungen bis zu 0,03 €/m²a und für die Zu-/Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager bis zu 0,38 €/m²a gegenüber freier Lüftung ermitteln.

Einsparung verbrauchsgebundene Kosten Heizung ²⁾	Brutto (inkl. MwSt.)	
	konstant	Preisanstieg
Bedarfsgeführte Abluftanlage	0,02 €/m ² a	0,03 €/m ² a
Zu-/ Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung durch Wärmeübertrager	0,22 - 0,28 €/m ² a	0,30 - 0,38 €/m ² a

Tab. 5 Energiekosten – Arbeitspreise [Privatkunden – Tarif]

Wird für Anlagentechnik die Wirtschaftlichkeit von energetischen Maßnahmen nach VDI 2067 bilanziert, sind in der Berechnung folgende Kostenanteile zu Gesamtkosten zu summieren:

- verbrauchsgebundene Kosten,
- kapitalgebundene Kosten (aus den Investitionskosten),
- betriebsgebundene Kosten (z. B. Wartung) und
- sonstige Kosten (z. B. Versicherungen).

Eine Gesamtkostenbetrachtung der ventilatorgestützten Lüftung nach VDI 2067 ergibt zumeist, dass eine Amortisation gegenüber freier Lüftung praktisch kaum erreichbar ist. Werden Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung jedoch mit einer Abluftanlage (EnEV Referenztechnik beim Neubau von Wohngebäuden) verglichen, kann in Abhängigkeit von den Randbedingungen die Investition in eine Wohnungslüftungsanlage wirtschaftlich sein. Die spezifischen Investitionskosten für kombinierte Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung bewegen sich in einem Bereich, wie im Diagramm (Abb. 66) abgebildet.

Für 64 zufällig erhobene über des Förderprogramm RL EuK 2007 geförderte Gebäude werden jeweils die spezifischen Errichtungskosten für Lüftungsanlagen in Abhängigkeit vom Luftvolumenstrom dargestellt. Eine direkte Umrechnung der im Diagramm angegebenen spezifischen Kosten von €/m³/h in €/m² ist nur bei der Berücksichtigung der tatsächlichen Raumhöhe der be- und entlüfteten Räume möglich. Ausgehend von einer mittleren Raumhöhe von 2,5 m bis 3 m ergeben sich spezifische Kosten von 35 €/m² bis 90 €/m². In Abhängigkeit von der Qualität und Güte des Lüftungsgerätes, den Gegebenheiten vor Ort, dem Material der Lüftungsleitungen sowie der Raumgeometrie läge der Kostenrahmen für die Be- und Entlüftung eines Einfamilienhauses mit einer be- und entlüfteten Fläche von 120 m² bei mittleren Raumhöhen von 2,5 m bis 3 m zwischen 4.200 € und 10.800 €.

→ 38 | Wie umsetzen?

Weiterhin dürfen bei Lüftungsanlagen die Betriebs- und Wartungskosten nicht vernachlässigt werden. Die jährlichen Wartungskosten für eine Lüftungsanlage liegen dabei zwischen 1,5% und 3,5% der Errichtungskosten. Bei einer detaillierten und kostenbewussten Planung und unter Beachtung der variablen Rahmenbedingungen, wie Kapitalkosten und Energiepreissteigerungen, ist eine wirtschaftliche Lösung möglich. Jedoch ist eine ausschließlich auf die Einsparung von Energie basierende Wirtschaftlichkeitsbetrachtung nicht zielführend.

Es muss berücksichtigt werden, dass es sich nach VDI 2067 um eine monetäre Betrachtung der unmittelbar mit der Wohnungsnutzung und dem Anlagenbetrieb in Zusammenhang stehenden Kosten handelt. Die Ausführungen in den voranstehenden Abschnitten zeigen jedoch, dass die freie Lüftung mit vielfältigen Problemen und daraus resultierenden, allerdings nur sehr schwer zu quantifizierenden Folgekosten, wie z. B.

- Sanierungskosten für Schimmelpilzbeseitigung,
- Kosten für juristische Auseinandersetzungen,
- Gesundheitskosten für erhöhten Krankenstand in feuchten Wohnungen,
- Kosten für verminderte Arbeitsproduktivität bei schlechter Raumluftqualität,

- Kosten für Schallschutz- und Sicherheitsmaßnahmen,
- erhöhte Verbrauchskosten bei starkem Fensterlüften mit daraus resultierenden hohen Lüftungswärmeverlusten

verbunden sein kann. Umgekehrt wird eine hochwertige Wohnungsausstattung mit ventilatorgestützter Lüftung für den Nutzer mit einer (monetär ebenfalls kaum zu bewertenden) verbesserten Lebensqualität einhergehen.

Bei einer umfassenderen Betrachtung müssen sowohl bei selbst genutztem Eigentum, als auch bei vermieteten Gebäuden Überlegungen zu evtl. Folgekosten (z. B. Sanierungsmaßnahmen) in die Entscheidung über das Lüftungskonzept einbezogen werden. Wird im Neubau auf eine Lüftungsanlage verzichtet (sofern dies das Lüftungskonzept zulässt), müssen um die EnEV zu erfüllen ggf. Kompensationsmaßnahmen im Bereich der thermischen Gebäudehülle bzw. der Anlagentechnik durchgeführt werden. Hiervon abgeleitet muss eine korrekte Wirtschaftlichkeitsbetrachtung daher immer den konkreten Einzelfall berücksichtigen, sodass eine pauschale Aussage zur Wirtschaftlichkeit von Lüftungsanlagen nicht getroffen werden kann.

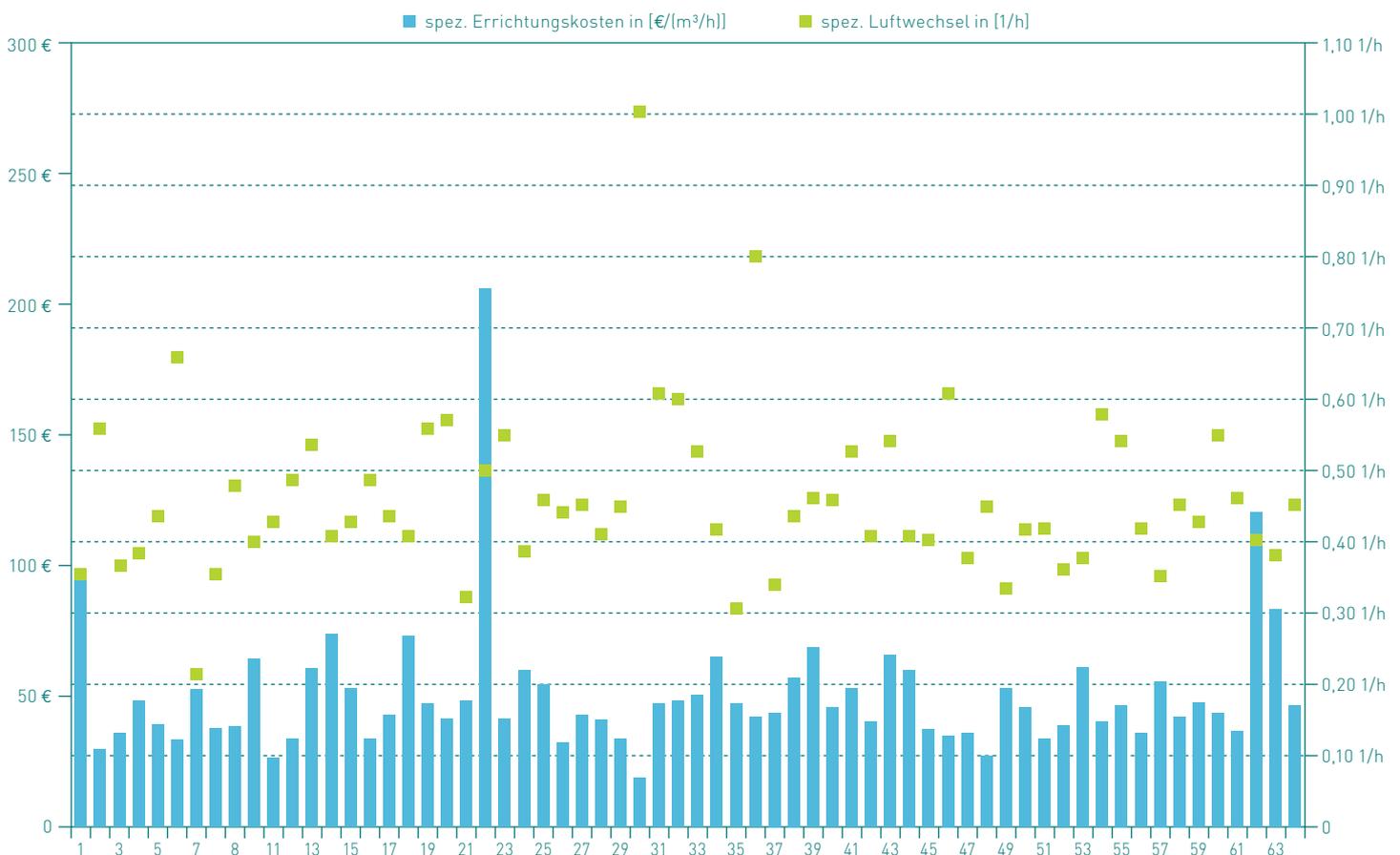


Abb. 66 spezifischen Errichtungskosten für Lüftungsanlagen in Abhängigkeit vom Luftvolumenstrom [Förderung über RL EuK 2007; statistische Auswertung Fördertatbestand R14]

7.3 Fördermöglichkeiten

Auch in bundesweiten und regionalen Förderprogrammen spiegelt sich die Bedeutung wider, die der ventilatorgestützten Lüftung von politischer Seite beigemessen wird. Informieren Sie sich immer aktuell über mögliche Förderprogramme z. B. unter:

- www.bafa.de
- www.kfw.de
- www.sab.sachsen.de

Allen Förderprogrammen ist gemeinsam, dass Mindestanforderungen an die Energieeffizienz der förderbaren Wohnungslüftungsanlagen (Wärmerückgewinnungsgrad, Stromaufnahme der Ventilatoren) gestellt werden.

7.4 Energieeffizienz von Lüftungsgeräten – Ecolabel

Ab dem 01.01.2016 traten Ökodesign-Anforderungen für Wohnungslüftungsgeräte in Kraft, wie sie auch schon von anderen Elektro-Geräten wie Kühlschränken bekannt sind. Die Effizienz von Wohnungslüftungsgeräten wird durch die Primärenergieeinsparung unter Berücksichtigung von eingesparter Wärmeenergie (z. B. durch Wärmerückgewinnung oder Bedarfsführung) sowie „gegengerechnetem“ Strombedarf der Ventilatoren und Energiebedarf für den Frostschutz bewertet.

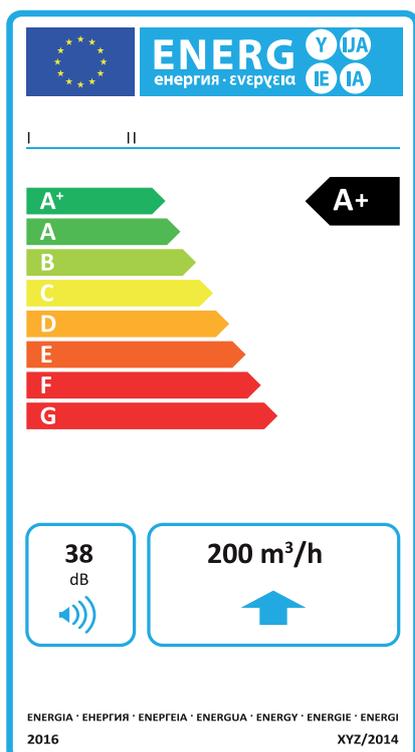


Abb. 67 Ökodesign-Label für Wohnungslüftungsgeräte



Abbildung 67 zeigt das Ökodesign-Label, mit dem die meisten Wohnungslüftungsgeräte ab dem 01.01.2016 ausgestattet sein müssen.

Das Label enthält dabei folgende Informationen:

- Name des Lieferanten oder der Marke,
- Modellkennung des Lieferanten,
- Energieeffizienz für durchschnittliches Klima,
- Schallleistungspegel in dB,
- maximaler Luftvolumenstrom in m³/h (ein Pfeil für unidirektionale Anlagen, zwei Pfeile für bidirektionale Anlagen). Ab dem 01.01.2016 dürfen nur noch Geräte mit Klasse G oder besser in der Europäischen Union in Verkehr gebracht werden. Ab dem 01.01.2018 nur noch Geräte mit Klasse D oder besser.

Parameter	Zentrale bedarfsgeführte Abluftanlage	Zentrale Zu-/ Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung
Spezifische Ventilatorleistung	DC	DC
Temperaturänderungsgrad	ohne	$\eta_t = 80\%$
Regelung	bedarfsgeführt (raumweise)	bedarfsgeführt (zentral)
	Ventilator drehzahl-geregelt	Ventilator dreistufig
SEC-Klassifizierung	B	A

Tab. 6 Beispiele für SEC-Klassifizierung von Wohnungslüftungsgeräten mit marktüblichen Parametern (Angaben für mittleres Klima)

7.5 Mietrecht

Anmerkung: Der Abschnitt „Mietrecht“ ersetzt keine konkrete Rechtsberatung, sondern gibt nur rechtliche Hinweise, die auszugswise und unvollständig wiedergegeben sein können. Zahlreiche Veröffentlichungen im Bereich der Wohnungslüftung weisen darauf hin, dass Rechtsstreitigkeiten über Schimmelpilzschäden die Gerichte seit Jahrzehnten zunehmend beschäftigen. In der Rechtsprechung besteht grundsätzlich Einigkeit dahingehend, dass den Mieter die Pflicht trifft, zur Vermeidung von Schimmelbildung ausreichend zu heizen und zu lüften. Jedoch variieren in der Rechtsprechung der einzelnen Gerichte Dauer der Lüftung und Häufigkeit sowie weitere Parameter.

Die Instandhaltung der Mietsache und Haftung für Mängel an dieser (z. B. durch Schimmelpilzbildung) ist grundsätzlich Sache des Vermieters. Nur bei einer Pflichtverletzung des Mieters kann ein Mitverschulden des Mieters von Schimmelpilzschäden durch unzureichendes Heizen und Lüften angenommen werden. Da die berechtigten Belange des Mieters mit abzuwägen sind, kann der Mieter nur in einem zumutbaren Umfang zum Heizen und Lüften verpflichtet sein. Die Zumutbarkeit wird als Grenze von den Gerichten anerkannt, jedoch ist diese nicht abschließend festgelegt. Auf die heutigen Familien- und Arbeitsverhältnisse muss bei der Ermittlung der Zumutbarkeit Rücksicht genommen werden.

Heute ist es durchaus üblich, dass zu einem wesentlichen Zeitraum eines Tages kein Mieter in der Wohnung anwesend ist, sodass etwa ein über den gesamten Tag verteiltes mehrmaliges Lüften nicht allgemein gefordert werden kann. Daher hat die Rechtsprechung folgende Lüftungsmaßnahmen, die über die üblichen, allgemein bekannten Lüftungsmaßnahmen – namentlich zweimaliges tägliches Stoßlüften für bis zu 15 Minuten – hinausgehen, als unzumutbar ausgesprochen:

- mehr als ein- bis zweimal täglich Stoßlüften (AG Bremen, WuM 2015, 546)
- drei bis viermal täglich für 15 Minuten (LG Aurich, WuM 2005, 573)
- sechsmaliges tägliches Stoßlüften bei mehreren Mietern („Nicht die Anzahl der Personen ist für die Zumutbarkeit maßgeblich, sondern die Häufigkeit des Lüftens“ (LG Berlin, WuM 2016, 416))

Die Rechtsprechung unterscheidet bei der Zumutbarkeit teilweise – aber nicht durchgängig – zwischen Berufstätigen und Nicht-Berufstätigen.

Neben seinem Lüftungsverhalten muss sich der Mieter zur Schimmelvermeidung auch an die allgemein üblichen Empfehlungen zur Beheizung der Wohnung halten. Ohne besondere Vereinbarungen sah das LG Bonn (WuM 2012, 198) bspw. „eine Durchschnittstemperatur von 18°C“ als ausreichend an.



Kritisch wird ebenfalls das Problem „Mindestwandabstand“ von Möbeln gesehen. Zwar sieht die neuere Rechtsprechung bspw. folgendes vor:

- Abstand von wenigen cm (unter 5; Scheuerleistenabstand) muss genügen (LG Kiel, ZMR 2012, 443)
- unzumutbar, sofern nicht vereinbart bzw. Mieter aufgeklärt, sind größere Abstände oder an bestimmten Wänden keine Möbel aufstellen zu dürfen (LG Mannheim, NZM 2007, 682; AG Spandau, Grundeigentum 2011, 209)
- Aufstellen üblicher Möbel gehört zur Gebrauchstauglichkeit einer Wohnung (LG Münster, WuM 2011, 359; LG Hamburg, NZM 1998, 571)
- Mieter darf Möbel grundsätzlich bis an die Wand stellen (LG Münster, WuM 2011, 359)

Ob der bisher aufgestellte und allgemein anerkannte Grundsatz, dass Mietwohnungen in bauphysikalischer Hinsicht so beschaffen sein müssen, dass es bei einem Abstand zwischen Möbel und Wand von wenigen Zentimetern zu keiner Tauwasserbildung und folglich zu keinen Feuchtigkeitssschäden kommt, muss angezweifelt werden.

So weisen Isenmann/ Adam/ Mersson (Feuchtigkeitserscheinungen in bewohnten Gebäuden, 4. Aufl. 2008, S. 128 ff.) nach, dass sich auch bei völlig baumangelfreien neuen Häusern, die

den allgemein anerkannten Regeln der Bautechnik entsprechen, kondensationsbedingter Feuchtigkeitsniederschlag zwangsläufig bildet, wenn der notwendige Abstand zwischen Möbel und Wand nicht eingehalten wird.

Das OLG Celle hat bereits im Jahre 1984 die Bedeutung von DIN-Normen behandelt. Nach der Rechtsprechung kann der Mieter ohne abweichende Absprache somit grundsätzlich „nur“ den Standard erwarten, der zum Zeitpunkt der Gebäudeerrichtung galt [BGH, WuM 2015, 381; WuM 2013, 481; WuM 2012, 464; WuM 2010, 482; WuM 2009, 457; WuM 2004, 715]. Der Mieter hat also keinen Anspruch auf Einhaltung jeweils des aktuellen Stands einer DIN-Norm [BGH, WuM 2013, 481, auch nicht auf Modernisierung: BGH, WuM 2004, 527]. Ausnahmen hinsichtlich dieser Rechtsprechung sind bspw.:

- Gesundheitsgefährdung durch bessere Erkenntnisse ab deren Veröffentlichung [BVerfG, WuM 1998, 657; näher Lames, Technische Standards und Sollbeschaffenheit der Mietsache, NZM 2007, 465ff.]
- Absinken unter Minimalstandard [BGH, WuM 2004, 527]
- erhebliche Eingriffe in die Gebäudesubstanz, die einem Neubau oder einer grundlegenden Gebäudeveränderung entsprechen [BGH, WuM 2013, 481; WuM 2009, 457]

Jedoch genügt die Einhaltung technischer Normen nicht immer. So haben technische Regelwerke, insbesondere DIN-Normen, ihre Funktion nach OLG Celle, WuM 1985, 9 im Baurecht, während es mietrechtlich auf den „vertragsgemäßen Gebrauch“ ankommt (§§ 535, Abs. 1 S. 2, 536 Abs. 1 BGB).

Einen weiteren erheblichen Problem- und Streitpunkt stellt in der Praxis die Aufklärung der Schimmelursache dar (bauliche Mängel oder Pflichtverletzung durch bspw. unzureichendes Lüftungsverhalten). Grundsätzlich trägt der Anspruchsteller die Beweislast. Begehrt also der Vermieter vom Mieter Schadensersatz, muss der Vermieter ausschließen, dass die Schadensursache in seinem eigenen Verantwortungsbereich liegt, mithin nicht bauwerksbedingt ist, weil ein (bautechnischer) Mangel am Gebäude vorliegt. Gelingt dem Vermieter dieser Beweis, muss der Mieter sich wiederum entlasten.

Beispielsweise durch den Nachweis, dass die Schimmelpilzschäden nicht aus seinem Heiz- und Lüftungsverhalten, der Art der Möblierung oder anderen Ursächlichkeiten hervorgehen, die ihm zuzurechnen sind [BGH, WuM 1994,



466; WuM 2005, 57; OLG Karlsruhe, NJW 1985, 142). Begehrt der Mieter hingegen vom Vermieter Schadensersatz oder Mietminderung, gilt entsprechend das Umgekehrte. Das Gericht muss schließlich klären, ob die Ursache für die Schimmelbildung im Verantwortungsbereich des Mieters oder im Verantwortungsbereich des Vermieters liegt.

Das Rechtsthema „richtiges Heiz- und Lüftungsverhalten“ wird auch in Hinblick auf weitere Energiesparmaßnahmen in Zukunft die Gerichte weiterhin beschäftigen. Der Verantwortungsbereich wird allerdings nur eingeschränkt dem Mieter, sondern tendenziell eher dem Vermieter und seiner Bau- bzw. Sanierungsplanung zufallen. Demnach gilt zwar auch ohne gesonderte Vereinbarung die Obhutspflicht des Mieters unter Beachtung von Folgendem:

- erfordert das Objekt (insbesondere nach energetischer Modernisierung) besondere, vom Standard abweichende Verhaltensweisen, muss der Vermieter konkret aufklären (bei Anmietung: LG Lübeck, WuM 1990, 202; LG Kiel, WuM 1982, 187 oder im Zusammenhang mit baulichen Veränderungen wie Fenstertausch): LG Berlin, ZMR 2002, 48; Grundeigentum 2000, 124 LG Gießen, ZMR 2000, 537; LG München I, NJW 2007, 2500)
- allgemeine Hinweise oder die Übergabe von Merkblättern, Broschüren etc. genügen nicht (LG Berlin, WuM 2016, 416; LG Hamburg, WuM 2010, 28; LG Saarbrücken, BeckRS 2012, 09825)

Vor diesem Hintergrund hat der Bundesverband für Wohnungslüftung 2014 ein Rechtsgutachten „Erfordern die allgemein anerkannten Regeln der Technik in Wohnungen eine kontrollierte Lüftung?“ in der 2. Auflage erstellen lassen. Der Autor, ein renommierter Rechtsanwalt im Bereich des Baurechts, kommt zu folgenden Schlüssen:

- In dichten Gebäuden sind für eine hinreichende Wohnungslüftung zusätzliche Lüftungsmaßnahmen erforderlich. Nach dem derzeitigen Regelwerk ist dafür nicht zwingend die Planung einer ventilatorgestützten Lüftung erforderlich.
- Die Annahme ist gerechtfertigt, dass sich bei den Bauteilgigen zunehmend die Erkenntnis durchsetzen wird, dass in dichten Gebäuden ein hinreichender Luftaustausch nicht allein dem Nutzer überlassen bleiben kann, sondern vielmehr durch konstruktive Maßnahmen, wie die ventilatorgestützte Lüftung sicherzustellen ist.
- Unabhängig davon setzt sich der Planer bereits heute erheblichen Haftungsrisiken aus, wenn er den Bauherrn nicht darauf hinweist, dass eine hinreichende Raumluftqualität ohne ventilatorgestützte Lüftung nur durch umfangreiche Lüftungsmaßnahmen des Nutzers gewährleistet ist.

8 Ausgewählte Hinweise für die Auslegung von Wohnungslüftungsanlagen

Für die Umsetzung einer Wohnungslüftung ist eine genaue Auslegung der erforderlichen Luftvolumenströme und der zu verbauenden Komponenten nötig. Weiter sind auch schall- und brandschutztechnische Anforderungen zu beachten. Die Auslegung bzw. Planung einer Lüftungsanlage sollte durch einen qualifizierten Installateur oder Fachplaner durchgeführt werden, um Ausführungsfehler zu vermeiden. Typische Fehler, die bei einer nicht fachgerechten Planung vorkommen können, sind z. B. folgende:

- zu niedriger Luftwechsel gewährleistet nicht die benötigten Luftwechselraten
- zu hoher Luftwechsel führt zu Zugerscheinungen, hohem Stromverbrauch und Geräuschen
- Zu- und Abluftvolumenströme falsch ausgelegt, kann z. B. auch zu Druckdifferenzen im Wohnraum führen
- Strömungsgeräusche durch zu kleine Kanalquerschnitte
- vergessene oder nicht richtig angeordnete Telefonieschall-dämpfer führen zu Schallübertragung aus Nachbarräumen
- fehlende Revisionsöffnungen für Wartung- und Reinigungszwecke
- Lüftungsgerät falsch dimensioniert
- Einregulierung der Zu- und Abluftvolumenströme wurde nicht durchgeführt
- Nutzer der Lüftungsanlage in Bedienung, Wartung und Inspektion nicht eingewiesen

8.1 Auslegung der erforderlichen Luftvolumenströme

In der DIN 1946-6 werden **4 Lüftungsstufen** definiert:

- **Lüftung zum Feuchteschutz:** notwendige Lüftung zur Gewährleistung des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen, z. B. zeitweilige Abwesenheit der Nutzer und kein Wäschetrocknen in der Nutzungseinheit
- **Reduzierte Lüftung:** notwendige Lüftung zur Gewährleistung der hygienischen Mindestanforderungen sowie des Bautenschutzes (Feuchte) bei zeitweiliger Abwesenheit der Nutzer oder verminderter Raumluftqualität
- **Nennlüftung:** notwendige Lüftung zur Gewährleistung der hygienischen Anforderungen sowie des Bautenschutzes bei Anwesenheit aller Nutzer (Normalbetrieb)
- **Intensivlüftung:** zeitweilig notwendige Lüftung mit erhöhtem Luftvolumenstrom zum Abbau von Lastspitzen (Lastbetrieb)

Um den notwendigen Gesamt-Außenluftvolumenstrom für eine Nutzungseinheit in den einzelnen Lüftungsstufen bestimmen zu können, sind Anforderungen an die Nutzungseinheiten (Außenluftvolumenströme abhängig von der beheizten Wohnfläche) und an einzelne Räume zu berücksichtigen. Dabei wird der notwendige Gesamt-Außenluftvolumenstrom im Regelfall als Maximalwert aus dem Vergleich des für die Nutzungseinheit

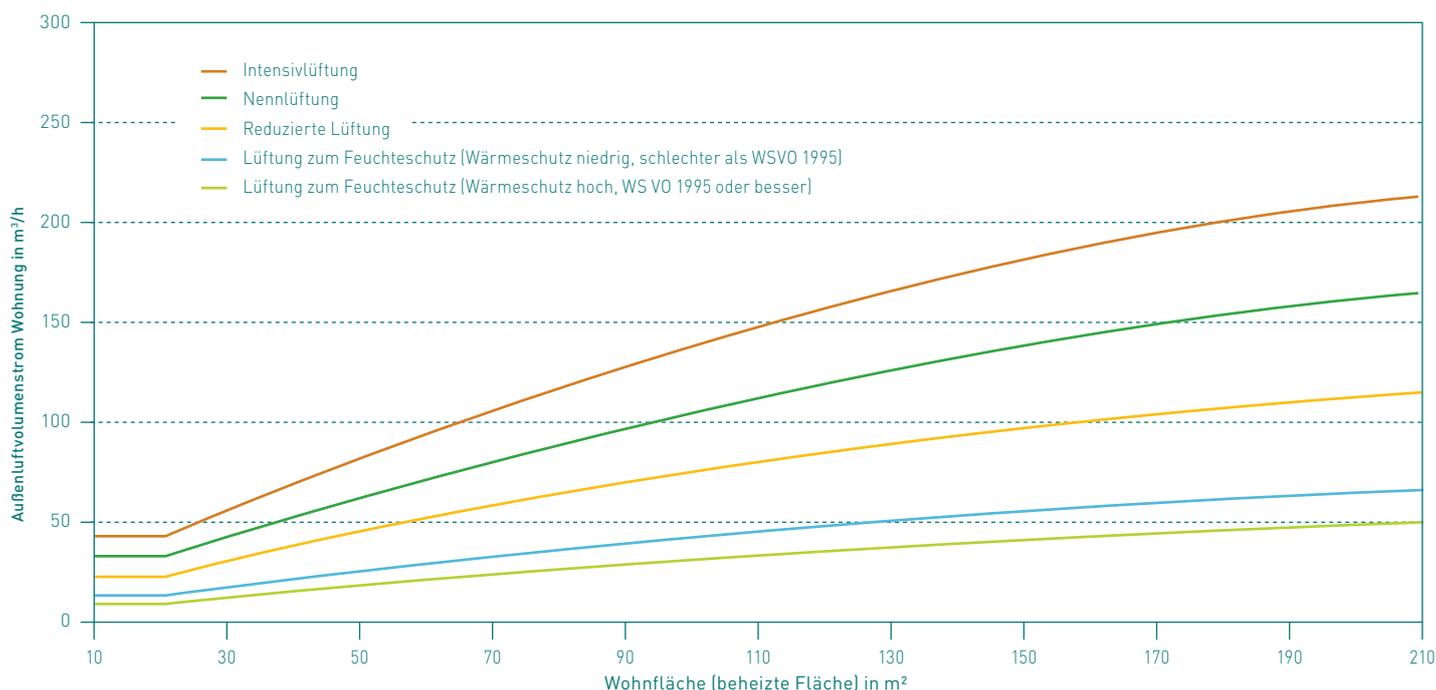


Abb. 68 Notwendige Außenluftvolumenströme für Nutzungseinheiten nach DIN 1946-6

erforderlichen Luftvolumenstroms (Abb. 68) und der Summe der für die Ablufträume erforderlichen Luftvolumenströme (Tab. 7) bestimmt.

Raumnutzung	Notwendiger Abluftvolumenstrom bei Nennlüftung
Hausarbeitsraum	20 m ³ /h
Kellerraum (z. B. Hobbyraum, beheizt und innerhalb der thermischen Hülle)	
WC	
Küche, Kochnische	40 m ³ /h
Bad mit/ohne WC	
Duschraum	
Sauna- bzw. Fitnessraum	40 m ³ /h

Tab. 7 Notwendige Abluftvolumenströme für Ablufträume bei ventilatorgestützter Lüftung nach DIN 1946-6

Lediglich für die Querlüftung wird in DIN 1946-6 nach einem anderen Berechnungsalgorithmus vorgegangen, da bei diesem Lüftungssystem die Durchströmungsrichtung der Nutzungseinheiten von der Windrichtung abhängt und damit Ablufträume nicht eindeutig definiert werden können.

Aus dem notwendigen Gesamt-Außenluftvolumenstrom resultieren die Anforderungen an die Luftvolumenströme durch lüftungstechnische Maßnahmen für Lüftungssysteme. Der Luftvolumenstrom durch lüftungstechnische Maßnahmen resultiert aus der Subtraktion von Luftvolumenstrom durch Infiltration und manuellem Fensteröffnen vom notwendigen Gesamt-Außenluftvolumenstrom.

Welche Lüftungsstufe dabei durch die lüftungstechnische Maßnahme zu realisieren ist, wird nach dem Lüftungssystem unterschieden. DIN 1946-6 fordert mindestens die Einhaltung der

- Lüftung zum Feuchteschutz bei Querlüftung
- reduzierten Lüftung bei Schachtlüftung und
- Nennlüftung bei ventilatorgestützter Lüftung.

Die Auslegung für höhere Luftvolumenströme ist ausdrücklich zulässig und teilweise empfohlen. Bei der Auslegung von Außenluftdurchlässen (ALD) als Lüftungskomponenten kann der wirksame Luftvolumenstrom durch Infiltration berücksichtigt werden. Während bei älteren Gebäuden aufgrund der Undichtheiten der Gebäudehülle die notwendigen Außenluftvolumenströme ganz oder zumindest teilweise durch den Volumenstrom durch Infiltration erbracht werden konnten, ist dies bei neuen, dichten Gebäuden nur noch stark eingeschränkt der Fall. Der wirksame Volumenstrom durch Infiltration wird auf der Basis von n_{50} -Werten für das Gebäude sowie von system- und komponentenabhängigen Korrekturfaktoren und Druckdifferenzen ermittelt. Dabei ist zu beachten, dass wegen der variierenden Korrekturfaktoren der wirksame Luftvolumenstrom durch Infiltration und im Ergebnis dessen auch der Luftvolumenstrom

durch lüftungstechnische Maßnahmen (LtM), in Abhängigkeit vom Lüftungssystem unterschiedliche Werte annehmen.

Auch wenn Lüftungssysteme vorhanden sind, kann die Wohnungslüftung durch Fensteröffnen jederzeit unterstützt werden. Um höhere Lüftungsstufen zu erreichen, kann die Fensterlüftung ggf. sogar erforderlich sein. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn in einer Wohnung mit für Nennlüftung ausgelegtem Lüftungssystem eine Intensivlüftung realisiert werden soll. Für die jeweilige Auslegungs-Lüftungsstufe eines Systems muss allerdings davon ausgegangen werden, dass dieses auch bei geschlossenen Fenstern den erforderlichen Luftvolumenstrom realisiert.

Die Bemessung der Komponenten für Nutzungseinheiten erfolgt mit den für die Lüftungssysteme ermittelten Luftvolumenströmen durch lüftungstechnische Maßnahmen. Bei den Komponenten für Räume ist zunächst die Aufteilung dieser Luftvolumenströme erforderlich.

8.2 Schallschutz

Die normativen Anforderungen an den Schallschutz in Gebäuden sind in DIN 4109-1 „Schallschutz im Hochbau – Mindestanforderungen“ geregelt. Dort wird das Ziel formuliert, Menschen in Aufenthaltsräumen vor unzumutbaren Belästigungen durch Schallübertragung zu schützen. Bei der Diskussion von Schallschutz und Lüftung gilt es, zwei wesentliche Punkte zu beachten. Ein erster Problembereich besteht in den Schalldämmeigenschaften der Gebäudehülle. Zu beachten sind dabei besonders Fenster und ggf. zusätzliche Lüftungselemente in der Gebäudefassade (so genannte Außenluftdurchlässe – ALD). Fehlender Schallschutz während des Fensteröffnens ist ein entscheidendes Manko der Fensterlüftung, der Außenlärm (besonders kritisch z. B. an stark befahrenen Straßen) beeinflusst folgerichtig oft maßgeblich die Lüftungsintensität und -häufigkeit.

Aus Sicht des Schallschutzes wichtig sind auch die durch den Betrieb von ventilatorgestützten Lüftungsgeräten und -anlagen entstehenden oder übertragenen Geräusche. Die dauerhafte Einhaltung der Schallschutzanforderungen stellt Ansprüche an die Konstruktion der Lüftungsgeräte (Schalldämmung) und insbesondere der Ventilatoren (Schallemission). Richtwerte für zulässige Geräusche aus Lüftungsanlagen finden sich in der DIN 4109-1 (Tab. 8).

Raumcharakter	Zulässiger Schalldruckpegel
Wohn- und Schlafräume	≤ 30 dB (A)
Küchen	≤ 33 dB (A)
Es sind um 5 dB höhere Werte zulässig, wenn es sich um Dauergeräusche ohne auffällige Einzeltöne handelt. Einzelne, kurzzeitige Geräuschspitzen, die beim Ein- und Ausschalten der Anlagen auftreten, dürfen maximal 5 dB überschreiten.	

Tab. 8 Zulässiger A-bewerteter Schalldruckpegel von Geräuschen aus Lüftungsanlagen nach DIN 4109

Die Einhaltung dieser Grenzwerte lässt sich durch geeignete Maßnahmen sicherstellen. Als Grundregel gilt, dass der Schallvermeidung gegenüber der Schalldämmung bzw. -dämpfung Priorität einzuräumen ist. Anderenfalls bestehen Möglichkeiten zur

- Luftschalldämpfung (z. B. Kanalumlenkungen, Absorptionsschalldämpfer), siehe Abbildung 69,
- Luftschalldämmung (z. B. Kanalauskleidung, schwere Bauteilausführung),
- Körperschalldämmung (z. B. Schalldämmmatten),
- Schwingungsisolierung (z. B. Federisolatoren).



Abb. 69 Schalldämpfer für Luftrohre (links) und Kanalsysteme (rechts)

Neben der DIN 4109 sind akustische Anforderungen auch in der VDI 4100 „Schallschutz in Wohnungen – Kriterien für Planung und Beurteilung“ festgeschrieben. In Abhängigkeit des betrachteten Gebäudetyps (Mehrfamilienhaus, Reihen- oder Doppelhaus, Einfamilienhaus, Wohnungen) werden Schallschutzwerte in drei Schallschutzstufen empfohlen. Zur Luftschalldämpfung kommen in der Regel Schalldämpfer mit eingebauten Schalldämmkuliszen zum Einsatz. Ein Beispiel zeigt Abbildung 70 bzw. das Planungsbeispiel (Kapitel 11).



Abb. 70 Luftrohr mit Schalldämpfern

8.3 Brandschutz

Anforderungen an den Brandschutz sind in den Bauordnungen der Länder und in der „Bauaufsichtlichen Richtlinie über die brandschutztechnischen Anforderungen an Lüftungsanlagen“ (RbAL) in Verbindung mit DIN 4102 „Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen“ geregelt. Planungen mit brandschutzrelevanten Fragen sollten mit der Feuerwehr bzw. mit Sachverständigen abgestimmt werden. Für Gebäude geringer Höhe bzw. mit nicht mehr als zwei Wohnungen sind in der Regel keine besonderen Anforderungen an den Brandschutz von Lüftungsanlagen zu beachten.

In größeren Gebäuden mit mehr als 2 Vollgeschossen müssen Lüftungsanlagen so ausgeführt werden, dass Feuer und Rauch nicht in andere Geschosse, Brandabschnitte, Treppenträume oder notwendige Flure übertragen werden können. Das gilt auch für Mündungen von Außen- und Fortluftleitungen in Fassaden. Eine einfache Möglichkeit, in diesen Gebäuden den Brandschutz zu gewährleisten, besteht im Einbau von wohnungsweisen Lüftungsanlagen. Bei gebäudezentralen Anlagen sind wesentliche Bauteile zur Sicherstellung des gesetzlich geforderten Brand-schutzes

- feuerwiderstandsfähige Lüftungsleitungen bzw. Installationsschächte,
- feuerwiderstandsfähige Absperrvorrichtungen (Brand-schutzklappen, Brandschutzschotts bzw. Brandschutz-luftdurchlässe).



Abb. 71 Brandschutzklappe

DIN 4719 fordert, dass in Lüftungssystemen nur nicht brennbare bzw. schwer entflammable Werkstoffe oder Baustoffe verwendet werden. Bei wartungspflichtigen brandschutztechnischen Einrichtungen sind die Eigentümer bzw. Nutzer auf die Wartungspflicht hinzuweisen.

8.4 Wärmedämmung von Lüftungsleitungen

Generell ist eine Wärmedämmung von Lüftungsleitungen vorzusehen, wenn warmluftführende Leitungen durch kalte Bereiche (z. B. Zuluftleitung im unbeheizten Keller/Dach) und kaltluftführende Leitungen durch warme Bereiche (z. B. Außenluftleitung im beheizten Keller/Dach) geführt werden. Durch die Wärmedämmung sollen bei planmäßigem Betrieb Tauwasserbildung verhindert und Wärmeverluste minimiert werden. In der DIN 1946-6 werden Empfehlungen für Mindestdämmstoffstärken für unterschiedliche Umgebungstemperaturen gegeben.



Abb. 72 Wärmedämmte Außenluft- und Fortluftleitung

Bei Außenwanddurchführungen sollte auf eine weitestgehend wärmebrückenfreie und dauerhaft luftdichte Ausführung geachtet werden. Hersteller bieten hier Ausführungsdetails an.

9 Installation, Inbetriebnahme und Übergabe von Wohnungslüftungsanlagen

9.1 Lagerung und Schutz auf der Baustelle

Alle Komponenten einer Lüftungsanlage sind vor Verschmutzung während des Bauprozesses zu schützen. Bereits bei der Anlieferung und Lagerung der Bauteile ist darauf zu achten, dass sie nicht der Witterung ausgesetzt sind oder verschmutzen können. Während der Installation sollten Öffnungen in Lüftungsleitungen mit Schutzkappen oder durch Abkleben vor Baustaub geschützt werden. Sollten doch Verschmutzungen bei der Übergabe entdeckt werden, ist eine Reinigung der betroffenen Bauteile vor der Nutzungsaufnahme des Gebäudes nötig.



Abb. 73 Schutz vor Baustaub durch einfaches Abkleben von Öffnungen



Abb. 74 Trockene und staubfreie Lagerung von Bauteilen eines Lüftungssystems

9.2 Installation

Beim Einbau **dezentraler Lüftungsgeräte** ist in der Regel lediglich ein Mauerdurchbruch notwendig bzw. eine Kernbohrung durch die Außenwand des jeweiligen Raumes, wo das Gerät angebracht werden soll. Weiterhin wird ein 230-V-Anschluss benötigt.

Der Einbau von **zentralen Lüftungssystemen** ist hingegen wesentlich komplexer und sollte umfassend geplant und sorgfältig umgesetzt werden. Bei der fachgerechten Installation des Lüftungssystems sollte dabei folgendes berücksichtigt werden:

- Leitungsführung, Decken- und Wanddurchführung festlegen (Fußboden- und Deckenaufbauten beachten)
- Schalldämpfer zwischen Gerät und Verteilkasten in Zu- und Abluftleitung vorsehen
- waagerechte Luftleitungen mit einem Gefälle von ca. 2 % in Richtung Lüftungsgerät montieren
- Verteilnetze nach Herstellervorgaben montieren
- Außen- und Fortluftleitungen dämmen
- gut zugängliche Revisionsöffnungen ermöglichen
- Installation der Luftein- und -auslässe unter Berücksichtigung von Geräuschpegel, Volumenstrom und Luftstrahlausbreitung in allen Räumen
- Durchdringungen der luftdichten Gebäudehülle ordnungsgemäß abdichten
- Kondensatanschluss anschließen.

9.3 Inbetriebnahme und Übergabe

Vor der Inbetriebnahme und Übergabe an den Nutzer soll eine Einregulierung der Zu- und Abluft nach raumweiser Planung erfolgen. Die Gesamtluftvolumenströme sind dafür entsprechend der Auslegung nach DIN 1946-6 für die einzelnen Ventilatorstufen einzustellen. Für die raumweise Auslegung erfolgt im Anschluss die Anpassung der Luftvolumenströme der Zu- bzw. Abluftdurchlässe in den jeweiligen Räumen. Die Messung der Luftvolumenströme kann z. B. mit einem Messtrichter und mit einem dazugehörigen Flügelradanemometer (Abb. 75) erfolgen. Die Ist- und Soll-Luftvolumenströme werden nach DIN 1946-6 abgeglichen und bei Bedarf durch Reduzierung oder Erweiterung des freien Querschnitts der Luftdurchlässe angepasst.



Abb. 75 Volumenstrommessung mit Anemometer

Grundlagen zur Inbetriebnahme und Übergabe von Wohnungslüftungsanlagen sind in DIN EN 14134:2004 „Lüftung von Wohngebäuden – Leistungsprüfung und Einbaukontrollen von Lüftungsanlagen von Wohnungen“ enthalten.

Für die Inbetriebnahme neuer Anlagen werden Festlegungen getroffen zu Vollständigkeitsprüfungen, Funktionsprüfungen, Funktionsmessungen und ggf. Sondermessungen.

In DIN 1946-6 wird die Übergabe folgender Unterlagen an den Auftraggeber bzw. Betreiber gefordert:

- Dokumentation der Maßnahmen (Lüftungskonzept),
- Festlegung der Luftvolumenströme,
- Bedienungs- und Instandhaltungs-Anleitung,
- Beschreibung des Aufbaus und der Funktion der lüftungstechnischen Maßnahmen und
- Mess- und Prüfergebnisse aus der Inbetriebnahme (soweit vorhanden).

Im Rahmen der Funktionsprüfungen bzw. -messungen sind bei ventilatorgestützter Lüftung folgende Parameter zu messen und zu protokollieren:

Standardmessungen

- Zu- und Abluftvolumenströme bei Nennlüftung für die Auslegung der Ventilatoren an ausgewählten Luftdurchlässen

Sondermessungen

- Schalldruckpegel im Aufenthaltsbereich,
- Raumluftgeschwindigkeit und -temperatur im Aufenthaltsbereich, wenn eine Beeinträchtigung der thermischen Behaglichkeit zu erwarten ist,
- elektrische Leistungsaufnahme der Ventilatoren in den Betriebsstufen,
- Luftdichtheit von instandgesetzten Lüftungsschächten für geregelte Zentral- und für Einzelventilator-Lüftungsanlagen.

Bei Lüftungsanlagen mit erhöhten Anforderungen (z.B. erhöhte Raumluftqualität – „H“-System) ist die Einhaltung der damit verbundenen Anforderungen zu bestätigen.

Nach der Inbetriebnahme übergibt der Lüftungsinstallateur dem zukünftigen Anlagenbetreiber die Lüftungsanlage mit Hilfe eines Inbetriebnahmeprotokolls und ergänzenden technischen Unterlagen. Gemäß DIN 1946-6 sind folgende Unterlagen zu übergeben:

- Lüftungskonzept,
- Festlegung der Luftvolumenströme,
- Bedienungs- und Instandhaltungsanleitung,
- Beschreibungen des Aufbaus und der Funktion der Einrichtungen zur freien Lüftung bzw. der Lüftungsanlagen/-geräte (ggf. mit Zeichnungen),
- Mess- und Prüfergebnisse aus Inbetriebnahme bzw. Inspektionen soweit vorhanden.

Im Rahmen dieser Übergabe ist eine ausführliche Einweisung des Anlagenbetreibers durch den Installateur durchzuführen. Dabei ist beispielsweise zu erklären, wie die Anlage betrieben wird, wie erforderliche Filterwechsel erkannt und durchgeführt werden, wie auf Störungsmeldungen zu reagieren ist und welche Reinigungsarbeiten der Anlagenbetreiber selbst vornehmen kann. Auch kann über einen Wartungsvertrag durch den Lüftungsbauer oder einer anderen spezialisierten Fachfirma verhandelt werden.

Auf Grund der Komplexität und der rechtlichen Konsequenzen des Abnahmeproganges wird empfohlen, zur Abnahme einen qualifizierten externen Sachverständigen einzubinden.

10 Wartung und Instandsetzung

Zur Aufrechterhaltung der gewünschten Luftqualität und der Wirksamkeit von Lüftungsanlagen ist eine regelmäßige Wartung und Reinigung von Lüftungsanlagen notwendig. Die Einhaltung hygienischer Anforderungen an die Wartung von Lüftungsanlagen ist nicht nur wichtig für das Wohlbefinden und die Gesundheit des Menschen, sondern auch für Energieverbrauch und Anlagenlebensdauer. Wenn beispielweise vorgesehene Luftfilter nicht regelmäßig kontrolliert, gesäubert oder getauscht werden, können sich inakzeptable Staubkonzentrationen oder andere Verunreinigungen in den Luftkanälen und dem Lüftungsgerät ansammeln. Zudem resultieren aus einer vernachlässigten Wartung ein erhöhter Energiebedarf und lautere Lüftungsgeräusche.



Abb. 76 Staubversetzter Abluftfilter nach 90 Tagen

Bereits bei der Installation der Lüftungsanlage sind einige Punkte zu beachten, um die Wartung und Instandsetzung zu ermöglichen:

- Zugänglichkeit zu den wesentlichen Komponenten und Luftfiltern
- Planung und Einbau von Revisionsöffnungen (siehe Kap. 4.2.2),
- Demontierbarkeit von Luftdurchlässen und Vorfiltern,
- Anzeige des Filterzustandes, z. B. über Druckverlust oder Standzeit

10.1 Kriterien für Sauberkeit und Beurteilung

Die DIN EN 15780 „Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Sauberkeit von Lüftungsanlagen“ legt allgemeine Anforderungen und Verfahren für größere Wohn- und Nichtwohngebäude fest, die zur Beurteilung und Aufrechterhaltung der Sauberkeit von Luftleitungen erforderlich sind. Diese europäische Norm gilt sowohl für neue als auch für bereits vorhandene Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und definiert die Kriterien für die Beurteilung der Sauberkeit sowie die Reinigungsverfahren für diese Anlagen. Je

nach Sauberkeitsqualitätsklasse sind Lüftungsanlagen durch den Planer oder Installateur so auszulegen, auszuführen und zu warten, dass sie während ihrer gesamten Lebensdauer in einem ausreichend sauberen Zustand gehalten werden können.

Bei erhöhten Anforderungen an die Raumlufthygiene können Lüftungsanlagen bzw. -geräte auch in „Hygiene-Ausführung“ nach DIN 4719 („H“-Gerät) ausgeführt werden. Diese weisen für die Raumlufthygienegünstige Geräteeigenschaften sowie höherwertige Außenluftfilter auf. Bei einer Standardausführung müssen Abluftfilter mindestens der Filterklasse ISO Coarse $\geq 30\%$ nach DIN EN ISO 16890 entsprechen. Außenluftfilter müssen mindestens der Filterklasse ISO Coarse $\geq 30\%$, Luftfilter für höhere Anforderungen, z. B. zur Abscheidung von Pollen, mindestens Filterklasse ISO ePM1 $\geq 50\%$ nach DIN EN ISO 16890 entsprechen. Sind am Einbauort der Filter (z. B. am Erdreich-Luft-Wärmeübertrager) länger andauernde hohe Luftfeuchten über 80 % zu erwarten (an 5 aufeinanderfolgenden Tagen für mindestens 12 h/Tag, Datengrundlage stündliche Referenzwetterdaten ohne Extremwerte), sind geeignete Maßnahmen zur Vermeidung von Keimwachstum vorzusehen. Eine Durchfeuchtung der Filter durch Wasser oder durch Aerosole (z. B. durch Nebel, Schnee, Sprühregen) ist auszuschließen. Abluftdurchlässe in Küchen müssen Luftfilter besitzen. In den anderen Ablufträumen sollten ebenfalls Luftfilter verwendet werden [5].

10.2 Wartungsintervalle

Bei der freien Lüftung beschränken sich die Wartungsarbeiten auf die Reinigung der Lüftungsschächte und Luftdurchlässe für Außen- und Abluft. Bei letzteren müssen außerdem die planmäßige Funktion und Einstellung erhalten werden. Die Wartung ist nach einem aufzustellenden Wartungsplan durchzuführen.

Bei der ventilatorgestützten Lüftung ist bei Bedarf neben der Reinigung ein Austausch von System- und Anlagenkomponenten vorzunehmen. Dabei ist darauf zu achten, dass die Einstellungen der Systemtechnik und der Lüftungskomponenten unbeeinträchtigt bleiben. Luftfilter müssen über ihre gesamte Einsatzdauer die der Filterklasse entsprechende Abscheideleistung haben. Sie sind deshalb in Abhängigkeit von der Verschmutzung und von eventuellen Leckagen sowie bei Überschreitung des zulässigen Differenzdruckes oder bei Erreichen eines vorgegebenen Zeitintervalls auszutauschen bzw. zu reinigen. Beim Einsetzen neuer Filter bzw. Filtereinsätze ist auf deren luftdichten Abschluss zwischen Filterrahmen/-einsatz und Gehäusewand zu achten [5].

Gemäß DIN 1946-6 sind Luftfilter halbjährlich zu reinigen oder zu wechseln, jährlich ist das Filtermedium auszutauschen. Bei stark belasteter Außenluft kann der Filterwechsel noch häufiger erforderlich sein. Die Filterwechsel können mit einer gleichzeitigen Augenscheinlichkeits- bzw. Funktionskontrolle durch den

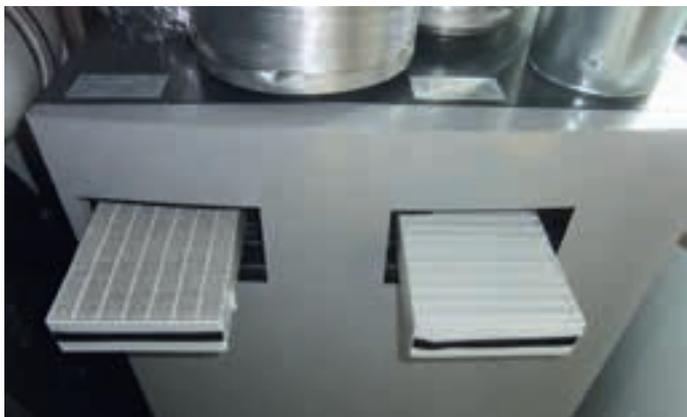


Abb. 77 Filterwechsel an einem zentralen Lüftungsgerät

Betreiber oder durch einen eingewiesenen Dritten durchgeführt werden. Eine professionelle Wartung bzw. Instandhaltung wird in der DIN 1946-6 alle 2 Jahre durch eine qualifizierte Fachfirma gefordert. In einem Instandhaltungs- bzw. Hygieneprotokoll sind die durchgeführten Wartungs- bzw. Reinigungsarbeiten zu dokumentieren.

10.3 Reinigung

Grundsätzlich ist das Reinigungsintervall unter Bezugnahme auf die Sauberkeit bzw. Verschmutzung der Anlage zu definieren. Sauberkeit bzw. Verschmutzung sind während der Wartungsintervalle visuell zu beurteilen und ggf. lokale Reinigungen durch den Betreiber vorzunehmen. Komponenten des Lüftungssystems gelten als verunreinigt, wenn eine Sichtprüfung oder im Verdachtsfall auch eine analytische Überprüfung das Vorhandensein einer inakzeptablen Staubkonzentration oder mikrobieller bzw. anderer Verunreinigungen ergeben. Werden vorgegebene Wartungsintervalle eingehalten und alle vorhandenen Luftfilter regelmäßig getauscht oder gereinigt, sind keine kritischen Verschmutzungen zu erwarten.



Abb. 78 Absaugen des Abluftfilters (Grundreinigung)

Bei einer unregelmäßigen Wartung von Abluftfiltern bei zentralen Anlagen hingegen, können sich erste Staubansammlungen im Abluftkanal direkt hinter den Abluftdurchlässen bilden.

Diese sollten mit einem nassen Lappen mit herkömmlichem Reinigungsmittel ausgewischt werden. Bei zentralen Anlagen sollten in der Zuluft und in den Zuluftkanälen keine Staubablagerungen vorhanden sein, wenn die vorhandenen Außenluftfilter (i.d.R. ein Grobfilter und ein Feinfilter) im Wartungsintervall getauscht wurden. Gemäß Fachverband Gebäude-Klima e.V. sollte nach 5-10 Jahren eine genauere Inspektion der Luftkanäle erfolgen, um festzustellen, ob eine Reinigung dieser notwendig ist.



Abb. 79 Trockenreinigung eines Lüftungskanals mit einer Rotationsbürste (Biegewelle)

Wenn nach der Inspektion der Lüftungsanlage eine Reinigung durchgeführt werden soll, ist ein Reinigungsverfahren auszuwählen, mit dem der erforderliche Sauberkeitsgrad erreicht wird, ohne die Anlage zu beschädigen und ohne die Gesundheit und Sicherheit der Gebäudenutzer zu beeinträchtigen. Empfehlungen für Reinigungsverfahren geben die Installationsfirma bzw. darauf spezialisierte Unternehmen.

↓ Tipp! Hilfreiche Dokumente für Wartung und Instandsetzung

Checklisten für Wartung und Inspektion sowie Vorlagen für Wartungsvereinbarung und Inbetriebnahmeprotokolle:
www.hygiene-wohnungslueftung.de

Vollständigkeits- und Funktionsnachweise für Inbetriebnahme und Übergabe:
DIN EN 14134

11 Planungsbeispiel – Lüftungsanlage Zweifamilienhaus



11.1 Relevante Daten ermitteln

- Gebäudetyp: Wohngebäude, Zweifamilienhaus
- Anzahl Geschosse: 2 Vollgeschosse
- Gebäudehöhe: 8,82 m
- Beheizte Wohnfläche A_{NE} : 176 m²
- Gelüftete Wohnfläche A_L : 176 m²
- Standort: Dresden
- Windgebiet: windschwach
- Wärmeschutz: Neubau, hoher Wärmeschutz
- Gebäudedichtheit: 0,50 1/h gemessen
- Sonstiges: keine Einzelfeuerstätte vorhanden
- Belegung: gering (> 40 m²/Person)

11.2 Lüftungskonzept nach DIN 1946-6

Notwendigkeit Lüftungstechnischer Maßnahmen prüfen

Wenn der notwendige Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz den Luftvolumenstrom durch Infiltration (Undichtigkeiten in der Gebäudehülle) überschreitet, sind Lüftungstechnische Maßnahmen erforderlich.

Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz $q_{v,ges,NE,FL}$ ermitteln

$$q_{v,ges,NE,FL} = f_{ws} \cdot (-0,002 \cdot A_{NE}^2 + 1,15 \cdot A_{NE} + 11)$$

Dabei ist

$q_{v,ges,NE,FL}$ der Luftvolumenstrom für den Feuchteschutz in m³/h;

A_{NE} die Fläche der Nutzungseinheit in m² (die lichte Raumhöhe wird mit 2,5 m zugrunde gelegt);

f_{ws} der Faktor zur Berücksichtigung des Wärmeschutzes (WS) des Gebäudes

Der Faktor f_{ws} ist

– mit 0,2 für „Wärmeschutz hoch“ (Gebäude mit einer Wärmedämmung mind. nach WSchV 95) und für Belegung gering bzw. mit 0,3 für Belegung hoch

– mit 0,3 für „Wärmeschutz gering“ (alle anderen Gebäude) und für Belegung gering bzw. mit 0,4 für Belegung hoch

Rechnung:

$$q_{v,ges,NE,FL} = 0,2 \times (-0,002 \times 176^2 + 1,15 \times 176 + 11)$$

$$q_{v,ges,NE,FL} = 30 \text{ m}^3/\text{h}$$

Luftvolumenstrom durch Infiltration $q_{v,ges,NE,FL}$ ermitteln

$$q_{v,inf,Konzept} = e_{z,Konzept} \cdot V_{NE} \cdot n_{50}$$

Dabei ist

$q_{v,inf,Konzept}$	der wirksame Luftvolumenstrom durch Infiltration in m^3/h zum Nachweis der Notwendigkeit lüftungstechnischer Maßnahmen
$e_{z,Konzept}$	Volumenstromkoeffizient nach Tabelle 5, für mehrgeschossige Nutzungseinheit in windschwacher Lage: 0,06
V_{NE}	Luftvolumen der Nutzungseinheit, in m^3 , mit $V_{NE} = A_{NE} \cdot H_R$
A_{NE}	die Fläche der Nutzungseinheit in m^2
H_R	die Raumhöhe wird mit 2,5 m zugrunde gelegt
n_{50}	der Vorgabewert (auch für Instandsetzung/ Modernisierung nach Tabelle 10, DIN 1946-6:2019) oder Messwert des Luftwechsels bei 50 Pa Differenzdruck in h^{-1}

Rechnung:

$$q_{v,inf,wirk} = 0,06 \times 176 \text{ m}^2 \times 2,5 \text{ m} \times 0,5 \text{ h}^{-1}$$

$$q_{v,inf,wirk} = 13 \text{ m}^3/h$$

Nachweis:

$$q_{v,ges,NE,FL} = 30 \text{ m}^3/h > q_{v,inf,wirk} = 13 \text{ m}^3/h$$

→ Nachweis nicht erfüllt

Lüftungstechnische Maßnahme erforderlich, da der benötigte Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz größer ist als der Luftvolumenstrom durch Infiltration.

(Bei einer Gebäudedichtheit von $n_{50} = 1,5$ für einen Neubau nach DIN 1946-6 liegt der Luftvolumenstrom durch Infiltration bei $40 \text{ m}^3/h$. Somit wäre der Nachweis erfüllt und keine Lüftungstechnische Maßnahme rein rechnerisch erforderlich.)

11.3 Lüftungstechnische Maßnahmen auswählen

- Ventilatorgestützte Lüftung
- Zu-/Abluftsystem
- Zentralventilator-Lüftungsanlage (= zentrale Lüftungsanlage)
- Wärmerückgewinnung
- Keine Luftheizung, keine Bedarfsführung, keine Zonenregelung

11.4 Bestimmung der Gesamt-Außenluftvolumenströme

→ Mindestwerte für Nutzungseinheiten (NE)

$$q_{v,ges,NE,NL} = 150 \text{ m}^3/h$$

(gemäß Tab. 7 DIN 1946-6:2019 oder Abb. 68)

→ Mindestwerte ventilatorgestützter Lüftung für einzelne Räume mit oder ohne Fenster

$$q_{v,ges,R,ab} = 200 \text{ m}^3/h$$

(gemäß Tab. 17 DIN 1946-6:2019 oder Tab. 7 für 2x Kochen, Speisekammer, 2x Dusche und Hauswirtschaftsraum)

$$q_{v,ges,R,ab} > q_{v,ges,NE,NL}$$

→ somit $200 \text{ m}^3/h$ Außenluftvolumenstrom maßgebend

→ Mindest-Luftvolumenstrom durch Infiltration und manuelles Fensteröffnen

$$q_{v,LtM,vg} = q_{v,ges} - (q_{v,inf,wirk} + q_{v,Fe,wirk})$$

$$q_{v,LtM,vg} = 200 \text{ m}^3/h - 0 \text{ m}^3/h$$

$$q_{v,LtM,vg} = 200 \text{ m}^3/h$$

[$q_{v,Fe,Wirk}$ wird nach DIN 1946-6:2019 nicht berücksichtigt]

[$q_{v,inf,wirk}$ wird nach DIN 1946-6:2019 nur für ALD berücksichtigt]

11.5 Raumweise Aufteilung der Mindest-Volumenströme (Bemessung nach Nennlüftung)

Aufteilung des ermittelten Mindest-Luftvolumenstroms auf die einzelnen Ablufträume und Verteilung der Zuluftvolumenströme gemäß Tab. 17 DIN 1946-6. Daraus werden die tatsächlichen Volumenströme festgelegt und nach der Installation an den Zu- und Abluftventilen eingestellt.

11.6 Planung der Leitungsführung der zentralen Lüftungsanlage

In Abhängigkeit von der Komplexität und des Umfangs des Lüftungssystems ist eine detaillierte Planung der Leitungsführung mit allen Revisionsöffnungen und Dimensionen sinnvoll, um den ausführenden Fachbetrieb bei der Installation zu unterstützen.

Raum	Art der Lüftung AB - Abluft ZU - Zuluft ÜB - Überstrombereich	Abluftvolumenstrom $q_{v,L,M,R,ab}$ [m³/h]	Zuluftvolumenstrom $q_{v,L,M,R,zu}$ [m³/h]	Volumenstrom festgelegt [m³/h]	
				Abluft	Zuluft
Erdgeschoss „Wohnung 1“ (W1)					
Essen, Kochen	ZU		38,7		40
Essen, Kochen	AB	40		45	
Speisekammer (SKP)	AB	20		20	
Dusche	AB	40		45	
Diele	ÜB				
Schlafen	ZU		25,8		30
Hauswirtschaftsraum (HWR)	ZU		19,4		20
Hauswirtschaftsraum (HWR)	AB	40		20	
Obergeschoss „Wohnung 2“ (W2)					
Wohnen	ZU		38,7		40
Schlafen	ZU		25,8		30
Diele	ÜB				
Kochen	AB	40		45	
Kind 1	ZU		25,8		30
Dusche	AB	40		45	
Kind 2	ZU		25,8		30
Summe		200	200	220	220

Tab. 9 Raumweise Aufteilung der Mindest-Volumenströme



Abb. 80 Lüftungsgerät



Abb. 81 Luftrohre inkl. Schalldämpfer

Erdgeschoss „Wohnung 1“

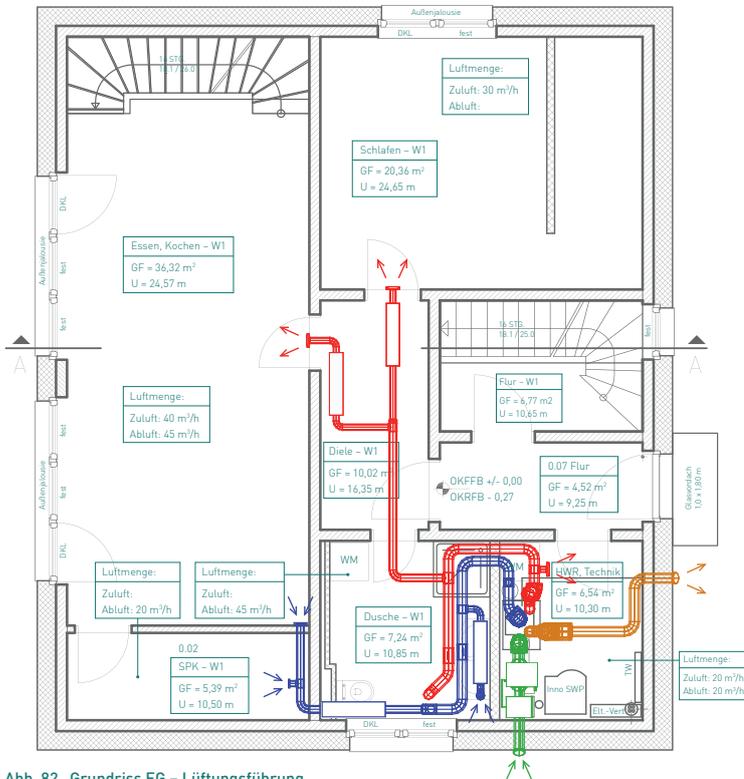


Abb. 82 Grundriss EG – Lüftungsführung

Obergeschoss „Wohnung 2“

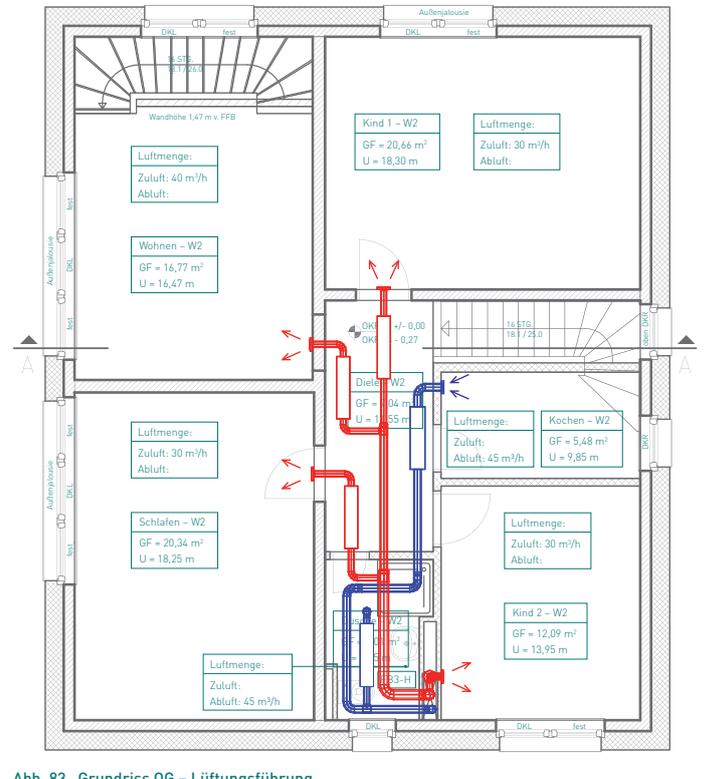


Abb. 83 Grundriss OG – Lüftungsführung

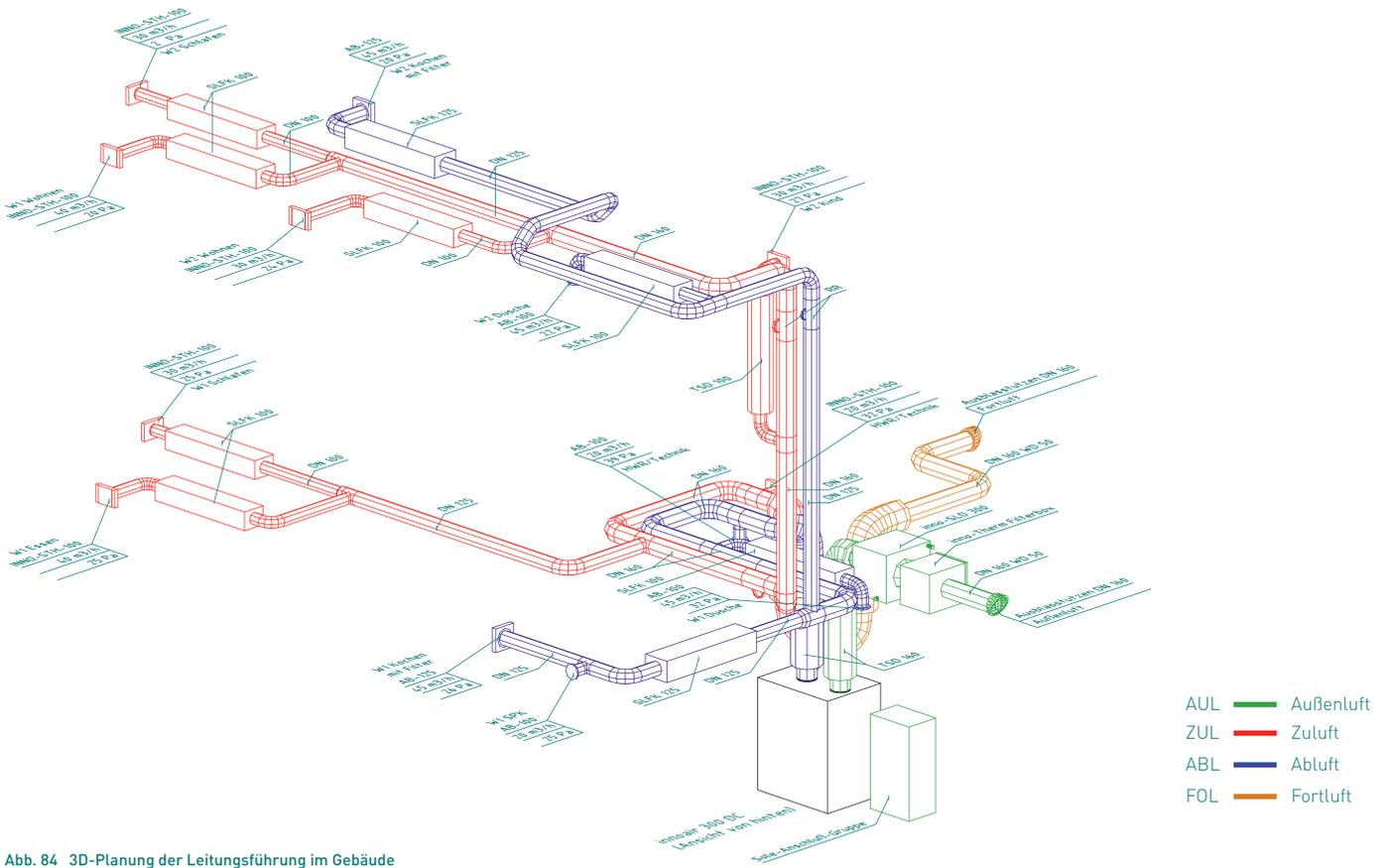


Abb. 84 3D-Planung der Leitungsführung im Gebäude

Lüftung von Wohnungen

Abluft

Luft, die den Raum verlässt.

Ablufträume

Gesamtheit der Räume, aus denen Abluft ausströmt (z. B. Küche, Badezimmer, WC, Hausarbeits- oder Saunaräume).

Außenluft

Einem Raum zugeführte, unbehandelte Luft.

Außenluftvolumenstrom

Einer Wohnung insgesamt zugeführter Luftvolumenstrom einschließlich Infiltration und Fensteröffnen.

Erdreich-Luft-Wärmeübertrager

System zur Übertragung von Wärme bzw. Kälte vom Erdreich auf einen leitungsgebundenen Luftvolumenstrom.

Fortluft

Luft, die in einer Luftleitung die Wohnung verlässt.

Freie Lüftung

Ausschließlich durch thermischen Auftrieb und Wind verursachte Lüftung (auch natürliche Lüftung).

Luftdurchlass

Vorrichtung, die eine Luftströmung aus dem Freien oder zwischen Räumen ermöglicht.

Luftheizung

Heizung eines Gebäudes auf Basis einer ventilatorgestützten Lüftung mittels erwärmter Zuluft (Zulufttemperatur höher als Raumlufttemperatur).

Lüftungsgerät

Baueinheit zur ventilatorgestützten Lüftung einer Wohnung/eines Raumes.

Lüftungsstufen

Für Funktion, Auslegung und Betrieb der Lüftung maßgebliche Einteilung der Außenluftvolumenströme.

Lüftung zum Feuchteschutz

Notwendige Lüftung zur Gewährleistung des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen, z. B. zeitweilige Abwesenheit der Nutzer und kein Wäschetrocknen in der Wohnung.

Reduzierte Lüftung

Notwendige Lüftung zur Gewährleistung der hygienischen Mindestanforderungen sowie des Bautenschutzes (Feuchte) bei zeitweiliger Abwesenheit der Nutzer oder verminderter Raumluftqualität.

Nennlüftung

Notwendige Lüftung zur Gewährleistung der hygienischen Anforderungen sowie des Bautenschutzes bei Anwesenheit aller Nutzer (Normalbetrieb).

Intensivlüftung

Zeitweilig notwendige Lüftung mit erhöhtem Luftvolumenstrom zum Abbau von Lastspitzen (Lastbetrieb).

Luftwechsel

Luftaustausch in einer Wohnung/Raum in einer bestimmten Zeit, üblicherweise definiert als stündlicher Luftvolumenstrom bezogen auf das Volumen der Wohnung/Raum in h^{-1} .

Raumluft

Luft im betrachteten Raum.

Temperaturänderungsgrad

Der Temperaturänderungsgrad η_t in % charakterisiert die Temperaturerhöhung der Zuluft einer Wärmerückgewinnung, bezogen auf die maximal mögliche Temperaturerhöhung (Temperaturpotenzial zwischen Außenluft und Abluft).

Ventilatorgestützte Lüftung

Durch Ventilatoren angetriebene Lüftung (auch mechanische oder maschinelle Lüftung).

Wärmerückgewinnung

Maßnahme zur Nutzung der in der Abluft enthaltenen Wärme bei ventilatorgestützter Lüftung, technisch realisiert mit Wärmeübertrager (Übertragung der Wärme auf die Zuluft) oder Abluft-Wärmepumpe (Übertragung der Wärme auf die Zuluft oder für Heizzwecke auf Wasser).

Zuluft

Einem Raum zugeführte, behandelte (z. B. erwärmte) Luft.

Zulufträume

Gesamtheit der Räume, in die Außenluft oder Zuluft geführt wird (z. B. Wohn-, Schlaf-, Kinder-, Gäste- oder Arbeitszimmer).

Literatur

- [1] Radermacher, Annika: Das Erdreich als Wärmequelle und Wärmesenke – Eine Analyse aus der projektübergreifenden Begleitforschung der Forschungsinitiative EnOB, Universität Kassel, 2013, S. 8-9
- [2] Hartmann, T., & Knaus, C.: Unter der Erde richtig wohnen - Keller richtig lüften und heizen. Bauen im Bestand B+B, Nr. 1 (Jg. 39), 2016, S. 58-64
- [3] Heinz, E.: Wohnungslüftung - frei und ventilatorgestützt, Berlin: DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2016
- [4] Oschatz B. und Mailach B.: BDEW-Heizkostenvergleich Neubau 2016 - Ein Vergleich der Gesamtkosten verschiedener Systeme zur Heizung und Warmwasserbereitung im Neubau. Berlin: BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V., 2016
- [5] DIN 1946-6:2019: Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung, 2019

Tabellen

- Tab. 1: Gesundheitliche Bewertung von Kohlendioxid in der Innenraumlufte, Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz 11, 2008

Abbildungen

Titelbild media project creative network GmbH

Abb. 3: EnergieAgentur.NRW

Abb. 4: Richter, W.: Handbuch der thermischen Behaglichkeit – Heizperiode; Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 2003

Abb. 13: Aereco GmbH

Abb. 23: Kiefer GmbH

Grafik 3: Aereco GmbH

Abb. 24, 33: Westaflexwerk GmbH

Abb. 27: Viessmann Werke

Abb. 28: Brink Climate Systems Deutschland GmbH

Abb. 29: Stiebel Eltron GmbH & Co. KG, Holzminden, Deutschland

Abb. 31.5-6, 39: Helios Ventilatoren GmbH + Co KG

Abb. 40: Dibowski, G.: Oberflächennahe thermische Nutzung des Untergrundes durch horizontale Luft-Erdwärme-tauscher (L-EWT), OTTI Fachseminar Oberflächennahe Geothermie, Freising 2001

Abb. 42: KLW Wärmetechnik GmbH

Abb. 43: EXHAUSTO GmbH

Abb. 46: Untroma / Ventilation System Gesellschaft (VENTS TM)

Abb. 48: BDH, Köln / FGK, Bietigheim-Bissingen

Abb. 54: Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft: www.umwelt.sachsen.de, http://www.umwelt.sachsen.de/umwelt/download/luft/Radonkarte_Merkblatt_21122010.pdf, zuletzt geprüft am 04.10.2016.

Abb. 59: DIN 1946-6:2019: Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung, Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung.

Abb. 67: Council of the European Union (2014): Annexes to the Commission Delegated Regulation (EU) No .../ of 11.7.2014 supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council with regard to energy labelling of residential ventilation units.

Abb. 69: TROX GmbH

Abb. 71: Wildeboer Bauteile GmbH

Abb. 79: Wöhler Technik GmbH

Abb. 82-84: InovaTech GmbH



Herausgeber

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH

Pirnaische Straße 9
01069 Dresden
Telefon: 0351 4910-3179
Telefax: 0351 4910-3155
E-Mail: info@saena.de
Internet: www.saena.de

Redaktion

Sächsische Energieagentur – SAENA GmbH
ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden GmbH

Gestaltung

media project GmbH creative network
Glashütter Straße 101, 01277 Dresden

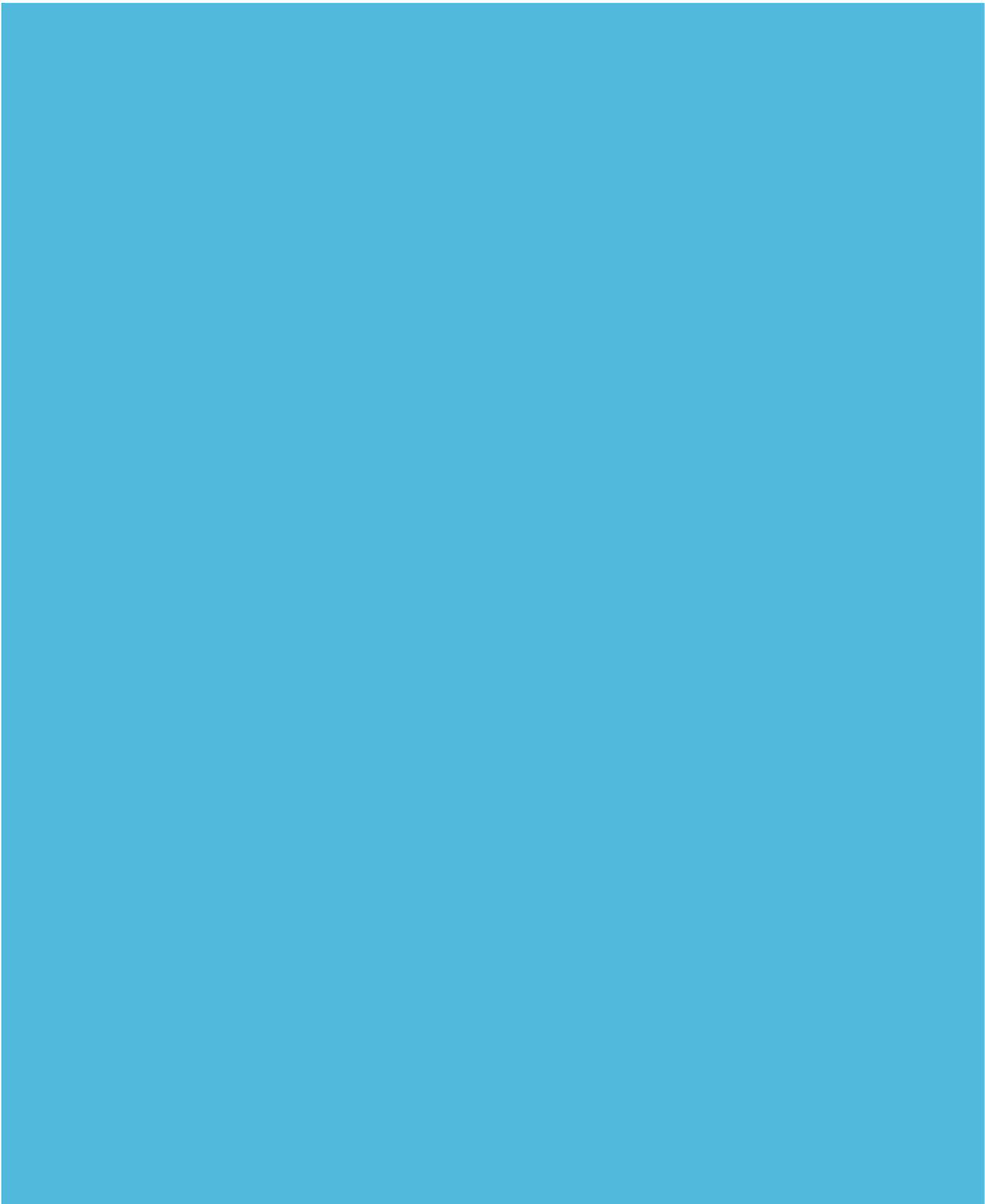
Druck

SDV Direct World GmbH

Weitere Informationen unter:

Beratertelefon: 0351 4910-3179

www.saena.de/beratung
www.saena.de/broschüren
www.saena.de/veranstaltungen
www.saena.de/fördermittelratgeber
www.saena.de/energieportal-sachsen
www.saena.de/digitale-bauherrenmappe
www.saena.de/energie-experten



gedruckt auf 100 % Recyclingpapier