

Wohnungslüftung

Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung energetisch korrekt bilanzieren

Impressum

Herausgeber:

HEA – Fachgemeinschaft
für effiziente Energieanwendung e. V.
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin

Die Erarbeitung wurde wissenschaftlich begleitet von

ITG Institut für Technische Gebäudeausrüstung
Dresden Forschung und Anwendung GmbH
www.itg-dresden.de

Bildnachweis:

Beck+Heun (S. 6), Ilja/adobestock.com (S. 10), emmi/
adobestock.com (S. 23), Günter Menzl/adobestock.
com (S. 24), InsideCreativeHouse/adobestock.com (S.
12), Kermi (S. 4, 29), ronstik/adobestock.com (S. 31),
Studio Harmony/adobestock.com (Titel, S. 14)

1. Auflage Februar 2023

© HEA 2023

Alle Rechte vorbehalten, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung. Die gesamte Broschüre oder Teile der Broschüre dürfen in jeglicher Form nicht ohne schriftliche Genehmigung des Herausgebers reproduziert, vervielfältigt oder verbreitet werden. Trotz größtmöglicher Sorgfalt bei der Bearbeitung der Broschüre ist jegliche Haftung für Aktualität, Richtigkeit und Vollständigkeit des Inhalts ausgeschlossen.

Inhalt

1	Bedeutung ventilatorgestützter Lüftungsmaßnahmen	4
1.1	Gute Innenraumluftqualität	4
1.2	Feuchteschutz und Schimmelpilzvermeidung	5
1.3	Energetische Potenziale	6
2	Kurz und kompakt: Lüftungssysteme im Überblick	7
2.1	Abluftsysteme	8
2.2	Dezentrale Zu-/Abluftsysteme	8
2.3	Zentrale Zu-/Abluftsysteme	9
2.4	Kombinierte Lüftungssysteme	10
3	Erstellung eines Lüftungskonzepts	11
4	Potenziale der Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung	13
5	Energetische Bilanzierung von Lüftungsanlagen	15
5.1	Grundlagen	15
5.2	Zulufttemperatur und Luftwechsel	15
5.3	Abluft-Wärmepumpen	17
5.4	Teillüftung	18
5.5	Luftheizung	18
5.6	Energetische Kennwerte	19
5.7	Randbedingungen für den energieeffizienten Einsatz	22
5.7.1	Standard- und Produktkennwerte	22
5.7.2	Heizkostenvergleich	22
5.7.3	Empfehlungen für energieeffiziente Wohnungslüftungssysteme	25
5.8	Lüftungsanlagen und Wohnungskühlung	26
5.9	Ausblick – Zukünftige Entwicklungen	28
6	Inbetriebnahme, Übergabe und Wartung von Lüftungsanlagen	30
6.1	Inbetriebnahme und Übergabe	30
6.2	Wartung und Instandsetzung	31
7	Anhang Dokumentationshilfen	33

1 Bedeutung ventilatorgestützter Lüftungsmaßnahmen

Im Gebäudesektor konnten die jährlichen CO₂-Emissionen in den vergangenen drei Jahrzehnten um mehr als 40 Prozent gesenkt werden. Das ist ein Erfolg – und dennoch sind weitere Anstrengungen nötig: Fast 20 Prozent der CO₂-Emissionen in Deutschland entstehen immer noch durch das Heizen von Gebäuden.

Die Erschließung von Klimaschutzpotenzialen im Gebäudesektor erfolgte in der Vergangenheit vorrangig durch eine Verbesserung der Wärmedämmung. Dadurch hat sich der Transmissionswärmebedarf deutlich vermindert. Aufgrund der hygienischen und bauphysikalischen Mindestanforderungen blieben jedoch die Lüftungswärmeverluste annähernd unverändert; sie machen

„Energieeffizienz bei gleichzeitig guter Raumluftqualität“ lässt sich mit dem Einsatz einer ventilatorgestützten Lüftung mit Wärmerückgewinnung lösen. Durch die Wärmerückgewinnung lassen sich die Wärmeverluste durch Lüftung deutlich senken sowie Raumluftqualität und Bautenschutz nutzerunabhängig sicherstellen.

1.1 Gute Innenraumluftqualität

Die Luftqualität in Innenräumen wird von Indikatoren bzw. Ereignissen sowohl innerhalb als auch außerhalb des Gebäudes bestimmt. Informationen zur Schadstofflast der örtlichen Außenluft finden sich zum Beispiel in einem Luftqualitätsindex, dieser kann auf den Internetseiten des Umweltbundesamtes (UBA) unter



im Neubau bzw. nach energetischen Modernisierungen immer noch über 50 Prozent der Gesamtwärmeverluste aus.

Damit ist eine effiziente Lüftung von Wohnungen und Wohngebäuden von zentraler Bedeutung. Die scheinbar widersprüchliche Zielsetzung

<https://www.umweltbundesamt.de/daten/luft/luftdaten> nahezu in Echtzeit abgefragt werden. Mit den Werten können dann die meisten Lüftungstechnischen Maßnahmen mit integrierten Außenluftfiltern an die Erfordernisse angepasst werden. Auch Außenlärm durch Verkehr, Industrie oder Nachbarschaft kann als

wichtiger Indikator die Art der Lüftungstechnischen Erfordernisse beeinflussen. Je nach Belastungshöhe sind hier unterschiedliche Lüftungslösungen möglich. Die Innenluftqualität, oft auch mit dem Kürzel IAQ (Indoor Air Quality) bezeichnet, richtet sich vor allem nach der Höhe der Personenbelegung, der Bauweise und den verwendeten Baumaterialien. Aber auch „weiche“ Faktoren wie Geschwindigkeit, Temperatur und Feuchtelast der Luft können als Behaglichkeitskriterium berücksichtigt werden. All diesen Innenlasten kann mit einer entsprechend abgestimmten Luftwechselrate

begegnet werden. Die nachfolgenden Kapitel erläutern die Bedeutung der wichtigsten Lüftungstechnischen Maßnahmen.

1.2 Feuchteschutz und Schimmelpilzvermeidung

Wenn der für den Feuchteschutz eines Gebäudes notwendige Mindestluftwechsel nicht ausreichend sichergestellt ist, können Schimmel oder Bauwerksschäden auftreten – was Wohnbarkeit und auch den Immobilienwert drastisch reduziert. Über Informationen zur geographischen Lage (mittlere Windlasten),

Tabelle 1: Luftschadstoffe und Möglichkeiten zu deren Vermeidung bzw. Beseitigung

Luftbelastung bzw. Luftschadstoff		Herkunft bzw. Entstehung	Vermeidung, Reduzierung bzw. Beseitigung
Partikel	Staub / Feinstaub	Straßenverkehr Industrie Verbrennungsprozesse	Filterung
	Ruß	Verkehr Verbrennungsprozesse	Abschirmung Filterung
	Asbest	Baumaterialien	Sanierung Abschirmung
Gase	Kohlendioxid	Mensch Verbrennungsprozesse	Lüftung
	flüchtige organische Komponenten (VOC – Volatile Organic Compounds)	Baumaterial Raumausstattung Pflege- und Reinigungsmittel	Sanierung Lüftung
	Nikotin	Mensch (Tabakrauch)	Lüftung Filterung
	Ozon	Atmosphäre Photochemische Prozesse Kopiergeräte	Lüftung Filterung
	Radon	Baumaterialien Erdreich	Abschirmung Filterung
Allergene	Pollen	Gräser, Sträucher, Bäume	Filterung Luftdichtheit
	Schimmelpilz	Mikroorganismen	Wärmeschutz Lüftung Heizung
	Hausstaubmilben	Mikroorganismen	Lüftung Heizung
	Tierepithelien	Haustiere	Lüftung Filterung

Dichtheit und wärmetechnischer Qualität der Hülle eines Gebäudes sind vorhandene Leckageleistungen, auch Infiltration genannt, klar definierbar und mit Lüftungstechnischen Erfordernissen abzugleichen.

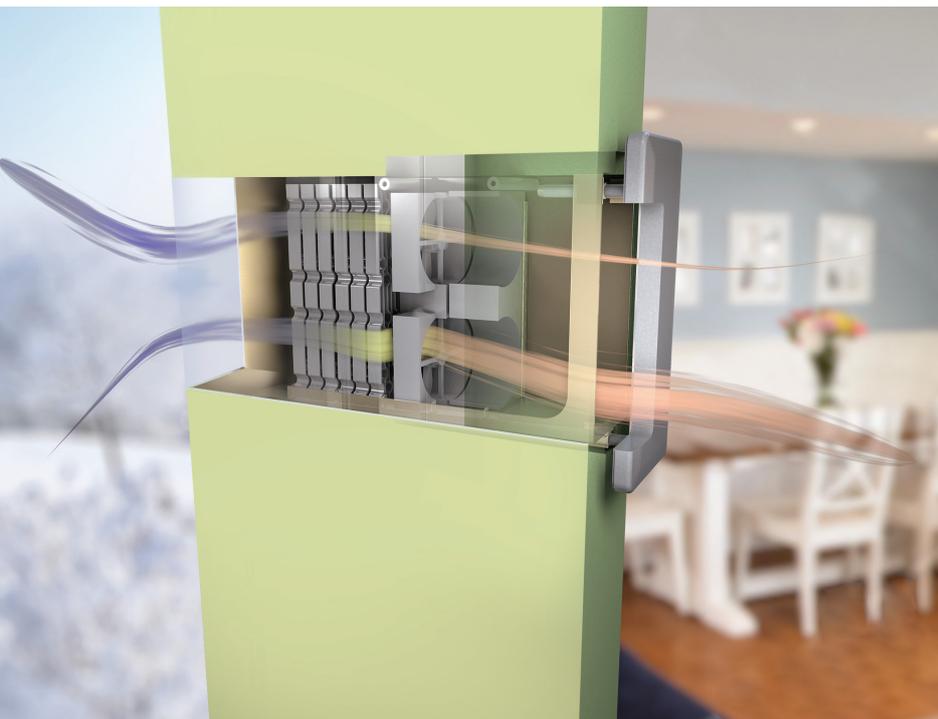
1.3 Energetische Potenziale

Nahezu jede mechanische Lüftungslösung ist in der Lage, die Energieeffizienz eines Gebäudes positiv zu beeinflussen. In erster Linie liegt das daran, dass die erforderlichen Luftwechselraten unabhängig von äußeren klimatischen Bedingungen, wie Wind oder Temperaturdifferenzen, sichergestellt werden können. Des Weiteren gibt es geregelte Lüftungslösungen, die bedarfs- bzw. sensorgesteuert die notwendige

eine Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung zu erreichen. Sie kann bis zu 95 Prozent der Wärme aus der Abluft (z. B. aus Küche, Bad oder WC) zurückgewinnen. Das kann die Heizkosten deutlich reduzieren.

Durch die geringen Energiebedarfe moderner Ventilatoren- bzw. Lüftungsgerätechnik fällt auch bei ganzjähriger Nutzung die Heizeneinsparung deutlich höher als die Betriebskosten der Lüftungstechnik aus. Im direkten Vergleich von Stromaufwand und Wärmerückgewinnung werden sogar Leistungszahlen von 15 bis 25 erreicht: Mit dem Einsatz einer Kilowattstunde (kWh) Strom können bis zu 25 kWh Wärmeenergie zurückgewonnen werden.

Neben der Kostenbilanz verbessert eine effiziente Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung auch die Umweltbilanz eines Gebäudes nachhaltig. Dadurch leisten diese Systeme einen großen Beitrag zur angestrebten Klimaneutralität im Gebäudesektor.



Luftmenge vollautomatisch an den jeweiligen Lüftungsbedarf anpassen. Sie berücksichtigen die Konzentration relativer Feuchte, CO₂ oder flüchtiger organischer Verbindungen (Volatile Organic Compounds, VOC) im Gebäude. Der größte Effizienzgewinn ist in der Regel durch

Hinweis

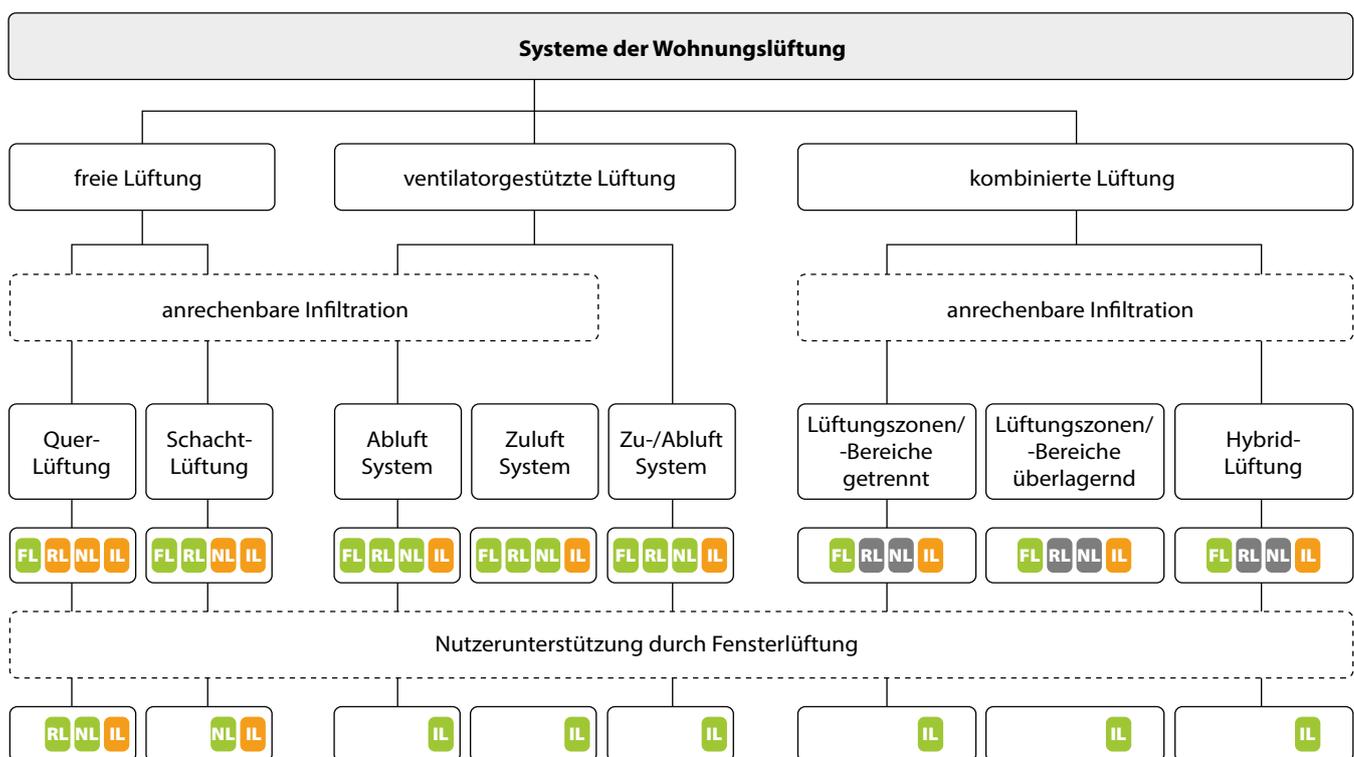
Wohlfühlen in den eigenen vier Wänden hängt von vielen Faktoren ab. Die Qualität der Innenraumluft nimmt dabei eine Schlüsselrolle ein. Ob interaktive Produktsuche oder Fördermitteldatenbank: Das HEA-Online-Dossier WOHNUNGSLÜFTUNG+ begleitet technologieoffen durch das gesamte Themenfeld der Wohnungslüftung.



2 Kurz und kompakt: Lüftungssysteme im Überblick

Ventilatorgestützte Lüftungssysteme für Wohngebäude können entweder als gebäudezentrale, wohnungszentrale oder dezentrale bzw. raumweise Systemlösungen zum Einsatz kommen.

Die Hauptaufgabenstellungen lassen sich je nach Systemansatz unterschiedlich gewichten und können auch als Auswahlhilfe herangezogen werden.



Die Lüftungsstufen nach DIN 1946-6

- | | |
|-------------------------------------|---|
| FL Lüftung zum Feuchteschutz | ■ Anforderung |
| RL Reduzierte Lüftung | ■ Option |
| NL Nennlüftung | ■ aus Kombination |
| IL Intensivlüftung | |

2.1 Abluftsysteme

Bei Abluftsystemen werden nur sogenannte Ablufträume wie Küche, Badezimmer oder Hauswirtschaftsraum mechanisch entlüftet. Die benötigte Frischluft strömt über Außenbauteil-Luftdurchlässe (ALD) in den Fenstern bzw. den Außenwänden aller Zulufräume – wie Wohn- oder Esszimmer – nach. Hierbei wird die Außenluft in der Regel nur optional gefiltert und

Abbildung 1: Abluftsystem

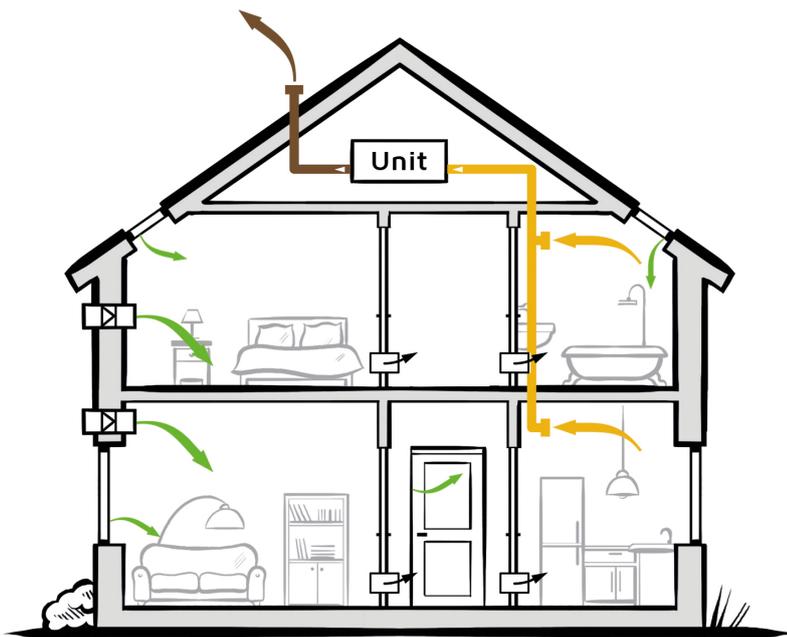
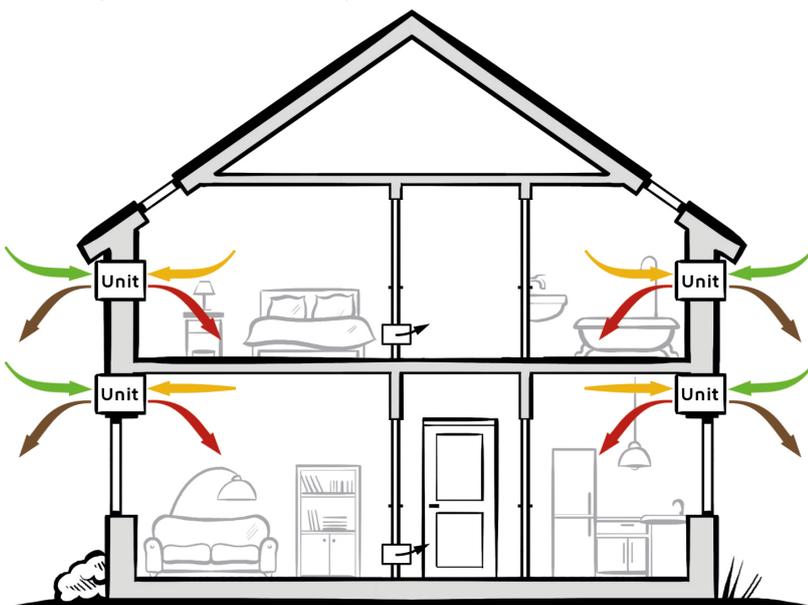


Abbildung 2: Dezentrales Zu-/Abluftsystem



es sind teils örtliche Lärmpegelanforderungen zu berücksichtigen. Zusätzlich sollte bei der Dimensionierung bzw. Positionierung der ALD auf mögliche Zugerscheinungen geachtet werden. Die Wärme wird mit der Abluft ungenutzt aus dem Gebäude geführt, daher wirkt sich der Einsatz von Abluftsystemen vergleichsweise gering auf die energetische Gebäudebilanzierung aus. Im Vergleich zu zentralen Geräten ist der Aufwand für Investitions-, Planungs-, Platz- und Wartungsbedarf gering. Werden gemeinsame Leitungen durch mehrere Wohnungen geführt, sind zusätzlich brandschutztechnische Maßnahmen erforderlich, die auch den Wartungsaufwand erhöhen.

Abluftsysteme werden vor allem für die Einhaltung des Feuchteschutzes eingesetzt. Die energetischen Potenziale sind eher nachrangig zu betrachten, dafür kann bei der Luftqualität eine Mindestgüte erzielt werden. Wird die Abluft zusätzlich über eine Wärmepumpe zur Brauch- und/oder Heizwassererwärmung geführt, steigert das die Energieeffizienz.

2.2 Dezentrale Zu-/Abluftsysteme

Dezentrale Zu-/Abluftsysteme werden an oder in mehreren Außenwänden einer Wohneinheit positioniert. In der Regel sind hier nahezu alle Räume an eine Wärmerückgewinnung gekoppelt.

Man unterscheidet zwei Funktionsprinzipien. Stationär betriebene Kleingeräte verfügen jeweils über Zu- und Abluftventilatoren, die gleichzeitig mit einem integrierten Wärmetauscher „balanciert“ laufen. Optional kann auch über Kanalanschlüsse ein zweites Zimmer zu- oder abluftseitig angeschlossen werden.

Alternierende Einzelraumgeräte mit Wärmerückgewinnung werden ebenfalls pro Raum positioniert. Die Geräte verfügen typischerweise

über einen Ventilator, der nach einer Laufzeit von 50 bis 70 Sekunden die Laufrichtung ändert und somit versetzt den Zu- bzw. Ablufttransport übernimmt. Dafür laufen üblicherweise zwei Geräte im wechselseitigen Betrieb.

Beide Systeme verfügen zusätzlich über integrierte Filter, die die Außenluftqualität mindestens im Grobstaubbereich verbessern können. Die gute Wärmerückgewinnung in Kombination mit geringen Strombedarfen wirkt sich positiv auf die Energiebilanz aus. Auch Planungsaufwand und Platzbedarf sind im Vergleich zu zentralen Anlagen eher gering. Auf örtliche Lärmpegelanforderungen ist aber ebenso zu achten wie auf die Einhaltung erhöhter Schallschutzanforderungen.

Dezentrale Geräte lassen sich in nahezu jeder Bauphase (Neubau, Teil- oder Vollsanierung) einfach installieren. Der Wartungsaufwand hängt von der Anzahl der erforderlichen Geräte ab. Durch die wechselseitige Belegung der Filter müssen diese regelmäßig in jedem Gerät einzeln gereinigt bzw. ausgetauscht werden. Bei diesem Systemansatz stehen die Energieeffizienz und die flexiblen Einsatzmöglichkeiten im Fokus. Die Luftqualität ist je nach Filterklasse schon als überwiegend gut zu bezeichnen und die höheren Erstellungskosten sind durch Heizenergieeinsparungen und Umlagefähigkeit im Mietsektor kompensierbar. Auch die Einhaltung des Feuchteschutzes ist bei dieser Lösung sichergestellt.

2.3 Zentrale Zu-/Abluftsysteme

Bei zentralen Zu-/Abluftsystemen mit Wärmerückgewinnung wird ein zentrales Lüftungsgerät mit einem Leitungsnetz für Zu- und Abluft in der gesamten Wohnung installiert. Hierbei ist ein etwas höherer Platzbedarf (Kanalaufbau ab 5 cm) ebenso zu berücksichtigen wie der damit einhergehende Planungsaufwand. Vorteile einer zentralen Installation ergeben sich durch

größtmögliche Filter- und Wärmetauscher-Oberflächen sowie durch geringere Schallpegel an den Luftdurchlässen.

Eine Verdrängungsströmung ermöglicht eine hohe Lüftungseffektivität und selbst die Ausströmgeschwindigkeiten lassen sich auf Quellluftanforderungen ($< 0,3 \text{ m/s}$) abstellen. Bei diesem leitungsgebundenen Systemansatz sind viele weitere Zusatzoptionen umsetzbar, z. B. Erdwärmetauscher zur Temperaturkonditionierung, automatische Sommer-Bypässe (Abschaltung der Wärmerückgewinnung), Feuchteconditionierung durch Feuchterückgewinnung bzw. aktiver Feuchtezufuhr oder auch aktive Luftaufbereitung durch Ionisierung.

Zentrale Zu-/Abluftsysteme, die mehrere Wohneinheiten versorgen, bieten im Mehrgeschosswohnungsbau Investitions- und Betriebskostenvorteile. Allerdings müssen dabei zusätzlich brandschutztechnische Vorschriften eingehalten und die Funktionsfähigkeit der Anlage mit einem eingehenden Wartungsaufwand sichergestellt werden.

Abbildung 3: Zentrales Zu-/Abluftsystem

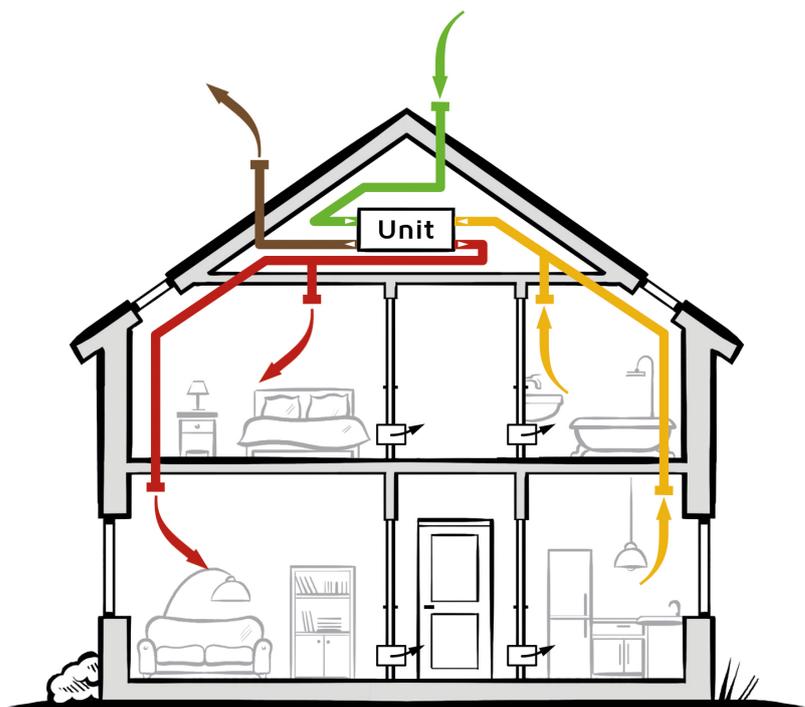
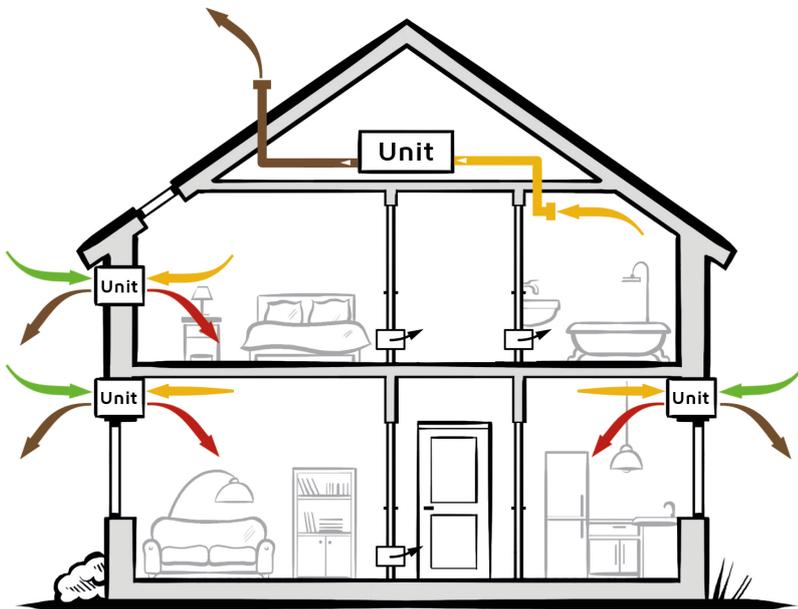


Abbildung 4: Kombiniertes Lüftungssystem



2.4 Kombinierte Lüftungssysteme

Bei speziellen Aufgabenstellungen bzw. Wohnungsgrundrissen können auch sogenannte kombinierte Lüftungssysteme eingesetzt werden. Da bei ihnen nach Räumen bzw. Zonen geplant wird, wird der Planungsaufwand mitunter komplexer.

Eine der häufigsten Kombinationen ist der teilweise gemeinsame Betrieb alternierender bzw. dezentraler Lüftungsgeräte und Entlüftungslösungen nach DIN 18017-3 *Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster – Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren* in Kombination mit freier Lüftung durch ALD. Bei der betreffenden Bilanzierung gilt es, den Flächenabzug für alle Bereiche ohne Wärmerückgewinnung vorzunehmen, damit das Ergebnis nicht verfälscht wird. Das Erreichen verschiedener Aufgabenstellungen hängt von den individuellen Kombinationsmöglichkeiten ab.



3 Erstellung eines Lüftungskonzepts

Bei Neubauten ist ein Lüftungskonzept Pflicht, bei Bestandsbauten ist es vor allem nach einem Fenstertausch oder erfolgter Dachabdichtung zu erstellen.

Hinweis

Bei der Erstellung eines Lüftungskonzeptes wird unter anderem die Notwendigkeit von Lüftungstechnischen Maßnahmen überprüft. Bei der Erstellung des Lüftungskonzeptes Teil 1 unterstützt der digitale OnlineCheck von WOHNUNGSLÜFTUNG+.



Für ein Lüftungskonzept wird objektbezogen die erforderliche Luftmenge für den Feuchteschutz ermittelt und mit der errechneten Infiltrationsleistung bzw. Leckageluftmenge verglichen. Ist die Anforderung an den Feuchteschutz höher als mit der Infiltration erzielbar ist, wird eine zusätzliche Lüftungstechnische Maßnahme erforderlich. Dann ist im zweiten Schritt ein Vorschlag für ein nutzerunabhängig wirksames Lüftungssystem zu erstellen. Dabei sind bauphysikalische Anforderungen ebenso zu beachten wie Lüftungs- bzw. gebäudetechnische oder hygienische Erfordernisse.

Die Norm DIN 1946-6: *Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen an die Auslegung, Ausführung,*

Inbetriebnahme und Übergabe sowie Instandhaltung definiert übliche Rahmenbedingungen wie flächenspezifische Feuchtelasten, nutzungsbezogene Raumtemperaturen und unterschiedliche Wärmeschutzanforderungen. Bei der Anlagenplanung kann eine konkrete Berechnung für die unterschiedlichen Lüftungsstufen erfolgen. Dies erfolgt anhand gebäudespezifischer Daten wie:

- Nutzfläche bzw. Volumen,
- Wärmeschutz,
- Geschossanzahl,
- Luftdichtheit,
- planmäßige Personenbelegung bzw. der daraus resultierenden Belegungsdichte sowie
- Information zur mittleren örtlichen Windlast.

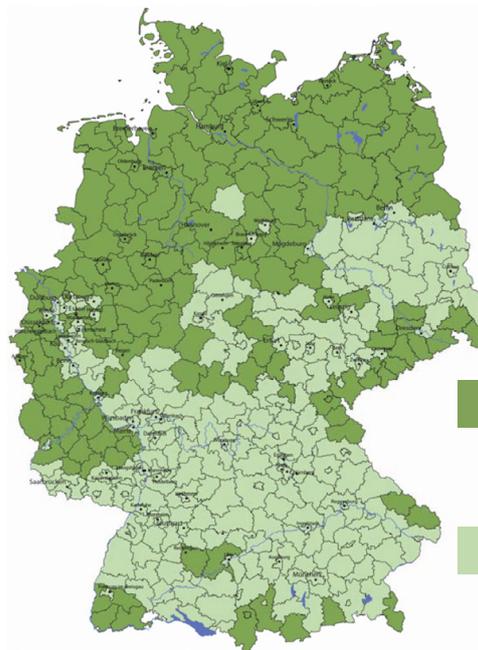


Abbildung 5: DIN 1946-6 Winddaten für Deutschland

- windstarkes Gebiet**
gemittelte Jahreswindgeschwindigkeit > 3,30 m/s
- windschwaches Gebiet**
gemittelte Jahreswindgeschwindigkeit ≤ 3,30 m/s



Hierbei werden insgesamt vier unterschiedliche Luftmengenanforderungen definiert:

Die geringste Anforderung, Lüftung zum Feuchtschutz (FL), soll in erster Linie den Bautenschutz sicherstellen. Hier bleiben sowohl die Nutzeranwesenheit als auch beispielsweise ein Wäschetrocken unberücksichtigt. Die reduzierte Lüftung (RL) erfüllt darüber hinaus auch die gesundheitliche Mindestanforderung an die Luftqualität bei zumindest zeitweiser Abwesenheit der Nutzer sichergestellt. Die Nennlüftung (NL) bildet den Normalbetrieb ab, so dass für den Bautenschutz und die gesundheitlichen Anforderungen an die Luftqualität von der Anwesenheit aller Nutzer ausgegangen wird, während die Intensivlüftung (IL) den Abbau von Lastspitzen sicherstellt.

Sämtliche Anforderungen an Luftleistungen, Gerätegrößen bzw. Leitungsnetze werden auf Basis der Nennlüftung festgelegt. Eine gebäude-spezifische Betrachtung berücksichtigt zusätzlich die Menge der vorhandenen Ablufträume. Aus deren Summe ergibt sich eine Luftmengen-anforderung, welche als Zielgröße zu erreichen ist. Auch die Personenbelegung fließt in die Berechnung der Nennluftmenge ein und ist mit einem Basiswert je Person abzugleichen. Im gesamten Prozess wird mit der jeweils höchsten Anforderung kalkuliert und dadurch die volle Lüftungstechnische Gebrauchstauglichkeit des Gebäudes abgebildet.

4 Potenziale der Lüftungstechnik mit Wärmerückgewinnung

Auf dem Weg zu einem klimaneutralen Gebäudebestand sind Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung ein unverzichtbarer Baustein: Insbesondere in – gemäß Ordnungsrecht luftundurchlässig errichteten – Wohngebäuden muss der für die Wohngesundheit notwendige Mindestluftwechsel sichergestellt sein.

Ohne Wärmerückgewinnung gelangt warme Abluft ungenutzt aus dem Gebäude; die zur Aufrechterhaltung der Raumtemperatur erforderliche Wärme muss neu erzeugt und verteilt

werden. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung nutzen bis zu 95 Prozent der Wärme aus der Abluft. Im Neubau entspricht das energetische Potenzial in etwa einer solarthermisch unterstützten Brauchwassererwärmung.

Mechanische Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung können unabhängig von der Art des Wärmeerzeugers eingesetzt werden. Insbesondere Luft/Wasser-Wärmepumpen profitieren an sehr kalten Spitzenlasttagen unmittelbar von der Reduzierung der Heizlast durch die zurückge-

Abbildung 6: Anteil der Lüftung an den Gebäudewärmeverlusten in Abhängigkeit von den Anforderungen an den Wärmeschutz

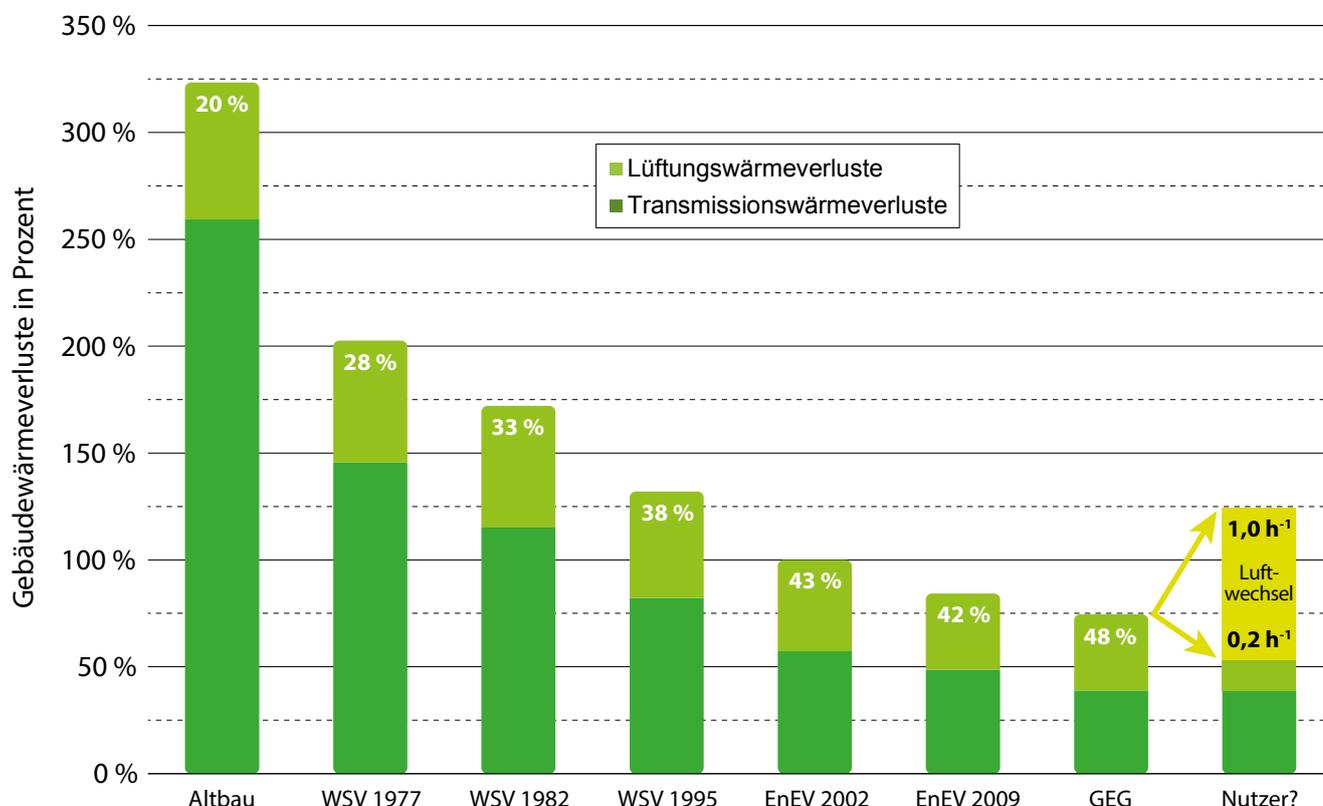
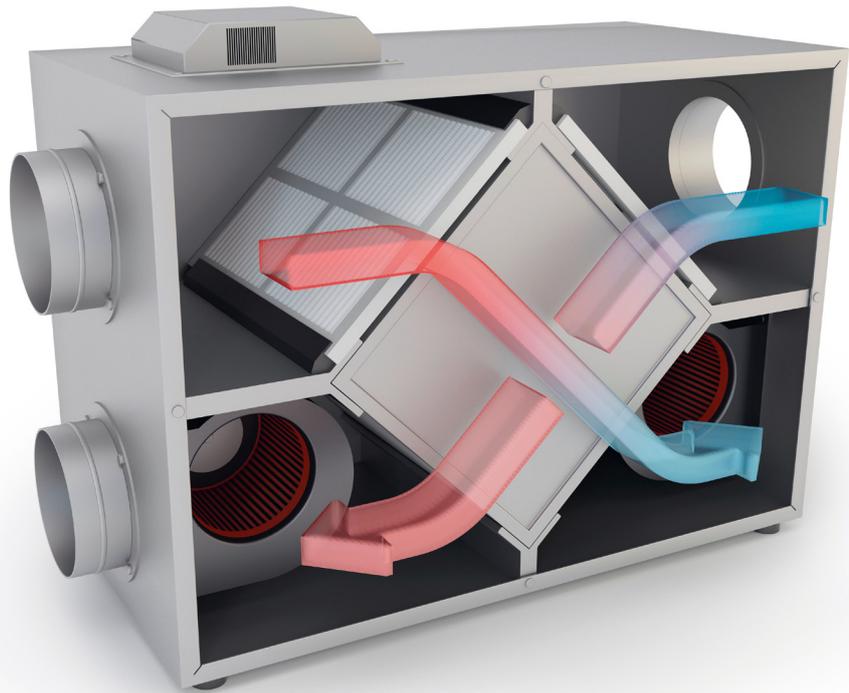


Abbildung 7: Kreuzstromwärmetauscher



wonnene Wärme. So können Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung technologieunabhängig Heizbedarfe verringern und im Falle einer eingesetzten Wärmepumpe Lastspitzen vorgelagerter Stromnetze glätten.

Mit dem Anheben energetischer Standards im Neubau konnten bisher vor allem die Transmissionswärmeverluste reduziert werden, der Anteil der Lüftungswärmeverluste am Gesamtwärmeverlust ist im Verhältnis beständig größer geworden (Abbildung S. 13).

Eine Senkung der Lüftungswärmeverluste bei freier Lüftung verstärkt die Gefahr, dass hygienische und bauphysikalische Probleme zunehmen – vor allem in modernisierten, aber auch in neu errichteten Gebäuden.

Die ventilatorgestützte Lüftung bietet demgegenüber die Möglichkeit, die Lüftungswärmeverluste zu senken und gleichzeitig die Anforderungen an Raumlufthygiene und Bautenschutz einzuhalten. Dazu bestehen drei Möglichkeiten:

1. Rückgewinnung der in der Abluft enthaltenen (und sonst an die Umwelt abgegebenen) Energie mittels Wärmeübertrager und/oder Wärmepumpe
2. Vorwärmung der zugeführten Außenluft mittels erneuerbarer Energien (z. B. Erdreich-Luft-Wärmeübertrager oder Solar-Luftkollektor)
3. Verringerung des Außenluftwechsels (Bedarfs- oder Zonenlüftung)

5 Energetische Bilanzierung von Lüftungsanlagen

5.1 Grundlagen

Die in den folgenden Abschnitten näher vorgestellte DIN V 18599-6 *Energetische Bewertung von Gebäuden - Berechnung des Nutz-, End- und Primärenergiebedarfs für Heizung, Kühlung, Lüftung, Trinkwarmwasser und Beleuchtung - Teil 6: Endenergiebedarf von Lüftungsanlagen, Luftheizungsanlagen und Kühlsystemen für den Wohnungsbau* in der Fassung von 2018 wird nach ihrer Novellierung voraussichtlich ab 2025 im Gebäudeenergiegesetz in Bezug genommen.

5.2 Zulufttemperatur und Luftwechsel

Die DIN V 18599-6 dient der Berechnung des Nutzwärmebedarfs einer Zone (nach DIN V 18599-2). Sie nennt die Kennwerte für die Lüftungswärmesenke (Zulufttemperatur und Anlagenluftwechsel) sowie für die unregelmäßigen Wärme- und Kälteeinträge durch Wohnungslüftungsanlagen und Luftheizungsanlagen. Weiterhin werden für die einzelnen Prozessbereiche – Übergabe, Verteilung, Speicherung und Erzeugung – die Wärmeverluste sowie der Hilfsenergiebedarf ermittelt.

Um den Endenergie- und Primärenergiebedarf nach DIN V 18599-1 festzustellen, werden bei der Wärmeerzeugung die Erzeugerwärmeabgabe und die Wärmeaufnahme durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft berechnet.

Für die Wärmerückgewinnung mit Abluft-Zuluft-Wärmeübertragern werden in Teil 6 der DIN V 18599 die Zulufttemperatur nach dem Wärmeübertrager und der mittlere, zuluftseitige Anlagenluftwechsel (als monatliche Mittelwerte)

berechnet. Diese Werte gehen in den Nutzwärmebedarf nach DIN V 18599-2 ein.

Kombinationen aus Wärmeübertrager und anderen Systemen (z. B. Luftheizungsanlage oder Abluft-Wärmepumpe) werden in der Berechnung getrennt: Der Wärmeübertrager der Kombination wird wie ein einzelner Wärmeübertrager behandelt.

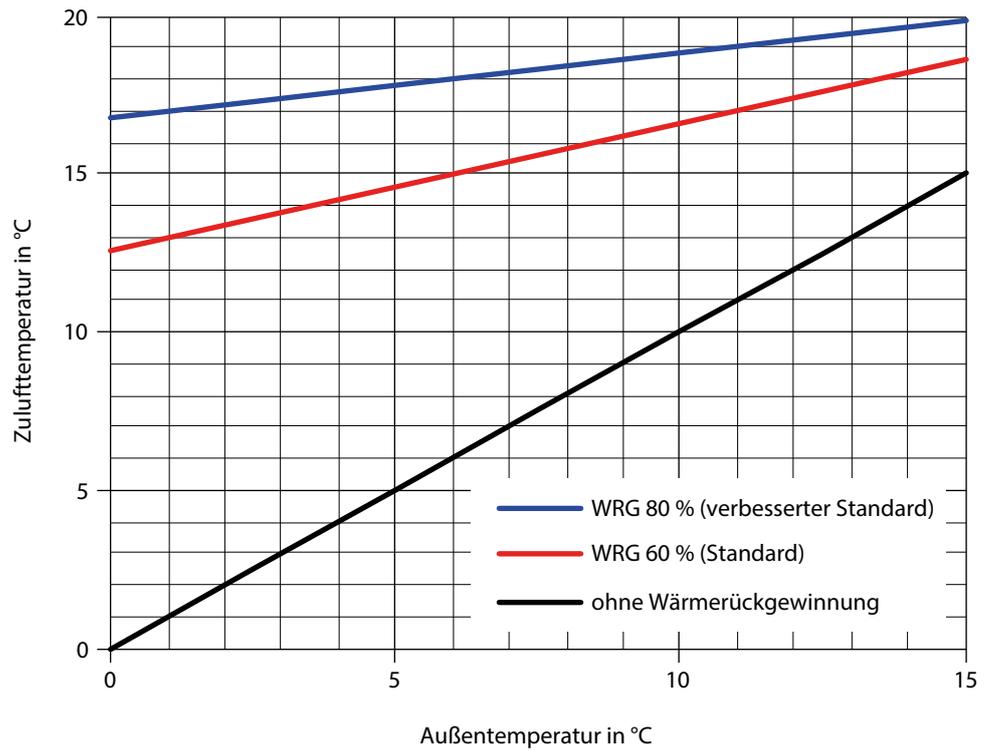
Die Effizienz des Wärmeübertragers wird durch einen Gesamtnutzungsgrad beschrieben. Neben dem geprüften Wärmebereitstellungsgrad (alternativ europäische Kennwerte, z. B. Temperaturänderungsgrad nach DIN EN 308 bzw. DIN EN 13141-7/-8) können die spezifischen Einbaubedingungen berücksichtigt werden – durch Zuschläge (z. B. für Erdreich-Zuluft-Wärmeübertrager - EWÜT) und Abschläge (z. B. für Abtaubetrieb, Aufstellung im unbeheizten Bereich oder Geräteleckagen).

Abbildung (Seite 16) zeigt die nach DIN V 18599-6 ermittelten Zulufttemperaturen für wichtige Varianten. Hier wird das energetische Einsparpotenzial einer effizienten Wärmerückgewinnung mit Wärmeübertragern insbesondere bei niedrigen Außentemperaturen im Vergleich mit Systemen ohne Wärmerückgewinnung erkennbar.

Abhängig von Lüftungskonzept und Gebäudedichtheit werden Lüftungsanteile für Infiltration, Fensteröffnen und Lüftungsanlage berechnet und zum Gesamtluftwechsel addiert.

Die Standardwerte ergeben sich nach DIN V 18599-10 (Nutzungsrandbedingungen, Klimadaten) für Wohngebäude mit einem nutzungsbe-

Abbildung 8: Zulufttemperaturen bei Einsatz von Wärmeübertragern für Standardfälle nach DIN V 18599-6 : 2018 (RB: Anlage errichtet nach 1999, Ablufttemperatur $\theta_{ex} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$)



dingten Mindestaußenluftwechsel $n_{\text{nutz}} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ und einem mittleren Anlagenluftwechsel $n_{\text{mech}} = 0,4 \text{ h}^{-1}$. Für den mittleren Anlagenluftwechsel ist alternativ eine detaillierte Berechnung möglich, die zusätzliche Effekte berücksichtigt, z. B. die saisonale Abschaltung

- einen intermittierenden Betrieb (z. B. Nacht- und Wochenendbetrieb),
- einen mehrstufig wählbaren Anlagenluftvolumenstrom (z. B. Reduzierte-, Nenn- und Intensivlüftung nach DIN 1946-6) oder

- Effekte einer nutzerunabhängigen Bedarfsregelung nach einer geeigneten Führungsgröße in die nächste Zeile möglich.

Zudem muss eine zuluftseitige Bilanzierung erfolgen. Für Abluftanlagen fließt die nachströmende Außenluft in die Bilanz ein (berücksichtigt im Term Fensterluftwechsel n_{Win}), der Anlagenluftwechsel wird Null gesetzt (es erfolgt nur ventilatorgestützte Absaugung der Luft aus dem Gebäude). Demgegenüber wird bei Zu- und

Für die ventilatorgestützte Lüftung gilt:

$$n_{\text{ges}} = n_{\text{Inf}} + n_{\text{Win}} + n_{\text{mech}}$$

mit

n_{ges} ... energetisch wirksamer, mittlerer Gesamt-Außenluftwechsel im Bilanzzeitraum

n_{Inf} ... Mittelwert des Infiltrationsluftwechsels im Bilanzzeitraum in Abhängigkeit von Gebäudedichtheit und Lüftungskonzept

n_{Win} ... Mittelwert des Fensterluftwechsels im Bilanzzeitraum in Abhängigkeit von Lüftungskonzept, Nutzungszeit, hygienischen/bauphysikalischen Aspekten

n_{mech} ... Mittelwert des Luftwechsels über die Lüftungsanlage im Bilanzzeitraum in Abhängigkeit von Lüftungskonzept sowie Betriebsdauer der Lüftungsanlage

Abluftanlagen der ventilatorgestützte Zuluftwechsel bilanziert (im Term Luftwechsel über Lüftungsanlage n_{mech}).

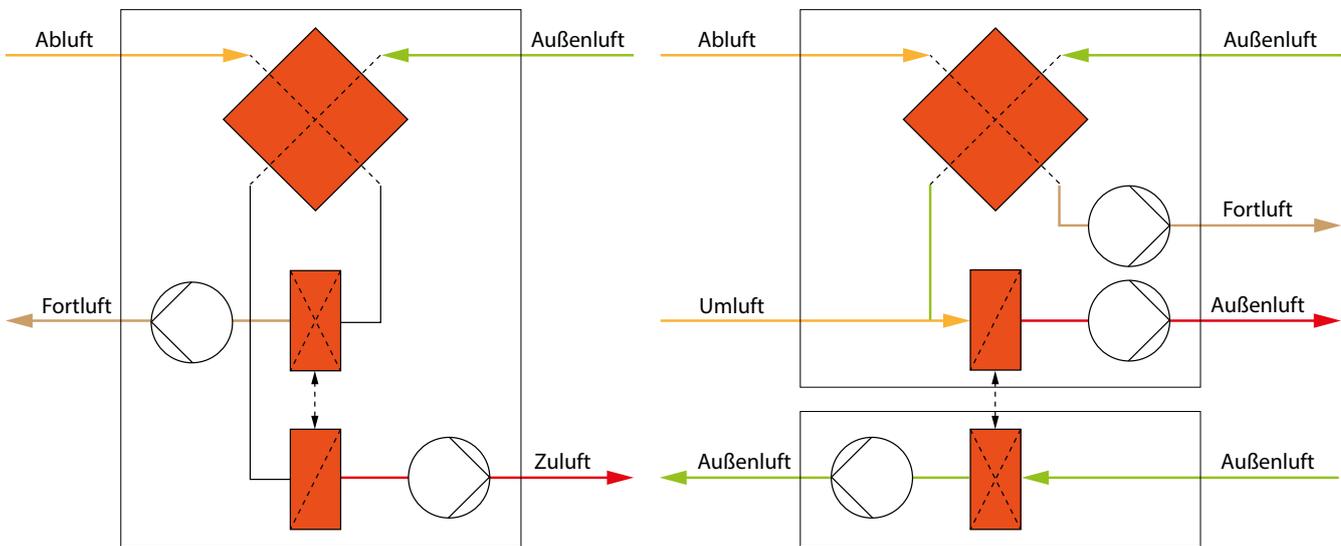
Gegenüber dem Rechengang nach DIN V 4701-10:2003-08 *Energetische Bewertung heiz- und raumluftechnischer Anlagen – Teil 10: Heizung, Trinkwassererwärmung, Lüftung* ergibt sich lediglich für Zu- und Abluftanlagen eine Abweichung auf Grund der unterschiedlichen Bewertung der Infiltration.

zusätzliche Wärmequelle kann seit der Normenfassung 2016 eine Außenluftbeimischung (s. Abbildung unten) bilanziert werden.

In DIN V 18599-6:2018 werden folgende Lösungen behandelt:

- Abluft-Zuluft-Wärmepumpen (Quelle: Abluft, Senke: Zuluft)
- Abluft-Wasser-Wärmepumpen (Quelle: Abluft, Senke: Wasser)

Abbildung 9: Abluft-Zuluft-Wärmepumpe mit vorgeschaltetem Wärmeübertrager links: ohne Außenluftbeimischung rechts: mit Außenluftbeimischung



5.3 Abluft-Wärmepumpen

Nach DIN V 18599-6:2018 sind Abluft-Wärmepumpen Einrichtungen, die den Wärmeinhalt der Abluft von Wohnungslüftungs- und Luftheizungsanlagen nutzen. Sie werden mit der Erzeugerwärmeabgabe und der Wärmeaufnahme durch Wärmerückgewinnung aus der Abluft bilanziert.

Bei Kombination einer Abluft-Wärmepumpe mit einem Abluft-Zuluft-Wärmeübertrager wird der Wärmeübertrager wie oben beschrieben bilanziert (s. Abbildung oben). Dabei ist bei der Bewertung der Abluft-Wärmepumpe die verringerte Wärmequellentemperatur zu beachten. Als

- Abluft-Zuluft/Wasser-Wärmepumpen (Quelle: Abluft, Senke: Zuluft, Wasser)

Bei der Wärmesenke Wasser ist die Nutzung für Heizung und/oder Trinkwassererwärmung möglich. Bei kombinierter Nutzung kann die Nutzung der Abwärme für Zulufterwärmung, Heizungsunterstützung oder Trinkwassererwärmung frei gewählt werden, ob die Abwärme für das Erwärmen der Zuluft, des Trinkwassers oder als Unterstützung für die Heizung eingesetzt wird (keine vorgegebene Vorrangschaltung). Der Algorithmus der DIN V 18599-6:2018 sieht bei Abluft-Wasser-Wärmepumpen Schnittstellen zu den Normenteilen 5 (Nutzung für Heizung) bzw. Teil 8 (Nutzung für Trinkwassererwärmung) vor.

Die zunehmend marktüblichen Wärmepumpen mit drehzahlgeregelten Verdichtern werden detailliert und mit variablen Leistungszahlen abhängig von der Leistungsregelung in der Bilanzierung berücksichtigt.

5.4 Teillüftung

Der bisher (auch in der DIN V 4701-10: 2003) verwendete und pauschal beschriebene Ansatz einer flächenanteiligen Berechnung aller relevanten Energiebedarfswerte führte in der Praxis zu Unklarheiten und Missverständnissen. Mit der 2018er Fassung der DIN V 18599-6 wird die Teillüftung detailliert und gültig für unterschiedliche Kombinationen berechnet, z. B. freie Lüftung und

- ventilatorgestützte Lüftung mit und ohne Wärmerückgewinnung,
- ventilatorgestützte Lüftung mit und ohne Bedarfsführung,
- ventilatorgestützte Lüftung mit Heizperioden- und Ganzjahresbetrieb.

Für die weitere Klarstellung wurde eine Definition der Teillüftung aufgenommen:

„Zone wird nur flächenanteilig ventilatorgestützt gelüftet oder in der Zone existieren unterschiedliche ventilatorgestützte Lüftungssysteme

Anmerkung 1 zum Begriff: Typische Beispiele für Teillüftung sind:

- zentrales Zu-/Abluftsystem im eigentlichen Wohnbereich und Fensterlüftung in wenig genutzten Nebenräumen
- dezentrale Zu-/Abluftgeräte in einzelnen Räumen/Raumgruppen und Abluftsystem in den übrigen Räumen

Anmerkung 2 zum Begriff: Auch bei Teillüftung ist für ventilatorgestützte Systeme der Wohnungslüftung deren Auslegung und bestimmungsgemäßer Betrieb nach den anerkannten Regeln der Technik vorausgesetzt. Diesbezügliche gesonderte Hinweise (z. B. hinsichtlich der Planung und Bemessung der Wohnungslüftungsanlagen) können der DIN 1946-6 entnommen werden.“

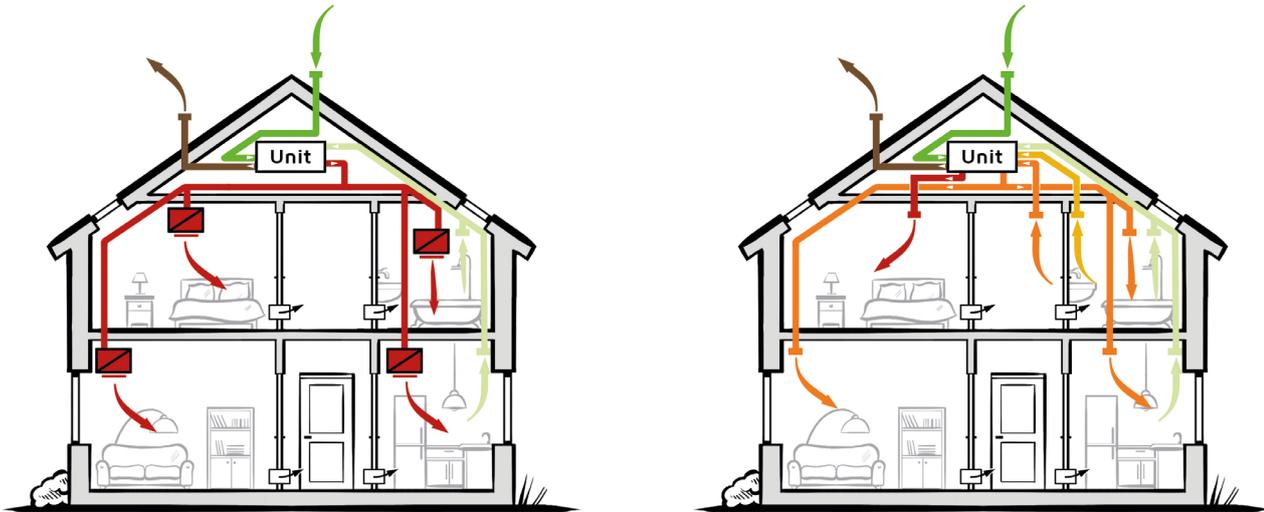
Ein typisches und häufig praktiziertes Beispiel für Teillüftung ist die Kombination aus alternierenden dezentralen Zu-/Abluftgeräten (in den Aufenthaltsräumen) und einer Entlüftung nach DIN 18017-3 (in fensterlosem Bad/Küche). Wenn eine solche Kombination in einer Wohnung mit 80 m² (60 m² Aufenthaltsräume einschließlich Flur und 20 m² Bad/Küche) eingesetzt wird, ergibt sich eine Teillüftung von 75 Prozent (60 m²/80 m²) für die alternierenden Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung und eine Teillüftung von 25 Prozent (20 m²/80 m²) für die Entlüftung, die nach den Erläuterungen des Deutschen Instituts für Bautechnik (DIBt) zum Gebäudeenergiegesetz als freie Lüftung zu bilanzieren ist.

5.5 Luftheizung

Luftheizungsanlagen sind im Sinne der DIN V 18599:2018-Reihe Heizsysteme, bei denen die Wärmezufuhr in die Zone vollständig durch Luft als Wärmeträger erfolgt. Grundsätzlich basiert die Bilanzierung von Luftheizungsanlagen im Sinne der DIN V 18599-6:2018 auf der Bewertung von Zu- und Abluftsystemen. Zusätzlich ist die Nachheizung der Zuluft energetisch zu bewerten. Dies betrifft im Einzelnen:

- Wärmeverluste bei der Übergabe (Zulufttemperatur höher als Raumtemperatur),
- Wärmeverluste, unregelmäßige Wärmeeinträge und Hilfsenergiebedarf bei der Verteilung (Zuluftleitungen und ggf. aus Umluftbetrieb),
- Wärmeverluste, unregelmäßige Wärmeeinträge und Hilfsenergiebedarf bei der Erzeugung (Nachheizregister) und
- Erzeugerwärmeabgabe (Nachheizregister).

Kommt in Verbindung mit der Luftheizung ein Nachheizregister zum Einsatz, unterscheidet man zwischen elektrischen und wasserführenden Nachheizregistern. Luftheizungsanlagen mit elektrischer Nachheizung werden vollständig in der DIN V 18599-6 beschrieben. Bei wassergeführter Nachheizung ist eine Schnittstelle mit DIN V 18599-5 erforderlich. Die Erzeugerwär-



meabgabe des Nachheizregisters wird unter Berücksichtigung

- des Nutzwärmebedarfs (ggf. unter Beachtung der Wärmerückgewinnung durch Abluft-Zuluft-Wärmeübertrager),
- der Wärmeverluste für Übergabe, Verleitung, Speicherung bei Heizung und Wohnungslüftung,
- der Wärmeeinträge aus regenerativen Energiequellen und
- der Erzeugerwärmeabgabe der Abluft-Wärmepumpen für die Heizung

ermittelt. Die Warmwasserbereitung wird im Regelfall separat nach DIN V 18599-8 bewertet.

Typisch für heute marktübliche Unterscheidungsmerkmale für Luftheizungen sind die Art des Betriebes – nur Außenluft oder Außenluft und Umluft – und die Anordnung der Nachheizregister – raumweise oder zentral – siehe Abbildung oben.

5.6 Energetische Kennwerte

Bei der energetischen Bewertung der Wärmerückgewinnung mit Lüftungssystemen untereinander – aber auch mit den üblichen Heizwärmepumpen – bereitet die Vielzahl der genutzten Kennwerte und ihre schlechte Vergleichbarkeit sowohl Laien als auch Fachleuten Schwierigkeiten der Systeme.

So werden für die Wärmerückgewinnung mit Wärmeübertragern u. a. Temperaturänderungsgrade, Wärmebereitstellungsgrade und Rückwärmzahlen angegeben. Gemeinsam ist diesen Kennwerten, dass sie die thermische Effizienz im Sinne eines Wirkungs- bzw. Nutzungsgrades beschreiben, also z. B.

Abbildung 10: Luftheizung im Außenluftbetrieb links: mit raumweiser Nachheizung rechts: mit zentraler Nachheizung und Umluftbetrieb

Temperaturänderungsgrad η_t (nach DIN EN 308):

$$\eta_t = \frac{\vartheta_{ZU} - \vartheta_{AU}}{\vartheta_{AB} - \vartheta_{AU}} = \frac{\text{Zulufttemperatur} - \text{Außenlufttemperatur}}{\text{Ablufttemperatur} - \text{Außenlufttemperatur}}$$

Wärmebereitstellungsgrad (nach DIBt)

$$\eta_t = \frac{\vartheta_{ZU} - \vartheta_{AU}}{\vartheta_{AB} - \vartheta_{AU}} = \frac{\text{Zulufttemperatur} - \text{Außenlufttemperatur}}{\text{Ablufttemperatur} - \text{Außenlufttemperatur}}$$

Typisch sind für heute marktübliche Wohnungslüftungssysteme Temperaturänderungsgrade bzw. Wärmebereitstellungsgrade in einem Bereich von 80 bis 95 Prozent. Nach DIN V 18599-6:2018 sind für neue Lüftungsanlagen als Prüfwerte ein Standardwert ($\eta'_{\text{exch}} = \eta_{\text{WRG}} = 66$ Prozent) und ein verbesserter Standardwert ($\eta'_{\text{exch}} = \eta_{\text{WRG}} = 88$ Prozent) definiert. Diese sind ggf. noch um Effekte des objektspezifischen Einbaubedingungen (z. B. Aufstellung im unbeheizten Bereich) zu korrigieren sind. Statt dieser Standardwerte können Herstellerangaben (Produktwerte) eingesetzt werden.

Im Rahmen der energetischen Bilanzierung mit DIN V 18599 gelten für die Verwendung von Standard- bzw. Produktwerten die folgenden Definitionen:

Standardwert: Wert, der für den Berechnungsgang verwendet werden kann, sofern kein für das Rechenverfahren geeigneter Produktwert verfügbar ist

Produktwert: herstellerspezifischer Wert auf der Grundlage

- einer Konformitätserklärung zu harmonisierten europäischen Normen / Richtlinien
- einer Konformitätserklärung zu allgemein anerkannten Regeln der Technik
- eines bauaufsichtlichen Verwendbarkeitsnachweises

Für Systeme der Wohnungslüftung ist eine Übersicht über Produktwerte im TZWL-eBulletin zu finden (www.tzwl.de). Im Aufbau befindet sich die europäische EPREL-Datenbank (<https://eprel.ec.europa.eu/screen/product/residentialventilationunits>), die im Kontext der Ecodesign-Anforderungen auch produktspezifische Energiekennwerte für Wohnungslüftungsgeräte enthält.

Für die Bewertung von Wärmepumpen werden zumeist Leistungszahlen oder Jahresarbeitszahlen verwendet, die das Verhältnis von Nutzen zu Aufwand darstellen, also z. B.

Wärmepumpe ist auf dieser Basis offensichtlich ohne weiteres nicht möglich.

Abhilfe kann hier der Rückgriff auf das elektrische Wirkverhältnis leisten. Es wurde bereits in der Wärmeschutzverordnung 1995 bei der ersten Bonifizierung der Wärmerückgewinnung mit Wohnungslüftungssystemen eingeführt. In der Wärmeschutzverordnung 1995 hieß es, dass „bei Anlagen mit Wärmerückgewinnung ohne Wärmepumpe [also mit Wärmeübertrager] ... je kWh aufgewendeter elektrischer Arbeit mindestens 5 kWh nutzbare Wärme abgegeben wird“.

Typisch für heute marktübliche Heizwärmepumpen sind in Abhängigkeit von der Wärmequelle Leistungszahlen in einem Bereich von 3 bis 6. Der Vergleich dieser Kennzahlen und damit der technischen Systeme Wärmeübertrager und

Damit handelt es sich um ein Verhältnis von Nutzen zu Aufwand und somit um eine äquivalente Leistungszahl, die unmittelbar mit dem Kennwert von Wärmepumpen verglichen werden kann. Folgende Definitionen sind also ableitbar:

Leistungszahl COP (nach DIN EN 14511):

$$COP = \frac{\dot{Q}_K}{P_V} = \frac{\text{Wärmeleistung Wärmepumpe}}{\text{elektrische Leistung Wärmepumpe}}$$

Äquivalente Leistungszahl COP_{äq}

$$COP_{\text{äq}} = \frac{\dot{Q}_{WRG}}{P_{fan}} = \frac{\text{Wärmeleistung Wärmeübertrager}}{\text{elektrische Leistung Ventilatoren}}$$

Äquivalente Jahresarbeitszahl $SCOP_{\text{äq}}$

$$SCOP_{\text{äq}} = \frac{Q_{WRG}}{W_{fan}} = \frac{\text{Wärmemenge Wärmeübertrager}}{\text{elektrische Arbeit Ventilatoren}}$$

Für typische Verhältnisse in der Heizperiode (Außentemperatur -10 °C bis $+10\text{ °C}$) und die heute marktübliche Anlagentechnik (Wärmerückgewinnung 85 Prozent und elektrische Leistungsaufnahme der Ventilatoren $0,25\text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$) ergeben sich nach Abbildung unten äquivalente Leistungszahlen in einem Bereich von ca. 11 bis 25. Nach DIN V 18599:2018 ergibt sich daraus für mittlere klimatische Verhältnisse eine äquivalente Jahresarbeitszahl für die Wärmerückgewinnung von ca. 17,5 und eine Jahresarbeitszahl für Wärmepumpen von ca. 5.

Zusätzlich fällt auf, dass die höchsten äquivalenten Leistungszahlen der Lüftung mit Wärmerückgewinnung bei niedrigen Außen-

temperaturen erreicht werden. Das macht sie zu einem natürlichen Komplementärsystem von Wärmepumpen. Eine solche Kombination entlastet das Wärmepumpen-Heizsystem vor allem bei niedrigen Außentemperaturen und kann Lastspitzen im vorgelagerten Stromnetz glätten. Auch wenn das Potenzial der Wärmerückgewinnung mit Wärmeübertragern durch den Umstand begrenzt ist, dass die Zulufttemperatur nicht höher als die Raumlufttemperatur werden kann, darf ein solch hocheffizientes System im Kanon der Energieeinsparmaßnahmen nicht vernachlässigt werden.

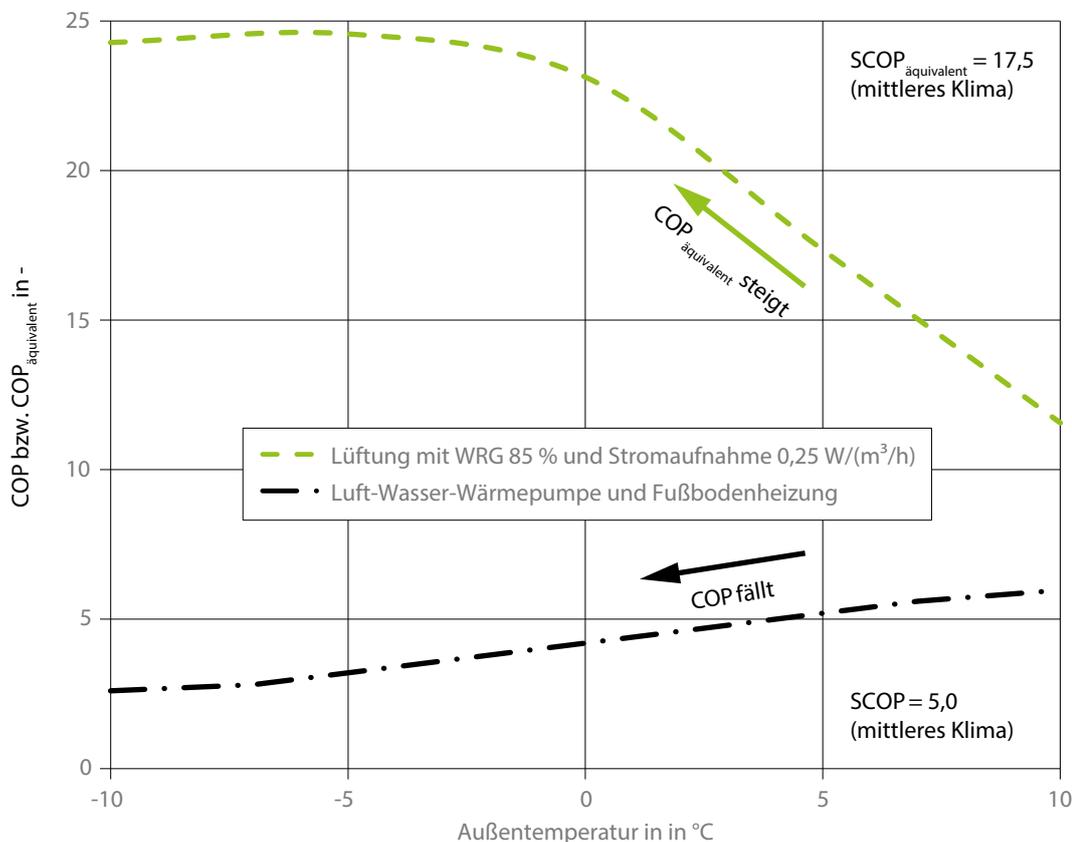


Abbildung 11: Vergleich von äquivalenten Leistungszahlen der Wärmerückgewinnung mit Leistungszahlen COP von Wärmepumpen

5.7 Randbedingungen für den energieeffizienten Einsatz

5.7.1 Standard- und Produktkennwerte

Standard- und Produktwerte	
Die aktuelle DIN V 18599-6:2018 enthält die nachfolgend beispielhaft aufgeführten Standardwerte für Wohnungslüftungssysteme. Weiterhin sind dort die zugehörigen Produktwerte aus dem aktuellen TZWL-eBulletin (soweit dort angegeben) aufgeführt.	
Temperaturänderungsgrad:	
DIN V 18599-6:2018 TZWL:	66 % (Standard) bzw. 88 % (verbesserter Standard) Range Produktwerte: zentral bis 95 %/dezentral bis 95 %
Leistungsaufnahme Ventilatoren:	
DIN V 18599-6:2018 TZWL:	Abluft zentral: 0,20 W/(m ³ /h) (AC) bzw. 0,10 W/(m ³ /h) (DC) Abluft dezentral: 0,35 W/(m ³ /h) (AC) bzw. 0,20 W/(m ³ /h) (DC) Zu-/Abluft zentral: 0,55 W/(m ³ /h) (AC) bzw. 0,35 W/(m ³ /h) (DC) Range Produktwerte: 0,12 bis 0,70 W/(m ³ /h)
DIN V 18599-6:2018 TZWL:	Zu-/Abluft dezentral: 0,70 W/(m ³ /h) (AC) bzw. 0,45 W/(m ³ /h) (DC) Range Produktwerte: 0,06 bis 1,19 W/(m ³ /h)
Frostschutz (Abschlag Temperaturänderungsgrad):	
DIN V 18599-6:2018	
Abschaltung Zuluftventilator:	0 (Frostschutz ab < -12 °C) bis 0,06 (Frostschutz ab ≥ -6 °C)
Reduzierung Zuluftvolumenstrom:	0 (Frostschutz ab < -9 °C) bis 0,015 (Frostschutz ab ≥ -6 °C)
Regenerative Luftvorwärmung (Erdreich-Wärmeübertrager, Solarluftkollektor):	separate Berechnung für Energiebedarf
Vorheizregister:	separate Berechnung für Energiebedarf
Abluft-Zuluft-Wärmepumpe mit 2. Kondensator zur Luftvorwärmung:	0

5.7.2 Heizkostenvergleich

Der BDEW-Heizkostenvergleich Neubau (2021) liefert Anhaltspunkte, welchen konkreten Einfluss Lüftungssysteme auf den Energiebedarf von Wohngebäuden haben. Tabelle 1 zeigt ausgewählte Ergebnisse für ein Einfamilienhaus, Tabelle 2 für ein Sechsfamilienhaus. Zum besseren Verständnis der Tabellen werden zunächst wesentliche Kenngrößen definiert:

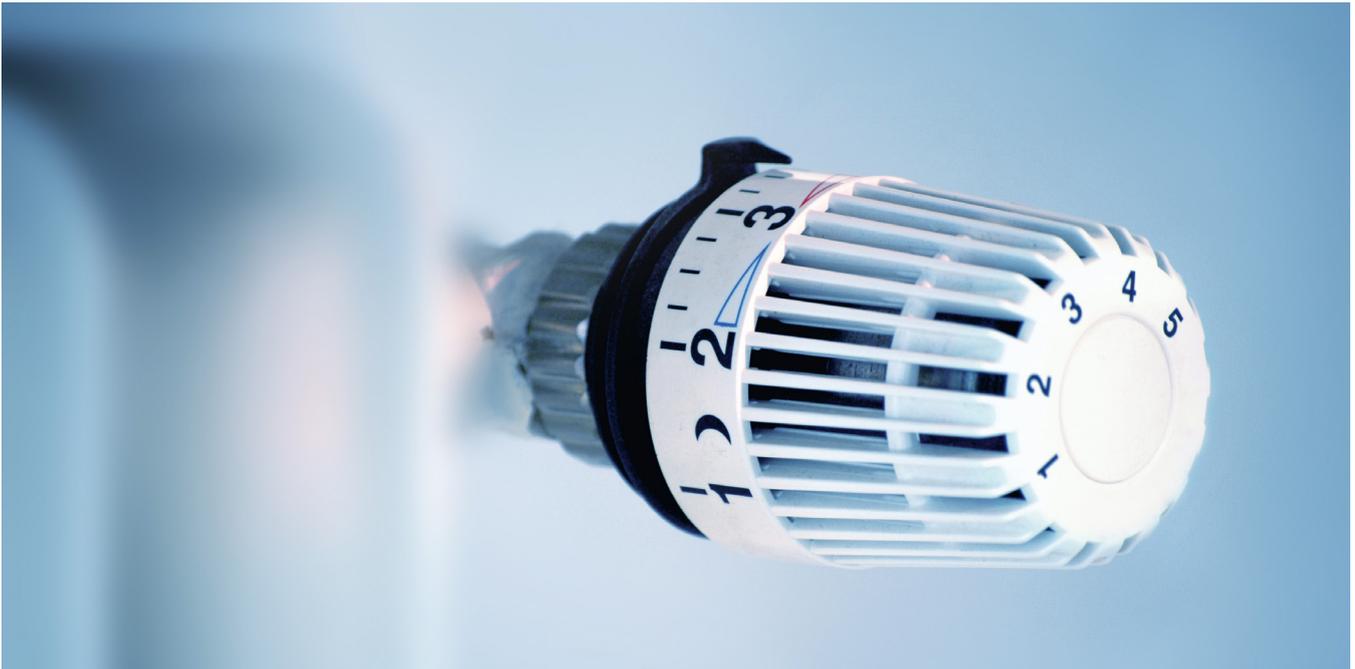
Wärmeenergiebedarf:

Zur Deckung des Nutzenergiebedarfes für Heizung und Warmwasserbereitung jährlich benötigte Wärmemenge jeweils einschließlich des

thermischen Aufwands für Übergabe, Verteilung und Speicherung. Der spezifische Wärmeenergiebedarf bezieht sich auf die Nutzfläche.

Endenergiebedarf:

Energiemenge, die dem Heizungs- und Trinkwassersystem zugeführt werden muss, um den Nutzenergiebedarf für Heizung und Trinkwassererwärmung zu decken. Es ist damit die Energiemenge, die der Betreiber z. B. in Form von Heizöl, Gas oder elektrischem Strom kaufen muss. Der spezifische Endenergiebedarf bezieht sich auf die Nutzfläche.

**Primärenergiebedarf:**

Beinhaltet die Energiemenge, die zur Heizung, Lüftung und Trinkwassererwärmung unter Einbeziehung der anlagenseitigen Verluste und der vorgelagerten Prozesse außerhalb des Gebäudes aufgewendet werden muss. Der spezifische Primärenergiebedarf bezieht sich auf die Nutzfläche.

THG-Emission:

Bei der Beheizung eines Gebäudes entstehende Treibhausgasemissionen. Die THG-Emissionen (CO₂-Äquivalente) berücksichtigen zusätzlich zu Kohlenstoffdioxid die Klimawirksamkeit weiterer Emissionen.

Nutzfläche:

Bezugsgröße für den Nachweis nach GEG für Wohngebäude. Sie wird aus dem Bruttovolumen des Gebäudes abgeleitet und ist in der Regel größer als die Wohnfläche.

In den Tabellen wird zwischen „GEG“ und „EH55“ unterschieden. Mit der Ausführung „GEG“ werden die Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes in der Fassung von 2020 erfüllt. Mit

der Ausführung „EH55“ – die Abkürzung steht für Effizienzhaus 55 – werden die Anforderungen des Gebäudeenergiegesetzes in der Fassung eingehalten, welche am 1. Januar 2023 in Kraft getreten ist.

Aus den in den Tabellen zusammengestellten Zahlenwerten lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

1. Durch Kombination von Wohnungslüftungssystemen mit den heute üblichen Heizsystemen können aktuelle und zukünftige Anforderungen des Energieeinsparrechts erfüllt werden.
2. In Abhängigkeit vom Energieträger des Heizsystems können zur Erfüllung der Anforderungen Lüftungssysteme mit Wärmerückgewinnung erforderlich sein oder aber einfache Abluftsysteme ausreichen.
3. Beim Endenergiebedarf sind systemabhängig größere Unterschiede zu erkennen. Der Endenergiebedarf wiederum ist neben den energieträgerspezifischen Kosten die maßgebliche Größe für die Heizkosten.

EFH – GEG						
	Gas-BW Solare TWE Zu-/Abluft	Gas-BW Pellet Abluft	Luft-Wasser- WP Abluft	Kompaktgerät mit Luft-Was- ser-WP Zu-/Abluft	Fernwärme Abluft	Pellet Abluft
Wärmeenergiebedarf in kWh/m ² a	59,4	72,8	76,0	-	75,1	74,5
Endenergiebedarf in kWh/m ² a	42,0	58,7	17,8	-	58,2	62,3
Primärenergiebedarf in kWh/m ² a	59,1	53,8	47,8	-	57,0	20,5
THG-Emission in kg/m ² a	13,6	11,3	14,9	-	14,6	3,0

EFH – EH55						
	Gas-BW Solare TWE Zu-/Abluft	Gas-BW Pellet Abluft	Luft-Wasser- WP Abluft	Kompaktgerät mit Luft-Was- ser-WP Zu-/Abluft	Fernwärme Abluft	Pellet Abluft
Wärmeenergiebedarf in kWh/m ² a	44,8	57,3	60,3	45,4	59,4	59,1
Endenergiebedarf in kWh/m ² a	27,7	42,3	13,2	9,9	42,4	45,6
Primärenergiebedarf in kWh/m ² a	43,1	43,1	39,5	33,5	45,7	16,8
THG-Emission in kg/m ² a	10,0	9,1	12,3	10,4	11,9	2,5

Tabelle 2: Ausgewählte energetische Kennwerte für ein Einfamilienhaus in Abhängigkeit vom energetischen Standard sowie vom Heizungs- und Lüftungssystem (Quelle: BDEW-Heizkostenvergleich Neubau 2021)



MFH (6 Whg.) – GEG				
	Gas-BW Solare TWE Zu-/Abluft	Luft-Wasser-WP Abluft	Fernwärme Abluft	Pellet Abluft
Wärmeenergiebedarf in kWh/m ² a	56,7	-	56,6	72,3
Endenergiebedarf in kWh/m ² a	36,0	-	37,4	56,4
Primärenergiebedarf in kWh/m ² a	53,7	-	45,1	18,4
THG-Emission in kg/m ² a	12,3	-	11,8	2,5

MFH (6 Whg.)– EH55				
	Gas-BW Solare TWE Zu-/Abluft	Luft-Wasser-WP Abluft	Fernwärme Abluft	Pellet Abluft
Wärmeenergiebedarf in kWh/m ² a	43,5	57,7	43,4	57,8
Endenergiebedarf in kWh/m ² a	23,0	12,6	23,9	41,3
Primärenergiebedarf in kWh/m ² a	39,5	40,4	35,4	15,2
THG-Emission in kg/m ² a	9,1	12,6	9,3	2,1

Tabelle 3: Ausgewählte energetische Kennwerte für ein Mehrfamilienhaus in Abhängigkeit vom energetischen Standard sowie vom Heizungs- und Lüftungssystem (Quelle: BDEW-Heizkostenvergleich Neubau 2021)

5.7.3 Empfehlungen für energieeffiziente Wohnungslüftungssysteme

Unabhängig von den Standardwerten nach DIN V 18599-6: 2018 können für den geplanten Einsatz von Wohnungslüftungssystemen mit Wärmerückgewinnung in energieeffizienten Neubauten oder bei energetischen Gebäudesanierungen folgende Empfehlungen gegeben werden.

Lüftungsgerät / Lüftungsanlage:

- Temperaturänderungsgrad: > 80 Prozent
- spezifische Leistungsaufnahme Ventilatoren: < 0,30 W(m³/h)
- Regelung: Bedarfsführung

Gebäude:

- Gebäudedichtheit: $n_{50} < 1 \text{ h}^{-1}$
- Wärmeschutz: Luftheizung für Effizienzhaus 40/55 oder besser

Heizungstechnik:

- Endenergie (Heizkosten, Wirtschaftlichkeit): Kombinationen mit allen Heizsystemen ohne Einschränkungen sinnvoll
- Primärenergie (GEG): keine Kombination mit Pelletheizung

5.8 Lüftungsanlagen und Wohnungskühlung

Für die Wohnungskühlung steht eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Verfügung. Mit Blick auf Wirtschaftlichkeit und Energieeffizienz sollte zunächst geprüft werden, ob die unter mitteleuropäischen Klimabedingungen meist optionale Wohnungskühlung durch die bereits in den Wohngebäuden installierte Heizungs- und Lüftungstechnik übernommen werden kann. Alternativ sind auch separate Kühlsysteme denkbar. Die Abbildung unten zeigt die in DIN V 18599-6:2018 bilanzierbaren Systeme zur Wohnungskühlung, auf der Wohnungslüftung basierende Systeme sind hervorgehoben.

Für Wohnungskühlsysteme errechnet sich die Erzeugerkälteabgabe nach DIN V 18599-6:2018 aus dem Nutzkältebedarf unter Beachtung der Ankühlung und Teilkühlung sowie aus den Wärmeverlusten bei der Übergabe, der Verteilung und der Speicherung. Der Nutzkältebedarf wird dabei nach DIN V 18599-2 bestimmt. Mit dem Teilkühlfaktor $f_{c,part}$ wird berücksichtigt, dass Wohngebäude ggf. nur teilweise gekühlt werden. Er ist durch das Verhältnis von gekühlter Nutzfläche zur gesamten Nutzfläche definiert ($0 < f_{c,part} \leq 1$). Der Ankühlfaktor $f_{c,limit}$ beschreibt, dass nicht alle Wohnungskühlsysteme für eine Vollkühlung und damit für eine vollständige Deckung des monatlichen Nutzkältebedarfs geeignet sind.

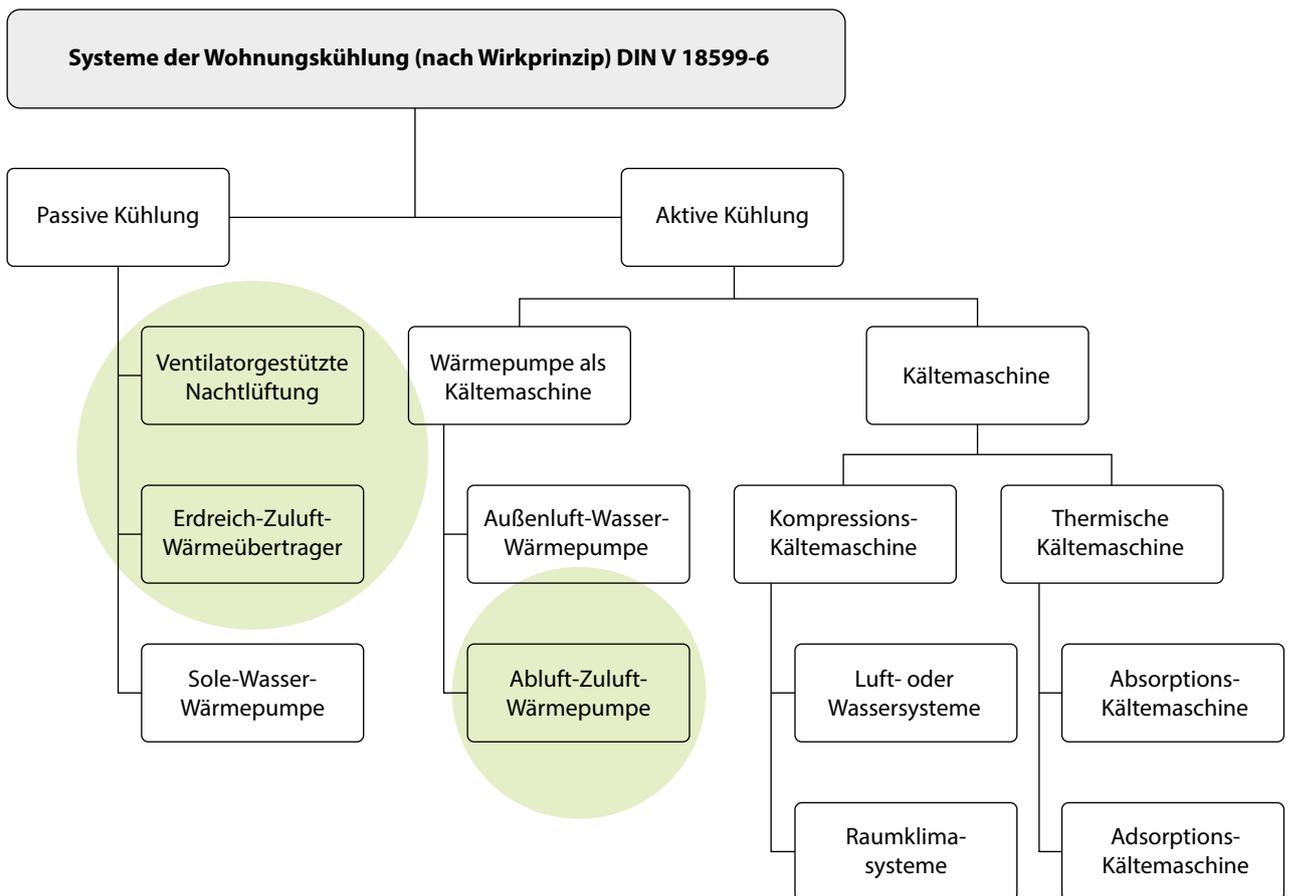


Abbildung 12: Systeme der Wohnungskühlung im Rahmen der DIN V 18599-6:2018

Leistungsbegrenzungen der Kühlsysteme können bei der Kälteerzeugung (z. B. für einen Erdreich-Zuluft-Wärmeübertrager) oder bei der Kälteübergabe und -verteilung (z. B. Fußbodenkühlung) entstehen. Maßgeblich ist der aus der parallelen Betrachtung der Kälteerzeugung und der Kälteübergabe/-verteilung resultierende minimale Deckungsanteil am Nutzkältebedarf ($0 < f_{c,limit} \leq 1$). Der Anköhlfaktor ist damit von entscheidender Bedeutung, um unterschiedlichste Wohnungskühlsysteme nicht nur hinsichtlich ihrer energetischen Effizienz, sondern auch bezüglich ihres Kühleffekts vergleichen zu können.

Bei der Übergabe entstehen Wärmeverluste. Dabei unterscheidet man thermische Effekte (latente Wärme) und die ungewollte Entfeuchtung in Luftkühlern (sensible Wärme). Bei der Übergabe wird Hilfsenergie benötigt, wenn im Raum Sekundärluftventilatoren (z. B. in Ventilator-konvektoren oder in Inneneinheiten von Splitgeräten) zum Einsatz kommen.

Bei der Verteilung werden Wärmeverluste und unregelmäßige Wärmeeinträge durch Kühlung in die jeweiligen Zonen bilanziert. Dabei erfolgt die Berechnung der Verluste grundsätzlich anteilig vom Nutzkältebedarf in Abhängigkeit vom Kälte-träger (Wasser, Luft oder Kältemittel) und von den Kälteträgertemperaturen.

Bei der separaten Bilanzierung von Luftleitungen außerhalb der thermischen Hülle sind im Kühlfall außerdem zu berücksichtigen:

- Wärmedämmung der Luftleitungen
- Länge der Luftleitungen
- Lufttemperatur in den Luftleitungen
- Umgebungstemperatur (innerhalb/außerhalb der thermischen Hülle)
- Betriebszeit der Anlage

Die Hilfsenergie wird im Rahmen der Verteilung bilanziert, wenn im Kälteverteilnetz separate Ventilatoren bzw. Pumpen angeordnet sind. Das Vorgehen entspricht dem bei der Erzeugung

beschriebenen Verfahren für geräteintegrierte Ventilatoren bzw. Pumpen.

Der Einsatz von Kaltwasserspeichern ist keine Standardlösung bei der Wohnungskühlung. Der Prozessbereich Speicherung ist deshalb gegenwärtig in DIN V 18599-6:2018 nicht berücksichtigt.

Die Wärmeverluste Kühlung bei der Erzeugung werden für die aktive Kühlung mit Kältemaschinen bilanziert. Für Systeme mit Heiz-Wärmepumpen im Kältebetrieb und mit Kältemaschinen werden die Wärmeverluste und unregelmäßigen Wärmeeinträge anteilig aus der Erzeugerkälte-abgabe unter Beachtung des Aufstellungsortes bestimmt. Im Regelfall wird der Hilfsenergiebedarf für Ventilatoren, Pumpen, Regelung sowie von Nebenantrieben nach DIN V 18599-6 dem Prozessbereich Erzeugung zugeordnet. Der Hilfsenergiebedarf von Ventilatoren wird dabei analog zum Vorgehen für die Wohnungslüftung berechnet. Der Hilfsenergiebedarf von Pumpen ergibt sich aus deren Leistungsaufnahme und Betriebszeit. Bei der Regelung unterscheidet man zwischen der Leistungsaufnahme im Betrieb und im Standby. Als Nebenantriebe werden beispielsweise Lösungsmittelpumpen in Absorptions-Kältemaschinen mit einer auf die Kälteleistung bezogenen Leistungsaufnahme und der Betriebszeit bilanziert. Bei der aktiven Kühlung mit

- Heiz-Wärmepumpen im Kältemaschinenbetrieb,
- Kompressions-Kältemaschinen,
- Raumklimasystemen oder
- Sorptions-Kältemaschinen

ist für die primärenergetische Bilanzierung die Berechnung des Endenergiebedarfs und des regenerativen Energieeinsatzes bei der Kälteerzeugung erforderlich. Die Berechnung für Wohnungskühlsysteme folgt dabei unter Nutzung der Nennkälteleistungszahl EER bzw. des Nennwärmeverhältnisses ζ , des Teillastfaktors PLV sowie des Baujahrfaktors $f_{c,B}$ mit den aus der Bilanzierung der Kühlung von Nichtwohnge-

Kälteerzeugung	Kälteübergabe	Vollkühlung	Ankühlung
Passive Kühlung			
Sole-Wasser-Wärmepumpe	Flächenkühlung	X	X
	Heizkörper	–	X
	Ventilatorkonvektor	X	X
Ventilatorgestützte Nachtlüftung	Lüftungssystem	–	X ($f_{c,limit} = 0,10$)^{a) b)}
Erdreich-Zuluft-WÜT	Lüftungssystem	–	X ($f_{c,limit} = 0,44$)^{a) b)}
Wärmepumpen im Kältemaschinenbetrieb			
Außenluft-Wasser-Wärmepumpe	Flächenkühlung	X	X
	Heizkörper	–	X
	Ventilatorkonvektor	X	–
Abluft-Zuluft-Wärmepumpe	Lüftungssystem	–	X ($f_{c,limit} = 0,60$)^{a)}
Kältemaschinen			
Kompressions-Kältemaschine	Flächenkühlung	X	X
	Ventilatorkonvektor	X	–
Absorptions-Kältemaschine	Flächenkühlung	X	X
	Ventilatorkonvektor	X	–
Raumklimasysteme		X	–

a) Ankühlfaktor für Einfamilienhäuser mit Wärmeschutzniveau besser als WSchVO 1995

b) Für Kombination aus Nachtlüftung und Erdreich-Zuluft-WÜT gilt: $f_{c,limit} = 0,51$

Tabelle 4: Systeme der Wohnungskühlung nach DIN V 18599-6:2018 und deren Eignung für Voll- und Ankühlung

bäuden (DIN V 18599-7) bekannten Algorithmen. Die Tabelle oben zeigt die in DIN V 18599-6:2018 beschriebenen Systeme der Wohnungskühlung. Sie berücksichtigt die sinnvoll kombinierbaren Komponenten zur zur Kälteerzeugung und -übergabe unter Angabe der Eignung für Voll- und Teilkühlung. Auf der Wohnungslüftung basierende Systeme sind hervorgehoben.

5.9 Ausblick – Zukünftige Entwicklungen

Die DIN V 18599:2018-Reihe wird mit der Neufassung voraussichtlich mit dem Gebäudeenergiegesetz 2025 in Bezug genommen werden. Für den Teil 6 (Wohnungslüftung und -kühlung sowie Luftheizung) werden für die Neufassung folgende Punkte bearbeitet:

Aktualisierung und Erweiterung der Standardwerte:

- Wärmerückgewinnung: Standardwerte auf Ecodesign-Basis und Berücksichtigung von Feuchterückgewinnung
- Ventilatoren: Standardwerte auf Ecodesign-Basis und Erweiterung des Algorithmus durch Korrektur bei abweichender externer Pressung
- Bedarfsregelung: detailliertere Differenzierung analog Ecodesign (Umsetzung CTRL-Faktoren)

Prüfung der Praxisnähe

für Abluft-Wärmepumpen:

- Vermeidung von Doppelnormung mit DIN V 18599-5 bzw -8 insbesondere bei Abluft-Wasser-Wärmepumpen
- Umstellung auf Prüfwerte nach DIN EN 14825 für Abluft-Wasser-Wärmepumpen

Aktualisierung und Erweiterung der Wohnungskühlung:

- EER für Raumklimageräte ≤ 12 kW
- Faktoren Baualterklassen $f_{C,B}$
- Wasser-Wasser-Wärmepumpe zur passiven Kühlung
- Ventilatorgestützte Nachtlüftung mit unterschiedlichem Anlagenluftwechsel

Gebäudeenergiegesetz GEG 2023 und GEG 2025

Seit dem 1. Januar 2023 ist die erste Novellensstufe des Gebäudeenergiegesetzes in Kraft. Folgende wesentliche Änderungen sind beispielsweise zu beachten:

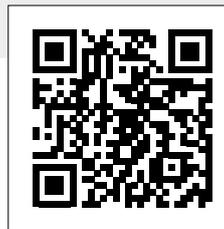
- Reduzierung des zulässigen Jahres-Primärenergiebedarfs für Neubauten von bisher 75 Prozent des Primärenergiebedarfs des Referenzgebäudes auf 55 Prozent (Effizienzhaus 55)
- Anpassung des vereinfachten Nachweisverfahrens für Wohngebäude (Referenzgebäudeverfahren) zur Gewährleistung der Technologieoffenheit

- Vereinfachung der Anrechenbarkeit von Strom aus erneuerbaren Energien

Vor allem die verschärften Anforderungen an EH55 werden die Einsatzchancen der Wohnlüftung, insbesondere mit Wärmerückgewinnung verbessern, da damit in Abhängigkeit vom Heizsystem ein oft wesentlicher Beitrag zur Reduzierung des Primärenergiebedarfs geleistet werden kann.

Hinweis

Bei Fragen zu den aktuellen Förderkonditionen für Lüftungsanlagen unterstützt die Fördermittelauskunft von www.ganz-einfach-energiesparen.de



6 Inbetriebnahme, Übergabe und Wartung von Lüftungsanlagen

6.1 Inbetriebnahme und Übergabe

Vor der Inbetriebnahme und Übergabe an den Nutzer muss eine Überprüfung/Einregulierung der Zu- und Abluftvolumenströme erfolgen. Die Gesamtluftvolumenströme sind entsprechend der Planung bzw. Auslegung nach DIN 1946-6:2019 zu überprüfen und bei Bedarf einzustellen. Bei raumweise arbeitenden Lüftungsgeräten erfolgt die Überprüfung der Luftvolumenströme in den jeweiligen Räumen.

Grundlagen zur Inbetriebnahme und Übergabe von Wohnungslüftungsanlagen sind in DIN EN 14134:2019-05 *Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung und Funktionsprüfungen von Lüftungsanlagen in Wohnungen* enthalten und werden in der Abbildung unten zusammengefasst. Für die

Inbetriebnahme neuer Anlagen werden Festlegungen getroffen zu

- Vollständigkeitsprüfungen
- Funktionsprüfungen
- Funktionsmessungen
- ggf. Sondermessungen wie z. B.
 - 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 instand gesetzten Lüftungsschächten für geregelte Zentral- und für Einzelventilator-Lüftungsanlagen





DIN 1946-6:2019 fordert die Übergabe folgender Unterlagen an den Betreiber der Lüftungsanlage:

- Dokumentation der Maßnahmen (Lüftungskonzept, Lüftungstechnische Maßnahme)
- 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)

Nach der Inbetriebnahme übergibt der Ersteller der Lüftungsanlage dem zukünftigen Anlagenbetreiber die Lüftungsanlage mit Hilfe eines Über-

gabeprotokolls und den vorherig aufgeführten ergänzenden technischen Unterlagen.

Bei der Übergabe muss der Anlagenersteller den Betreiber in die Anlage einweisen. Dabei ist der zukünftige Betreiber vor allem in der Bedienung und Wartung (Reinigung, Filterwechsel) sowie im Umgang mit etwaigen Fehlermeldungen zu unterweisen.

6.2 Wartung und Instandsetzung

Regelmäßiges Warten und Instandsetzen ist für die Funktionsfähigkeit sowie die hygienische und energetische Wirksamkeit der Lüftungstech-

Turnus	Prüfung	Hinweise
Halbjährlich	Luftfilter	Reinigung bzw. Wechsel
Jährlich	Luftfilter	Austausch des Filtermediums
Zweijährlich	Dichtheit der Gebäudehülle	
	Zustand ALD	
	Zustand der luftberührten Bauteile	Verschmutzung, glatt, Korrosion, Oberflächen beschädigt, Oberflächenbeschichtung beschädigt, geschlossene, Porositäten
	Zustand der Lüftungs-Komponenten und des Luftleitungsnetzes	Verschmutzung, Undichtigkeit, Korrosion
	Zustand der Ventilatoren	Verschmutzung
	Instandhaltung	Dokumentation
	Zustand der Luftfilter	Entsprechend Kennzeichnung Dichtheit, Luftfiltereinbau i. O., Funktionsfähige Filterüberwachung
	Zustand der Filterüberwachung	
	Kondensatabführung i. O., Funktionsfähigkeit	

nischen Maßnahmen unabdingbar. Bereits bei der Installation der Lüftungstechnik sind u. a. folgende Punkte zu beachten:

- leichte Zugänglichkeit wesentlicher Komponenten ermöglichen (z. B. Filter, Ventilatoren, Wärmeübertrager)
- Inspektions- bzw. Reinigungsöffnungen in Luftleitungen vorsehen
- Demontierbarkeit von Luftdurchlässen gewährleisten
- Anzeige des Filterzustands sicherstellen (z. B. über Druckverlust oder Standzeit)

Nach DIN 1946-6 sind bei Wartung und Instandsetzung folgende Punkte besonders zu beachten:

- Ventilator/Lüftungsgerät
- Zustand Lüftungskomponenten und Luftleitungsnetz
- Luftfilter
- Zustand Frostschutz-/Taeinrichtung
- Zustand Wärmedämmung der Anlage
- Zustand Wärmeübertrager für Wärmerückgewinnung, Verdampfer, Kondensator
- Zustand Regelung, Steuerung
- Zustand Kondensatablauf

Während die DIN 1946-6 für die Instandhaltung lüftungstechnischer Systeme grundsätzlich einen zweijährlichen Zyklus fordert, sind Luftfilter bestenfalls halbjährlich zu reinigen bzw. auszutauschen.

7 Anhang Dokumentationshilfen



.....
Datum

.....
Bauvorhaben

.....
Adresse

.....
Anwesende

Pos.	Beschreibung Lüftungssystem	ja	nein
1	Das/Die Lüftungssystem(e) ist/sind nach Planung/Vorgabe verbaut.		
2	Alle Außengitter/-Hauben/-Elemente sind vorhanden und fest verbaut.		
3	Alle Innenblenden sind vorhanden, gereinigt und sauber eingebaut.		
4	Alle Filter sind gereinigt/erneuert und eingesetzt.		
5	Lüftungssysteme und Komponenten wurden sauber/gereinigt übergeben.		
6	Alle vereinbarten Gerätekomponenten sind vorhanden.		
7	Alle Regelungen sind am geplanten Ort installiert.		
8	Ein Funktionstest aller Regelungen wurde erfolgreich durchgeführt.		

Pos.	Übergabe des Lüftungssystems	ja	nein
1	Sämtliche Innenblenden wurden gemeinsam geöffnet.		
2	Ein Filteraus-/einbau wurde gemeinsam durchgeführt.		
3	Die Regelung der Anlage wurde erläutert.		
4	Ein Testlauf der Anlage wurde durchgeführt.		
5	Hinweise zur Reinigung und Gerätepflege wurden gegeben.		
6	Die Lüftungsplanung wurde an den Auftraggeber übergeben.		
7	Hinweise zum Verhalten im Brandfall wurden gegeben.		

Hiermit wird eine korrekte und erfolgreiche Inbetriebnahme des verbauten Lüftungssystems bestätigt. Das System war zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme voll funktionsfähig und alle wesentlichen Funktionen und Eigenschaften wurden geprüft und protokolliert. Eine Einweisung in Bedienung, Funktion und Wartung der (des) Geräte(s) wurde durchgeführt. Die Planungsunterlagen sowie die individuellen Einstellungen wurden übergeben.

.....
 Unterschrift Auftraggeber

.....
 Unterschrift Auftragnehmer

HEA

HEA – Fachgemeinschaft für
effiziente Energieanwendung e. V.
Reinhardtstraße 32
10117 Berlin
www.hea.de