

Auslegeordnung zur kontrollierten Wohnraumlüftung in lärmbelasteten Gebieten

Schlussbericht 2025

Eignung von kontrollierten Lüftungssystemen in lärmbelasteten Gebieten		
	Zuluft	Abluft
sehr gut geeignet	zentral	zentral
gut geeignet	Einzelraumlüftungsgeräte	
weniger gut geeignet	Aussenluft- durchlässe	
kaum geeignet		dezentral
ungeeignet	Pendellüfter	
© INEB, FHNW		

Muttenz, 27. März 2025

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Auftraggeber:

Bundesamt für Umwelt BAFU
Trond Maag, Fredy Fischer
Abteilung Lärm und NIS
CH-3011 Bern
www.bafu.admin.ch

Auftragnehmerin:

Fachhochschule Nordwestschweiz FHNW
Institut Nachhaltigkeit und Energie am Bau INEB
Hofackerstrasse 30
CH-4132 Muttenz
www.fhnw.ch/ineb

Autor/in:

Dr. Monika Hall, FHNW INEB

Mitarbeiter/in:

Dr. Caroline Hofmann, FHNW INEB
Prof. Dr. Achim Geissler, FHNW INEB

Begleitgruppe:

Trond Maag, BAFU
Fredy Fischer, BAFU
Christoph Rotzetter, BWO

Für den Inhalt und die Schlussfolgerungen sind ausschliesslich die Autoren dieses Berichts verantwortlich.

Zusammenfassung

Infolge der Verdichtung in der Siedlungsentwicklung muss zunehmend in lärmbelasteten Gebieten gebaut werden. Um eine hohe Wohnqualität trotz hoher Aussenlärmbelastung zu realisieren, ist ein sehr guter Schallschutz für die Wohnungen notwendig. Aus diesem Grund muss die Schallschutzplanung in das Lüftungskonzept integriert werden, da insbesondere die Fensterlüftung in solchen Gebieten zu erheblichen Komforteinbussen führt. Für diese Fälle sind kontrollierte Lüftungssysteme geeignet, die mit Schallschutzmassnahmen ausgestattet werden können. Für den Einsatz in lärmbelasteten Gebieten ergibt sich folgende Rangfolge der kontrollierten Lüftungssysteme:

1. Einfache Zu-/Abluftanlagen (Kaskaden- oder Verbundlüftung mit zentraler Zu-/Abluft)
2. Einzelraumlüftungsgeräte, ggf. kombiniert mit einer einfachen, zentralen Abluftanlage
3. Einfache, zentrale Abluftanlagen mit Aussenluftdurchlässen

Grundsätzlich müssen alle Lüftungssysteme detailliert geplant werden und es ist immer eine bauakustische Beurteilung durch eine Fachperson empfehlenswert. Zwingend ist dies bei Einzelraumlüftungsgeräten und Aussenluftdurchlässen. Das Thema Wartung/Unterhalt ist für alle Lüftungssysteme zentral. Gerade Lüftungssysteme mit vielen, raumweisen Geräten, wie z.B. Einzelraumlüftungsgeräte oder Aussenluftdurchlässe, weisen einen hohen Aufwand für Wartung/Unterhalt z.B. für Filterwechsel auf. In Bezug auf die Erstellung verursachen die Zu-/Abluftanlagen mit langen Verteilnetzen die meisten Treibhausgasemissionen. Diese Systeme weisen auch den höchsten Platzbedarf auf. Insgesamt haben Zu-/Abluftanlagen jedoch gegenüber den anderen Lüftungssystemen in vielen Aspekten Vorteile.

Für lärmbelastete Gebiete empfehlen sich im Küchenbereich Umluft-Dunstabzugshauben oder der Anschluss der Dunstabzugshaube an die zentrale Abluftanlage.

Kontrollierte Lüftungssysteme werden akzeptiert, solange die Möglichkeit besteht bei Bedarf die Fenster öffnen zu können und Einflussmöglichkeiten auf die Bedienung der Lüftungssysteme bestehen.

Kontrollierte Lüftungssysteme sind für den hygienisch notwendigen Luftaustausch ausgelegt. Kein System kann die sommerlichen Nachtauskühlung ohne zusätzliches Kühlsystem sicherstellen. Je nach System und Auslegung können sie jedoch die Auskühlung zum Teil leicht unterstützen.

Um Informationen für den Vollzug bereitzustellen, werden alle relevanten Lüftungssysteme in einem Steckbrief vorgestellt. In einer Matrix werden die Lüftungssysteme nach verschiedenen Aspekten bewertet. So können die betrachteten Lüftungssysteme untereinander für jeden enthaltenen Aspekt schnell eingeordnet werden. Die Matrix spiegelt eine Einschätzung für typische Situationen wider. Im Einzelfall kann eine andere Bewertung oder Gewichtung resultieren.

Lüftungssysteme	Einzelraumgeräte		Abluftanlage		Zu-/Abluftanlagen mit WRG				Bemerkung
	Einzelraumlüftungsg- eräte, kombiniert mit einfacher Abluftanlage für Bad/Dusche/WC		Einfache Abluftanlage für Bad/Dusche/WC mit kontrollierten Nachström- öffnungen (ALD)		Verbundlüftung (Mehrwohnungs- anlagen)		Kaskadenlüftung		Legende ++ sehr positiv + positiv +/- neutral - negativ -- sehr negativ Die Einschätzung gilt für typische Situationen.
	dezentrale Abluft	zentrale Abluft	dezentrale Abluft	zentrale Abluft	Grundlüftung mit passiver Verteilung	Verbundlüfter, aktive Verteilung	Mehrwohnungs- anlage	Einzelwohnungs- anlage	
Planung									
Einbindung in frühe Planungsphase	++	++	++	++	++	++	++	++	Alle Systeme müssen detailliert ausgelegt und geplant werden. Dies muss früh im Planungsprozess beginnen.
Planungsaufwand Lüftungsplaner	++	++	++	++	+/-	-	--	-	Der Stundeaufwand für Lüftungsplaner ist für die Planung der Zu-/Abluftanlagen am höchsten
Planungsaufwand System-Expertise	--	--	--	--	--	--	--	--	Je nach System benötigt es eine hohe Kompetenz in Spezialthemen z.B.: Schallschutz, Druckverhältnisse, Zugluft, Luftverteilung, Feuchtigkeit, etc.
Platzbedarf Luftverteilung	++	+	++	+	+/-	+/-	--	-	Leitungsgebundenen Anlagen: hoher Platzbedarf für Installationsschächte und horizontale Verteilung
Platzbedarf im Wohnbereich für das Lüftungsgerät	--	--	-	-	+	+	+	-	Einzelraumlüftungsgeräte: qualitativ hochwertige Geräte sind dominant im Raum. ALD schränken infolge von Zugluft den Aufenthaltsbereich ein. Positionierung Zentralgeräte: Keller/Estrich oder in den Wohnungen
Schallübertragung in der Wohnung und Anlagengeräusche	--	--	-	-	+/-	+/-	++	+	Luft- und Körperschallübertragung muss bei allen Systemen beachtet werden (z.B. Geräteemissionen, Schwächung des Schallschutzes durch Überströmöffnungen/Verbundlüfter/Leitungen, Strömgeräusche in Leitung)
Schallschutz gegen Aussenluft	--	+	--	--	++	++	++	+	Planung des Schallschutzes gegen Aussenlärm ist bei Einzelraumgeräten und ALD sehr anspruchsvoll
Aufwand im Brandschutz	+/-	-	+/-	-	--	--	--	--	Der Brandschutz ist bei zentralen Anlagen aufwändiger als bei dezentralen Anlagen
Erstellung (Materialaufwand)	+/-	-	+/-	-	--	--	--	--	Die absoluten Werte hängen stark vom Konzept der Luftverteilung ab (mehr Leitungslänge -> mehr Material)
Eignung bei Sanierung	++	+	++	+	-	-	--	+/-	Platzbedarf resp. die Möglichkeiten der Luftverteilung in der Wohnung limitiert oft die Anlagenauswahl
Betrieb									
Energieeffizienz, Wärmerückgewinnung	+/-	+/-	--	--	+/-	++	++	+	Einfache, zentrale Abluftanlagen können mit einer Abluft-Wärmepumpe kombiniert werden
Sommerlicher Wärmeschutz	--	--	--	--	-	-	-	-	Luftfassung der Einzelraumlüftungsgeräte und ALD liegt oft an besonnten Fassaden, was tagsüber zu hohen Zulufttemperaturen führt. Die Volumenströme sind in alle Systemen viel zu gering, um eine effektive Nachtauskühlung zu ermöglichen.
Luftqualität (CO2)	+	+	+	+	+/-	+	++	++	Bei der passiven Verbundlüftung können Gerüche eher aus Wohn-/Essberich in die Zimmer gelangen als bei anderen Systemen
Zugluft	+/-	+/-	-	-	++	++	++	++	Abhängig von der Anordnung der Luftauslässe und den Zulufttemperaturen
Pollen-/Feinstaubfilter	+/-	+/-	+/-	+/-	++	++	++	+	Einzelraumlüftungsgeräte/ALD mit Feinstaubfilter sind erhältlich, werden aber oft nur mit Grobfiltern ausgerüstet. Bei Zu-/Abluftanlagen als Einzelwohnungsanlagen werden häufig tiefere Filterklassen eingesetzt als bei Mehrwohnungsanlagen.
Aufwand für Filterwechsel	--	--	-	-	++	++	++	+	Einzelraumlüftungsgeräte haben doppelt soviele Filter wie ALD. Bei einer Zu-/Abluftanlage pro Einzelwohnung gibt es mehr Filter als bei einer Mehrwohnungsanlage. Der Arbeitsaufwand und die Kosten steigen mit der Filteranzahl.
Wartung/Unterhalt	--	--	-	-	+	+/-	+	+	Je mehr Einzelgeräte vorhanden sind, desto mehr Wartung/Unterhalt fällt an. Anteil an Wartung/Unterhalt in absteigender Reihenfolge: Filterwechsel, Abluftverteilung, Lüftungsgerät und Zuluftverteilung. Bei zentralen Anlagen werden i.d.R. regelmäßiger Service durchgeführt, als bei dez. Anlagen, was zu einem effizienteren Betrieb der dezentralen Anlagen führt.
Schallschutz gegen Aussenluft	-	+	--	--	++	++	++	++	Bewertung der jeweils schlechtesten Komponente des Systems.
Schallemissionen im Betrieb	--	--	++	++	++	-	++	+	Bei Einzelraumlüftungsgeräten/aktiver Verbundlüftung befinden sich die Ventilatoren direkt in den Räumen. Bei Einzelwohnungsanlagen betrifft es das Zentralgerät.
Nutzer									
Benutzerfreundlichkeit (Einflussnahme)	++	++	+/-	+/-	+/-	+	+	++	Volumenströme können bei Bedarf angepasst, manche Geräte sogar ganz ausgeschaltet werden
Bedienung (Einfachheit)	+	+	++	++	+	+	++	++	Einfache Schalter/Bedieneinheit pro Raum/Wohnung oder per App
Komfort	-	-	-	-	+/-	+	++	++	Bewertung: Zugluft, Luftqualität und Ventilatorgeräusche
Beteiligung bei Wartung/Unterhalt	--	--	--	--	++	++	++	+/-	Für den zuverlässigen Betrieb muss bei Einzelraumlüftungsgeräten/ALD 2-4 x jährlich eine externe Person jedes Zimmer betreten. Bei der Zu-/Abluftanlage (Einzelwohnungsanlage) muss der Zugang zum Zentralgerät in der Wohnung 1-2 x jährlich gewährleistet sein. Bei zentralen Mehrwohnungsanlagen ist der Nutzer i.d.R. nicht involviert.

Glossar

Lüftungssysteme

Bezeichnung	Erläuterung
(einfache) Abluftanlage	Von einer Abluftanlage spricht man, wenn ausschliesslich die Abluft mechanisch gefördert wird. Dabei kann die Abluft dezentral als auch zentral an die Umgebung abgegeben werden. Eine Abluftanlage kann mit Fensterlüftern, Aussenluftdurchlässen, Einzelraumlüftungsgeräten oder Fensterlüftung kombiniert werden (siehe Kaskadenlüftung). Eine einfache Abluftanlage bedingt kontrollierte Luft-Eintrittsöffnungen in der Gebäudehülle. <u>Dezentral:</u> Die Abluftventilatoren sind üblicherweise dezentral in Bad, WC und Küche platziert und fördern die Luft direkt ins Freie. <u>Zentral:</u> Über einen gemeinsamen Ventilator für mehrere Räume/Wohnungen wird die Abluft aus Bad/WC und Küche zentral ins Freie geleitet. Hierbei kann ein Teil der Wärme mit Hilfe einer Wärmepumpe zur Anhebung des Temperaturniveaus für Heizung oder Warmwasser genutzt werden.
Dachaufsatzlüftung	Bei Dachaufsatzlüftungen wird eine Schachtlüftung z.B. durch die Ergänzung von Lüftungsaufsätzen oder kurzen Schächten an der höchsten Stelle des Daches unterstützt.
Einzelraumlüftung (Einzelraumlüftungsgeräte, Pendellüfter (Push-Pull-Lüfter))	Einzelraumlüftungsgeräte sind mechanische Zu- und Abluftsysteme, die speziell für die Belüftung einzelner Räume konzipiert sind und in die Aussenwände oder Fensterrahmen (aktive Fensterlüfter) eingebaut werden. Geräte mit kontinuierlichem Betrieb haben konstante Zu- und Abluftvolumenströme. Bei Pendellüftern (Push-Pull-Lüfter) ändert sich die Strömungsrichtung zyklisch, wobei ein Gerät im Zuluftmodus und ein zweites Gerät im Abluftmodus arbeitet. Einzelne Bereiche der Nutzungseinheit, wie z.B. Korridore werden nicht aktiv belüftet. In der Praxis wird die Einzelraumlüftung oft mit einer einfachen Abluftanlagen in Bad/WC, Dusche und Küche kombiniert.

Bezeichnung	Erläuterung
Fensterlüftung	Lüftung durch das manuelle oder automatisierte Öffnen von Fenstern. Je nach Fensteranordnung ist eine einseitige oder Querlüftung möglich. Zur Unterstützung können Fensterlüfter oder Aussenluftdurchlässe als passive Lüftungselemente eingebaut werden. Mit einer automatisierten Fensterlüftung können die Fenster z. B. mit einer Raumlufqualitätssteuerung geöffnet/geschlossen werden. In der Praxis wird die Fensterlüftung oft mit einer einfachen Abluftanlage in Bad/WC, Dusche und Küche kombiniert.
einfache Lüftungsanlage	s. einfache Zu-/Abluftanlage
einfache Zu-/Abluftanlage (mit Wärmerückgewinnung)	Bei der einfachen Zu-/Abluftanlage wird die Frischluft mechanisch zentral gefasst und nach der Luftbehandlung (z.B. Wärmeübertrager, Filter) in die Wohnung geleitet, wo sie nach dem Kaskaden- oder Verbundprinzip geführt wird. Die Abluft wird zentral aus Bad/WC, Dusche und Küche zusammengefasst und zur Luftbehandlung zurückgeführt und von dort durch den Fortluftauslass an die Umgebung mechanisch abgegeben.
Komfortlüftung	s. einfache Zu-/Abluftanlage
Kontrollierte Wohnraumlüftung	s. einfache Zu-/Abluftanlage
Schachtlüftung	Bei einer Schachtlüftung ist ein Raum über einen Schacht mit der Aussenluft über dem Dach verbunden. Infolge der Druckdifferenz über die Schachthöhe steigt die warme Raumluf nach oben. Frische Luft strömt über Aussenluftdurchlässe nach.
(einfache) Zuluftanlage	Von einer Zuluftanlage spricht man, wenn ausschliesslich die Zuluft mechanisch gefördert wird. Dabei kann die Frischluft sowohl dezentral als auch zentral gefasst und an die einzelnen Räume abgegeben werden. Eine einfache Zuluftanlage bedingt kontrollierte Luft-Austrittsöffnungen in der Gebäudehülle.

Luftführung

Bezeichnung	Erläuterung
Kaskadenlüftung	Die Zuluft wird direkt in jeden Raum mit Anspruch auf hohe Luftqualität (z.B. Schlafzimmer) zugeführt. Die Abluft wird aus Räumen mit hoher Belastung (z.B. Bad/WC und Küche) aktiv abgeführt. Korridore sowie der Wohnbereich bilden in der Regel den Durchströmbereich. Die Luftführung muss sowohl bei offenen als auch bei geschlossenen Türen gleich funktionieren.
Kochstellenentlüftung	Emissionen von Kochstellen müssen durch die Nutzer über eine ein- und ausschaltbare Intensivlüftung abgeführt werden können.
Reversierend arbeitende Geräte	Eine reversierend arbeitende Lüftung darf nur zwischen Räumen mit gleicher Luftqualität betrieben werden.
Verbundlüftung (aktiv/passiv)	Die gesamte Zuluft wird an einer Stelle in einem zentralen Raum (z.B. Wohn-/Essbereich) eingebracht. Die Abluft wird jeweils im Bad/WC, Dusche und Küche abgeführt. <u>Aktive Verbundlüftung:</u> Mit Hilfe von aktiven Verbundlüftern/Überströmern wird die Luft mit den angrenzenden Räumen ausgetauscht. Die aktiven Verbundlüfter sind in die Türe oder die Trennwände eingebaut und können Luft aktiv in beide Richtungen transportieren. Die Verbundlüfter sind nur bei geschlossenen Türen aktiv. <u>Passive Verbundlüftung (Grundlüftung):</u> Luft verteilt sich über offene Türen bzw. passive Überströmöffnungen in die Räume.

Luftarten

Bezeichnung	Erläuterung
Abluft	Verbrauchte Luft, die den Raum verlässt.
Aussenluft/Frischluft	Luft, die von aussen in das Lüftungselement hineinströmt.
Fortluft	Verbrauchte Luft, die ins Freie abgegeben wird.
Zuluft	Luft, die in den Raum einströmt.

Komponenten

Bezeichnung	Erläuterung
Aussenluftdurchlass (ALD)	Passives Lüftungselement für die Zuluft im Bereich der Fensterrahmen. In der Praxis werden Aussenluftdurchlässe oft mit einfachen Abluftanlagen in Bad/WC, Dusche und Küche kombiniert. ALD werden auch als Aussenbauteil-Luftdurchlässe und im Bereich der Fenster als (passiver) Fensterlüfter bezeichnet.
Fensterlüfter	Lüftungselement für die Zuluft im Bereich der Fenster (aktiv/passiv). In der Praxis werden Fensterlüfter oft mit einer einfachen Abluftanlagen in Bad/WC, Dusche und Küche kombiniert.
(kontrollierte) Nachströmöffnung	Bei einfachen Abluftanlagen strömt die Zuluft über kontrollierte Öffnungen in der Fassade nach.
Überströmelemente/-öffnungen	Elemente, durch die der Luftaustausch zwischen zwei Räumen stattfinden kann, z.B. ein Lüftungsgitter in einer Zimmertüre.
Verbundlüfter (aktiver Überströmer)	Element, welches mit einem Kleinstventilator, aktiv die Luft aus dem einen Raum in den anderen fördert.

Schallgrössen

Bezeichnung	Erläuterung
Anforderungswert D_e dB	Luftschallschutzanforderung gegenüber externen Lärmquellen gemäss SIA 181
Beurteilungsgrenzwert, Beurteilungspegel L_r dB	Mass für die Beurteilung von Aussenlärmimmissionen am Einwirkungsort, z.B. in einer Wohnung, gemäss Lärmschutz-Verordnung (LSV) (SR 814.41)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Glossar	5
Inhaltsverzeichnis	9
1 Einleitung	10
1.1 Hintergrund	10
1.2 Projektziel	11
1.3 Methodik	11
2 Lüftungssysteme	12
2.1 Systematik von Lüftungssystemen in Wohnbauten	12
2.2 Verbreitung verschiedener Lüftungssysteme in Wohnbauten.....	13
2.3 Einordnung der Lüftungssysteme für lärmbelastete Gebiete	16
3 Qualitative Bewertung kontrollierter Wohnraumlüftung	19
3.1 Planung	19
3.2 Betrieb	20
3.3 Nutzung	22
3.4 Jahreskosten	22
3.5 Vergleich von Lüftungssystemen in Abhängigkeit von verschiedenen Aspekten	23
4 Normative Anforderungen.....	25
4.1 Schallschutz gegen Aussenlärm	25
4.2 Normen im Zusammenhang mit kontrollierter Wohnraumlüftung.....	27
4.3 Brandschutz.....	27
4.4 Gesetzliche/kantonale Grundlagen	27
4.4.1 Lüftung.....	27
4.4.2 Kühlung	28
5 Weitere Themen im Zusammenhang mit Lüftung.....	30
6 Literatur	31
7 Anhang: Steckbrief Lüftungssysteme.....	33

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Stand 2015 ist jede siebte Person am Tag und jede achte Person in der Nacht von Strassenlärm am Wohnort belästigt [1]. Dazu kommen noch Lärmbelastungen aus den Nationalstrassen, den Eisenbahnen und dem Flugverkehr. Der Strassenverkehr ist Hauptverursacher von Lärmbelästigung gefolgt von Eisenbahn- und Flugverkehr (Bild 1). Es ist anzunehmen, dass durch die steigende Zunahme des Verkehrs und des verdichteten Bauens heutzutage noch mehr Personen durch den Verkehrslärm belästigt werden. Daher ist es wichtig, dass Personen in Wohnungen vor Verkehrslärm geschützt werden. Lärm kann u.a. zu gesundheitlichen Schäden führen. Lärm ist insbesondere ein Problem der Städte und Agglomerationen.

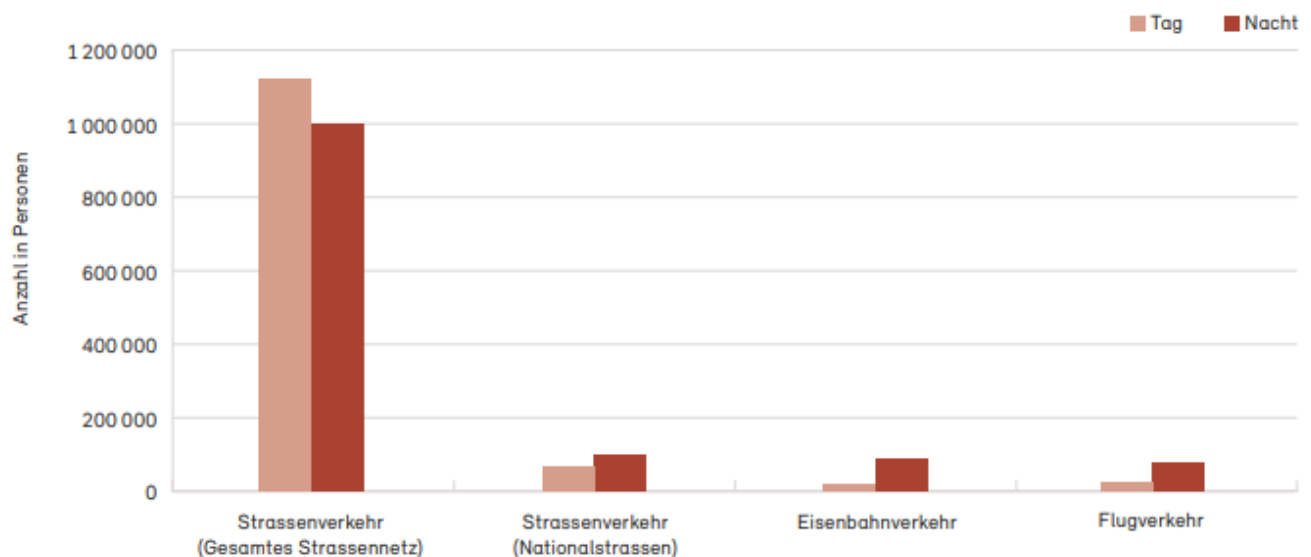


Bild 1 Anzahl Personen, die Lärmbelastungen durch Verkehrslärm in der Schweiz ausgesetzt sind, Stand 2015 [1]

Als Lärm werden unerwünschte und störende Geräusche (Schall) bezeichnet. Die Schallenergie einer Schallquelle (z.B. Strassenlärm) wird als Schalldruck gemessen. Das menschliche Ohr kann einen grossen Bereich an Schalldrücken wahrnehmen, so dass zur Beschreibung des Schalldrucks die logarithmische Kenngrösse Schalldruckpegel (Schallpegel) verwendet wird. Da die Schalldruckempfindlichkeit des menschlichen Gehörs frequenzabhängig ist, werden gemessene Schalldrücke an das menschliche Hörempfinden mit einer Korrekturkurve angepasst (A-Bewertung, dB(A)). Typische A-bewertete Schalldruckpegel zeigt Bild 2.

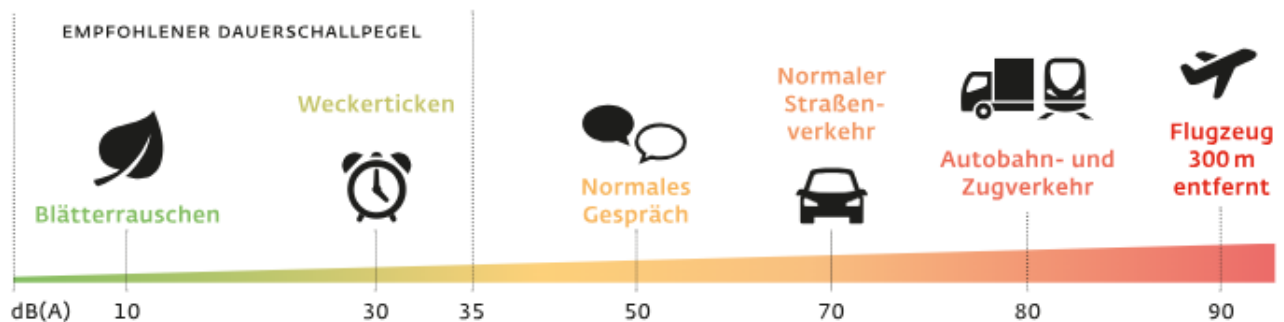


Bild 2 Verschiedene Schalldruckpegel¹.

Der Schalldruckpegel nimmt mit der Entfernung zur Schallquelle und durch schallabsorbierende Flächen bzw. schalldämmende Elemente ab. Zur Lärmreduktion sollte zuerst die Schallemission an der Quelle verhindert bzw. vermindert werden. Dies kann z.B. mit modernen leiseren Motoren oder lärmarmen Strassenbelägen erfolgen. Können Schallemissionen an der Quelle nicht genügend reduziert werden und bestehen keine Möglichkeit zur Errichtung von Lärmschutzwänden, müssen die Gebäude in lärmbelasteten Gebieten selbst einen guten Luftschallschutz gegen externe Lärmquellen aufweisen. Dieser Luftschallschutz bestimmt, wie hoch die Schallbelastung z.B. durch den Strassenverkehr in einer Wohnung ist.

1.2 Projektziel

Um den Schallschutz gegen externe Lärmquellen nicht zu schwächen, muss in lärmbelasteten Gebieten das Lüftungssystem in das Schallschutzkonzept integriert werden. Im Rahmen dieses Projektes wird evaluiert, welche Lüftungssysteme für den Wohnbau in lärmbelasteten Gebieten geeignet sind. Zusätzlich werden verschiedene Aspekte zur Planung, dem Betrieb und Nutzung für ausgewählte Lüftungssysteme aufgezeigt und in einer Matrix dargestellt und bewertet. Weitere relevante Themen im Zusammenhang mit dem Thema Lüftung werden zusammengestellt und erläutert. Gesetzliche und kantonale Vorgaben werden aufgezeigt. Jedes kontrollierte Lüftungssystem wird in einem kurzen Steckbrief beschrieben.

1.3 Methodik

Die Grundlage bildet eine Literaturrecherche zu Themen, die mit Lüftungssystemen im Wohnbereich zusammenhängen. Die Literatur wird gesichtet und die Informationen werden themenbezogen analysiert und aufbereitet. Schlussendlich werden typische Lüftungssysteme im Wohnbau in verschiedenen Themenbereichen gegenübergestellt. Daraus wird eine Empfehlung für die Einschätzung des Einsatzes verschiedener Lüftungssysteme in lärmbelasteten Gebieten abgeleitet.

¹ [Wirksamer Schallschutz für mehr Ruhe und Frischluft. \(siegenia.com\)](https://www.siegenia.com) (Zugriff: 02.09.2024)

2 Lüftungssysteme

2.1 Systematik von Lüftungssystemen in Wohnbauten

Die Systematik von Lüftungssystemen für den Wohnbau zeigt Bild 3. Grundsätzlich wird in natürliche und kontrollierte Lüftungssysteme, auch mechanische oder ventilatorgestützte Lüftung genannt, unterschieden. Bei den natürlichen Systemen erfolgt die Lüftung infolge von Druckdifferenzen am Gebäude, die aus Temperaturdifferenzen und Windeinfluss entstehen. Diese sind zeitlich und saisonal variabel, was die Lüftungseffektivität beeinflusst. Bei kontrollierten Lüftungssystemen ist die Lüftungseffektivität weitgehend unabhängig von der Witterung, da ein mechanischer Antrieb für den Luftaustausch sorgt. Kombinationen von einzelnen Lüftungssystemen sind möglich und üblich, z.B. manuelle Fensterlüftung mit einer einfachen Abluftanlage in Bad/WC (Abluftventilator) und Küche (Fortluft-Dunstabzug).

Folgende Grundannahmen werden getroffen:

- Die kontrollierte Lüftung stellt den hygienischen Mindestluftwechsel bereit. Fenster müssen nur in Sonderfällen (z.B. Partylüftung) geöffnet werden.
- Bei einfachen Abluftanlagen wird die Zuluft kontrolliert über definierte Aussenluftdurchlässe zugeführt. Unkontrolliertes Nachströmen über Undichtheiten z.B. aus Installationsschächten, undichten Wohnungstüren oder Fenster ist hier nicht berücksichtigt.

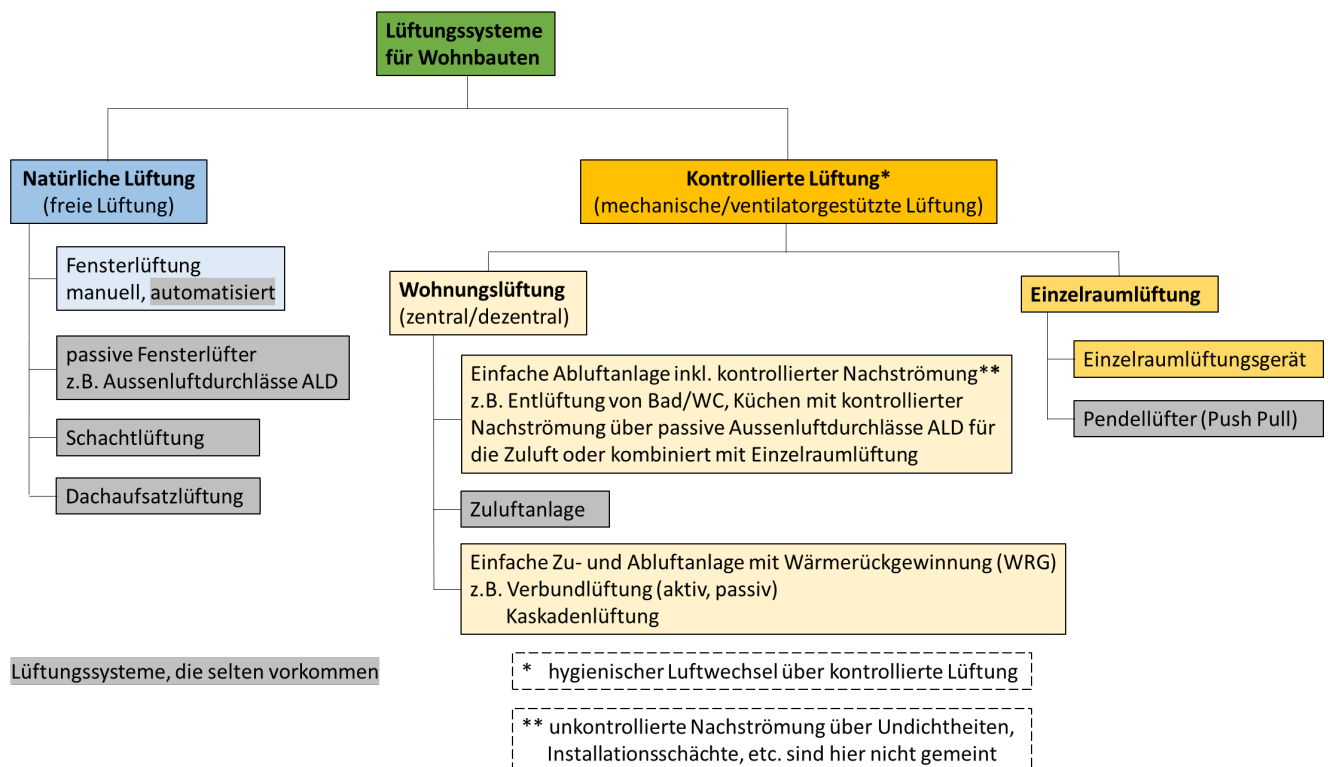


Bild 3 Systematik von Lüftungssystemen für Wohnbauten.

2.2 Verbreitung verschiedener Lüftungssysteme in Wohnbauten

Für die Stadt Zürich existieren Daten für neuerstellte Wohnungen mit und ohne kontrollierter Lüftung für den Zeitraum 2008 – 2017 (Bild 4). Es ist nicht spezifiziert welche Lüftungssysteme unter dem Begriff «kontrollierte Lüftung» zusammengefasst sind. Während noch im Zeitraum 2008 – 2010 nur knapp 50 % der neuerstellten Wohnungen mit einer kontrollierten Lüftung versehen wurden, stieg der Anteil in den folgenden Zeiträumen auf ca. 90 % an. Hiervon machen die neuerstellten Wohnungen mit einem Label von Minergie einen Anteil von knapp 80 % aus.

Bei neuen Wohnungen ohne ein Label von Minergie werden ca. 2/3 der Wohnungen mit einer kontrollierten Lüftung und 1/3 der Wohnungen ohne kontrollierte Lüftung erstellt. Es wird in [2] darauf hingewiesen, dass der hohe Anteil an kontrollierter Wohnungslüftung u.a. daran liegen könnte, dass die kontrollierte Lüftung an lärmbelasteten Lagen den Wohnkomfort erhöht.

2022 lag in der Stadt Zürich der Anteil von Minergie zertifizierten Neubauten bei 27.5 % und der von Sanierungen bei 1.4 %². In der ganzen Schweiz variiert der Marktanteil von Minergie Neubauten je nach Jahr und Region zwischen 10 – 20 %³. Damit sind die Zahlen der Stadt Zürich nicht repräsentativ für die gesamte Schweiz. Der Anteil an kontrollierter Wohnungslüftung wird in der gesamten Schweiz tiefer liegen.

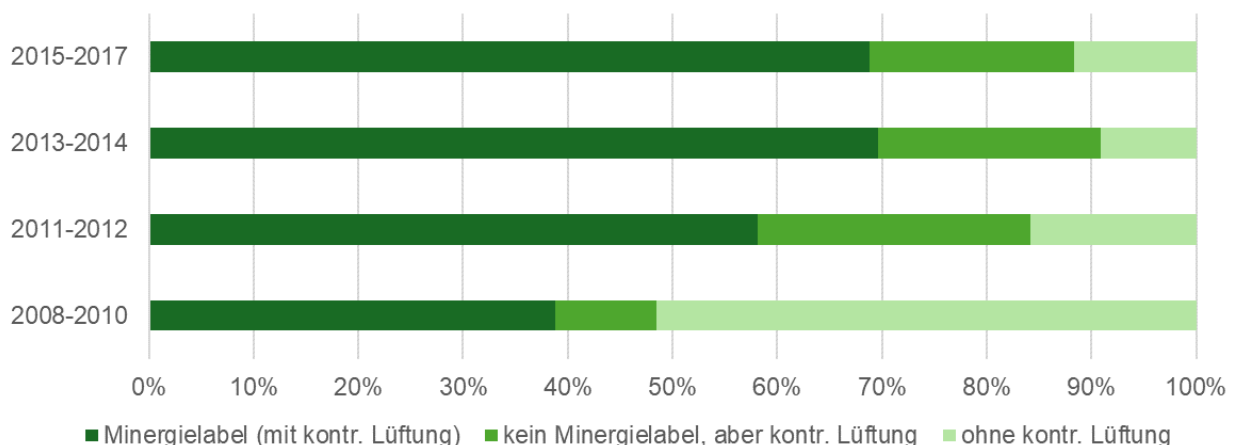


Bild 4 Kontrollierte Lüftungen bei neuerstellten Wohnungen 01.2008 – 06.2017 für Stadt Zürich [2].

Verschiedene Lüftungssysteme von Ein- und Mehrfamilienhäusern bei Neubauten, zertifiziert gemäss Minergie Stand 2017 und mit dem Minergie Standardlüftungsmodell erfasst, zeigt Bild 5. Knapp 90 % der Neubauten wurden mit einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Kaskadenlüftung) ausgestattet. Eine einfache Abluftanlage weisen knapp 10 % der Neubauten auf. Andere Lüftungsformen wie Grund-/Verbundlüftung, Einzelraumlüfter und automatische Fensterlüftung werden nur selten eingebaut. Lüftungssysteme, die nicht mit dem Minergie-Standardrechnungsmodell für Lüftungen berechnet wurden, sind nicht berücksichtigt.

² [Minergieanteile 2022 - Stadt Zürich \(stadt-zuerich.ch\)](https://stadt-zuerich.ch/minergie/Minergieanteile-2022), 03.08.2023

³ [Minergie: etablierter Standard seit über 20 Jahren - newhome.ch](https://newhome.ch/minergie/etablierter-Standard-seit-ueber-20-jahren), 12.01.2023

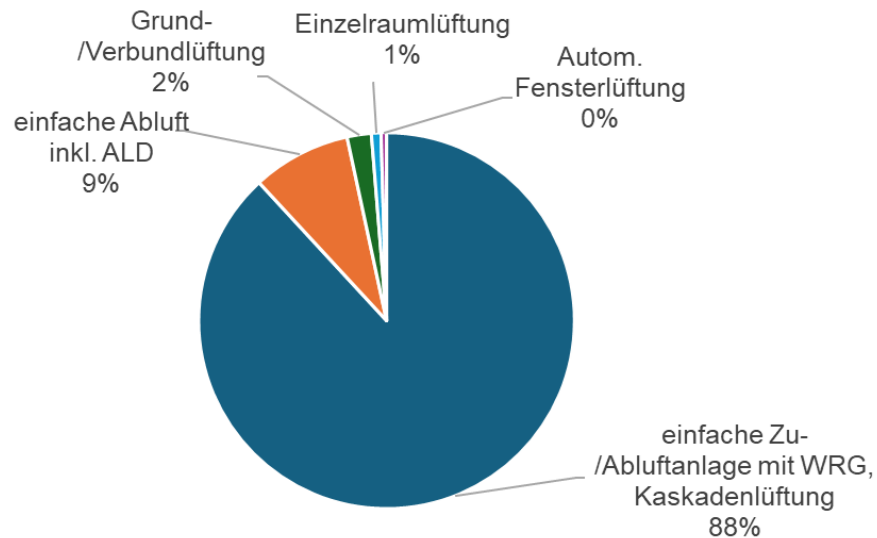


Bild 5 Aufteilung der Lüftungssysteme von 2779 Neubauten (Ein- und Mehrfamilienhäusern), gemäss Minergie Stand 2017 zertifiziert und mit dem Minergie Standardlüftungsmodell erfasst [3].

Aus der Neubaurate und Meldungen an Gebäudeklima Schweiz werden lt. [4] in der Schweiz ca. 30 % der Neubauwohnungen mit einer einfachen Zu-/Abluftanlage (Kaskadenlüftung) pro Jahr gebaut. Auch Mietwohnungen werden mit diesem Anlagentyp erstellt. Eine einfache Zu-/Abluftanlage (Kaskadenlüftung) ist somit ein Standardlüftungssystem.

In Europa werden einfache Abluftanlagen ohne Wärmerückgewinnung, die üblicherweise in Bad und WC eingesetzt werden, und Geräte mit Wärmerückgewinnung ungefähr in gleichen Anteilen eingesetzt (Bild 6). Es wird erwartet, dass der Anteil von Geräten mit Wärmerückgewinnung in den nächsten Jahren weiter zu nimmt⁴.

⁴ [Wohnraumlüftung profitiert von Förder- und Renovierungsprogrammen \(baulinks.de\)](https://www.baulinks.de/), 21.11.2022

Geräte mit Wärmerückgewinnung gewinnen stetig an Bedeutung...

Entwicklung der Produktgruppen – Europa Top 13 nach Wert – Entwicklung von 2014 bis 2025f



Produktgruppen

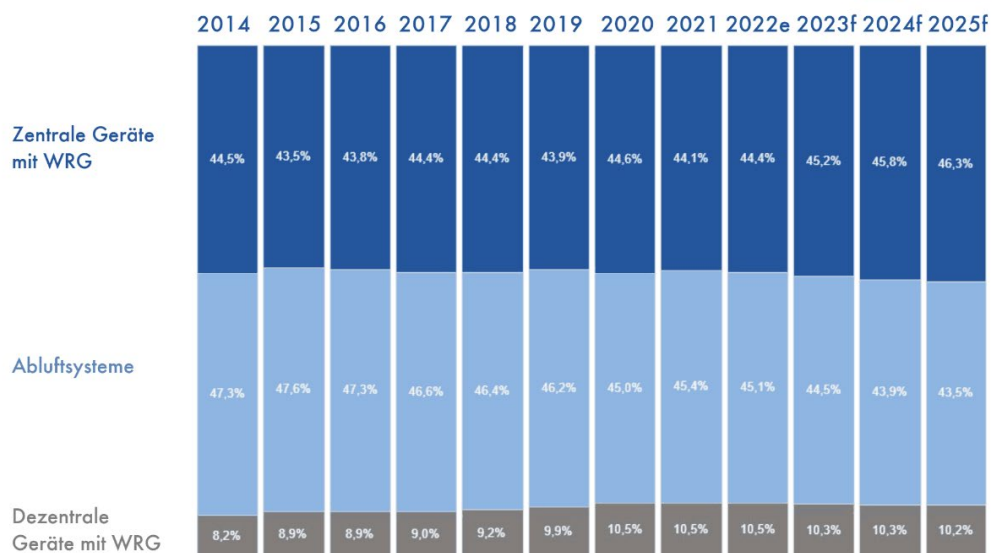


Bild 6 Anteil Wohnraumlüftungsanlagen mit/ohne Wärmerückgewinnung in Europa⁴.

2.3 Einordnung der Lüftungssysteme für lärmbelastete Gebiete

In lärmbelasteten Gebieten ist es wichtig, dass die Wohnungen einen hohen Luftschallschutz gegen Aussenlärm aufweisen. Der Schallschutz wird u.a. durch die Schalldämmwerte der einzelnen Komponenten der Gebäudehülle bestimmt. Die Komponente mit der geringsten Schalldämmung bestimmt den Schallschutz. Bedingt durch den Einbau in der Fassade beeinflussen Aussenluftdurchlässe (ALD) und Einzelraumlüftungsgeräte den Schallschutz gegenüber Aussenlärm besonders stark. Beide Komponenten können mit Schallschutzmassnahmen versehen werden.

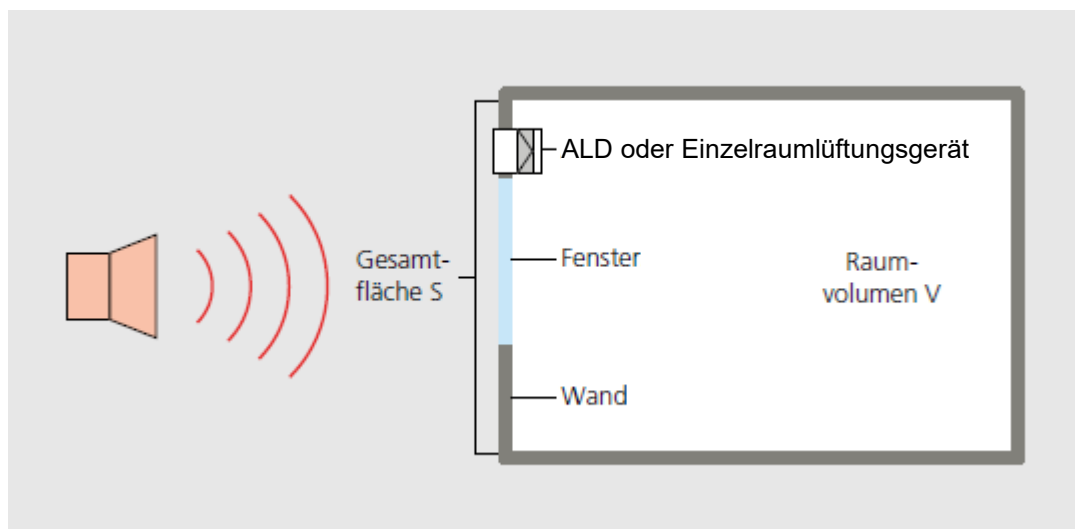


Bild 7 Die Schalldämmung einer Fassade setzt sich aus den Einzelkomponenten zusammen ([5] mit eigenen Anpassungen).

Da verschiedene Lüftungselemente den Schallschutz der Gebäudehülle schwächen, sind unterschiedliche Lüftungssysteme mehr oder weniger gut für lärmbelastete Gebiete geeignet. Eine Einschätzung zeigt Bild 8. Den besten Schallschutz bieten einfache Zu-/Abluftanlage (Kaskaden- und Verbundlüftung mit zentraler Zu-/Abluft), da sie mit einer sehr guten Schalldämpfung ausgerüstet werden können. Den zweitbesten Schallschutz nach aussen bieten Einzelraumlüftungsgeräte. Qualitativ hochwertige Geräte können einen sehr guten Schallschutz aufweisen. Bei den Einzelraumlüftungsgeräten muss beachtet werden, dass deren Ventilatoren ebenfalls Schallemissionen verursachen.

Eine einfache Abluftanlage kann als zentrales System auf der Abluftseite den gleichen Schallschutz wie eine einfache Zu-/Abluftanlage aufweisen. Für die Zuluft sind jedoch in der Regel mehrere Aussenluftdurchlässe in der Fassade notwendig, die einen geringeren Schallschutz als die Fenster und Aussenwand aufweisen. Die Aussenluftdurchlässe sollten sich auf der schallemissionsabgewandten Seite befinden.

Für die qualifizierte Beurteilung, ob die Schallschutzanforderungen für die gegebene Situation ausreichen, muss immer eine Bauakustikfachperson hinzugezogen werden.

Damit ergibt sich eine Rangfolge von kontrollierten Lüftungssystemen bzgl. Schallschutz gegen Aussenlärm:

1. Einfache Zu-/Abluftanlage (Kaskaden-/Verbundlüftung mit zentraler Zu-/Abluft)
2. Einzelraumlüftungsgeräte ggf. kombiniert mit einer einfachen, zentralen Abluftanlage
3. Einfache, zentrale Abluftanlage mit Aussenluftdurchlässen ALD

Diese drei Systeme eignen sich grundsätzlich für den Einsatz in lärmbelasteten Gebieten. Durch eine optimierte Planung und mit hochwertigen, geeigneten Komponenten kann ein hoher Schallschutz gegen Aussenlärm und damit der akustische Komfort in der Wohnung sichergestellt werden.

Nicht geeignet sind einfache Abluftanlagen, wie z.B. Abluftventilatoren für Bad/WC und Fortluft-Dunstabzugshauben in der Küche. Diese verfügen über keinen Schallschutz. Ebenso ungeeignet sind Pendellüfter, da diese nicht gegen den erhöhten Druckverlust infolge Schalldämpfer arbeiten können.

Reine Zuluftanlagen sind in der Schweiz sehr selten und werden aus dem Grund nicht weiter behandelt.

Kapitel 7 enthält Steckbriefe mit Vor- und Nachteilen zu den kontrollierten Lüftungssystemen, die bzgl. Schallschutz gegen Aussenlärm geeignet sind.

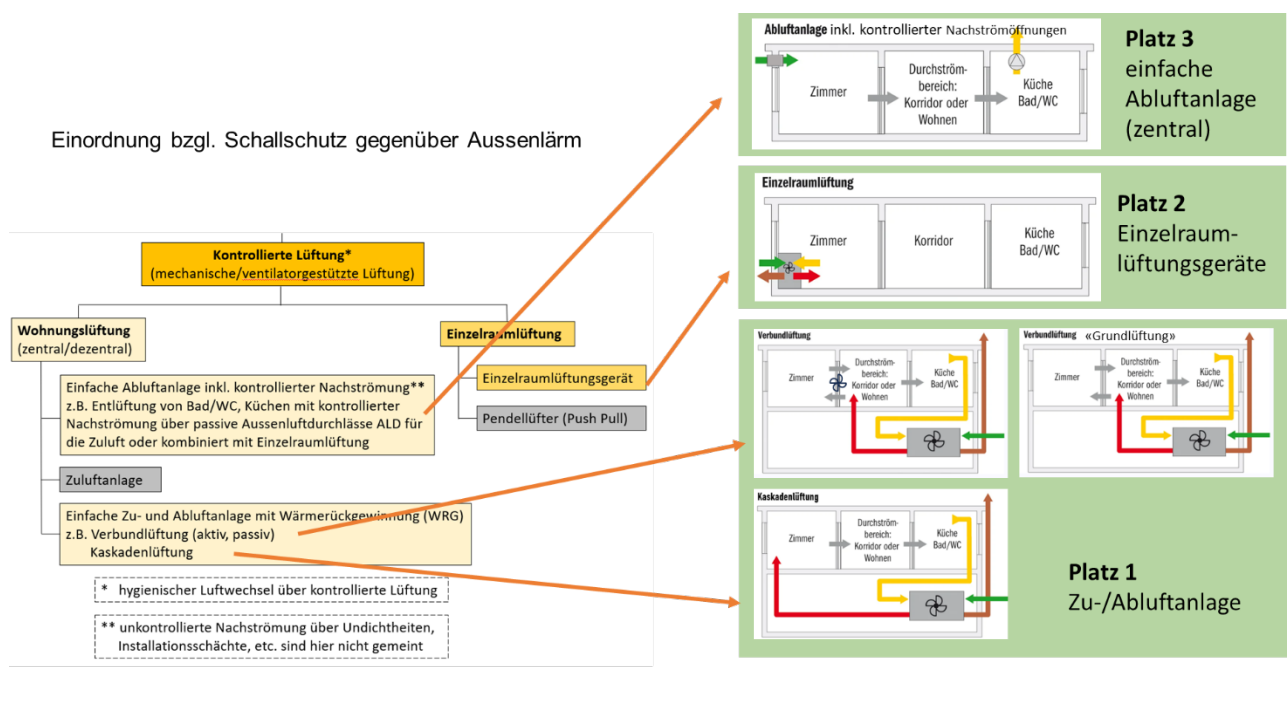


Bild 8 Einordnung bzgl. Schallschutz gegenüber Aussenlärm verschiedener kontrollierter Lüftungssysteme im Wohnbau (Skizzen aus [6], z.T. mit eigenen Anpassungen).

Die Rangfolge der Lüftungssysteme für die Eignung gegen Aussenlärm wird durch [7] gestützt (Bild 9). Die einfache Zu-/Abluftanlagen weisen den höchsten Schallschutz gegen Aussenlärm auf.

Einzelwohnungsanlagen (LK2) werden leicht ungünstiger als Mehrwohnungsanlagen (LK1) eingeschätzt, da vor allem bei Konzepten mit sehr kurzen Frisch- und Fortluftleitungen ein Einfluss nicht ausgeschlossen werden kann. Einzelraumgeräte (LK3) sind kritischer, da je nach Geräteart und Ausführung der Anschlüsse der Schallschutz besser oder schlechter ausfallen kann. Daraus ergibt sich eine grosse Streubreite in der Einschätzung. Noch kritischer ist die Situation von Aussenluftdurchlässen (LK4) bei den einfachen Abluftanlagen, da die Schalldämpfung der ALD oft unzureichend ist. Natürliche Fensterlüftung (LK5) weist keinen guten Schallschutz gegen Aussenluft auf.

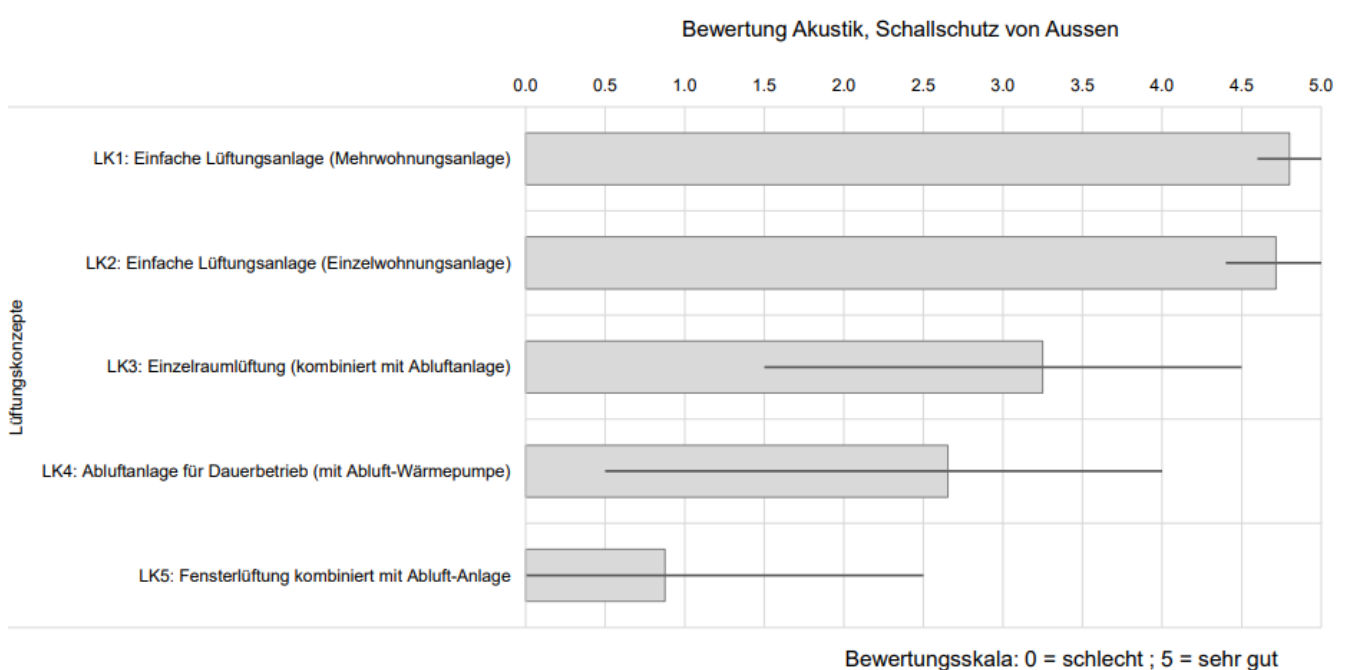


Bild 9 Bewertung des Schallschutzes gegen Aussenlärm von verschiedenen Lüftungssystemen gemäss [7].

3 Qualitative Bewertung kontrollierter Wohnraumlüftung

3.1 Planung

Platzbedarf	<u>Zentrale Lüftungsanlagen für mehrere Wohnungen (Mehrwohnungsanlagen)</u> benötigen ein grosses Rohrnetz und entsprechende Deckendurchbrüche und Installationsschächte. Die zentralen Lüftungsgeräte können z.B. im Keller, Dach oder in Nebenräumen aufgestellt werden. Zentralgeräte vereinfachen die Zugänglichkeit für die Wartung und Reinigung und es gibt weniger Durchbrüche in der Fassade. <u>Zentrale Lüftungsanlagen für einzelne Wohnungen (Einzelwohnungsanlagen)</u> können bei guter Planung innerhalb der Wohnung mit wenig Installationsraum auskommen. Das Zentralgerät kann z.B. an der Decke oder an einer Wand installiert werden. Pro Wohnung sind zwei Fassadendurchbrüche notwendig. Der Platzbedarf von <u>dezentralen Abluftanlagen</u> mit Aussenluftdurchlässen ist am geringsten, da sie keine Zuluftleitungen benötigen und kein Zentralgerät. Allerdings sind viele Aussenwanddurchbrüche für die Zuluft notwendig. Die Dimensionierung und Lage der Lüftungsgeräte, der Verteilungen und die Lage der Zu- und Fortluft müssen schon in der frühen Planungsphase berücksichtigt werden. Die Luftverteilungen sollten möglichst kurz sein.
Aussen-/Fortluft	Aussen-/Fortluft sollen so platziert werden, dass eine Rezirkulation der verbrauchten Luft verhindert und der Einfluss durch Winddruck minimiert wird⁵. Die Frischluft sollte möglichst in einem beschatteten Bereich (z.B. auf der Nordseite) gefasst werden. Ebenso sollte die gefasste Aussenluft möglichst unbelastet sein.
Planungsaufwand	Alle kontrollierten Lüftungssysteme müssen sorgfältig geplant werden.
Wartung/Unterhalt	Der Platzbedarf für eine gute Zugänglichkeit für Wartungs- und Reinigungsarbeiten muss schon in der Planung berücksichtigt werden. Die Lüftungssysteme selbst sollen eine einfache Handhabung z.B. für Filterwechsel oder die Reinigung des Fliegengitters erlauben. Eine regelmässige Wartung (z. B. Filterwechsel) ist für den hygienisch einwandfreien Betrieb unerlässlich.
Schallemissionen	Ventilatorgeräusche der Lüftungsgeräte sind zu vermeiden. Dies kann durch den Einbau von leisen Ventilatoren oder entsprechenden Schalldämpfern erfolgen [8]. Ggf. müssen Schalldämpfer zwischen einzelnen Räumen oder Wohnungen eingebaut werden, um eine unerwünschte Schallübertragung (Telefonie) auszuschliessen Geräusche durch die strömende Luft z.B. in Zu-/Abluftdurchlässen, Luftleitungen und Armaturen können mit der Komponentenwahl und Dimensionierung beeinflusst werden [5]. Der Einbau von Schalldämpfern in Zu- und Fortluftleitungen ist verhältnismässig, wenn damit der Schallpegel etwa beim nächstgelegenen Fenster

⁵ <https://vallox.de/service/fag/platzierung-aussenluftansaugung-und-fortluftauslass/>

oder beim Gartensitzplatz des Nachbarn hörbar reduziert wird. Die Umgebungsgeräusche sind hierbei zu berücksichtigen [5].

Generelle Hinweise für einen guten Schallschutz von Wohnungslüftungen finden sich in [5]:

- Geringe Druckverluste
- Grosszügige Auslegung der Luftdurchlässe, um Strömungsgeräusche zu minimieren
- Abstimmung von Schalldämpfer und Lüftungsgerät
- Aufstellung des Lüftungsgeräts ausserhalb des Wohnbereichs
- Anpassung der Überströmdurchlässe an den akustischen Standard eines Raumes
- Schallübertragung zwischen den Wohnungen berücksichtigen

Brandschutz

Bei Mehrfamilienhäusern muss das Lüftungskonzept mit dem Brandschutzexperten abgesprochen werden. Steigzonen für Rohrleitungen und horizontale Verteilungen bergen die Gefahr von Rauch- bzw. Feuerüberschlag und müssen entsprechend sicher ausgeführt werden. Der Brandschutz ist grundsätzlich in den Kantonen geregelt. Die meisten Kantone halten sich an die Normen und Richtlinien der Vereinigung Kantonaler Feuerversicherung VKF [5].

Inbetriebnahme

Das Thema Inbetriebnahme muss in der Planung berücksichtigt sein. Luftvolumenströme müssen in allen Räumen einreguliert, gemessen und protokolliert werden. Dies gilt für alle Lüftungssysteme inkl. ALD und Einzelraumlüftungsgeräte.

3.2 Betrieb

Energiebedarf

Der Energiebedarf von Lüftungssystemen hängt von der Qualität der Lüftungsgeräte, dem Druckverlust der Luftverteilung und der Regelung ab [8]. Vorteilhaft für einen tiefen Energiebedarf sind:

- Lüftungsgeräte mit einer Energieetikette A oder A+
- Tiefe Druckverluste infolge z.B. strömungsgünstige Formgebung, direkte Leitungsführung, Schalldämpfer mit tiefem Druckverlust, saubere Filter
- Bedarfsgeregelte Luftmengen
- Einsatz von Wärmerückgewinnung

Der Energiebedarf setzt sich zusammen aus [5]:

- Elektrizitätsbedarf für die Luftförderung
- Lüftungswärmeverluste, die durch die Raumwärme gedeckt werden müssen
- Energiebedarf für den Vereisungsschutz

Heizen/Kühlen

Zu-/Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung reduzieren den Energiebedarf für das Heizen, da die Lüftungswärmeverluste vermindert werden. Im

Sommer kann der Wärmetauscher mit einem Bypass umgangen und z.B. nachts die kühle Aussenluft direkt in die Wohnung geleitet werden. Der Volumenstrom reicht jedoch nicht aus, um eine wesentliche sommerliche Nachtauskühlung zu erreichen. Das Lüftungssystem kann jedoch etwas unterstützend wirken.

Der Strombedarf für den Betrieb einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung (Zu-/Abluftanlage) ist im Vergleich zum eingesparten Heizwärmebedarf gering [9].

Luftqualität

Die Lüftererneuerung mit mechanischen Lüftungssystemen wird weitgehend unabhängig vom Nutzer, der Witterung sowie Tag und Nacht bereitgestellt. Dies resultiert in einer besseren Luftqualität und erhöht den thermischen Komfort.

Schallemissionen

Einzelraumlüftungsgeräte und Verbundlüfter weisen infolge der Ventilatoren Schallemissionen auf und müssen daher von einer Bauakustikfachperson ausgelegt werden.

Anforderungen an Dauergeräusche für Lüftungstechnische Einrichtungen sind in SIA 382/1 geregelt.

Wartung/Unterhalt

Filterwechsel: Üblicherweise reicht ein zweimaliger Filterwechsel im Jahr. Bei hohen Aussenluftbelastungen (z.B. verkehrsreiche Strasse oder überdurchschnittlich viel Blütenstaub) und in Abhängigkeit von der Filterqualität ist es notwendig, häufiger zu wechseln. Mit Hilfe einer regelmässigen Filterkontrolle muss für jeden Standort individuell bestimmt werden, wie oft ein Filterwechsel notwendig ist.

Filterwechsel verursachen einen namhaften Anteil an den Betriebskosten. Daher sollte dies schon bei der Wahl des Lüftungsgeräts berücksichtigt werden [8].

Filterwechsel sollten von Fachpersonen durchgeführt werden, damit keine Fehlbedienung erfolgt [10].

Inspektion und Reinigung: Eine Lüftungsanlage muss regelmässig kontrolliert und bei Bedarf gereinigt werden. Das Intervall hängt von der Belastung infolge von Aussenluftqualität, Lage der Aussenluftfassung oder Staubanfall in der Wohnung ab. Der Aufwand hierzu hängt von der Grösse der Anlage und Zugänglichkeit der Komponenten ab.

Instandhaltung bei Einzelraumlüftungsgeräten und ALD: Verschmutzte Filter, Fliegengitter und Geräte können den Luftvolumenstrom um bis zu 60-80 % reduzieren [10]. Dies führt zu einer hohen Differenz zwischen Zu-/Abluftvolumenstrom (Disbalance), was die Funktionsfähigkeit der Anlage beeinträchtigt. Daher sind ein regelmässiger Filterwechsel und eine Reinigung der Geräte inkl. Fliegengitter sehr wichtig. Die Instandhaltung (Filterwechsel, Reinigung, Reparatur) erfordert jeweils einen Zugang zu allen Räumen, was sehr aufwändig ist. Geschieht dies öfters, z.B. 2-3 Mal im Jahr [8], ist dies für die Nutzer sehr lästig und ggf. unangenehm, da alle Wohn- und Schlafräume betreten werden müssen.

Instandhaltung bei zentralen Anlagen: Die Instandhaltung ist deutlich einfacher, da diese i.d.R. ohne Nutzereinbindung erfolgt und weniger oft erfolgen muss [11]. Zentrale Anlagen sind i.d.R. besser gewartet als einfache

Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen und weisen daher weniger Verschmutzung und Disbalance auf und damit eine bessere Funktionsfähigkeit [11].

Die Instandhaltung sollte generell von Fachpersonen durchgeführt werden. Anlagen mit einem Wartungsvertrag weisen einen besseren hygienische Zustand auf [11].

3.3 Nutzung

Akzeptanz	Kontrollierte Lüftungsanlagen werden akzeptiert, wenn es weiterhin die Möglichkeit gibt, Fenster zu öffnen. Auch Systeme, die z.B. Feinstaub-/Pollenfilter oder eine Schalldämpfung haben, werden positiv bewertet.
Manuelle Bedienung	Die Nutzenden möchten einen Einfluss auf den Betrieb einer Lüftungsanlage haben. Daher sind Bediengeräte an gut zugänglichen Orten zu platzieren bzw. ist eine Bedienung über eine App anzubieten. Verschiedene Lüftungintensitätsstufen sollten einstellbar sein. Einzelwohnungsanlagen oder Einzelraumlüftungsgeräte sollten von den Nutzenden ausgeschaltet werden können.
Wartung/Unterhalt	Für die Inspektion, Reinigung und Filterwechsel von ALD und Einzelraumlüftungsgeräten muss ein Service in jedem einzelnen Raum vorgenommen werden. Dies ist für die Nutzenden nicht nur zeitintensiv, sondern ggf. auch unangenehm, wenn eine Drittperson mehrmals im Jahr einen Service durchführt. Bei Zu-/Abluftanlagen kann der Filterwechsel sowie die Inspektion und Reinigung i.d.R. zentral erfolgen.
Komfort	Kontrollierte Lüftungssysteme verbessern die Luftqualität, ohne dass sich der Nutzer aktiv um das Lüften kümmern muss.

3.4 Jahreskosten

Die Jahreskosten für verschiedene Lüftungssysteme zeigt Bild 10. Die Graphik ist aus [7] entnommen und enthält neben den mechanischen Lüftungssystemen (LK 1-4) auch Kosten für eine Fensterlüftung kombiniert mit einer Abluftanlage (LK 5). Die Kosten sind aufgeteilt in Kapital- und Unterhaltskosten sowie Mehrkosten für Heizung, Raum- und Stromkosten. Deutlich ist zu erkennen, dass die Einzelraumlüftung (LK3) die höchsten Kapital- und Unterhaltskosten aufweist. Generell sind bei den mechanischen Systemen die Kapital- und Unterhaltskosten dominant. Die Spannbreite der Kosten ist fast überall sehr hoch. Am höchsten ist sie bei den Einzelwohnungsanlagen (LK2), was im Wesentlichen vom Standort der Geräte abhängig ist.

Die aktive und passive Verbundlüftung ist hier nicht enthalten. Die Kosten der aktive Verbundlüftung wird (abhängig von und) infolge der Anzahl Verbundlüfter eher einer Mehr-bzw. Einzelwohnungsanlage (LK1/2) entsprechen, während die passive Verbundlüftung eher bei den Kosten einer Abluftanlage im Dauerbetrieb liegen wird (LK4).

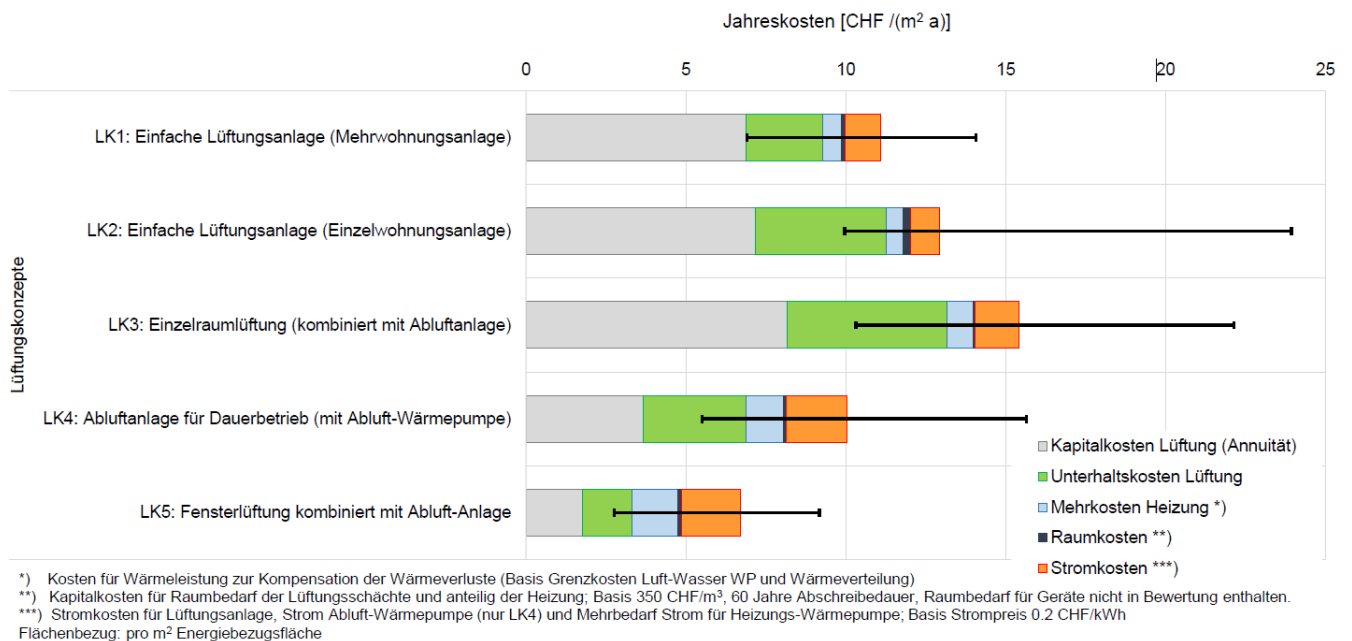


Bild 10 Jahreskosten von verschiedenen Lüftungssystemen [7]

3.5 Vergleich von Lüftungssystemen in Abhängigkeit von verschiedenen Aspekten

Um die Lüftungssysteme unter Berücksichtigung verschiedener Aspekte vergleichen zu können, werden die Systeme in Abhängigkeit von verschiedenen Aspekten in einer Matrix bewertet (Tabelle 1). Die fünfstufige Bewertungsskala führt zu einer quantitativen Rangfolge je Aspekt. Zu-/Abluftanlagen erzielen in sehr vielen Aspekten die beste Bewertung.

Die Matrix zeigt eine Einschätzung für typische Situationen. Im Einzelfall kann eine andere Bewertung oder Gewichtung resultieren. Selbst innerhalb des gleichen Systems kann eine grosse Spannweite auftreten.

Tabelle 1 Vergleich von Lüftungssystemen in Abhängigkeit von verschiedenen Aspekten (Zusammenarbeit mit [4]). Die Tabelle erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Sie zeigt eine Einschätzung für typische Situationen.

Lüftungssysteme	Einzelraumgeräte		Abluftanlage		Zu-/Abluftanlagen mit WRG				Bemerkung
	Einzelraumlüftungsg eräte, kombiniert mit einfacher Abluftanlage für Bad/Dusche/WC		Einfache Abluftanlage für Bad/Dusche/WC mit kontrollierten Nachström- öffnungen (ALD)		Verbundlüftung (Mehrwohnungs- anlagen)		Kaskadenlüftung		Legende ++ sehr positiv + positiv +/- neutral - negativ -- sehr negativ Die Einschätzung gilt für typische Situationen.
	dezentrale Abluft	zentrale Abluft	dezentrale Abluft	zentrale Abluft	Grundlüftung mit passiver Verteilung	Verbundlüfter, aktive Verteilung	Mehrwohnungs- anlage	Einzelwohnungs- anlage	
Planung									
Einbindung in frühe Planungsphase	++	++	++	++	++	++	++	++	Alle Systeme müssen detailliert ausgelegt und geplant werden. Dies muss früh im Planungsprozess beginnen.
Planungsaufwand Lüftungsplaner	++	++	++	++	+/-	-	--	-	Der Stundeaufwand für Lüftungsplaner ist für die Planung der Zu-/Abluftanlagen am höchsten
Planungsaufwand System-Expertise	--	--	--	--	--	--	--	--	Je nach System benötigt es eine hohe Kompetenz in Spezialthemen z.B.: Schallschutz, Druckverhältnisse, Zugluft, Luftverteilung, Feuchtigkeit, etc.
Platzbedarf Luftverteilung	++	+	++	+	+/-	+/-	--	-	Leitungsgebundenen Anlagen: hoher Platzbedarf für Installationsschächte und horizontale Verteilung
Platzbedarf im Wohnbereich für das Lüftungsgerät	--	--	-	-	+	+	+	-	Einzelraumlüftungsgeräte: qualitativ hochwertige Geräte sind dominant im Raum. ALD schränken infolge von Zugluft den Aufenthaltsbereich ein. Positionierung Zentralgeräte: Keller/Estrich oder in den Wohnungen
Schallübertragung in der Wohnung und Anlagengeräusche	--	--	-	-	+/-	+/-	++	+	Luft- und Körperschallübertragung muss bei allen Systemen beachtet werden (z.B. Geräteemissionen, Schwächung des Schallschutzes durch Überströmöffnungen/Verbundlüfter/Leitungen, Strömgeräusche in Leitung)
Schallschutz gegen Aussenluft	--	+	--	--	++	++	++	+	Planung des Schallschutzes gegen Aussenlärm ist bei Einzelraumgeräten und ALD sehr anspruchsvoll
Aufwand im Brandschutz	+/-	-	+/-	-	--	--	--	--	Der Brandschutz ist bei zentralen Anlagen aufwändiger als bei dezentralen Anlagen
Erstellung (Materialaufwand)	+/-	-	+/-	-	--	--	--	--	Die absoluten Werte hängen stark vom Konzept der Luftverteilung ab (mehr Leitungslänge -> mehr Material)
Eignung bei Sanierung	++	+	++	+	-	-	--	+/-	Platzbedarf resp. die Möglichkeiten der Luftverteilung in der Wohnung limitiert oft die Anlagenauswahl
Betrieb									
Energieeffizienz, Wärmerückgewinnung	+/-	+/-	--	--	+/-	++	++	+	Einfache, zentrale Abluftanlagen können mit einer Abluft-Wärmepumpe kombiniert werden
Sommerlicher Wärmeschutz	--	--	--	--	-	-	-	-	Luftfassung der Einzelraumlüftungsgeräte und ALD liegt oft an besonnten Fassaden, was tagsüber zu hohen Zulufttemperaturen führt. Die Volumenströme sind in alle Systemen viel zu gering, um eine effektive Nachtauskühlung zu ermöglichen.
Luftqualität (CO ₂)	+	+	+	+	+/-	+	++	++	Bei der passiven Verbundlüftung können Gerüche eher aus Wohn-/Essberich in die Zimmer gelangen als bei anderen Systemen
Zugluft	+/-	+/-	-	-	++	++	++	++	Abhängig von der Anordnung der Luftauslässe und den Zulufttemperaturen
Pollen-/Feinstaubfilter	+/-	+/-	+/-	+/-	++	++	++	+	Einzelraumlüftungsgeräte/ALD mit Feinstaubfilter sind erhältlich, werden aber oft nur mit Grobfiltern ausgerüstet. Bei Zu-/Abluftanlagen als Einzelwohnungsanlagen werden häufig tiefere Filterklassen eingesetzt als bei Mehrwohnungsanlagen.
Aufwand für Filterwechsel	--	--	-	-	++	++	++	+	Einzelraumlüftungsgeräte haben doppelt soviele Filter wie ALD. Bei einer Zu-/Abluftanlage pro Einzelwohnung gibt es mehr Filter als bei einer Mehrwohnungsanlage. Der Arbeitsaufwand und die Kosten steigen mit der Filteranzahl.
Wartung/Unterhalt	--	--	-	-	+	+/-	+	+	Je mehr Einzelgeräte vorhanden sind, desto mehr Wartung/Unterhalt fällt an. Anteil an Wartung/Unterhalt in absteigender Reihenfolge: Filterwechsel, Abluftverteilung, Lüftungsgerät und Zuluftverteilung. Bei zentralen Anlagen werden i.d.R. regelmäßiger Service durchgeführt, als bei dez. Anlagen, was zu einem effizienteren Betrieb der dezentralen Anlagen führt.
Schallschutz gegen Aussenluft	-	+	--	--	++	++	++	++	Bewertung der jeweils schlechtesten Komponente des Systems.
Schallemissionen im Betrieb	--	--	++	++	++	-	++	+	Bei Einzelraumlüftungsgeräten/aktiver Verbundlüftung befinden sich die Ventilatoren direkt in den Räumen. Bei Einzelwohnungsanlagen betrifft es das Zentralgerät.
Nutzer									
Benutzerfreundlichkeit (Einflussnahme)	++	++	+/-	+/-	+/-	+	+	++	Volumenströme können bei Bedarf angepasst, manche Geräte sogar ganz ausgeschaltet werden
Bedienung (Einfachheit)	+	+	++	++	+	+	++	++	Einfache Schalter/Bedieneinheit pro Raum/Wohnung oder per App
Komfort	-	-	-	-	+/-	+	++	++	Bewertung: Zugluft, Luftqualität und Ventilatorgeräusche
Beteiligung bei Wartung/Unterhalt	--	--	--	--	++	++	++	+/-	Für den zuverlässigen Betrieb muss bei Einzelraumlüftungsgeräten/ALD 2-4 x jährlich eine externe Person jedes Zimmer betreten. Bei der Zu-/Abluftanlage (Einzelwohnungsanlage) muss der Zugang zum Zentralgerät in der Wohnung 1-2 x jährlich gewährleistet sein. Bei zentralen Mehrwohnungsanlagen ist der Nutzer i.d.R. nicht involviert.

4 Normative Anforderungen

4.1 Schallschutz gegen Aussenlärm

In der Lärmschutz-Verordnung (LSV), gestützt auf das Umweltschutzgesetz (USG), sind zur Beurteilung von Lärmbelastung Planungswerte, Immissionsgrenzwerte und Alarmwerte für verschiedene Lärmarten festgelegt [12]:

- **Planungswerte** gelten für die Errichtung neuer lärm erzeugender Anlagen und für die Ausscheidung und Erschliessung von Bauzonen für lärmempfindliche Gebäude (Wohnungen).
- **Immissionsgrenzwerte** legen die Schwelle fest, ab welcher der Lärm die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden erheblich stört. Sie gelten für bestehende lärm erzeugende Anlagen und für Baubewilligungen von lärmempfindlichen Gebäuden (Wohnungen).
- **Alarmwerte** sind ein Kriterium für die Dringlichkeit der Sanierung und den Einbau von Schallschutzfenstern.

Die verschiedenen Belastungsgrenzwerte sind in Tabelle 2 zusammengestellt. Je nach Nutzung und Tageszeit gelten andere Werte. Für den Neubau von Wohnungen in bestehenden lärmigen Gebieten gelten die Immissionsgrenzwerte für die Kategorie II Wohnen.

Tabelle 2 Belastungsgrenzwerte für Strassenverkehr, Eisenbahn-, Industrie und Gewerbelärm für verschiedene Nutzungen bei externen Lärmquellen gemäss LSV [13].

Empfindlichkeitsstufe		Planungswert L _r , dB(A)		Immissionsgrenzwert L _r , dB(A)		Alarmwert L _r , dB(A)	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
I	Erholung	50	40	55	45	65	60
II	Wohnen	55	45	60	50	70	65
III	Wohnen/Gewerbe	60	50	65	55	70	65
IV	Industrie	65	55	70	60	75	70

Anforderungen an Bauzonen und Baubewilligungen in lärmbelasteten Gebieten sind in Kap. 5 der LSV [13] genannt. Kap. 6 enthält Anforderungen an den Schallschutz, die auf die anerkannten Regeln der Baukunde gemäss SIA 181 [14] verweisen. Bei Sanierungen können auf Gesuch Erleichterungen gewährt werden, wenn die Einhaltung der Anforderung unverhältnismässig ist.

Die normativen Mindestanforderungen an den Schallschutz gegen externe Lärmquellen in lärmbelasteten Gebieten sind in SIA 181:2020 [14] genannt (Tabelle 3). Wie in der LSV werden sie für Tag und Nacht in Abhängigkeit von der Lärmbelastung festgelegt. Der Anforderungswert D_e an den Luftschallschutz gegenüber externen Lärmquellen ist abhängig von der immissionsseitigen Raumart und Nutzung (Tabelle 4). Je höher der Aussenlärmpegel wird, desto höher werden die Anforderungen an das Aussenbauteil. Die entsprechende Schallschutzanforderung muss z.B. von der Fassade inkl. Lüftungselemente eingehalten werden.

Wohnen entspricht der Lärmempfindlichkeit «mittel». Es wird nicht zwischen Wohn- und Schlafräumen unterschieden. Gemäss SIA 181:2020 gelten für Neubauten von Einfamilienhäusern, Doppel- und Reiheneinfamilienhäusern sowie Wohnungen im Stockwerkeigentum erhöhte Anforderungen. Als erhöhte Anforderungen gelten um 3 dB erhöhte Werte gegenüber den Werten gemäss Tabelle 3.

Im Merkblatt SIA 2024 [15] wird die Empfindlichkeit von Wohnräumen für den Schallschutz gegenüber externen Lärmquellen ebenfalls der Kategorie «mittel» zugeordnet und auf SIA 181 verwiesen. Unter der Rubrik «Bemerkungen» wird für Schlafräume die erhöhte Anforderung genannt.

Tabelle 3 Mindestanforderungen an den Luftschallschutz bei externen Lärmquellen, Auszug SIA 181 [14].

Lärmbelastung	klein bis mässig		erheblich bis sehr stark	
Beurteilungsperiode	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Beurteilungspegel dB	$L_r \leq 60$	$L_r \leq 52$	$L_r > 60$	$L_r > 52$
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswerte D_e			
gering	22 dB	22 dB	$L_r - 38$ dB	$L_r - 30$ dB
mittel	27 dB	27 dB	$L_r - 33$ dB	$L_r - 25$ dB
hoch	32 dB	32 dB	$L_r - 28$ dB	$L_r - 20$ dB

Tabelle 4 Einstufung der Lärmempfindlichkeit nach Raumart und Nutzung, Auszug SIA 181 [14].

Lärmempfindlichkeit	Beschreibung der immissionsseitigen Raumart und Raumnutzung (Empfangsraum)
keine	Verkehrs- und Funktionsflächen, nur gelegentlich genutzte Räume oder Räume mit erheblichem Betriebslärm. Beispiele: Abstell-, Lager- und Kellerraum, Heizungs-, Lüftungs- und Haustechnikraum, Hobbyraum, Einstellhalle, Treppenhaus, Laubengang.
gering	Räume für vorwiegend manuelle Tätigkeit. Räume, die von vielen Personen oder nur kurzzeitig benutzt werden. Beispiele: Werkstatt, Handarbeitsraum, Kantine, Restaurant, Küche ohne Wohnanteil, Bad, Dusche, WC, Verkaufsraum, wohnungsinterner Korridor, Warteraum.
mittel	Räume für Wohnen, Schlafen und für geistige Arbeiten. Beispiele: Wohnzimmer, Schlafzimmer, Studio, Schulzimmer, Musikübungsraum, Wohnküche, Büroraum, Empfangsraum, Hotelzimmer.
hoch	Räume für Benutzer mit besonders hohem Ruhebedürfnis. Beispiele: spezielle Ruheräume in Spitälern und Sanatorien, spezielle Therapieräume mit hohem Ruhebedarf, Lese-, Studierzimmer.

4.2 Normen im Zusammenhang mit kontrollierter Wohnraumlüftung

Im Zusammenhang mit der kontrollierten Lüftung sind folgende Normen relevant:

SIA 382/1:2025	Mechanische Lüftung in Gebäuden – Grundlagen und Anforderungen
SIA 382/2:2011	Klimatisierte Gebäude – Leistungs- und Energiebedarf
SIA 382/5:2021	Mechanische Lüftung in Wohngebäuden (Ersetzt SIA 2023:2008)
SIA 382/x ⁶	Mechanische Lüftung in Gebäuden – Leistungs- und Energiebedarf
Merkblatt SIA 2024	Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik (Relevant für die Auslegung eines Lüftungssystems)
Merkblatt SIA 2028	Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik (Relevant für die Auslegung eines Lüftungssystems)

4.3 Brandschutz

Für den Brandschutz gelten die Normen und Richtlinien der Vereinigung Kantonalen Feuerversicherung VKF⁷:

«Ergänzend respektive teilweise als Korrigenda zu den Normen und Richtlinien gibt es diverse FAQ-Dokumente zum Brandschutz. Für Komfortlüftungen wichtig ist das Dokument «Stand der Technik-Papier Brandschutz in Lüftungen in Wohnbauten» des Verbands Gebäudeklima Schweiz. Es versteht sich als Anwendungs- und Planungshilfe speziell für Komfortlüftungen. Es fasst die Anforderungen verschiedener VKF-Dokumente zusammen und dokumentiert typische Lösungen anhand von vielen Beispielen.» [5]

4.4 Gesetzliche/kantonale Grundlagen

4.4.1 Lüftung

Die gesetzlichen Mindestanforderungen an die Energieeffizienz von Lüftungsgeräten sind im Energiegesetz des Bundes (EnG, SR 730.0) und der Energieeffizienzverordnung des Bundes (EnEV, SR 730.02) verankert. Das kantonale Energierecht ist in den Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE) harmonisiert. Weder in der aktuellen MuKE 2014 noch im Entwurf der MuKE 2025 (Entwurf 30.08.2024) gibt es direkte Anforderung an den Energiebedarf von Lüftungsanlagen. Der Energiebedarf für Lüftung ist indirekt in der Anforderung an die Gesamtenergie enthalten.

Seit 2016 ist in der Schweiz die Einordnung der Lüftungsgeräte in die Energieeffizienzklassen A+ bis G für Lüftungsgeräte obligatorisch. Die Effizienz wird vom Luftvolumenstrom, der Wärme- und Feuchterückgewinnung, den Ventilatoren und der Regelung beeinflusst. Effiziente Geräte weisen ein A+ auf.

Für den Einsatz von Lüftungsgeräten müssen die kantonalen Verordnungen und Richtlinien beachtet werden. Manche Kantone verweisen auf die Grenz-/Zielwertanforderungen für die spezifische Ventilatorleistung und Gesamtwirkungsgrade der Ventilatoren in SIA 382/1.

⁶ Diese Norm wird aktuell neu erarbeitet.

⁷ www.praever.ch

Der elektrische Energiebedarf für Lüftungsanlage (Kleinanlagen) können nach EN-101b bzw. EN-101d berechnet werden⁸. Zu den Kleinanlagen gehören Ein- und Mehrfamilienhäuser bis zu einer Grösse von max. 2'000 m² Energiebezugsfläche sowie Verwaltungen und Schulen bis zu einer Grösse von 1'000 m². Hierfür kann eine vereinfachte Berechnung gemäss EN-101d durchgeführt werden.

Eine Spannbreite des Jahresbedarfs an elektrischer Energie zeigt Bild 11. Die einfache Zu-/Abluftanlage weist den geringsten Bedarf an elektrischer Energie im Betrieb auf. Die Spannbreite ergibt sich aus einer optimal bzw. ungünstig geplanten Anlage.

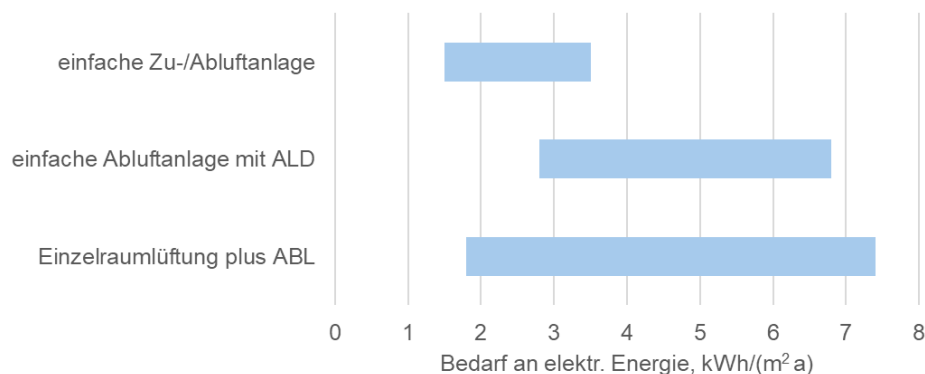


Bild 11 Elektrische Energiebedarf für verschiedenen Lüftungssysteme (abgeleitet aus [5], ABL: bedarfsgesteuerter Abluftventilator in Bad/WC). Die Werte enthalten die Zulufterwärmung, den Vereisungsschutz und die Luftförderung. Die Werte gelten für das Schweizer Mittelland und einer Raumheizung mit Wärmepumpe JAZ 4.0.

4.4.2 Kühlung

Aufgrund der steigenden Temperaturen infolge des Klimawandels nimmt zwar der Heizwärmebedarf ab, jedoch wird der Klimakältebedarf in Zukunft steigen. Es ist das Ziel, behagliche Raumtemperaturen möglichst ohne aktive Kühlgeräte zu erreichen. Externe und interne Wärmeeinträge müssen reduziert werden. Bauliche Massnahmen wie eine gut gedämmte Gebäudehülle, die Gebäudeorientierung, die Fenstergösse, die Verglasung sowie der Sonnenschutz können den Wärmeeintrag reduzieren. Interne Wärmeeinträge sollten durch effiziente Geräte und Beleuchtung minimiert werden. Verbleibende Wärmeeinträge können in der Gebäudemasse infolge aktivierbarer, hoher Wärmespeicherfähigkeit der Bauteile zwischengespeichert und so Spitzentemperaturen vermieden werden. Die gespeicherte Wärme muss jedoch über Nacht wieder abgeführt werden. Hierzu eignet sich die natürliche Nachtlüftung durch manuelle Fensterlüftung. In lärmbelasteten Gebäuden können die Fenster jedoch meist nicht für die Nachtauskühlung geöffnet werden. Durch das Öffnen der Fenster, wird die aus lärmschutzgründen installierte kontrollierte Lüftung wirkungslos. Daher müssen andere Massnahmen ergriffen werden, um die Wärme wieder abzuführen.

Eine mechanische Lüftung ist dazu da, den hygienisch notwendigen Luftvolumenstrom bereitzustellen und wird daher für eine ausreichende Auskühlung durch Nachtlüftung mit zu geringen Volumenströmen betrieben. Sie kann nur einen geringen Beitrag zur Kühlung leisten, in dem im Sommer die Zuluft mittels eines Bypasses den Wärmetauscher umgeht. Erdreichwärmetauscher für die Zuluft werden

⁸ www.endk.ch/de/fachleute-1/energienachweis/EN-101%20bis%20EN-141

aufgrund des geringen Kühleffekts in Verbindung mit hohem Investitionsaufwand und der Gefahr von mikrobiellen Belastungen nicht (mehr) empfohlen⁹.

Es muss ggf. eine aktive Kühlung in Erwägung gezogen werden. Bevor eine aktive Kühlung eingesetzt werden darf, müssen gemäss SIA 380/2 [16] bauliche und energetische Anforderungen eingehalten werden. Dies gilt nicht für Anlagen mit kleinem elektrischen Leistungsbedarf (Neubau: $\leq 7 \text{ W}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{NGF}}$, Bestand $\leq 12 \text{ W}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{NGF}}$).

Die aktive Kühlung kann auf drei Arten erfolgen:

- Geo-/Freecooling bei Gebäuden mit Sole/Wasser- oder Wasser/Wasser-Wärmepumpen
- Reversibel arbeitende Wärmepumpen
- dezidierte Kältemaschinen

Bei Geo-/Freecooling wird das Erdreich bzw. das Grundwasser als Wärmesenke benutzt. Mittels einer Umwälzpumpe wird in der Regel über die Fussbodenheizung dem Raum Wärme entzogen und an das Erdreich bzw. Grundwasser mittels Erdsonden abgegeben. Die Rückführung der Wärme an das Erdreich dient zusätzlich zur Regeneration der Erdreichtemperatur, was wiederum zu einer besseren Effizienz der Sole/Wasser Wärmepumpe im Winter führt. Mit einer effizienten Umwälzpumpe fällt nur ein geringer elektrischer Bedarf an. Eine Kühlung mittels Erdwärmesonden ist wegen der Regenerierung der Erdreichtemperaturen generell erwünscht.

Reversibel arbeitende Wärmepumpen benötigen mehr Energie, da die Klimakälte mechanisch erzeugt wird. Bei aussen aufgestellten Geräten muss während des Kühlbetriebs die Lärmschutzanforderung beachtet werden.

Wird die Fussbodenheizung zur Wärmeabfuhr verwendet, kann die Raumtemperatur in der Regel um 3-4 K gesenkt werden [17]. Dies bedingt, dass die Kühlung nicht erst aktiviert wird, wenn das Gebäude schon zu warm ist.

SIA 2024 enthält einfache Planungsgrössen für die Kühlung.

Minergie geht pragmatisch mit dem Elektrizitätsbedarf für Kühlkälte um [18]:

- Ist nur eine Umwälzpumpe im Betrieb, wird der elektrische Bedarf vernachlässigt
- Bei einem elektrischen Leistungsbedarf von $\leq 12 \text{ W}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{EBF}}$ wird $1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ angerechnet
- Bei einem elektrischen Leistungsbedarf von $> 12 \text{ W}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{EBF}}$ muss ein Nachweis erbracht werden

Im Entwurf der MuKE 2025 (Stand August 2024) wird für Neubauten gefordert, dass der elektrische Kühlkältebedarf durch eine Eigenstromerzeugungsanlage gedeckt werden muss. Ist die Eigenstromerzeugungsanlage eine Photovoltaikanlage, treten elektrischer Kühlkältebedarf und Solarertrag überwiegend zeitgleich auf, was den Eigenverbrauch erhöht.

Soll eine aktive Kühlung eingesetzt werden, müssen kantonale Verordnungen und Gesetze beachtet werden. Manche Kantone weisen darauf hin, dass erst alle Massnahmen für den sommerlichen Wärmeschutz ausgeschöpft sein müssen, bevor eine maschinelle Kühlung eingebaut werden darf.

⁹ [Anforderungen an Lüftungskonzeptionen in Gebäuden \(ventilation-mainz.de\)](https://www.ventilation-mainz.de)

5 Weitere Themen im Zusammenhang mit Lüftung

Kochstellenentlüftung	Die allgemeine Wohnungslüftung deckt nicht den Bedarf für die Intensivlüftung an Kochstellen. Hier ist eine zusätzliche Intensivlüftung erforderlich [5]. Fortluft-Dunstabzugshauben fördern die belastete Luft direkt ins Freie und schwächen damit den Schallschutz gegen Aussenlärm. Für lärmbelastete Gebiete empfehlen sich Umluft-Dunstabzugshauben, oder der Anschluss der Dunstabzugshaube an die zentrale Abluft- oder Lüftungsanlage.
Erstellung	Die Treibhausgasemissionen der Erstellung von zentralen Lüftungsanlagen hängen hauptsächlich von der Gesamtlänge, Formgebung und den Querschnittsflächen der Rohre/Kanäle ab. Rohre schneiden besser als Kanäle ab, da diese weniger Material (verzinkter Stahl) benötigen. Die Lüftungsverteilung macht ca. 60 % und die der Lüftungsgeräte ca. 20-30 % der Treibhausgasemissionen der Erstellung aus [20].
Luftdichtheit	Die Luftdichtheit spielt bei kontrollierten Lüftungen eine grosse Rolle, da die Zuluft über kontrollierte Zuluftöffnungen erfolgen soll und nicht unkontrolliert über Undichtheiten (Ritzen und Fugen). Dies birgt nicht nur ein Bauschadensrisiko, sondern kann zusätzlich den Komfort beeinflussen (unerwünschte Zugerscheinungen, Geruchsübertragung), die Luftqualität beeinträchtigen (Baustaub, Zersetzungen von Insekten, Radon, Emissionen von Baustoffen) und den Energiebedarf steigern [5]. Weist die Gebäudehülle Undichtheiten auf, ist auch der Schallschutz geschwächt.
Radon	In radonbelasteten Gebieten sind Abluftanlagen in Folge des erzeugten Unterdrucks kritisch [5].
Feuerstätten	Der Betrieb von Abluftanlagen muss in Kombination mit Feuerstätten in Wohnungen (z.B. Cheminées) geprüft werden, da Abluftanlagen mit Unterdruck arbeiten [5].
Klima	Bei starker Windexposition oder sehr tiefen/hohen Aussentemperaturen kann es bei einfachen Abluftanlagen oder Einzelraumgeräten bzw. ALD zu Funktions- oder Komforteinschränkungen kommen.

6 Literatur

- [1] A. Catillaz und F. Fischer, «Lärmbelastung in der Schweiz - Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings sonBase, Stand 2015», 2018. [Online]. Verfügbar unter: www.bafu.admin.ch/uv-1820-d
- [2] U. Rey, «Erneuerbare Energien auf dem Vormarsch». Zugegriffen: 8. August 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.stadt-zuerich.ch/prd/de/index/statistik/publikationen-angebote/publikationen/webartikel/2017-08-21_Erneuerbare-Energien-auf-dem-Vormarsch.html
- [3] Minergie Verein, «Statistik Lüftungssysteme Minergie Neubau Wohnen», 2024, *Persönliche Information*.
- [4] H. Huber, «Persönliche Mitteilungen», 2024, *pensionierter Dozent der Gebäudetechnik*.
- [5] H. Huber, *Wohnungslüftung Planung | Ausführung | Betrieb*. Faktor Verlag Zürich, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.svlw.ch/889-wohnungslueftung-neues-fachbuch>
- [6] R. Bürgi, «Komfortlüftung und Co: dank Corona im Fokus», 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.energie-experten.ch/de/wohnen/detail/komfortlueftung-und-co-dank-corona-im-fokus.html>
- [7] H. Huber, G. Settembrini, A. Primas, und S. Zuber, «Vergleich von Lüftungskonzepten für Wohnbauten», 2022. [Online]. Verfügbar unter: https://www.svlw.ch/images/aktuell/2022/d_20220221_schlussbericht_vergleich_lueftungskonzepte_definitiv.pdf
- [8] H. Huber und C. Hauri, «Gute Raumlufte - Standardlüftungssysteme im Minergie-Wohnhaus», Minergie Schweiz, 2020.
- [9] Bundesamt für Gesundheit BAG, «Lüfterneuerung - Argumentarium für Bauherrschaften», 2024, *Faktenblatt*.
- [10] A. Primas, H. Huber, C. Hauri, und M. Näf, «Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie», Horw, 2018.
- [11] C. Hauri, H. Huber, und A. Primas, «Komfortlüftung im Vollzug Energie», Horw, 2021.
- [12] Bundesamt für Umwelt BAFU, «Lärmbelastung». Zugegriffen: 2. September 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm/fachinformationen/laermbelastung.html>
- [13] Schweizerischer Bundesrat, «Lärmschutz-Verordnung (LSV)», 2024, [Online]. Verfügbar unter: https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1987/338_338_338/de
- [14] SIA 181, «Schallschutz im Hochbau», Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, 2020.
- [15] Merkblatt SIA 2024, «Raumnutzungsdaten für die Energie- und Gebäudetechnik (Merkblatt SIA 2024:2021)», 2021, *Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich*.
- [16] SIA 380/2, «Energetische Berechnungen von Gebäuden – Dynamisches Verfahren für Bedarfsabklärungen, Leistungs- und Energiebedarf», 2022, *Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein*.
- [17] suisetec, «Merkblatt 11 - Kühlung mit der Fussbodenheizung», 2021. [Online]. Verfügbar unter: suisetec.ch
- [18] Minergie, «Version Minergie 2025.1: Anwendungshilfe zu den Gebäudestandards MINERGIE®/MINERGIE-P®/MINERGIE-A®», 2025. [Online]. Verfügbar unter: <https://sonat.com/@minergie/anwendungshilfe-gebaeudestandards-minergie/gueltig/anwendungshilfe-zu-den-gebaeudestandards-minergie?lang=de>
- [19] SIA 180, «Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden (SIA 180:2014)», 2014, *Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich*.

- [20] D. Bionda, G. Settembrini, und S. Domingo, «SYGREN - Systemkennwerte Graue Energie Gebäude-technik», Horw, 2021. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=38539>
- [21] suisstec, «Merkblatt 7: Wohnungslüftungen – Übersicht der Systeme und Komponenten», 2022. [Online]. Verfügbar unter: <https://suisstec.ch>

7 Anhang: Steckbrief Lüftungssysteme

Für einen schnellen Überblick und der Einschätzung der Eignung der verschiedenen kontrollierten Lüftungssysteme in lärmbelasteten Gebieten werden diese als Steckbrief in einer tabellarischen Form zusammengestellt. Hierbei wird in die Kategorien

- Einzelraumlüftungsgeräte,
- einfache Abluftanlagen mit kontrollierten Nachströmöffnungen, z.B. ALD und
- einfache Zu-/Abluftanlagen

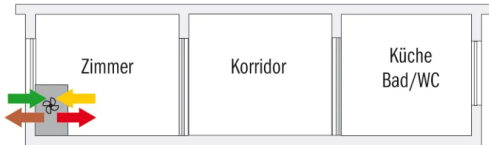
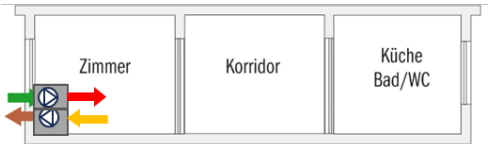
unterschieden. Neben einer Skizze zum Lüftungssystem gibt es eine kurze Beschreibung, eine Aufzählung von Vor- und Nachteilen, sowie eine Einschätzung des Schallschutzes gegen Aussenlärm in fünf Kategorien erstellt:

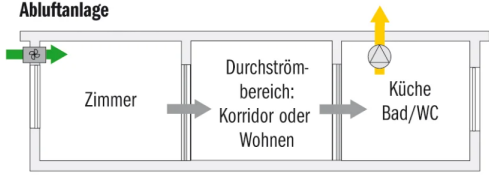
- (1) sehr gut geeignet
- (2) gut geeignet
- (3) weniger gut geeignet
- (4) kaum geeignet
- (5) ungeeignet

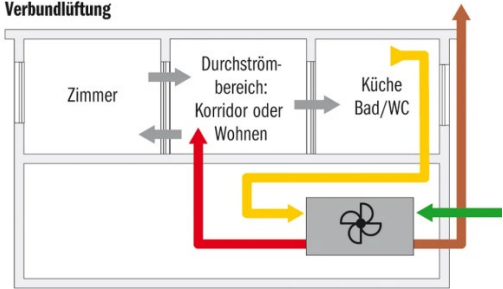
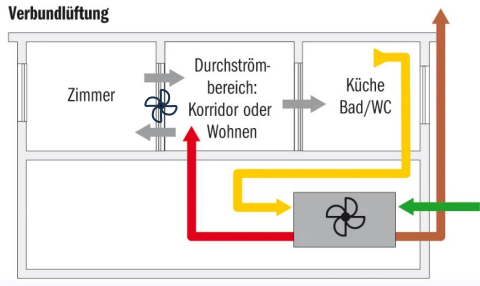
Die tabellarische Form basiert auf [21] mit eigenen Ergänzungen. Farbcodierung der Luft: Frischluft (grün), Zuluft (rot), Abluft (gelb), Fortluft (braun) und Überströmung (grau).

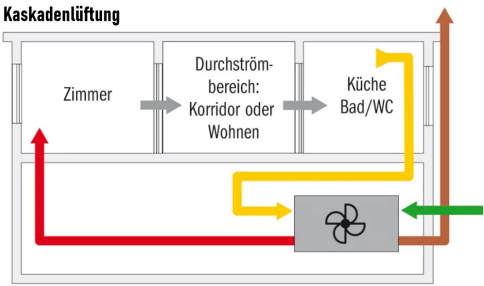
Alle Abbildungen sind [6] entnommen. Die Lüftungssysteme Pendellüfter, Verbundlüftung (aktiv) und Kaskadenlüftung wurden mit eigenen Anpassungen ergänzt.

Die Auflistung erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

Einzelraumlüftung	Vorteile	Nachteile	Eignung in lärmbe- lasteten Gebieten
Einzelraumlüftungsgerät Einzelraumlüftung  Jeder Raum wird einzeln belüftet Oft werden die Einzelraumlüftungsgeräte mit Abluft in Bad/WC kombiniert	- Keine Leitungen notwendig - Wärmerückgewinnung möglich - Luftfilter (Pollen, Feinstaub) - Geringer baulicher Aufwand - Einfache Handhabung - Sinnvoll bei Sanierungen	- Ventilatorgeräusche - Installations- und Wartungsaufwand - Platzbedarf der Geräte - Keine sommerliche Nachtauskühlung möglich - Starker Wind kann Funktion stören - Auf besonnener Seite hohe Zulufttemperaturen im Sommer - Keine sommerliche Nachtauskühlung möglich - Filterwechsel: 1-4 x pro Jahr	Gut geeignet Kaum geeignet, wenn Abluft über einfache Bad/WC-Ventilatoren abgeführt wird
Pendellüfter (Push-Pull) Pendellüfter  Jeder Raum wird einzeln belüftet (Zu-/Abluft werden je in einem separaten Gerät geführt, welche nach einem gewissen Zeitintervall die Strömungsrichtung ändern)			Ungeeignet, da technisch bedingt keine Schalldämpfung vorhanden ist

Einfache Abluftanlage mit kontrollierten Nachströmöffnungen	Vorteile	Nachteile	Eignung in lärmbe- lasteten Gebieten
Einfache Abluftanlage mit kontrollierten Nachströmöffnungen  [6] - Zuluft in Schlaf- und Wohnräumen über kontrollierte Nachströmöffnungen in Fassade, z.B. Aussenluftdurchlässe ALD, Einzelraumlüftungsgeräte oder aktiver Fensterlüfter - Passive Verteilung in die Räume mittels Überströmöffnungen oder geöffnete Türen - Mechanische Abluft Bad/WC, Dusche und Küche	- Wenig Leitungen notwendig - Geringer baulicher Aufwand - Einfache Handhabung - Luftfilter (Pollen, Feinstaub) - Kombination mit Verbundlüftung möglich - Wärmerückgewinnung der Abluft möglich (zentrale Abluftwärmepumpe) - Sinnvoll bei Sanierungen	- Zugerscheinungen möglich - Überströmöffnungen erforderlich - Hohe Luftqualität nur in Räumen mit Zuluft - Keine sommerliche Nachtauskühlung möglich - Nur an Standorten mit geringer Radonbelastung möglich - In Wohnungen mit Feuerstätten nicht überall einsetzbar - Starker Wind kann Funktion stören - Auf besonnener Seite hohe Zulufttemperaturen im Sommer - Keine sommerliche Nachtauskühlung möglich - Filterwechsel: 2-4 x pro Jahr	Weniger gut geeignet, wenn Zuluftöffnungen in der Fassade Kaum geeignet, wenn Abluft über einfache Bad/WC-Ventilatoren abgeführt wird Sehr gut geeignet in den Ablufträumen, wenn Abluft über eine zentrale Abluftanlage abgeführt wird

Einfache Zu-/Abluftanlage	Vorteile	Nachteile	Eignung in lärmbe- lasteten Gebieten
Verbundlüftung (passiv)  - Zuluft an einer zentralen Stelle - Passive Verteilung in die Räume mittels Überströmöffnungen oder geöffneten Türen - Mechanische Abluft in Bad/WC, Dusche und Küche - Mit zentraler Luftbehandlung kombinierbar	- Wenig Leitungen - Wärmerückgewinnung möglich - Einfache Handhabung - Luftfilter (Pollen, Feinstaub) - Funktion bei allen Wetterlagen gegeben - Mittlerer baulicher Aufwand - Sinnvoll bei Sanierungen	- Luftqualität nicht immer optimal - Überströmöffnungen erforderlich - Schallschutz innerhalb der Wohnung reduziert - Keine sommerliche Nachtauskühlung möglich - Filterwechsel: 1-2 x pro Jahr	Kaum geeignet, wenn Abluft über einfache Bad/WC-Ventilatoren abgeführt wird
Verbundlüftung (aktiv)  Analog Verbundlüftung (passiv), jedoch mit einer aktiven Verteilung in die Räume mittels Verbundlüfter		- Ventilatorgeräusche der Verbundlüfter - Hoher Installations- und Wartungsaufwand - Schallschutz innerhalb der Wohnung reduziert - Keine sommerliche Nachtauskühlung möglich - Filterwechsel: 1-2 x pro Jahr	Kaum geeignet, wenn Abluft über einfache Bad/WC-Ventilatoren abgeführt wird Sehr gut geeignet, wenn die Abluft über eine zentrale Anlage abgeführt wird

Einfache Zu-/Abluftanlage	Vorteile	Nachteile	Eignung in lärmbe- lasteten Gebieten
Kaskadenlüftung  [6] Mechanische Zu-/Abluft mit zentraler Luftbehandlung - Zuluft in allen Räumen, die nicht im Durchström- und Abluftbereich liegen - Mechanische Abluft in Bad/WC, Dusche und Küche	- Effiziente Wärmerückgewinnung - Luftfilter (Pollen, Feinstaub) - Hohe Luftqualität - Hoher Komfort - Einfache Handhabung - Funktion bei allen Wetterlagen gegeben - Hoher baulicher Aufwand - Sinnvoll bei Neubauten	- Grosses Rohrnetz - Hoher Platzbedarf, daher oft bei Sanierungen nicht möglich - Aufwändiger Brandschutz - Anlagengeräusche von Zentralgeräten in Einzelwohnungsanlagen möglich - Überströmöffnungen erforderlich - Keine sommerliche Nachtauskühlung möglich - Hoher Installations- und Wartungsaufwand - Filterwechsel: 1-2 x pro Jahr	Sehr gut geeignet