

Gute Raumluft

Standardlüftungssysteme im Minergie-Wohnhaus

Inhalt

Gute Luft braucht der Mensch	4
Die Fragen der Bauherrschaften	5
Luftwechsel in Wohnungen	6
Standardlüftungssysteme	8
Systemwahl	11
Systemvergleich	12
Konzeptempfehlungen	14
Hinweise für Fachleute	18
Beispiele aus der Praxis	23
Weitere Infos	26

Impressum

Herausgeber

Verein Minergie

Veröffentlichungsdatum

2018, Überarbeitung September 2022

Produktion

Text: Heinrich Huber, Claudia Hauri und Alex Primas, Hochschule Luzern, Technik & Architektur, Institut für Gebäudetechnik und Energie

Lektorat: René Mosbacher, Faktor Journalisten AG, Zürich

Grafik: Christine Sidler, Noemi Bösch, Faktor Journalisten AG, Zürich

Druck: Birkhäuser+GBC AG, Reinach

Bildnachweis

Titelbild: Daniel Swarovski Corporation, Männedorf, ZH-3100 (Foto: HGEsch Photography).

Seite 18: Zehnder Group Schweiz AG

Seite 25: Ralph Feiner, Malans



Komfortabel, flexibel und erprobt

Mehr als drei Viertel unserer Zeit verbringen wir hierzulande in Gebäuden. Entsprechend wichtig ist gute Raumlufte. Im Minergie-Haus tauscht eine automatische Lüftung verbrauchte Luft gegen frische. So sorgt sie für Komfort und Sicherheit, weil zum Lüften keine Fenster geöffnet werden müssen.

Selbstverständlich dürfen die Bewohnerinnen und Bewohner aber die Fenster öffnen, wann immer sie wollen. Egal, ob Neubau oder Erneuerung – es gibt für jeden Fall ausgereifte Standardlüftungssysteme.

Gute Luft braucht der Mensch

Damit sich Menschen in Räumen wohl fühlen, brauchen sie gute Luft. Weil heutige Gebäude weitgehend luftdicht sind, muss technisch für einen geregelten Luftaustausch gesorgt werden, sonst reichern sich rasch Gerüche, CO₂ oder Feuchte in der Raumluft an. Das kann hygienische Probleme verursachen, schadet dem Komfort und birgt bauphysikalische Risiken. Aus Erfahrung wissen wir heute, dass manuelles Lüften meist keine optimalen Resultate liefert. Weil die Nutzenden die schlechte Luftqualität oft gar nicht wahrnehmen, wird teils zu wenig oft oder zu wenig gründlich gelüftet. Manchmal werden auch Räume oder ganze Wohnungen mit angestellten Fenstern «dauergelüftet». Dadurch geht in der kalten Jahreszeit viel Energie verloren.

Die automatische Lüftung sorgt also nicht nur für gute Luftqualität, sie spart auch Energie. Und weil zum Lüften keine Fenster geöffnet werden müssen, schützt sie vor Lärm von aussen und verbessert zudem die Sicherheit.

Heute stehen viele erprobte Lüftungssysteme zur Verfügung. Einige von ihnen lassen sich auch kombinieren, sodass es für fast jeden Fall eine optimale Lösung gibt. Diese Broschüre geht auf die Konzepte, ihre Eigenschaften und Einsatzgebiete ein. Die nachstehende Abbildung zeigt am Beispiel einer Komfortlüftung einige wichtige Punkte, die bei der Planung und Ausführung beachtet werden müssen. Spezifische Anforderungen für die anderen Standardlüftungssysteme finden Sie bei den Systembeschreibungen.

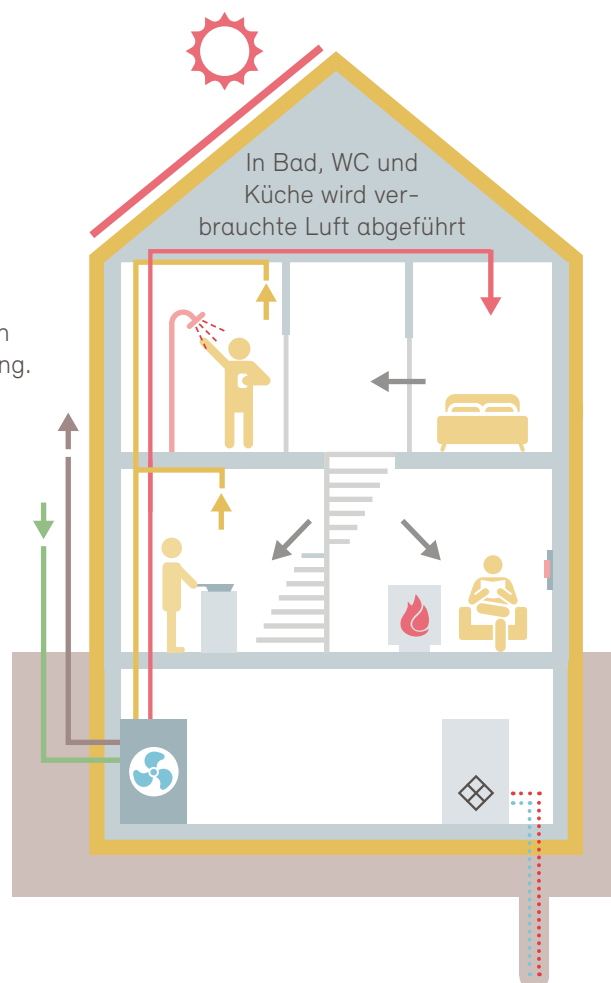
Wohnungslüftung – wichtige Punkte

Alle Anlagenteile sind für Inspektion und Reinigung zugänglich, z. B. Revisionsdeckel bei Verteilern.

Aussen- und Fortluftleitungen in beheizten Räumen sowie Zu- und Abluftleitungen in unbeheizten Räumen brauchen 3 cm bis 10 cm Wärmedämmung.

Platzierung der Aussenluft-Durchlässe:
– an einer Lage mit geringer Luftbelastung
– minimale Höhe über Boden 1,5 m bis 3 m

Lüftungsgeräte möglichst nahe bei der äusseren Wärmedämmung des Gebäudes platzieren.



Der Luftvolumenstrom richtet sich nach den hygienischen Anforderungen und soll pro Wohnung dem Bedarf angepasst werden können.

In den Zimmern wird frische Luft zugeführt.

Wird in der Wohnung eine Feuerstätte betrieben, darf die Lüftung keinen Unterdruck erzeugen.

Offene Wohnbereiche werden ohne separate Luftzufuhr ausreichend durchströmt.

Die Steuerung ist gut zugänglich in der Wohnung platziert.

Die Fragen der Bauherrschaften

Dürfen die Fenster geöffnet werden?

In Wohnungen mit automatischen Lüftungen dürfen Fenster jederzeit geöffnet werden. Allerdings reduziert häufiges Fensterlüften den Nutzen einer allenfalls vorhandenen Wärmerückgewinnung. Bei Abluftanlagen wird die Luftverteilung durch geöffnete Fenster gestört. Bei Wohnbauten ist es sogar üblich, dass in gewissen Situationen die Fenster geöffnet werden müssen. Typischerweise ist dies zur Nachtauskühlung im Sommer der Fall. Wenn wegen hoher Aussenluftbelastung oder Aussenlärmbelastung (z. B. Schlafzimmer an stark befahrenen Strassen) offene Fenster den Komfort unzulässig beeinträchtigen, gilt es früh in der Planung zu klären, wie der sommerliche Wärmeschutz ohne Fensterlüftung gewährleistet werden kann.

Übertragen Lüftungen Schall in der Wohnung oder zwischen Wohnungen?

Die meisten Schallprobleme entstehen durch zu hohe Ventilatorgeräusche respektive wegen deren ungenügender Dämpfung. Akustische Massnahmen (z. B. die Auswahl von geeigneten Schalldämpfern oder von leiseren Lüftungsgeräten) müssen daher schon in der Planung getroffen werden.

Schallübertragungen zwischen Wohnungen werden kaum beanstandet. Auch innerhalb von Wohnungen gibt es damit bei üblichen Anforderungen kaum Probleme. Spezielle Massnahmen sind allenfalls bei hohen Ansprüchen notwendig (z. B. Telefonschalldämpfer). Zu beachten gilt es, dass sich Schall ausser über die Luftleitungen auch via Überströmdurchlässe (z. B. Luftspalte unter Türen), Türen und Trennwände zwischen Zimmern übertragen kann.

Bei Abluftanlagen und Einzelraum-Lüftungsgeräten ist der Schutz gegen Aussenlärm wichtig. Da die Berechnungen und die Schallschutznachweise hierfür anspruchsvoll sind, sollen Spezialisten wie Bauakustiker beigezogen werden.

Wird die Luft im Winter zu trocken?

Die Luftfeuchte hängt vom Aussenluftvolumenstrom und vom Feuchteanfall in den Räumen ab. Das bedeutet: Auch bei Wohnungen mit Fensterlüftung kann trockene Raumluft entstehen, wenn beispielsweise dauernd Kippfenster geöffnet sind und die Belegung tief ist.

Bei mechanischen Lüftungen lässt sich trockene Luft in erster Linie vermeiden, indem die Luftvolumenströme nicht überdimensioniert werden und die Betriebsstufe in jeder Wohnung dem Bedarf respektive der Belegung angepasst werden kann. Zusätzlich lassen sich Lüftungsgeräte mit Feuchterückgewinnung einsetzen.

Wie oft müssen die Filter gewechselt werden?

Die Standzeit eines Filters hängt von der Luftbelastung, von seiner wirksamen Fläche und der Feuchte ab, der er ausgesetzt ist. In der Regel sollte von zwei Filterwechseln pro Jahr ausgegangen werden. Unter günstigen Bedingungen reicht allenfalls einer. Bei hoher Aussenluftbelastung (verkehrsreiche Strasse oder überdurchschnittlich viel Blütenstaub) und knapp bemessenen Filtern ist aber allenfalls ein häufigerer Wechsel erforderlich. Eine Filterüberwachung hilft, den richtigen Zeitpunkt zu erkennen.

Die Filter und deren Wechsel verursachen einen namhaften Anteil der Betriebskosten einer Wohnungslüftung. Deshalb lohnt es sich, bereits bei der Wahl des Lüftungsgeräts die Kosten für den Filterwechsel abzuklären. Filter mit grossen Flächen sind meist nur wenig teurer als solche mit kleinen. Wegen der längeren Standzeit sind grosszügig dimensionierte Filter oft wirtschaftlicher als knapp bemessene.

Sorglospaket Lüftung

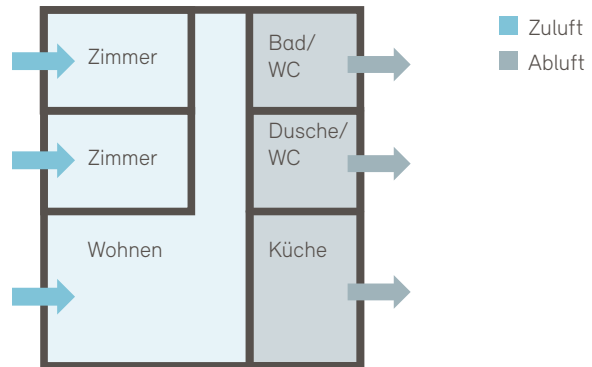
Mit dem Minergie-Modul «Komfortlüftung» erhält die Bauherrschaft eine Systemgarantie und muss sich um keine Details bei der Lüftung kümmern.

Luftwechsel in Wohnungen

Unabhängig davon, ob mechanisch oder manuell gelüftet wird, gelten für den kontrollierten Luftwechsel in Wohnungen folgende Grundsätze:

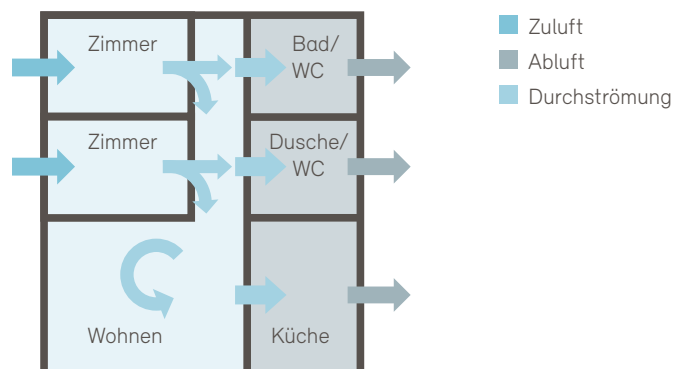
- In den Zimmern und im Wohnbereich wird zumindest während der Nutzung unbelastete Luft von aussen oder von anderen Räumen mit guter Luftqualität zugeführt.
- Die abströmende Luft wird in andere Räume oder nach aussen geführt.
- In Bad, Dusche, WC und Küche wird zumindest während der Nutzung die belastete Luft nach aussen abgeführt. Die Ersatzluft strömt von anderen Räumen oder von aussen nach.

Aus diesen Grundsätzen lassen sich für den von Minergie verlangten kontrollierten Luftwechsel folgende drei Prinzipien der Luftführung ableiten:



1. Kaskade

- Im Zuluftbereich, das heisst in den Zimmern, wird Zuluft zugeführt.
- Im Abluftbereich, das heisst in Bad, Dusche, WC und Küche, wird die Abluft abgeführt.
- Der Durchströmbereich befindet sich zwischen dem Zu- und Abluftbereich. Er umfasst den Korridor und den offenen Wohnbereich. Im Durchströmbereich befinden sich keine Zu- oder Abluftdurchlässe, da er durch die natürliche Luftumwälzung ausreichend belüftet wird.
- Die Luft gelangt durch passive Elemente oder einen Luftspalt unter der Tür vom Zuluft- in den Durchströmbereich und vom Durchström- in den Abluftbereich.
- Zu- und Abluftvolumenstrom sind über die gesamte Wohnung immer gleich gross.



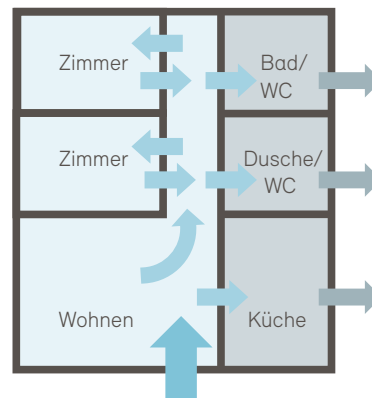
2. Verbund

- Als Zuluftbereich dient der offene Raum der Wohnung, an den die Zimmer angrenzen. Er umfasst in der Regel den Korridor und den Wohnbereich. Hier wird der gesamte Zuluftvolumenstrom der Wohnung eingeführt. Dies kann über einen einzigen Zuluftdurchlass geschehen.
- Im Abluftbereich, das heisst in Bad, Dusche, WC und Küche, wird die Abluft abgeführt.
- Im Verbundbereich liegen typischerweise die Zimmer. Stehen die Türen offen, sorgt die natürliche Luftbewegung hier für ausreichende Umwälzung.

- Bei Neubauten fordert Minergie, dass sogenannte Verbundlüfter oder aktive Überströmer eingesetzt werden. Sie sorgen bei geschlossenen Türen für den Luftaustausch zwischen Zuluftbereich und Verbundbereich.
- Bei Modernisierungen werden Verbundlüfter für optimalen Komfort empfohlen, aber nicht zwingend verlangt. Es wird davon ausgegangen, dass bei belegten Räumen, also z. B. nachts, die Tür offen steht oder ein Fenster zeitweise geöffnet wird. Sollten Probleme wie etwa Schimmelfall auftreten, müssen die betroffenen Zimmer mit Verbundlüftern oder anderen selbsttätig funktionierenden Lüftungstechnischen Einrichtungen ausgerüstet werden.
- Zu beachten: Bei Verbundlüftungen gelangen Gerüche beispielsweise aus der Küche in die Zimmer, wenn keine Vorkehrungen getroffen werden. Nehmen wir einen Fondueabend: Laufen die Verbund-

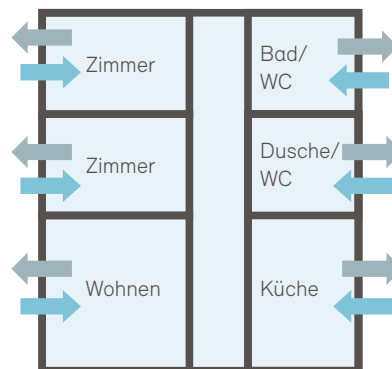
lüfter, verteilen sich die Kochgerüche auch bei geschlossenen Zimmertüren in alle Räume. Um dies zu vermeiden, müssen sich die Verbundlüfter bei Bedarf ausschalten lassen, etwa über einen Zeitschalter.

- Zu- und Abluftvolumenstrom sind über die gesamte Wohnung immer gleich gross.
- Verbundlüftungen zeichnen sich durch kurze Zuluftleitungen aus, was kostentechnisch und architektonisch interessant ist.



3. Einzelraum

- Die Zuluft wird in jedem Raum direkt von aussen zu- und die Abluft direkt nach aussen abgeführt.
- Bei solchen Anlagen wird im Korridor keine Luft gezielt zu- oder abgeführt. Es wird davon ausgegangen, dass durch offenen stehende Türen und Personenverkehr eine ausreichende Durchströmung entsteht.
- Zu- und Abluftvolumenstrom sind über die gesamte Wohnung immer gleich gross.



Kombination

Diese drei Prinzipien lassen sich bei Bedarf auch kombinieren. So kann beispielsweise in einer Wohnung, die mehrheitlich mit einer Kaskadenlüftung versorgt wird, ein Zimmer mit einer Verbundlüftung ausgerüstet werden (Seite 23). Weitererführende Informationen zur Luftführung in Wohnungen sind in [1] und [2] zu finden.

Standardlüftungssysteme

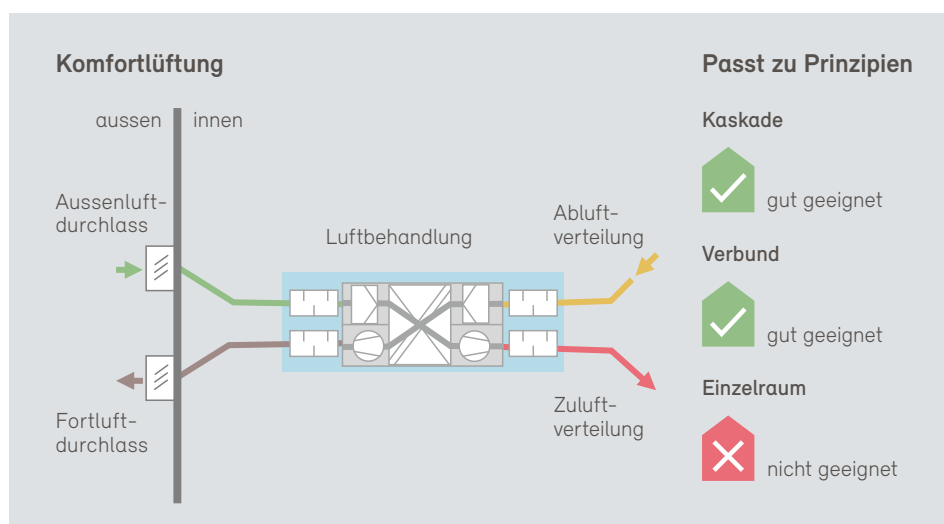
Die beschriebenen Prinzipien des kontrollierten Luftwechsels lassen sich mit verschiedenen Lüftungssystemen umsetzen. Als Standardlüftungssysteme werden die bewährten und am meisten verbreiteten Anlagentypen in Minergie-Wohngebäuden bezeichnet. Neben diesen Systemen sind weitere Lösungen zulässig, die den Anforderungen des Minergie-Reglements entsprechen. Auf die Dimensionierung der Anlagen und die Anforderungen an ihre Komponenten wird hier nicht eingegangen. Auch der Minergie-Standard legt in der Regel keine Detailanforderungen fest, sondern setzt voraus, dass die Schweizer Normen eingehalten werden.

Komfortlüftung

Die Komfortlüftung bietet von allen Standardlüftungssystemen am meisten Optionen, was Wärmerückgewinnung, Feuchteübertragung und Komfort angeht. Sie verursacht aber auch höhere Investitionskosten als andere Systeme.

Die Aussenluft gelangt über die Aussenluftverteilung zur Luftbehandlung. Dort wird sie gefiltert und durch die Wärmerückgewinnung (WRG) erwärmt oder (im Sommer) gekühlt. Anschliessend gelangt die Zuluft via Zuluftverteilung in die Wohnung, wo sie nach dem Kaskaden- oder Verbundprinzip geführt wird. Zimmer, die

nicht im Durchströmbereich liegen, werden bei Neubauten immer mit einem Zuluftdurchlass oder Verbundlüfter ausgerüstet. Bei Modernisierungen sind Ausnahmen möglich (siehe Verbundprinzip, Seite 6). Die Abluft gelangt über die Abluftverteilung zur Luftbehandlung zurück. Dort wird sie durch die WRG abgekühlt oder (im Sommer) erwärmt. Die Fortluft wird schliesslich über die Fortluftverteilung nach aussen geführt. Bei Mehrfamilienhäusern kann eine Luftbehandlung mehrere Wohnungen versorgen. Dies wird als Mehrwohnungsanlage bezeichnet. Erhält hingegen jede Wohnung eine eigene Luftbehandlung, spricht man von Einzelwohnungsanlagen. Eine Wärmerückgewinnung überträgt rund 80% der sensiblen (= spürbaren) Wärme von der Abluft auf die Zuluft. Besonders für Einzelwohnungsanlagen werden Lüftungsgeräte angeboten, die zusätzlich auch Feuchte übertragen. Diese Bauart wird als Enthalpieübertrager bezeichnet. Beim Abkühlen der Abluft kann in der Wärmerückgewinnung Wasser kondensieren. In der kalten Jahreszeit kann das Wasser gefrieren und den Wärmetauscher verstopfen, was die Funktion der ganzen Anlage beeinträchtigt. Deshalb ist ein Frost- oder Vereisungsschutz erforderlich. Energetisch vorteilhaft ist entweder die Vorwärmung der Zuluft mit Umweltwärme oder der Einsatz eines Enthalpieübertragers. Solche Wärmeübertrager setzen



auch bei Minustemperaturen kein Eis an. Bei Einzelwohnungsanlagen werden teilweise elektrische Vorheizungen eingesetzt. Weil sie aber je nach Ausführung viel Strom verbrauchen, muss das im Minergie-Nachweis berücksichtigt werden. Die einseitige Reduktion des Aussenluftvolumenstroms ist als Vereisungsschutz nicht zulässig, da der dabei entstehende Unterdruck bezüglich Hygiene und Komfort kritisch ist.

Abluftanlage

Abluftanlagen basieren auf einem sehr einfachen Prinzip der mechanischen Lüftung. Komfort und Energieeffizienz sind im Vergleich zur Komfortlüftung eingeschränkt, die Investitionskosten dafür deutlich tiefer und die baulichen Eingriffe (Leitungen) weniger stark.

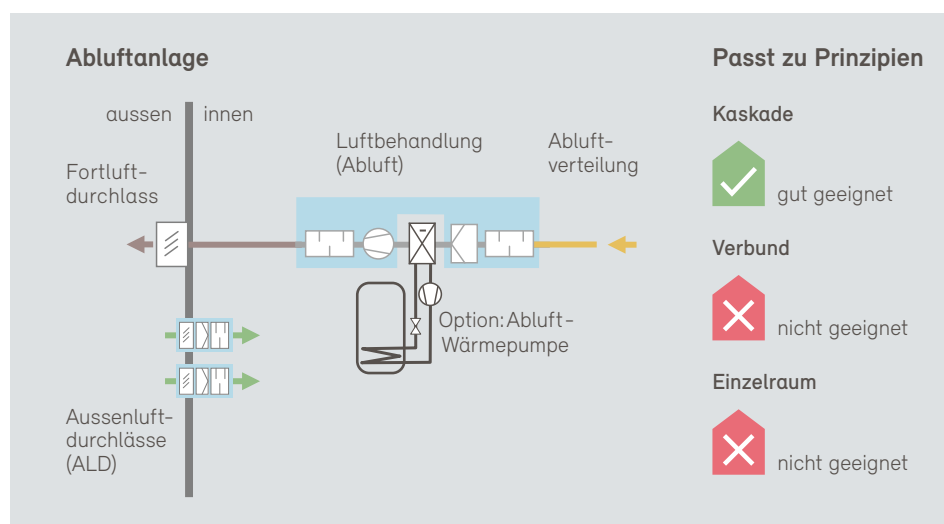
Bei Abluftanlagen wird nur die Abluft mechanisch gefördert. Dadurch entsteht in der Wohnung ein Unterdruck, der die Aussenluft über die Aussenluftdurchlässe (ALD) in den Zuluftbereich befördert. Der Unterdruck führt aber selbst bei sehr dichten Gebäuden dazu, dass Luft neben den ALD auch durch Ritzen und Fugen (z. B. durch Installationszonen oder vom Treppenhaus) in die Wohnung gelangt. Diese Volumenströme werden als Infiltration bezeichnet und sind sowohl bei der

Dimensionierung als auch beim Energiemachweis zu berücksichtigen. Beachtet werden muss auch, dass bei offenen Fenstern die Luftverteilung in der Wohnung nicht mehr wie geplant funktioniert. Deshalb müssen die Bewohnerinnen und Bewohner instruiert werden, dass sie die Fenster nur kurz öffnen sollen.

Die ALD müssen gegen Aussenlärm schützen (vgl. Lärmschutzverordnung) und je nach Anforderung und Aussenluftqualität mit Filtern ausgerüstet sein. Weil diese Filter relativ klein sind, müssen sie häufiger gewechselt werden als bei Komfortlüftungen. In der Wohnung wird die Luft nach dem Kaskadenprinzip geführt. Zur Nutzung der Wärme in der Abluft können Abluft-Wärmepumpen eingesetzt werden. Die so gewonnene Wärme wird meist zum Bereiten des Warmwassers und teilweise als Heizungsunterstützung genutzt. Abluftanlagen lassen sich als Einzel- oder Mehrwohnungsanlagen realisieren.

Bei einfachen Abluftanlagen sind wegen des Unterdrucks in der Wohnung folgende Aspekte gesundheitlich und sicherheitstechnisch relevant:

- Es darf keine raumluftabhängige Feuerung vorhanden sein.
- Der Radongehalt in der Wohnung darf sich nicht erhöhen.
- Achtung! Bei Auswahl und Positionierung der ALD darauf achten, dass keine Zugluft entsteht.



Einzelraumlüftung

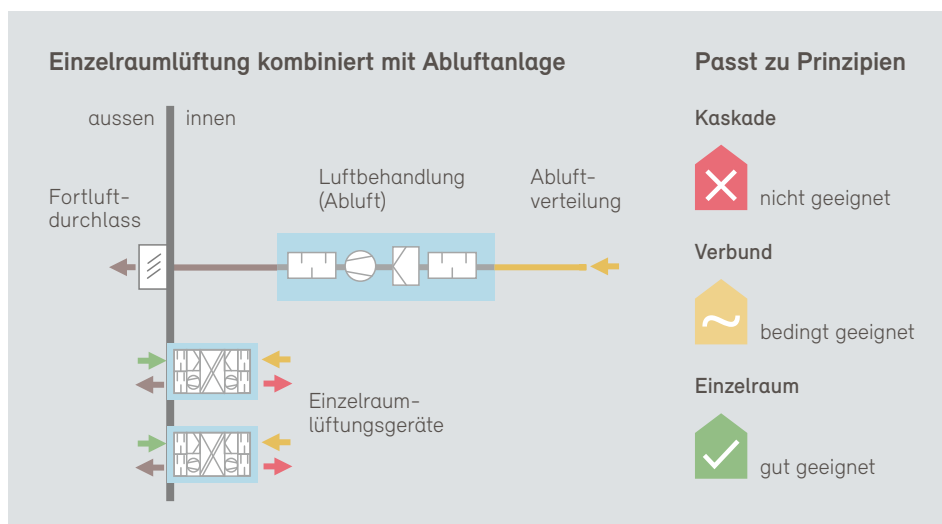
Einzelraumlüftungen kombinieren die technischen Eigenschaften einer Komfortlüftung mit der Einfachheit einer Abluftanlage. Sie benötigen weder Zu- noch Abluftleitungen.

Einzelraumlüftungsgeräte sind mit Zu- und Abluftventilator, Filtern und Wärmerückgewinnung ausgestattet. Die Luftbehandlung ist also gleich wie bei einer Komfortlüftung.

Häufig werden Einzelraumlüftungsgeräte im Wohnbau mit Abluftanlagen kombiniert. Bad, Dusche und WC erhalten keine Einzelraumlüftungsgeräte. Stattdessen wird die Abluft abgesaugt und nach aussen geblasen. Bei der Projektierung des gesamten Lüftungssystems und beim Energienachweis muss berücksichtigt werden, dass die Abluftanlage mindestens einige Stunden pro Tag in Betrieb ist. Während dieser Zeit ist die Wärmerückgewinnung durch die Einzelraumgeräte beeinträchtigt. Das bedeutet: Die Luftvolumenstrombilanz und die Druckverhältnisse sollen so definiert werden, dass die Einzelraumlüftungen möglichst wenig gestört werden. Wenn nötig, braucht es geeignete Steuerungen oder Regelungen, die für optimale Druckverhältnisse sorgen. Auch bei Einzelraumlüftungen muss der Vereisungsschutz der WRG berücksichtigt werden.

Auch hier lässt er sich mit einem Enthalpieübertrager lösen.

Der Markt bietet mittlerweile eine breite Palette an Produkten mit unterschiedlichen Bauformen und in unterschiedlicher Qualität. Bei der Produktwahl gilt es darauf zu achten, dass die Anforderungen der Schweizer Normen an den maximalen Schallpegel, den minimalen Luftvolumenstrom und die Hygiene (z. B. minimale Filterstufe) eingehalten werden.



Systemwahl

Aufgrund ihrer technischen Konzepte haben die verschiedenen Standardlüftungssysteme unterschiedliche Stärken und Schwächen. So bietet die klassische Komfortlüftung bei Komfort und Energieeffizienz Vorteile. Weil sie aber separate Kanäle für Zu- und Abluft benötigt, eignet sie sich vor allem für Neubauten oder Erneuerungen, bei denen auch die In-

nenräume baulich verändert werden. Bei Erneuerungen hingegen, die sich auf die Gebäudehülle beschränken, lassen sich Einzelraumlüftungen und Abluftanlagen unter Umständen deutlich günstiger realisieren. Falls sinnvoll und nötig, können die Systeme auch bis zu einem gewissen Grad kombiniert werden.

Vor- und Nachteile der Standardlüftungssysteme

Kriterium		Lüftungssystem		
		Komfortlüftung	Abluftanlage	Einzelraumlüftung, kombiniert mit Abluft in Bad, WC und Dusche
Energie	Wie gut lässt sich die erforderliche gewichtete Energiekennzahl bei Neubauten erreichen?	Gute Voraussetzung, besonders bei Bedarfsregelung und Kaskaden- oder Verbundlüftung	Zusammen mit einer effizienten Wärmeerzeugung machbar, z. B. mit einer Abluftwärmepumpe für Warmwasser	In der Regel gut machbar
	Wie gut lässt sich die erforderliche gewichtete Energiekennzahl bei Modernisierungen erreichen?	Sehr gut machbar	Gut machbar	Gut machbar
Schallschutz	Wie einfach lassen sich die Anforderungen an den Schutz vor Anlagegeräuschen umsetzen?	Bei fachgerechter Planung und Installation lassen sich tiefe Schalldruckpegel erreichen	In den Zimmern sind meist keine Lüftungsgeräusche wahrnehmbar, Abluftventilatoren müssen dauernd eingeschaltet sein	Anspruchsvoll, viele auf dem Markt erhältliche Geräte halten die Anforderungen der Schweizer Normen nicht ein
	Wie gut ist der Schallschutz gegen aussen?	Selbst an sehr lauten Lagen ist ein guter Schallschutz möglich	An ruhigen Lagen unproblematisch, an lauten Lagen sind Abklärungen durch Bauakustiker erforderlich	Hängt stark vom Gerät ab. An ruhigen Lagen unproblematisch, an lauten Lagen sind Abklärungen durch Bauakustiker erforderlich
Luftqualität	Welche Filterstufen sind möglich?	Die meisten Geräte sind mit Feinstaubfiltern ausgerüstet, bei Bedarf sind zusätzliche Filterstufen möglich	ALD mit Feinstaubfiltern sind erhältlich, aber die meisten Produkte haben nur Grobstaubfilter oder gar keine Filter	Geräte mit Feinstaubfiltern sind erhältlich. Für viele Produkte gibt es aber nur Grobstaubfilter
	Wie ist die empfundene Raumlufthqualität?	Gut, eine Bedarfsregelung wird empfohlen	Gut, eine Bedarfsregelung wird empfohlen	Gut, eine Bedarfsregelung wird empfohlen
Behaglichkeit	Wie hoch ist das Zugluftisiko?	Bei korrekter Auswahl und Platzierung der Zuluftdurchlässe sehr gering	Selbst bei korrekt ausgewählten und platzierten ALD sowie richtig ausgelegten Volumenströmen heikel	Bei korrekter Auswahl und Platzierung der Geräte gering
	Mit welchen Massnahmen kann tiefen Raumlufthfeuchten vorgebeugt werden?	Geräte mit Feuchterückgewinnung wählen, Bedarfsregelung und Kaskaden- oder Verbundlüftung vorsehen	Mit Bedarfssteuerung und Kaskadenlüftung betreiben. Nicht überdimensionieren!	Geräte mit Feuchterückgewinnung wählen, Bedarfsregelung vorsehen. Nicht überdimensionieren!
Bedarfsregelung	Wie kann eine Bedarfsregelung realisiert werden?	Bedieneinheit und Luftqualitätssensor in der Wohnung	Bedieneinheit in der Wohnung, allenfalls feuchtegeregelte ALD	Bedieneinheit und Luftqualitätssensor pro Zimmer
Wartung	Wie hoch ist der Wartungsaufwand?	Ein bis zwei Filterwechsel pro Jahr, Hygienemassnahmen siehe Seite 18	Zwei- bis dreimal pro Jahr: Filter bei allen ALD wechseln, ALD von innen und aussen reinigen, Hygienemassnahmen siehe Seite 18	Ein- bis dreimal pro Jahr: An jedem Gerät Filter wechseln, Geräte innen und aussen reinigen, Hygienemassnahmen Seite 18
Modernisierung	Wie gut ist das System für Modernisierungen geeignet?	Geeignet, wenn auch Innenbereich saniert wird (Küche, Bad und Steigzonen) vor allem in Kombination mit Verbundlüftern	Gut geeignet bei Fassaden- und FensterErneuerungen	Gut geeignet bei Fassaden- und FensterErneuerungen (elektrische Installationen erforderlich)
Bauliche Aspekte	Wo können Probleme entstehen?	Lange Luftleitungen – wo unterbringen?	Fassadendurchbrüche für ALD erforderlich	Fassadendurchbrüche und Stromversorgung für Lüftungsgeräte erforderlich

Systemvergleich

Um Stärken und Schwächen verschiedener Lüftungssysteme abschätzen zu können, genügt es nicht, nur die technischen und finanziellen Aspekte zu beurteilen. Ebenso wichtig sind Komfort und gesundheitliche Aspekte. Eine neue Studie der Hochschule Luzern [5] deckt all diese Bereiche ab.

Untersucht wurden insgesamt zwölf Parameter. Sechs betreffen die Technik und Wirtschaftlichkeit, sechs nutzungs- und gesundheitsrelevante Aspekte. Zum Vergleich wurde auch eine Fensterlüftung mit einfachem Badabluftventilator beurteilt. Die wesentlichen Erkenntnisse sind:

- Hinsichtlich Komfort und Gesundheit schneiden Komfortlüftungen mit Wärmerückgewinnung insgesamt deutlich besser ab als die anderen Konzepte.
- Bessere Raumluftqualität, Raumluftfeuchte, thermische Behaglichkeit, Robustheit, Betriebsenergie und Schallschutz müssen aber stets durch höhere Investitionen und Materialbedarf (graue Energie) erkauft werden. Verteilkonzepte nach dem Kaskadenprinzip können dem bis zu einem gewissen Grad entgegenwirken.

- Abluftanlagen erhalten wegen des systembedingten Unterdrucks in der Wohnung, der fehlenden Aussenluft-Vorwärmung, des Überhitzungsrisikos und der geringeren Robustheit im Betrieb schlechtere Bewertungen bei den nutzungs- und gesundheitsrelevanten Aspekten.

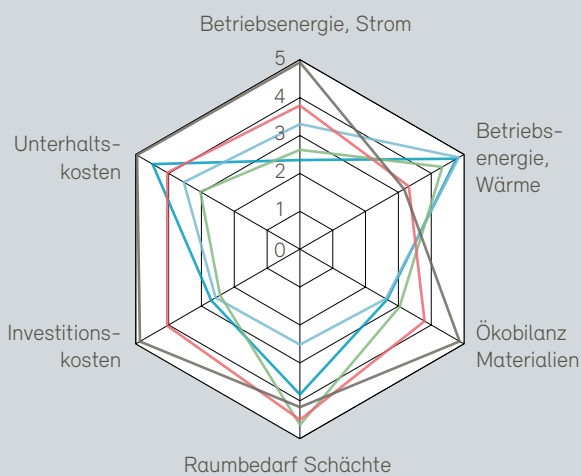
In der Praxis hängen Relevanz und Gewichtung der Kriterien stark vom jeweiligen Objekt, seinem Standort und weiteren Rahmenbedingungen ab. Sie müssen von den Entscheidungsträgern individuell festgelegt werden (siehe Seiten 14 bis 17).

Vergleich Kosten und Treibhauspotenzial

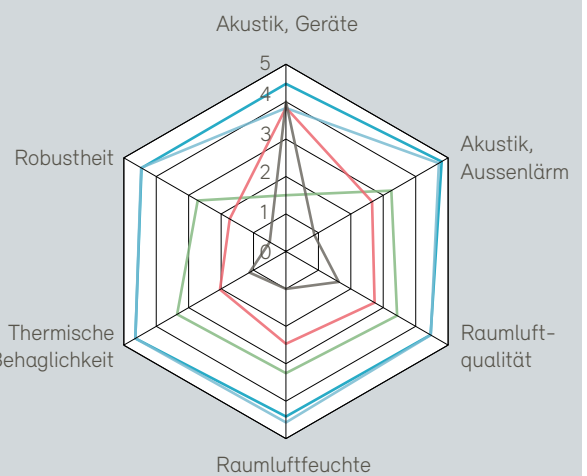
Für die Bilanzierung der Jahreskosten und des Treibhauspotenzials wurden in der erwähnten Studie [5] die jeweiligen Ergebnisse zusammengefasst. Dabei wurde angenommen, dass die Lüftungsanlagen in einem Gebäude mit Luft-Wasser-Wärmepumpe betrieben werden. Der Strom entspricht dem Schweizer Verbrauchermix.

Vergleich Lüftungssysteme

Technische und wirtschaftliche Parameter



Nutzungs- und gesundheitsrelevante Parameter



Vergleich verschiedener Lüftungssysteme hinsichtlich technischer/wirtschaftlicher sowie nutzungs-/gesundheitsrelevanter Parameter. Bewertung: 5 = sehr gut, 0 = schlecht. (Quelle: [5])

- Komfortlüftung, Mehrwohnungsanlage
- Komfortlüftung, Einzelwohnungsanlage
- Einzelraumlüftung kombiniert mit Abluftanlage

- Abluftanlage für Dauerbetrieb mit Abluft-WP
- Fensterlüftung kombiniert mit Abluftanlage

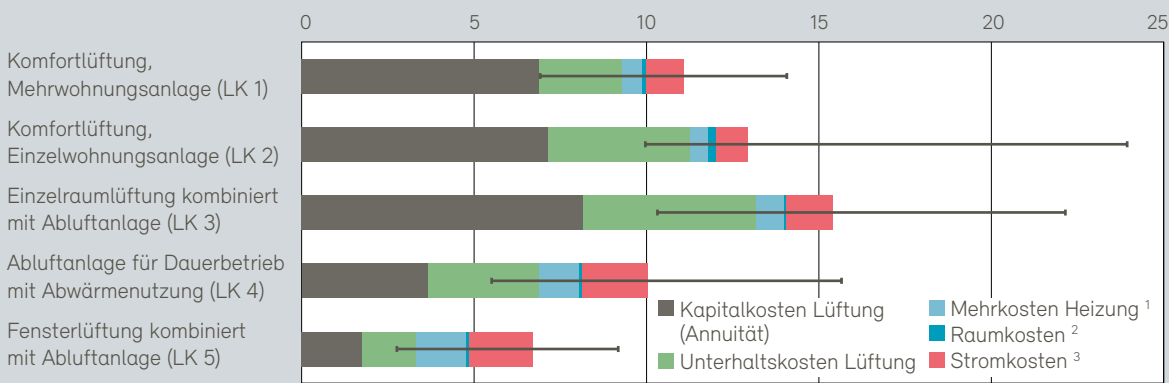
Jahreskosten

Aus Investitions-, Unterhalts- und Betriebsenergiekosten (Strom für die Anlage und die Wärmepumpe) wurden die Jahreskosten berechnet. Dabei zeigte sich, dass die Instandhaltung über die Lebensdauer ähnlich stark ins Gewicht fällt wie die Investition selbst. Die Einzelraumlüftung schneidet bei den Jahreskosten am schlechtesten ab. Am günstigsten ist wie zu erwarten die Fensterlüftung, wobei die besten Komfortlüftungen und Abluftanlagen vergleichbare Werte erreichen.

CO₂-Gesamtbilanz

Das gesamte Treibhauspotenzial einer Lüftungsanlage umfasst die Treibhausgasemissionen aus der Materialökobilanz (graue Energie) und diejenigen aus dem Verbrauch an Betriebsenergie (Strom und Wärme). Sie werden als CO₂-Äquivalente angegeben. Der Wärmebedarf respektive die Wärmeverluste der Anlage spielen in der Gesamtökobilanz eine wesentliche Rolle. Deshalb haben Lüftungen mit Wärmerückgewinnung eine bessere Treibhausgasbilanz als Fensterlüftungen.

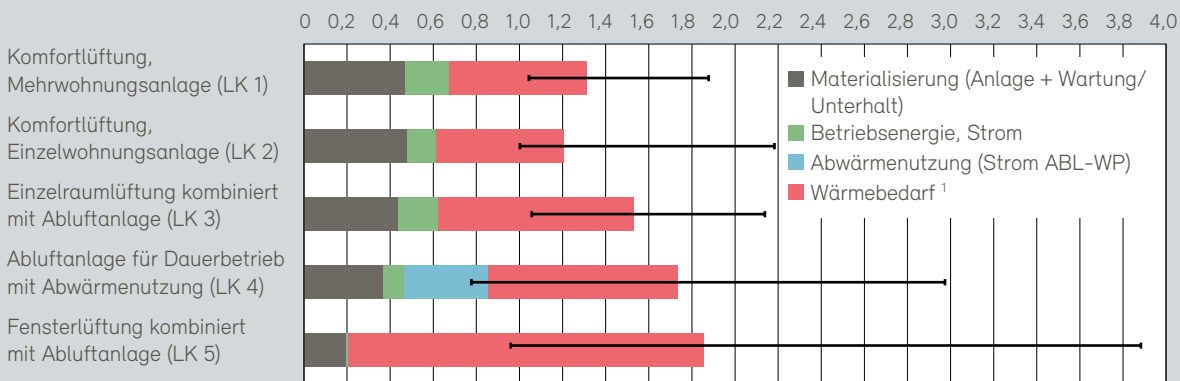
Jahreskosten Lüftungskonzepte (LK) in Fr./m²·a



¹ Kosten für die zusätzlich erforderliche Wärmeleistung der Heizung zur Kompensation der Lüftungsverluste; Basis: Grenzkosten Luft-Wasser-WP und Wärmeverteilung
² Kapitalkosten für Raumbedarf der Lüftungsschächte und anteilig der Heizung; Basis: 350 Fr./m³, 60 Jahre Abschreibedauer, Raumbedarf für Geräte nicht in Bewertung enthalten.
³ Strombedarf für Lüftungsanlage, Abluft-Wärmepumpe (nur LK 4) sowie Mehrbedarf der Heizungswärmepumpe für die Kompensation der Lüftungsverluste; Basis: Strompreis 0.2 Fr./kWh

Vergleich der Jahreskosten von Lüftungssystemen. Die Fehlerbalken zeigen die Spannweite der untersuchten Varianten. (Quelle: [5])

Treibhausgaspotenzial Lüftungskonzepte (LK) in kg_{CO₂-eq}/m²·a



¹ Basis für Wärmeerzeugung: Luft-Wasser-WP (Daten beinhalten Energie- und Materialbedarf); Strom: CH-Verbrauchermix

Vergleich des Treibhauspotenzials verschiedener Lüftungssysteme. Die Fehlerbalken zeigen die Spannweite der untersuchten Varianten. (Quelle: [5])

Konzeptempfehlungen

Komfortlüftung, Mehrwohnungsanlage

Ein gutes Konzept für eine Mehrwohnungs-Komfortlüftung hat folgende Merkmale:

- Luftführung nach dem Kaskadenprinzip, Wohnzimmer im Durchströmbereich
- Bedarfsgerechte Luftmengenregelung pro Wohnung, CO₂-geführt und/oder mit Stufenschalter einstellbar
- Einsatz hocheffizienter Komponenten mit Feuchterückgewinnung
- Sammelleitungen mit rundem Querschnitt und minimierten Längen
- Kurze Verteilwege in der Wohnung ohne Kreuzungen; werden Rohre in Betondecken eingelegt, soll dies die Stärke der Decke nicht erhöhen.

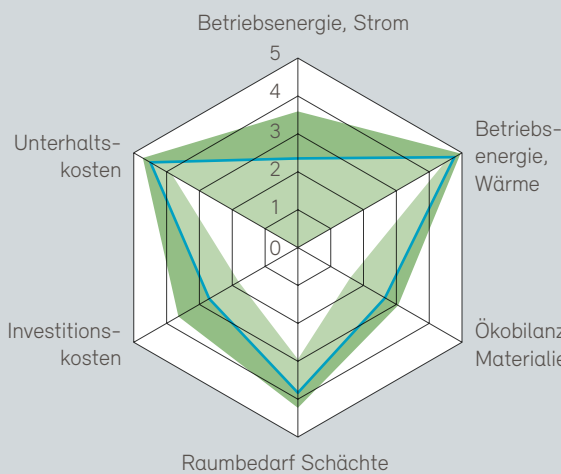
Effiziente Anlagen, die gleichzeitig einen guten Nutzerkomfort liefern sollen, benötigen eine Lüftungsregelung über CO₂-Sensoren. Besonders bei sehr unterschiedlich genutzten Wohnungen können solche Systeme den Betriebsenergiebedarf deutlich reduzieren. Wichtig ist, dass

die Sensoren einfach zu warten und auszutauschen sind. Verbundlüftungen eignen sich besonders gut für die Bedarfsregelung.

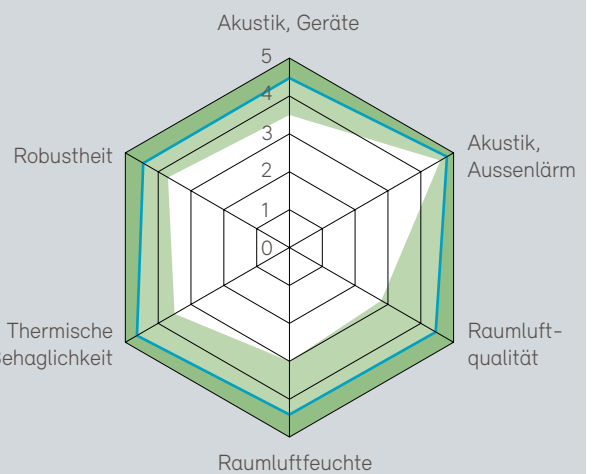
Um den Stromverbrauch niedrig zu halten, soll die Verteilung so kurz und gerade wie möglich sein. Zudem soll sie aus Rohren mit rundem Querschnitt bestehen. Wichtig sind auch niedrige geräteinterne Druckverluste.

Komfortlüftung, Mehrwohnungsanlagen: Vergleich Ausführungsvarianten

Technische und wirtschaftliche Parameter



Nutzungs- und gesundheitsrelevante Parameter



■ Basisvariante ■ Günstige Ausführungsvariante ■ Ungünstige Ausführungsvariante

Vergleich verschiedener Ausführungsvarianten einer Mehrwohnungs-Komfortlüftung. Die grünen Flächen stehen für den Qualitätsbereich, den eine günstige respektive ungünstige Variante im Vergleich zur Basisvariante abdeckt. Bewertung: 5 = sehr gut, 0 = schlecht. (Quelle: [5])

Komfortlüftung, Einzelwohnungsanlage

Ein gutes Konzept für eine Einzelwohnungs-Komfortlüftung hat folgende Merkmale:

- Luftführung nach dem Kaskadenprinzip, Wohnzimmer im Durchströmbereich
- Bedarfsgerechte Luftmengenregelung pro Wohnung, CO₂-geführt und/oder mit Stufenschalter einstellbar
- Einsatz von Geräten der Effizienzklasse A+ gemäss Energieetikette (nach Energieeffizienzverordnung, EnEV) mit Feuchterückgewinnung
- Gerätestandort, der kurze Leitungslängen insbesondere für Aussen- und Fortluft ermöglicht
- In der Wohnung aufgestellte Geräte haben eine gute akustische Qualität: LWA (A-bewerteter Schalleistungspegel) Klasse 1 oder besser gemäss SN EN 13142
- Kurze Verteilwege in der Wohnung ohne Kreuzungen; werden Rohre in Betondecken eingelegt, soll dies die Stärke der Decke nicht erhöhen.

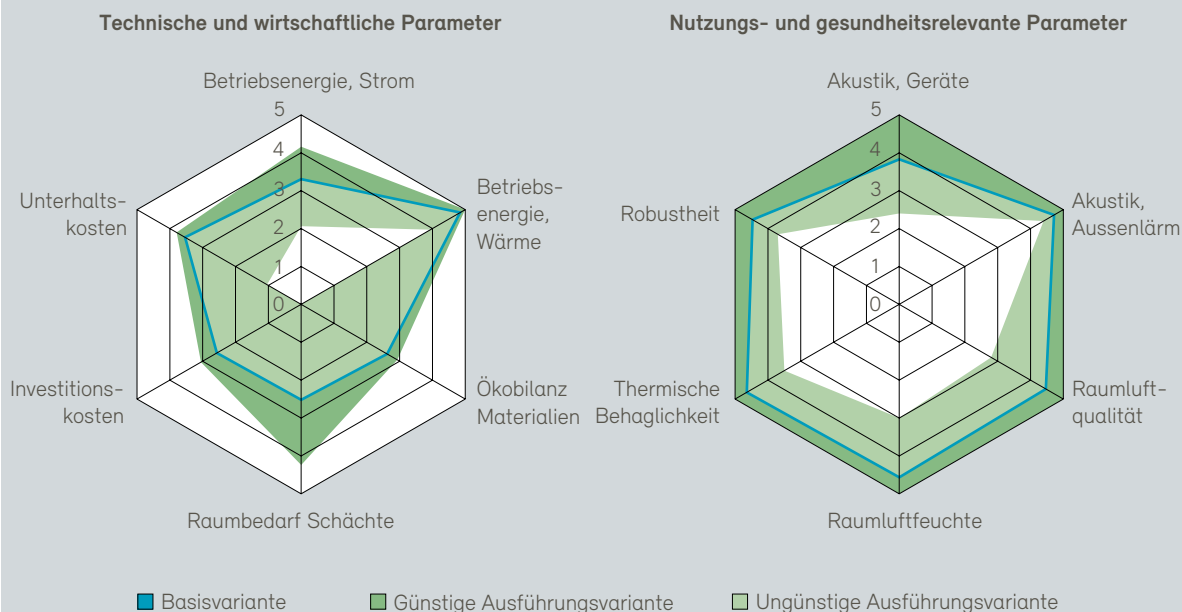
Das Gerät sollte mit einer Lüftungsregelung über CO₂-Sensoren ausgestattet werden. Ein korrekt auf die erforderliche Luftmenge dimensioniertes Gerät mit geringem Stand-by-Verbrauch ist wichtig für eine hohe Effizienz.

Lange Verteilungen sollen vermieden werden, weil sie Wärme- und Druckverluste sowie Kosten und Materialbedarf erhöhen. Deshalb muss die Platzierung der Geräte genau geprüft werden. Zentrale Standorte im Dachgeschoss sind diesbezüglich klar günstiger als solche im Untergeschoss.

Soll das Gerät in der Wohnung stehen, müssen folgende Punkte vor der Realisierung genau abgeklärt werden:

- Platzierung der Aussenluftfassung hinsichtlich Geruchsbelastung
- Wärmeverluste/Dämmung
- Schallemission des Geräts
- Wartung und Raumbedarf

Komfortlüftung, Einzelwohnungsanlagen: Vergleich Ausführungsvarianten



Vergleich verschiedener Ausführungsvarianten einer Einzelwohnungs-Komfortlüftung.
Bewertung: 5 = sehr gut, 0 = schlecht.
(Quelle: [5])

Einzelraumlüftung kombiniert mit Abluftanlage

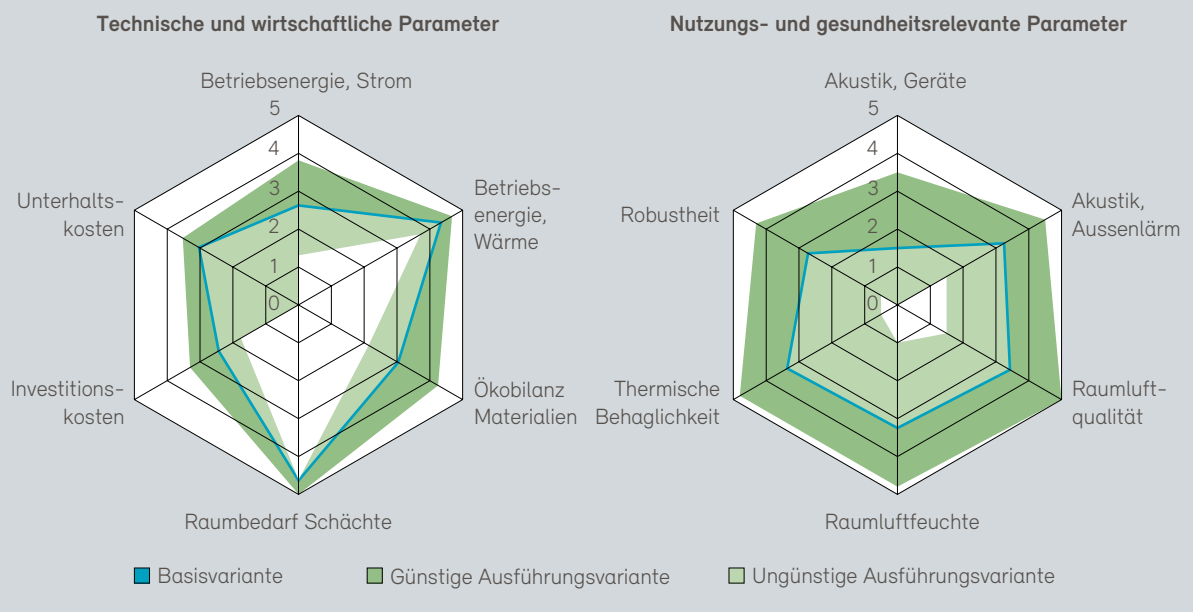
Ein gutes Konzept für eine Anlage mit Einzelraumgeräten hat folgende Merkmale:

- Es sind Nebenanschlüsse vorgesehen, beispielsweise um Badabluft über ein Gerät zu führen.
- Bedarfsgerechte Luftmengenregelung, CO₂-geführt und mit Stufenschalter einstellbar
- Einsatz von Geräten der Effizienzklasse A+ gemäss Energieetikette (nach Energieeffizienzverordnung, EnEV) mit Feuchterückgewinnung
- Die Geräte haben eine hohe akustische Qualität im Nennbetrieb (30 m³/h): Klasse 0 (LWA < 25 dB(A) gemäss SN EN 13142)
- Die Geräte haben Zuluftfilter der Klasse ISO ePM1 50% (alt: F7); Filter, Geräte und Aussenluftgitter werden mindestens einmal jährlich gewartet.
- Die Geräte sind wenig empfindlich gegenüber Druckdifferenzen (Wind) und haben niedrige Leckraten: Klasse S1 respektive U2 oder besser gemäss SN EN 13141-8.

Bei Einzelraumlüftungsanlagen ist die Qualität des Geräts sehr wichtig. Ist es zu laut, wird es häufig ausgeschaltet oder nur auf niedrigster Stufe betrieben, was zu unbefriedigender Luftqualität führt. Kritisch ist dabei besonders der Betrieb nachts im Schlafzimmer. Geräte mit Nebenanschlüssen sind sinnvoll, weil sie ausserhalb von Schlafzimmern aufgestellt werden können und die Anzahl der Geräte reduzieren helfen.

Die meisten Geräte ermöglichen eine bedarfsgerechte Regelung über Luftqualitätssensoren. Diese sollen unbedingt genutzt werden, um den Energiebedarf zu minimieren und die Behaglichkeit zu verbessern (Raumluftfeuchte, Akustik). Geräte mit Feuchterückgewinnung sind vorteilhaft, weil sie Einschränkungen bei Luftqualität und Behaglichkeit infolge von Vereisung vermindern. Die Aussenluftfassungen müssen gut zugänglich an einem Ort ohne sommerliche Stauwärme platziert werden, also beispielsweise nicht hinter Markisen.

Einzelraumlüftung mit Abluftanlage: Vergleich Ausführungsvarianten



Vergleich verschiedener Ausführungsvarianten einer Einzelraumlüftung kombiniert mit Abluftanlage. Bewertung: 5 = sehr gut, 0 = schlecht. (Quelle: [5])

Abluftanlage mit Abwärmenutzung

Ein gutes Konzept für eine Abluftanlage im Dauerbetrieb mit Abwärmenutzung hat folgende Merkmale:

- Voraussetzung: luftdichtes Gebäude, das den Zielwert gemäss SIA 180 erreicht
- Am Standort gibt es keine nennenswerte Belastung der Aussenluft und die Lärmimmissionen von aussen sind gering.
- Luftführung nach Kaskadenprinzip, Wohnzimmer im Durchströmbereich
- Korrekt dimensionierte Aussenluftdurchlässe (ALD) mit niedrigem Druckverlust (4 Pa bei Nennluftmenge inklusive Filter); typischerweise erfordert dies zwei Durchlässe pro Raum mit Zuluft.
- ALD sind innen wie aussen gut zugänglich und einfach zu reinigen. Je nach Aussenluftbelastung werden die Filter mehrmals jährlich gewartet und die Aussenluftgitter gereinigt.
- An Standorten mit belasteter Aussenluft (ab Klasse AUL 2 gemäss SIA 382/5 [3]) sind ALD mit Filtern der Klasse ISO ePM1 50 % (alt: F7) erforderlich.

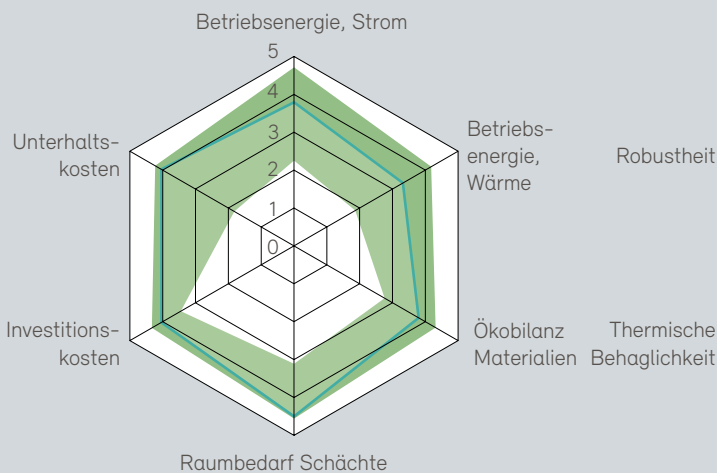
Der Druckverlust über den Aussenluftdurchlass beeinflusst die Funktion des Systems stark. Um die Lüftungswirkung zu erhalten, müssen Durchlässe und Filter regelmässig gewartet und die Aussenluftgitter gereinigt werden.

Wichtig ist, dass die Aussenluftdurchlässe an gut zugänglichen Orten ohne sommerliche Stauwärme installiert sind, also beispielsweise nicht hinter Markisen. Ihre Eigenschaften bezüglich Schallschutz und Zugluftrisiko gilt es bei Planung und Ausführung zu beachten.

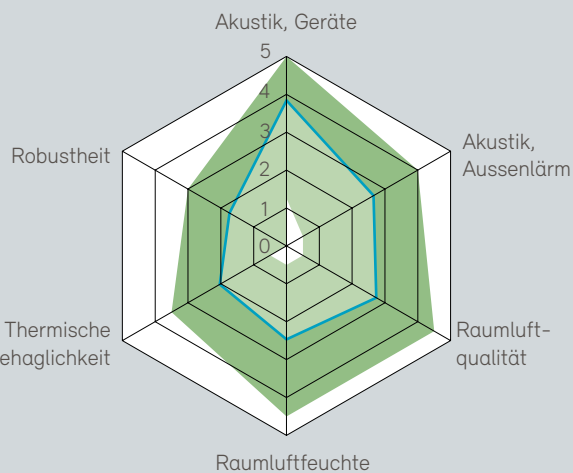
Bei Abluftanlagen müssen die Bewohnerinnen und Bewohner über die Eigenheiten des Systems aufgeklärt werden. Insbesondere geht es darum, ihnen zu vermitteln, dass schon ein geöffnetes Fenster in einem Raum die Zuluftversorgung über die Aussenluftdurchlässe in allen anderen Räumen nahezu vollständig unterbricht. Die Nutzung der Abwärme für Raumheizung und Warmwasser darf die Abluftmenge nicht erhöhen. Grundsätzlich lohnt es sich, Konzepte mit bedarfsgeführten Abluftelementen zu prüfen.

Abluftanlage für Dauerbetrieb mit Abwärmenutzung: Vergleich Ausführungsvarianten

Technische und wirtschaftliche Parameter



Nutzungs- und gesundheitsrelevante Parameter



■ Basisvariante

■ Günstige Ausführungsvariante

■ Ungünstige Ausführungsvariante

Vergleich verschiedener Ausführungsvarianten einer Abluftanlage mit Abwärmenutzung. Bewertung: 5 = sehr gut, 0 = schlecht. (Quelle: [5])

Hinweise für Fachleute

Dimensionierung

Lüftungsanlagen müssen so dimensioniert werden, dass jederzeit die bauphysikalisch minimale Aussenlufttrate gewährleistet ist. Während der Nutzung der Wohnung respektive einzelner Zimmer müssen sich die Aussenlufttraten so einstellen lassen, dass eine angemessene Raumluftqualität resultiert. Mit der Dimensionierung nach den Schweizer Normen werden diese Grundsätze eingehalten. Überdimensionierte Anlagen führen zu unnötigen Kosten, sind energetisch schlecht und bezüglich Raumluftfeuchte kontraproduktiv. Deshalb sollen die Luftvolumenströme nicht höher gewählt werden, als es die Normen fordern. Zudem soll wenn immer möglich eine Kaskaden- oder Verbundlüftung realisiert werden.

Steuerung und Regelung

Die Luftvolumenströme müssen an die jeweilige Nutzung angepasst werden können. Das ist eine Voraussetzung dafür, dass Probleme vermieden werden können, die durch zu intensiven Luftwechsel entstehen. Hierzu gehören etwa zu trockene Luft oder überhöhter Energiebedarf. In Neubauten müssen die Bewohnerinnen und Bewohner die Möglichkeit haben, die Lüftungsstufe pro Nutzungseinheit ihren

Bedürfnissen anzupassen. Eine zusätzliche Bedarfsregelung, basierend auf CO₂- oder Feuchtigkeitsmessung, kann auch zweckmässig sein.

Thermische Behaglichkeit

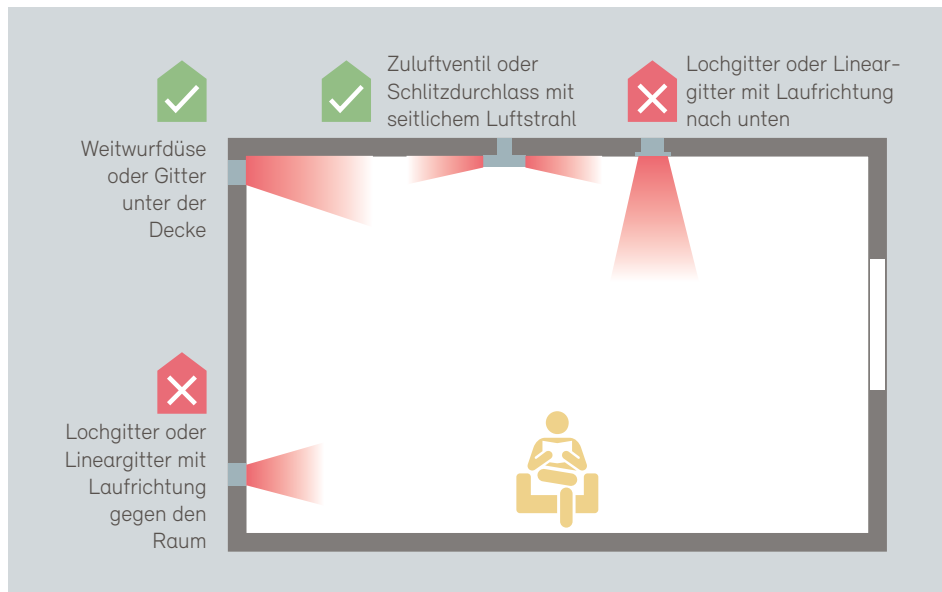
Fachgerecht realisierte Wohnungslüftungsanlagen ermöglichen eine hohe thermische Behaglichkeit. Das Risiko von Zuglufterscheinungen hängt von der lokalen Luftgeschwindigkeit und der Zulufttemperatur ab. Deshalb müssen Zuluftdurchlässe so angeordnet werden, dass die Ausblasrichtung nicht direkt in den Aufenthaltsbereich zeigt, respektive dass zum Aufenthaltsbereich die minimale Distanz gemäss Herstellerangaben eingehalten ist. Tiefe Zulufttemperaturen und Zuglufterscheinungen treten speziell bei den ALD von Abluftanlagen auf. Bei der Auswahl und Platzierung der ALD müssen die Herstellerangaben beachtet werden. Bei Verbundlüftungen strömt die gesamte Zuluft konzentriert an einer Stelle in die Wohnung (ca. 100 m³/h in einer 4-Zimmer-Wohnung). Damit dort kein erhöhtes Zugluftisiko entsteht und die Heizlast nicht steigt, muss die Zuluft eine höhere Temperatur haben als beim Kaskadenprinzip. Dort werden pro Zuluftdurchlass ja nur ca. 30 m³/h zugeführt. Minimal soll die Zuluft beim Verbundprinzip auch bei tiefen Aussentemperaturen etwa 16 °C erreichen. Dies erfordert eine effiziente WRG mit wirksamem Vereisungsschutz und allenfalls eine Nachwärmung.

Hygiene, Lärm

– Die Lüftung darf in den Wohn- und Schlafzimmern höchstens 25 dB(A) Schalldruckpegel verursachen. Mit dem kostenlosen KWL-Tool können Lüftungsplaner und Systemlieferanten die Lüftungsanlage akustisch berechnen und planen (kwl-tool.ch).

Die Steuerung muss gut zugänglich platziert sein.





Geeignete und ungeeignete Anordnung von Zuluftdurchlässen.

- Die Aussenluft wird mit einem Feinstaubfilter der Klasse ISO ePM1 \geq 50 % (ehemals F7) oder besser gereinigt.
- Aussenluft darf nicht ebenerdig oder in einem Lichtschacht gefasst werden. Die minimalen Ansaughöhen sind in den Normen geregelt.
- Sämtliche Anlagenteile müssen gut zugänglich sein, damit sie gereinigt oder bei Verschmutzung ersetzt werden können. In der Zu- und Aussenluftverteilung darf sich nirgends stehendes Wasser befinden.
- Hygienekontrolle unabhängig vom System alle 5 bis 8 Jahre.
- Luft- oder Geruchsübertragungen zwischen Wohnungen müssen vermieden werden. Bei Einzelwohnungsanlagen sollen nicht mehrere Geräte an derselben Aussen- oder Fortluftleitung angeschlossen werden.
- Die Lüftung darf keinen Unterdruck verursachen, der in der Wohnung zu Hygieneproblemen führt.

Wärmeenergie

Aussen- und Fortluftleitungen im beheizten Bereich müssen wärmegeklämt werden. Dasselbe gilt für Zu- und Abluftleitungen im unbeheizten Bereich. Damit die gedämmten Leitungen möglichst kurz bleiben und keine grossen Dämmstärken erforderlich sind, ist das Lüftungsgerät möglichst nahe bei der äusseren Wärme-dämmung der Gebäudehülle zu platzieren. Die Wirkung der Wärmerückgewinnung wird durch Leckagen, unerwünschte Wärmeflüsse und Ungleichgewichte im Luftvolumenstrom (z. B. durch Wind oder Filterverschmutzung) beeinträchtigt. Auch geöffnete Fenster verschlechtern die Wärmerückgewinnung markant. Im Minergie-Nachweis wird der Nutzungsgrad über das gesamte System deklariert. Deshalb müssen die von den Geräte-lieferanten angegebenen Wirkungsgrade oder Wärmebereitstellungsgrade reduziert werden. Für den Netto-Nutzen der Wärmerückgewinnung gelten folgende Richtwerte:

- Typische Einzelwohnungsanlage im MFH: ca. 70 %
- Gute Einzelwohnungsanlage im MFH oder typische Anlage im EFH: ca. 80 %
- Einzelraumlüftungsgeräte in Kombination mit Abluft in Bad, Dusche, WC: ca. 50 %

Elektrische Energie

Der Elektrizitätsbedarf hängt von der Qualität des Lüftungsgeräts und dem Druckverlust der Luftverteilung ab. Gute Voraussetzungen für einen niedrigen Stromverbrauch sind:

- Lüftungsgeräte der Klassen A oder A+ gemäss Energieetikette
- Maximal 70 Pa Druckverlust in der Luftverteilung von Einzelwohnungsanlagen
- Bedarfsregelung

Küchenabluft

Der Minergie-Standard stellt keine Anforderungen an die Art der Dunstabzugshaube. Es dürfen also sowohl Fortluft- als auch Umluft-Dunstabzugshauben eingesetzt werden. Umluft-Dunstabzugshauben und solche, die an die Komfortlüftung angeschlossen sind, haben den Vorteil, dass sie keine separate Ersatzluft benötigen und keinen Unterdruck erzeugen. Bei Fortluft-Dunstabzugshauben muss die Nachströmung der Ersatzluft gelöst werden. Bei mittleren und grossen Hauben gibt es kaum praktikable Lösungen für eine Nachströmung durch Aussenluftdurchlässe. Wird die Nachströmung über geöffnete Fenster gelöst, muss bei Minergie davon ausgegangen werden, dass eine Überwachung erforderlich ist. Mögliche Lösungen sind:

- Fensterkontaktschalter
- Fenster mit automatischem Antrieb
- Dunstabzugshauben mit Drucküberwachung
- Bei automatischen Feuerungen (Pellet): das automatische Ausschalten der Feuerung

Feuerstätten in der Wohnung

Bei Minergie-Gebäuden dürfen Feuerstätten wie Holz- oder Pelletöfen installiert werden. Wichtig ist, dass die Lüftung keinen unzulässigen Unterdruck verursacht. Eine korrekt ausgeführte und betriebene Komfortlüftung verursacht diesbezüglich keine Probleme. Bei Abluftanlagen sind Feuerstätten heikel. Sie sollten nur unter Beizug von erfahrenen Fachleuten realisiert werden. Fortluft-Dunstabzugshauben können grosse Unterdrücke erzeugen, die fast jede Art von Feuerstätte stören. Probleme können hier nur mit Überwachungseinrichtungen zuverlässig verhindert werden.

Sommerlicher Wärmeschutz

Mit den Standardlüftungssystemen ist keine aktive Kühlung möglich. Der sommerliche Wärmeschutz (mit oder ohne Kühlung) muss in erster Linie baulich gelöst werden. Für die Nachtauskühlung werden auch bei Minergie-Gebäuden meist die Fenster geöffnet. Mechanische Lüftungen können hier nur einen kleinen Beitrag leisten, etwa durch (möglichst automatische) Sommerbypässe. Sie überbrücken die WRG, wenn die Innen- über der Aussentemperatur liegt. Die Kühlung lässt sich noch etwas verstärken, wenn der Luftvolumenstrom bei eingeschaltetem Bypass hochgeregelt wird.

Luftheizung

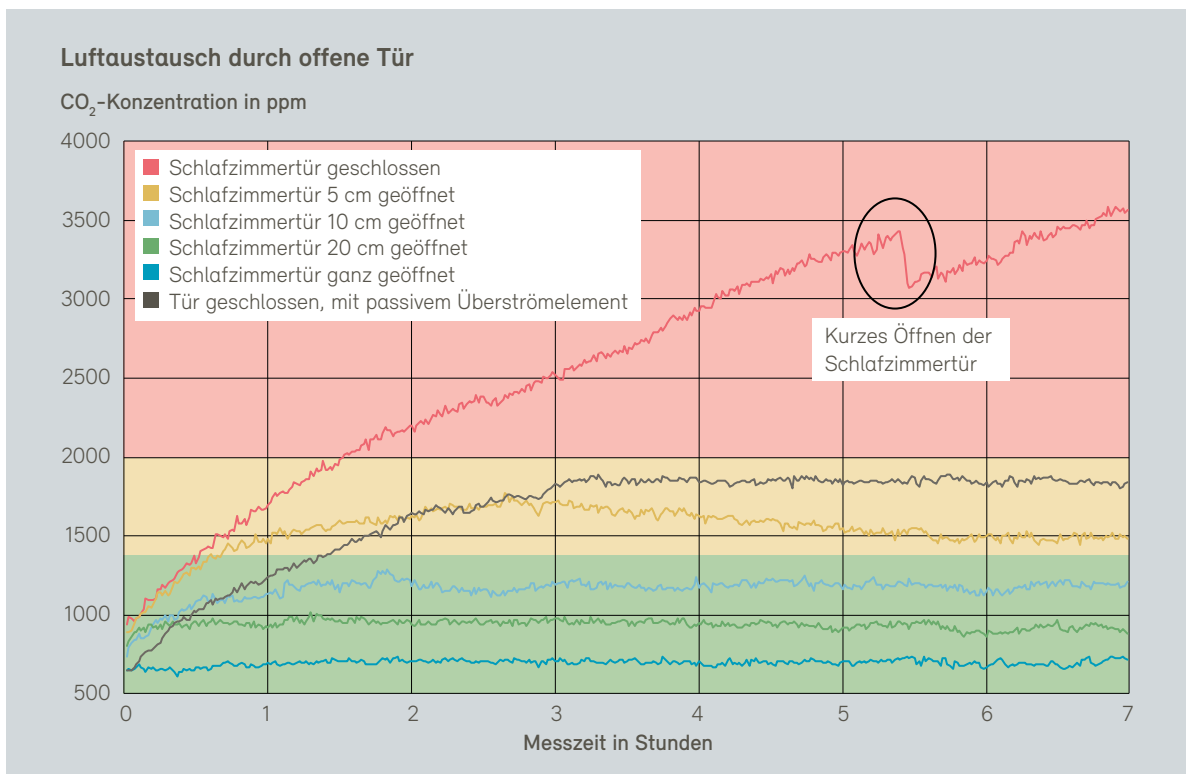
Bei Passivhäusern wird die Komfortlüftung teilweise auch als Luftheizung eingesetzt. Solche Systeme erfordern ausserordentlich gut wärmegeämmte Gebäude. Zudem sind Planung und Ausführung anspruchsvoll. Deshalb sollen unbedingt erfahrene Planer und Installateure aus dem Passivhausbereich zugezogen werden.

Luftströmungen

Bei Komfortlüftungen mit geführter Zu- und Abluft und einer Luftverteilung in Kaskade ist die Luftströmung durch die Druckdifferenzen definiert. Solche Systeme bieten die höchste Robustheit und werden von Aussenbedingungen wie Wind und Sonne kaum beeinflusst. Bei Anlagen, die als Verbundlüftung, Abluftanlage oder als Kombination verschiedener Systeme konzipiert sind, müssen die resultierenden Luftströmungen beachtet werden.

Verbundlüftung

Bei Konzepten mit Verbundlüftung, die keine aktiven Überströmer (Verbundlüfter) beinhalten, ist der freie Querschnitt bei den Zimmertüren (Türöffnung) sehr wichtig für den Luftaustausch. Bereits ab 20 cm Türöffnung kann der Luftaustausch zwischen Zimmer und offenem Wohnbereich Spitzen in der Luftbelastung wirksam brechen. Dies ist besonders in der Nacht wichtig, weil dann keine Personenbewegungen den Luftaustausch



Verlauf der CO₂-Konzentration nachts im Schlafzimmer für verschiedene Öffnungsweiten der Schlafzimmertür. Messbedingungen: Belegung 1 Person ab Stunde 0, Fläche Schlafzimmer: 13,5 m², Zuluft in offenem Wohnbereich: 65 m³/h, mittlere Aussen-temperatur während Messung zwischen 15 und 21 °C. (Quelle: [6])

Luftqualität bei Verbundlüftung und passiver Luftverteilung über offene Türen

	Zimmertür offen ¹ , Fenster geschlossen	Fenster zeitweise ² offen, Zimmertür geschlossen	Zimmertür und Fenster geschlossen
Tag: Zimmer nur zeitweise belegt			
Nacht: Zimmer mit einer Person belegt			
Nacht: Zimmer mit mehr als einer Person belegt			

Grenzwerte gemäss SIA 382/1:

- Luftqualität hoch bis mässig (CO₂-Konzentration < 1400 ppm)
- Luftqualität niedrig (CO₂-Konzentration zwischen 1400 und 2000 ppm)
- Luftqualität schlecht (CO₂-Konzentration > 2000 ppm)

¹ Tür während der Belegung mindestens 20 cm offen.

² Fenster müsste regelmässig (etwa alle 1 bis 2 h während 5 bis 10 min.) geöffnet werden.

Bewertung typischer Situationen bezüglich der Luftqualität für Anlagen mit Verbundlüftung und passiver Luftverteilung über offene Türen. (Datenquelle: [6])

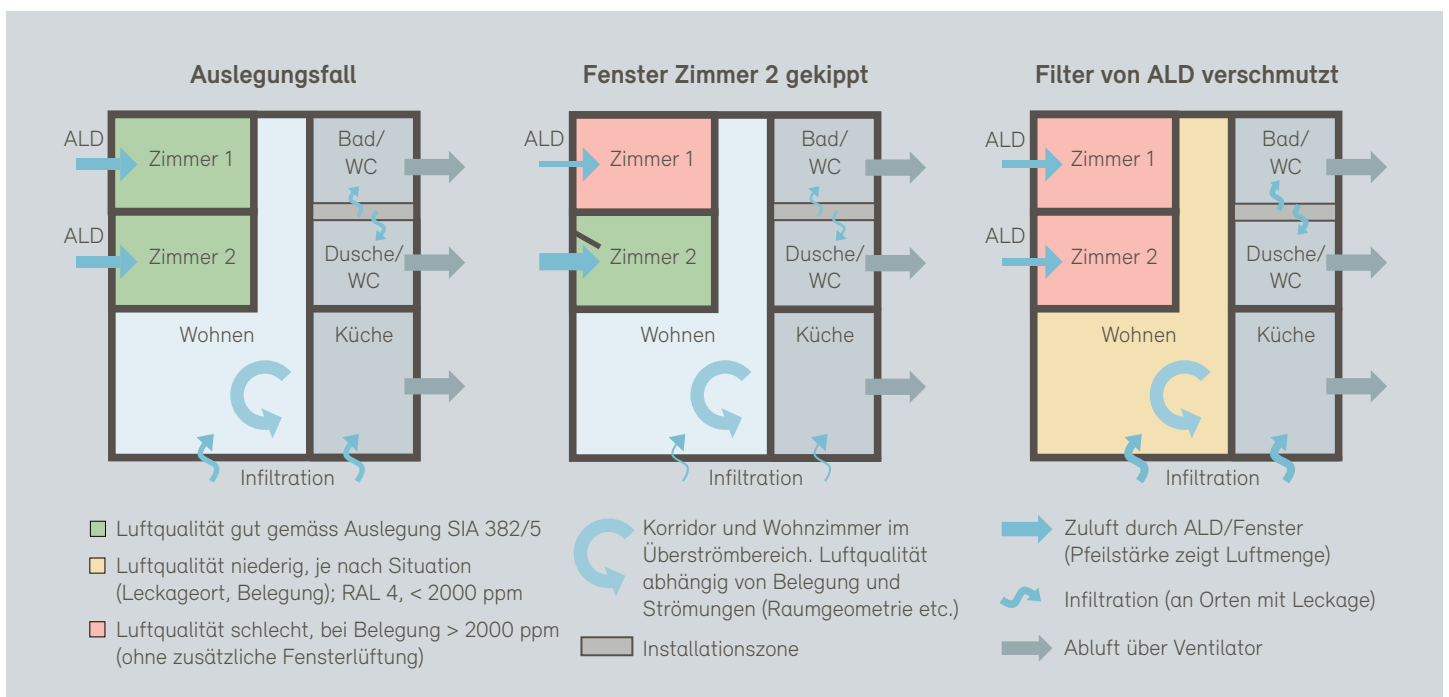
verstärken und beispielsweise wegen Aussenlärm, Witterungs- oder Einbruchschutz keine ergänzende Fensterlüftung erwünscht ist. Die Wirkung des passiven Luftaustausches hängt stark von den Umgebungsbedingungen ab und funktioniert vor allem bei höheren Aussentemperaturen schlechter. Dann sind die Temperaturdifferenzen zwischen den Räumen kleiner, die als Antrieb für den Luftaustausch wirken.

wie bei der Information und Anleitung der Nutzenden unbedingt beachtet werden. Während der kalten Jahreszeit können Luftströmungen im Nahbereich der ALD Zugluftprobleme verursachen. Vor allem bei Gebäuden mit Bodenheizung muss dieser Aspekt genau geklärt werden. Im Sommer gelangt je nach Ausrichtung der ALD warme Luft von der Fassade in den Raum, was zu dessen Überhitzung führen kann.

Hinweise Abluftanlagen

Bei Abluftanlagen mit Aussenluftdurchlässen (ALD) hängt die Zuluftmenge und damit der Luftaustausch in den Zimmern stark von den Druckverhältnissen in der Wohnung und von den Aussenbedingungen (Wind) ab. So wird die Luftströmung in die und in der Wohnung durch ein offenes Kippfenster in einem Raum oder auch durch verschmutzte Filter in den ALD stark beeinflusst. Bei konstanter Abluftmenge wirkt sich dies wesentlich auf die Luftqualität in den einzelnen Räumen aus. Dies muss beim Systementscheid, bei der Konzeption und Auslegung der ALD so-

Bewertung kritischer Situationen hinsichtlich der Luftqualität bei Abluftanlagen mit Aussenluftdurchlässen.



Beispiele aus der Praxis

Erneuerung Wohnsiedlung – Komfortlüftung mit Verbundlüftung kombiniert

Die Siedlung Glatt 1 der Stadt Zürich wurde nach den Grundsätzen der 2000-Watt-Gesellschaft energetisch saniert. Im Zuge der Erneuerung waren Eingriffe in den Wohnungen möglich. Bei den zweigeschossigen Gebäuden wäre die Installation von Mehrwohnungsanlagen aber relativ aufwändig gewesen. Jede Wohnung erhielt ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung, das in einem Einbauschränk im Korridor installiert ist. Zwei Schlafzimmer und das Wohnzimmer werden über eine klassische Luftverteilung erschlossen, die über einer abgehängten Decke installiert ist. Weil das dritte Schlafzimmer vom Wohnzimmer her erschlossen ist, hätte der Zuluftkanal separat durch das Wohnzimmer geführt werden müssen. Um dies zu vermeiden, wurde unterhalb der Decke ein Verbundlüfter installiert. Er fördert Luft aus dem Wohnzimmer ins Schlafzimmer. Die Ersatzluft gelangt durch den Türschlitz in den Raum.

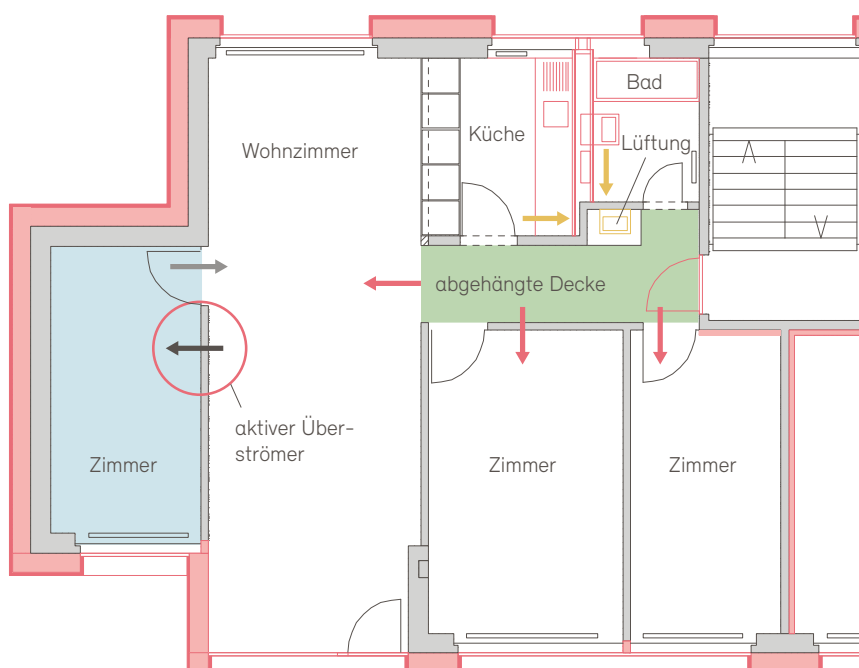
Hinweis: Die Verbundlüfter werden ausschliesslich von Hand ein- und ausgeschaltet. Das ist wichtig, um zum Beispiel das Eindringen von Kochgerüchen in das Zimmer zu verhindern. Sinnvoll kann in

solchen Fällen auch die Kombination mit einem Türkontakt sein, der den Verbundlüfter ausschaltet, wenn die Tür offensteht.



Der Verbundlüfter fördert Luft aus dem Wohnzimmer ins Schlafzimmer.

Standort	Zürich
Baujahr	1970
EBF	4488 m ²
Typ Lüftung	Komfortlüftung, Luftverteilung mit Kaskade und Verbundlüftung
Steuerung / Regelung	Wohnungsweise Bedarfssteuerung
WRG	85 %
Aktive Komponenten	Verbundlüfter für ein Zimmer
Luftbehandlung (Aussen-/Fortluftfilter)	ISO ePM1 ≥ 50 % / ISO Coarse > 60 %
Standard / Nr.	Minergie / ZH-6163



Drei Zimmer erhalten ihre Zuluft über eine klassische Luftverteilung. Ein Zimmer erhielt eine Verbundlüftung mit dem Wohnzimmer.

Erneuerung Mehrfamilienhaus – Einzelraumlüftungsgeräte

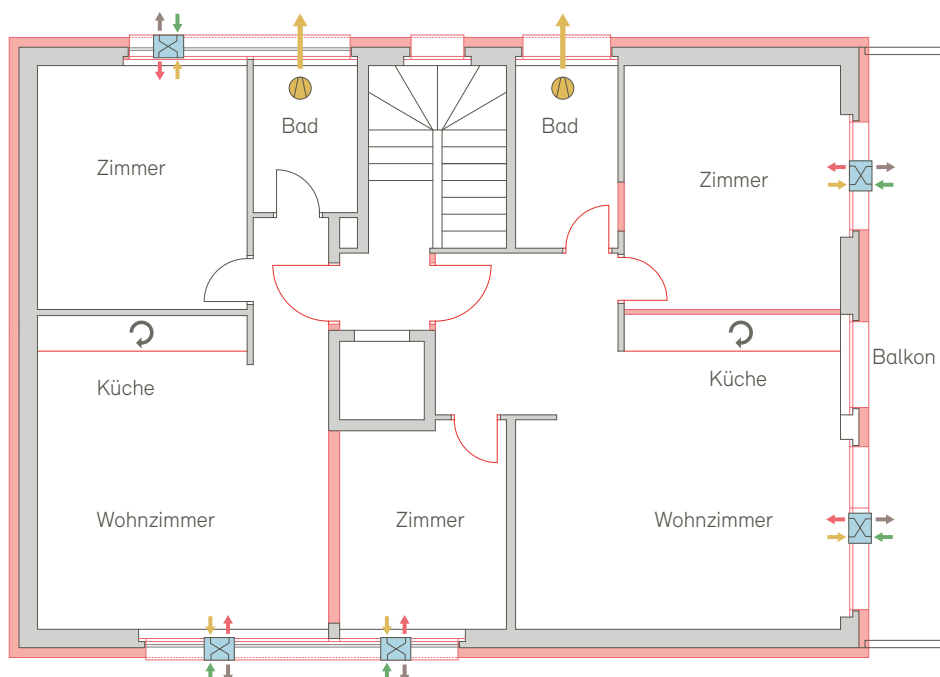
Die Gebäudehülle wurde umfassend saniert, sodass sie fast den Neubauanforderungen entspricht. Zudem wurden die alte Heizung und die Wassererwärmung durch eine Luft-Wasser-Wärmepumpe ersetzt.

In den Wohnungen selbst waren keine baulichen Eingriffe geplant. Bei den Grundrissen der 2- und 3-Zimmer-Wohnungen wäre der Einbau einer zentralen Lüftungsanlage relativ aufwendig gewesen. Deshalb empfahl sich der Einbau von Einzelraumlüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung in den Wohn- und Schlafzimmern. Dass gleichzeitig auch die Fenster ersetzt wurden, vereinfachte die Installation deutlich. Die Geräte liessen sich in der Rahmenverbreiterung der neuen Fenster integrieren. Die Bäder erhielten bedarfsgesteuerte Abluftventilatoren. **Hinweis:** Wenn die Abluftventilatoren laufen, strömt ein Grossteil der Ersatzluft durch die Einzelraumlüftungsgeräte nach. Das reduziert den Nutzen der Wärmerückgewinnung und muss bei der Energiebedarfsberechnung berücksichtigt werden.



Die Einzelraumlüftungsgeräte liessen sich ohne grösseren Aufwand in den Rahmenverbreiterungen der Fenster unterbringen.

Standort	Pregassona
Baujahr	1968 bis 1975
EBF	567 m ²
Typ Lüftung	Einzelraumlüftungsgeräte mit WRG und Abluftventilatoren in Bad/WC
Steuerung/Regelung	Raumweise Bedarfssteuerung
WRG	Bei reinem Betrieb der Einzelraumlüftungsgeräte ca. 80%, bei zusätzlichem Betrieb der Abluftventilatoren ca. 50% (Jahresmittel ca. 70%)
Luftbehandlung (Aussen-/Fortluftfilter)	ISO ePM1 ≥ 50% / ISO Coarse > 60%
Standard/Nr.	Minergie / TI-531



Einzelraumlüftungsgeräte sorgen in den Zimmern für den Luftaustausch. In den Bädern führen bedarfsgesteuerte Ventilatoren die Abluft ab.

Erneuerung Wohnsiedlung – Grundlüftung auf Basis der natürlichen Raumluftströmung

Für den Einbau einer klassischen Komfortlüftung stand bei der Erneuerung der Wohnsiedlung Paradies zu wenig Platz zur Verfügung. Vor allem die Verteilung der Zuluft hätte unverhältnismässig grosse bauliche Eingriffe erfordert. Um trotzdem eine Grundlüftung in den dicht belegten Wohnungen sicherzustellen, wird die Zuluft zentral in den Korridor eingebracht. Hierfür wurde ein vom Architekten sorgfältig gestaltetes Gitter über der Türe der Nasszelle angebracht.

In die Zimmer gelangt die Zuluft durch die offenen Türen. Die natürliche Raumluftströmung sorgt dafür, dass die Luft in der ganzen Wohnung ähnlich gut ist. Deshalb ist es bei diesem Lüftungskonzept wichtig, dass die Türen im Betrieb mehrheitlich auch nachts offenstehen.

Die Abluft wird wie bei einer Komfortlüftung über Küche und Nasszellen abgeführt. Offene Fenster beeinträchtigen die Funktionsweise der Lüftung nicht. In der Küche wurde ein platzsparender Umluft-Dunstabzug installiert.

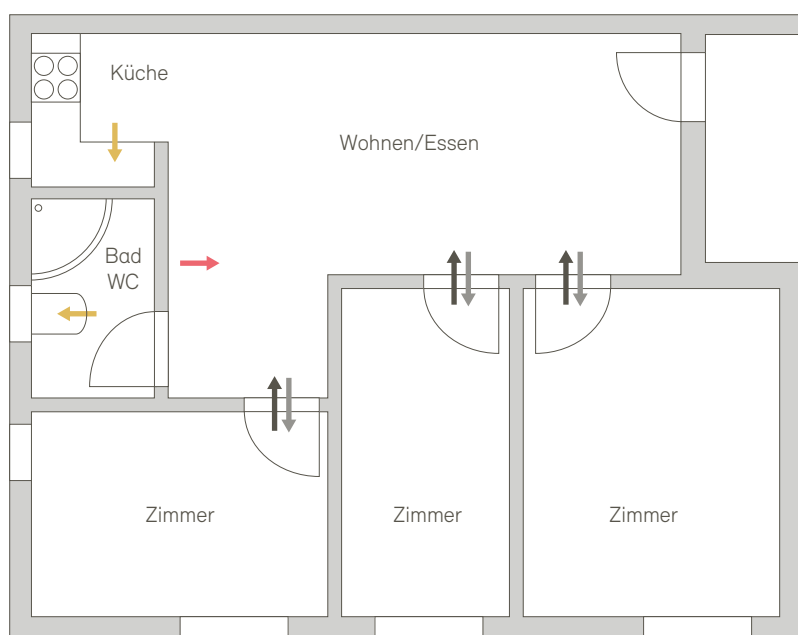
Die Luft wird in zentralen Lüftungsgeräten mit Wärmerückgewinnung gefiltert und erwärmt. Dadurch sind Komfort und Hygi-



Über den Durchlass oberhalb der Badezimmertüre gelangt die Zuluft in den Korridor. Bei konventioneller Luftführung wäre eine heruntergehängte Decke erforderlich gewesen, die das Oblicht verdeckt hätte.

Standort	Zürich
Baujahr/Erneuerung	1993/2017
EBF	20971 m ²
Typ Lüftung	Grundlüftung mit WRG
Steuerung / Regelung	Dauerbetrieb einstufig
WRG	Plattenwärmetauscher mit hohem Wirkungsgrad
Aktive Komponenten	Lüftungsgeräte im Keller oder auf dem Dach, Konstantvolumenstromregler in den Wohnungen
Luftbehandlung (Aussen-/Fortluftfilter)	ISO ePM1 ≥ 50 % / ISO Coarse > 60 %

ene gewährleistet. Zudem sind die Druckverhältnisse im Gebäude ausgeglichen, und das Risiko für Geruchsübertragungen zwischen den Wohnungen ist klein.



Die Zuluft wird zentral im Korridor zugeführt. Die natürliche Raumluftströmung sorgt bei offenen Türen für den notwendigen Luftwechsel in den Zimmern. Die Abluft wird in der Küche und den Nasszellen abgeführt.

Weitere Infos

Minergie

Minergie ist seit 1998 der Schweizer Baustandard für Komfort, Effizienz und Klimaschutz. Auf minergie.ch finden Sie weiterführende Informationen und Broschüren zu den Baustandards und Zusatzprodukten von Minergie.

Minergie
Bäumleingasse 22
4051 Basel
061 205 25 50
info@minergie.ch
minergie.ch

Websites

GebäudeKlima Schweiz
Schweizerischer Verband für Heizungs-, Lüftungs- und Klimatechnik,
gebaeudeklima-schweiz.ch

EnergieCluster Schweiz: Deklaration
Komfortlüftungsgeräte (Energie, Hygiene, Akustik etc.), energie-cluster.ch

Radon-Plattform des Bundesamts für
Gesundheit, ch-radon.ch

Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (Normen), sia.ch

Schweizerischer Verein für Luft- und
Wasserhygiene, svlw.ch

suissetec, Schweizerisch-Liechtensteinischer Gebäudetechnikverband,
suissetec.ch

Fachpublikationen

[1] Wohnungslüftung – Planung, Ausführung, Betrieb. Heinrich Huber, Faktor Verlag. Zürich, 2021.

[2] Komfortlüftung in Wohngebäuden. Systeme, Konzepte, Umsetzung. Heinrich Huber, Verlagsgesellschaft Rudolf Müller GmbH. Köln, 2016.

[3] SIA 382/5:2021, Mechanische Lüftung in Wohnbauten. Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverband. Zürich, 2021.

[4] Radon – Praxis-Handbuch Bau, Faktor Verlag. Zürich, 2018.

[5] Vergleich von Lüftungskonzepten für Wohnbauten – Schlussbericht. Hochschule Luzern – Technik & Architektur (HSLU), Publikation durch EnergieSchweiz/ Bundesamt für Energie (BFE). Bern, 2022.

[6] Analyse vereinfachter Lüftungskonzepte – Schlussbericht. Hochschule Luzern – Technik & Architektur (HSLU), Publikation durch EnergieSchweiz/ Bundesamt für Energie (BFE). Bern, 2022.

Arbeitsinstrumente

KWL-Tool zum Dimensionieren von kontrollierten Wohnungslüftungen: kwl-tool.ch. Berechnet werden Druckverlust, Schall und Kanaldämmung

Minergie

Bäumleingasse 22
4051 Basel

061 205 25 50
info@minergie.ch

minergie.ch

Mit Unterstützung von



Die Minergie Leadingpartner



Publikations-Partner

