

**Merkblatt
2023**

s i a

Lüftung in Wohnbauten

schweizerischer
ingenieur- und
architektenverein

société suisse
des ingénieurs et
des architectes

società svizzera
degli ingegneri e
degli architetti

swiss society
of engineers and
architects

selnaustrasse 16
postfach
ch-8027 zürich
www.sia.ch

SIA-Merkblätter

Zur Erläuterung und ergänzenden Regelung von speziellen Themen gibt der SIA Merkblätter heraus.

Die Merkblätter sind Bestandteil des SIA-Normenwerks.

Merkblätter sind nach ihrer Veröffentlichung drei Jahre gültig. Die Gültigkeit kann wiederholt um jeweils drei Jahre verlängert werden.

Der SIA haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können.

2008-03 1. Auflage

Inhaltsverzeichnis

| | Seite |
|--|-----------|
| Vorwort | 4 |
| 0 Einführung | 5 |
| 1 Verständigung | 6 |
| 1.1 Lüftungsmethoden, Grundsätzliches | 6 |
| 1.2 Lüftungssystem, Lüftungsanlagen (Typen)..... | 6 |
| 1.3 Komponenten | 7 |
| 1.4 Kenngrössen | 8 |
| 2 Planungsgrundlagen | 10 |
| 3 Übersicht über Lüftungsmethoden und -systeme | 11 |
| 3.1 Fensterlüftung | 11 |
| 3.2 Einfache Abluftanlage | 11 |
| 3.3 Einfache Lüftungsanlage (mit Zu- und Abluft).... | 12 |
| 3.4 Einzelraum-Lüftungsgeräte..... | 12 |
| 3.5 Lüftungsanlage mit Luftherwärmung..... | 12 |
| 4 Systemwahl | 13 |
| 4.1 Einflussfaktoren | 13 |
| 4.2 Einsatzbereiche der Systeme | 13 |
| 4.3 Systemoptionen | 16 |
| 5 Allgemeine Anforderungen | 22 |
| 5.1 Bauliche Anforderungen | 22 |
| 5.2 Thermische Behaglichkeit..... | 22 |
| 5.3 Raumluftqualität..... | 23 |
| 5.4 Aussenluftstraten..... | 25 |
| 5.5 Energetische Anforderungen | 26 |
| 5.6 Akustische Anforderungen..... | 27 |
| 5.7 Feuerungen innerhalb der thermischen Gebäudehülle | 28 |
| 5.8 Brandschutz..... | 29 |
| 5.9 Bedienung und Steuerung | 29 |
| 6 Dimensionierung | 30 |
| 6.1 Allgemeine Dimensionierungshinweise | 30 |
| 6.2 Fensterlüftung..... | 32 |
| 6.3 Einfache Abluftanlage | 33 |
| 6.4 Einfache Lüftungsanlage | 35 |
| 6.5 Einzelraum-Lüftungsgeräte..... | 37 |
| 6.6 Lüftungsanlage mit Luftherwärmung (als Nur-Luft-System, «Luftheizung»)..... | 37 |
| 6.7 Dimensionierungshinweise für Komponenten.... | 38 |
| 7 Inbetriebnahme, Abnahme, Betrieb und Unterhalt | 41 |
| Anhang | |
| A Raumbedarf für Feinverteilung | 43 |
| B Beispiel für die Bestimmung der Luftvolumenströme für eine einfache Lüftungsanlage | 44 |
| C Luftstraten bei Fensterlüftung | 45 |
| D Türspalt als Überström-Durchlass | 46 |
| E Checkliste Instandhaltung..... | 47 |
| F Elementare Anforderungen und zu vermeidende Fehler..... | 49 |
| G Zitate aus Normen und Vorschriften | 50 |
| H Publikationen | 51 |

Vorwort

Mit dem vorliegenden Merkblatt werden erste Grundlagen zu einer Schweizer Norm über Wohnungslüftung geschaffen. Neue Europäische Normen werden darin berücksichtigt.

Bezüglich Wohnungslüftung, Bauweise und Bautechnik hat sich in den letzten Jahrzehnten einiges verändert, nicht aber verändert haben sich die berechtigten Forderungen der Bewohner und Bauherren nach einem gesunden Innenklima und nach einer schadenfreien Baukonstruktion. Hierzu trägt das Merkblatt einen Erfahrungsschatz zusammen, der sämtliche Lüftungsmethoden und -systeme berücksichtigt.

Das vorliegende Merkblatt basiert auf der neuen Norm SIA 382/1, *Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*.

Eine besondere Bedeutung wird in diesem Merkblatt einer nachhaltigen Bautechnik zugemessen. Neben den Energiefragen wird den Aspekten der Hygiene und der einwandfreien Funktion von Lüftungsanlagen speziell Beachtung geschenkt.

Für die **Bauherrschaft** sind besonders folgende Teile wichtig:

- 0.2 Lüftungskonzept
- 2 Planungsgrundlagen
- 3 Übersicht über Lüftungsmethoden und -systeme
- 7 Inbetriebnahme, Abnahme, Betrieb und Unterhalt
- Anhang F, Elementare Anforderungen und zu vermeidende Fehler

Für den **Architekten** sind besonders folgende Teile wichtig:

- 0 Einführung
- 2 Planungsgrundlagen
- 3 Übersicht über Lüftungsmethoden und -systeme, und dazu der entsprechende Teil in Kapitel 4
- 5.1 Bauliche Anforderungen
- 5.2 Thermische Behaglichkeit
- 5.6 Akustische Anforderungen
- 5.7 Feuerungen innerhalb der thermischen Gebäudehülle
- 5.8 Brandschutz
- 5.9 Bedienung und Steuerung
- 6.2 Fensterlüftung (Dimensionierung von Komponenten ohne Beizug eines Lüftungsplaners)
- 7 Inbetriebnahme, Abnahme, Betrieb und Unterhalt, und dazu Anhang E
- Anhang A, Raumbedarf für Feinverteilung
- Anhang C, Luftraten bei Fensterlüftung
- Anhang D, Türspalt als Überström-Durchlass
- Anhang F, Elementare Anforderungen und zu vermeidende Fehler

0 Einführung

0.1 Zielsetzungen

Drei Zielgruppen sollen mit dem Merkblatt angesprochen werden: Bauherren, Architekten und Haustechnikplaner. Für die drei genannten Gruppen werden folgende Ziele anvisiert:

- Bauherren sollen lernen, sinnvolle Anforderungen bezüglich der Lüftung zu setzen und eine Bewertung der verschiedenen Lüftungskonzepte zu verstehen. Bauherren und Bewohner sollen ihre Rolle im Hinblick auf einen optimalen Betrieb erkennen.
- Architekten sollen die Funktionen des Lüftens gesamtheitlich verstehen und damit in der Lage sein, das Lüftungskonzept fachgerecht festzulegen; sie sollen die für die gewählte Lösung notwendigen Vorkehrungen treffen und Randbedingungen festlegen.
- Haustechnikplaner erhalten mit dem Merkblatt konzeptionelle und numerische Planungsvorgaben, die auf entsprechenden europäischen Normen beruhen.

Das Merkblatt enthält auch Hinweise auf Situationen, wo der Lüftungsprozess die Abfuhr von Wärmelasten («Sommer-situation») und/oder die kombinierte Luft-/Wärmezufuhr (Nur-Luft-System, «Luftheizung») umfasst.

Eine Definition der Fachbegriffe auf der Basis der Normen SIA 180 und SIA 382/1 soll der besseren Verständigung dienen.

0.2 Lüftungskonzept

Wesentliche Basis für die Fragen des Lüftungskonzeptes ist die Norm SIA 180 in den Kapiteln Lüftung und Verständigung. Diese Kapitel werden in der Norm SIA 382/1 vertieft. Zudem stellen auch die Normen SIA 416/1 und SIA 384/1 Anforderungen, die das Lüftungskonzept betreffen.

Die Norm SIA 180 fordert, dass der Architekt in einer frühen Planungsphase – allenfalls zusammen mit einem Lüftungsplaner – ein Lüftungskonzept erstellen muss.

Dieses muss auf die Randbedingungen, aber auch auf die Art der Nutzung und die Ansprüche der Benutzer Rücksicht nehmen und besteht grundsätzlich aus den zwei Elementen

- dichte Gebäudehülle und
- allen Mitteln, welche einen gezielten, bedarfsgerechten Luftaustausch gewährleisten (Lufterneuerung, Schadstoffabtransport, Vermeidung zu hoher oder zu tiefer Luftfeuchte, allenfalls Zu- oder Abfuhr von Wärme).

In Ziffer 3.3.1.5 der Norm SIA 180 ist festgehalten, dass entweder eine mechanische Lüftung oder eine automatische Fensterlüftung vorzusehen ist, wenn Zweifel bestehen, ob die benutzerunterstützte natürliche Lüftung während der gesamten Lebensdauer des Gebäudes sichergestellt ist.

0.3 Geltungsbereich

Das vorliegende Merkblatt behandelt die Lüftung in allen Arten von Wohnbauten, eingeschlossen vergleichbare Räume wie Wohnräume in Altersheimen, Hotelzimmer usw., und zwar bei Neu- und Altbauten sowie bei Bauten mit hohen energetischen Ansprüchen wie Minergie- und Minergie-P-Bauten.

Dieses Merkblatt gilt nicht für

- Lüftungsanlagen mit Umluft,
- Lüftung von Räumen ausserhalb der thermischen Gebäudehülle (solche Räume, z.B. Kellerräume, sollen vollständig unabhängig von der Wohnungslüftung belüftet werden),
- Teilklimaanlagen und Klimaanlagen.

1 Verständigung

1.1 Lüftungsmethoden, Grundsätzliches

| | |
|---|--|
| Mechanische Lüftung <i>Ventilation mécanique</i> | Luftaustausch, angetrieben von einem oder mehreren Ventilatoren. |
| Natürliche Lüftung <i>Ventilation naturelle</i> | Luftaustausch, angetrieben von Wind- und/oder Auftriebskräften (Fensterlüftung, thermische Lüftung über vertikalen Schacht, sogenannte Schachtlüftung, sowie Infiltration und Exfiltration). |
| Infiltration <i>Infiltration</i> | Unbeabsichtigter und unkontrollierter Luft eintritt durch Undichtheiten der Gebäudehülle, verursacht durch Auftrieb, Wind oder Abluftüberschuss des mechanischen Systems. |
| Exfiltration <i>Exfiltration</i> | Unbeabsichtigter und unkontrollierter Luft austritt durch Undichtheiten der Gebäudehülle, verursacht durch Auftrieb, Wind oder Zuluftüberschuss des mechanischen Systems. |
| Lüftungskonzept <i>Principes de ventilation</i> | Alle Vorkehrungen, welche einen geplanten Luftaustausch bewirken. |
| Lüftungsmethode <i>Mode de ventilation</i> | Oberbegriff für die Art und Weise, wie ein Luftaustausch bewirkt wird (mechanisch oder natürlich, mit Unterkategorien). |
| Aussenluft <i>Air neuf</i> | Luft, welche von aussen in das System oder in eine Öffnung eintritt. |
| Zuluft <i>Air fourni</i> | Luft im System nach der Luftbehandlung bis zum Eintritt in den versorgten Raum. |
| Abluft <i>Air repris</i> | Luft, welche den versorgten Raum oder den Raum, in welchen die Luft übergeströmt ist, verlässt. |
| Fortluft <i>Air rejeté</i> | Luft, welche in die Atmosphäre ausgestossen wird. |

1.2 Lüftungssystem, Lüftungsanlagen (Typen)

| | |
|--|---|
| Lüftungssystem <i>Système de ventilation</i> | Gesamtsystem, bestehend aus Lüftungsanlage und dem Raum bzw. Gebäude, in dem sich der Luftaustausch abspielt. |
| Lüftungsanlage <i>Installation de ventilation</i> | Gesamtheit der Bauelemente, die zur ventilatorunterstützten Lüftung erforderlich sind. |
| Grundlüftung(sbetrieb) <i>Ventilation de base (fonctionnement)</i> | Minimale Lüftung bei Abwesenheit von Bewohnern. |
| Normalbetrieb einer mechanischen Lüftung <i>Fonctionnement normal d'une ventilation mécanique</i> | Lüftungsbetrieb gemäss Dimensionierung. |
| Intensivlüftung(sbetrieb) <i>Ventilation / aération renforcée (fonctionnement)</i> | Kurzfristig intensiver Lüftungsbetrieb bei starker Belastung des Innenraumes. |
| Fensterlüftung <i>Aération par les fenêtres</i> | Luftaustausch, bewirkt durch das Öffnen von Fenstern. |
| Stosslüftung <i>Aération sporadique</i> | Bewusste intensive Fensterlüftung während einer eingeschränkten Zeitperiode. |
| Einseitige Lüftung <i>Aération sur un seul côté</i> | Natürliche Lüftung eines Raums mit Öffnungen (Fenster oder Luftdurchlässe) an nur einer Fassadenseite. |

| | |
|---|---|
| Querlüftung <i>Aération traversante</i> | Natürliche Lüftung eines Raumes oder einer Raumgruppe mit Öffnungen (Fenster oder Luftdurchlässe) an mehreren Fassadenseiten oder mehren Stockwerken. |
| Automatische Fensterlüftung <i>Aération par les fenêtres à ouverture contrôlée automatiquement</i> | Fensterlüftung eines Raumes oder einer Raumgruppe mit mechanisch betätigten Fensterflügeln, die automatisch gesteuert oder geregelt sind. |
| Nachtlüftung <i>Aération nocturne</i> | Lüftung (natürlich oder mechanisch), um dank nächtlicher Untertemperatur im Freien eine Kühlung der Räume, inkl. der Gebäudestruktur, zu bewirken. |
| Einzelraumlüftung (Einzelraum-Lüftungsgerät) <i>Ventilation par local (appareil)</i> | Mechanische Lüftung, bei der ausschliesslich ein Raum betroffen ist. |
| Einfache Zuluftanlage <i>Installation d'air fourni</i> | Lüftungsanlage mit mechanischer Luftzuführung und den Luftbehandlungsfunktionen Filtern und Fördern. Sie bedingt kontrollierte Luft-Austrittsöffnungen in der Hülle. |
| Einfache Abluftanlage <i>Installation d'air repris</i> | Lüftungsanlage mit mechanischer Luftabführung. Sie bedingt kontrollierte Luft-Eintrittsöffnungen in der Hülle. |
| Einfache Abluftanlage mit Abwärmenutzung <i>Installation d'air repris avec récupération</i> | Einfache Abluftanlage mit einer Abwärmenutzung, in der Regel Wärmepumpe. |
| Einfache Lüftungsanlage <i>Installation de ventilation simple</i> | Lüftungsanlage mit den Funktionen Luftzuführung, Filtern, zumeist Wärmerückgewinnung (WRG), Abluftabführung. |
| Lüftungsanlage mit Lufterwärmung <i>Installation de ventilation avec chauffage de l'air</i> | Anlage wie einfache Lüftungsanlage, aber zusätzlich mit Lufterwärmung zum Heizen. Wenn die Heizung vollständig über die Lüftung erfolgt (Nur-Luft-System), wird die Lüftungsanlage auch als «Luftheizung» bezeichnet. |
| Mehrwohnungs-Lüftungsanlage <i>Installation de ventilation collective</i> | Lüftungsanlage mit zentralem Luftaufbereitungsgerät für mehrere Wohnungseinheiten; oft auch Zentralanlage oder zentrale Lüftungsanlage genannt. Ausführung als einfache Lüftungsanlage oder als Lüftungsanlage mit Lufterwärmung. |
| Einzelwohnungs-Lüftungsanlage <i>Installation de ventilation individuelle</i> | Lüftungsanlage mit wohnungsweiser Luftaufbereitung; oft auch dezentrale (Lüftungs-)Anlage genannt. |
| Kaskadenlüftung <i>Ventilation en cascade</i> | Belüftung von Räumen in Serie, mit Einblasen bei Räumen mit geringer Raumluftbelastung und Absaugen in den Räumen mit grosser Raumluftbelastung. |
| Überströmbereich <i>Zone d'air transféré</i> | Zone, in der die Luft aus einem Raum in einen anderen Raum durchtritt (Durchlass, Türspalt). |
| Durchströmbereich <i>Zone de transit</i> | Raum oder Raumgruppe, durch den Luft hindurchströmt (z.B. Wohnzimmer, das mit Luft aus Schlafzimmer versorgt wird, die anschliessend in Nassräume überströmt). |

1.3 Komponenten

| | |
|--|--|
| Luftdurchlass <i>Bouche d'air</i> | Bauelement, das dazu dient, die geplante Luftbewegung in einen oder aus einem behandelten Raum zu erzielen. |
| Aussenluft-Durchlass (ALD) <i>Bouche d'air neuf</i> | Luftdurchlass für Aussenluft in einen Raum (Eintrittsöffnung). |
| Überström-Luftdurchlass <i>Bouche d'air transféré</i> | Luftdurchlass von Raum zu Raum. |
| Lüftungskanal, Lüftungsleitung <i>Conduit de ventilation</i> | Luftführungselement (in Rohr- oder Schlauchform, rund, rechteckig oder oval). |
| Erdreich-Wärmeübertrager <i>Échangeur de chaleur sol-air inertiel</i> | Wärmeübertrager, der sensible Wärme aus dem Erdreich an den Aussenluftvolumenstrom überträgt (leichte Kühleffekte im Sommer, Erwärmung im Winter). |
| Erdreich-Luft-Wärmeübertrager <i>Échangeur de chaleur sol-air</i> | Erdreich-Wärmeübertrager, bei dem der Aussenluftstrom durch Luftleitungen geführt wird, die im Erdreich verlegt sind. |

Erdreich-Sole-Wärmeübertrager
Échangeur de chaleur sol-saumure

Erdreich-Wärmeübertrager, bei dem die Wärme aus dem Erdreich zuerst an einen Solekreislauf übertragen wird. Die Wärmeübertragung vom Erdreich an die Sole kann über eine Erdsonde oder ein horizontales Register erfolgen. Die Wärmeübertragung von der Sole an den Aussenluftvolmenstrom erfolgt mittels eines klassischen Rippenrohr-Wärmeübertragers.

1.4 Kenngrössen

Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle
Perméabilité à l'air de l'enveloppe

Kenngrösse für die Luftdurchlasseigenschaft der Gebäudehülle. Eine Beurteilung der Luftdurchlässigkeit erfolgt mit einem Differenzdruck-Test (Blowerdoor-Test) und bezieht sich auf einen allseitig gleichen Differenzdruck über der Hülle. Bei der Messung wird der Luftvolumenstrom bei verschiedenen Differenzdrücken gemessen und daraus eine geeignete Kenngrösse ermittelt. Als quantifizierbare Kenngrössen werden angewendet:

- n_{50} -Wert, Luftleckagestrom bei Normalbedingungen bei einem Differenzdruck von 50 Pa, geteilt durch das Nettovolumen des Raumes bzw. der Raumgruppe;
- $v_{a,4}$ -Wert, Luftleckagestrom bei Normalbedingungen und 4 Pa Druckdifferenz (aus Messungen extrapoliert), bezogen auf die Hüllenfläche.

Luftvolumenstrom \dot{V}
Débit d'air

Pro Zeiteinheit durch einen definierten Querschnitt durchströmendes Luftvolumen in m^3/h oder m^3/s .

Aussenlufttrate
Ratio d'air neuf

Aussenluft-Volumenstrom pro Person und Stunde in $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{Person})$.

Elektrische Leistung der Luftaufbereitung einer mechanischen Wohnungslüftung
Puissance électrique pour traitement d'air d'une ventilation mécanique

Elektrische Leistungsaufnahme der gesamten Lüftungsanlage (Luftförderung und Luftbehandlung) inkl. Regelung bei Normalbetrieb, aber ohne allfällige elektrische Nachwärmer, in W.

Spezifische elektrische Leistung einer Anlage
Puissance électrique spécifique d'une installation

Verhältnis von elektrischer Leistung und stündlich gefördertem Luftvolumen einer Lüftungsanlage in $\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$.

Die elektrische Leistung ist die Summe der Leistungen von Zuluft- und Abluftventilator sowie der Steuerung und/oder Regelung, aber ohne allfällige elektrische Nachwärmer; der Luftvolumenstrom ist der Mittelwert von Zuluft- und Abluftvolumenstrom.

Temperatur-Änderungsgrad
Rendement de température sur l'air neuf

Temperaturdifferenz zwischen einströmender und ausströmender Luft eines Luftstromes, geteilt durch die Temperaturdifferenz zwischen der einströmenden Luft der beiden Luftströme, gemäss SN EN 308.

Diese Definition gilt für Wärmeübertrager und wird typischerweise bei grösseren WRG-Komponenten (z.B. über $1000 \text{ m}^3/\text{h}$) verwendet.

Bei der Prüfung wird vorausgesetzt, dass der Wärmeaustausch mit der Umgebung vernachlässigbar klein ist. Das heisst, dass weder der Zuluftmassenstrom durch die Umgebung erwärmt wird, noch der Abluftmassenstrom abgekühlt wird. Bei der Auswertung der Messung wird überprüft, ob die Energiebilanz stimmt. Der Wärmestrom auf der Zuluftseite darf dabei um max. 5% vom Wärmestrom auf der Fortluftseite abweichen.

Die Kennzahl zur Beurteilung der sensiblen Wärmeübertragung wird als Temperatur-Änderungsgrad η_t bezeichnet und bezieht sich auf die Zuluft.

$$\eta_t = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}}$$

θ_{11} Temperatur der Abluft am Eintritt in den Wärmeübertrager, in $^{\circ}\text{C}$

θ_{21} Temperatur der Aussenluft am Eintritt in den Wärmeübertrager, in $^{\circ}\text{C}$

θ_{22} Temperatur der Zuluft am Austritt aus dem Wärmeübertrager, in $^{\circ}\text{C}$

Temperatur-Verhältnis
*Rendement de température
sur l'air repris*

Temperaturdifferenz zwischen einströmender und ausströmender Luft eines Luftstromes, geteilt durch die Temperaturdifferenz zwischen der einströmenden Luft der beiden Luftströme, gemäss SN EN 13141-7.

Diese Definition gilt für serienmässig hergestellte Lüftungsgeräte. Die Lüftungsgeräte werden als Blackbox gemessen. Neben der WRG beeinflussen die internen und externen Leckagen, der Wärmefluss über das Gehäuse sowie die Ventilatoren (Lufterwärmung) die thermische Bilanz.

Gemäss SN EN 13141-7 kann das Temperatur-Verhältnis sowohl auf die Zuluft als auch auf die Fortluft bezogen werden und es kann mit und ohne Kondensation bestimmt werden.

In diesem Merkblatt wird für das Temperatur-Verhältnis folgende Definition verwendet:

- bezogen auf Fortluft;
- keine Kondensation;
- gleich grosser Aussen- und Fortluftmassenstrom.

Temperatur-Verhältnis, Fortluftseite:

$$\eta_{t,ex} = \frac{\theta_{ETA} - \theta_{EHA}}{\theta_{ETA} - \theta_{ODA}}$$

θ_{ETA} Temperatur der Abluft am Eintritt ins Lüftungsgerät, in °C

θ_{EHA} Temperatur der Fortluft am Austritt aus dem Lüftungsgerät, in °C

θ_{ODA} Temperatur der Aussenluft am Eintritt ins Lüftungsgerät, in °C

2 Planungsgrundlagen

2.1 Randbedingungen

In früheren Jahrzehnten wurde der Lüftung in Wohnbauten wesentlich weniger Beachtung geschenkt als heute. Die damals oft undichtere Gebäudehülle hatte zwar zeitweise thermische Komfortprobleme und auch erhöhte Lüftungswärmeverluste zur Folge. Hingegen waren Feuchteschäden weniger häufig als bei den heutigen Bauten mit weit dichterem Gebäudehülle. Auch die Schadstoffbelastung der Innenräume war kleiner als in manchen heutigen Situationen.

Die Randbedingungen bei heutigen Bauten liegen von Seiten der Umgebung, der Baukonzeption und der Materialien anders:

- Aus bauphysikalischen Gründen soll die Gebäudehülle grundsätzlich luftdicht erstellt werden (Forderung der Norm SIA 180), selbstverständlich verbunden mit der Forderung nach gezielter Lüfterneuerung.
- Ein Öffnen der Fenster ist in manchen Lagen erschwert (wegen Schall-Immissionen, Schadstoff-Immissionen, Einbruchssicherheit bei längerer Abwesenheit der Benutzer).
- Die Vielfalt der Schadstoffe im Inneren und die Sensibilisierung darauf sind gegenüber früher grösser.
- Es gibt mehr Einzelhaushalte mit ganztägiger Abwesenheit der Bewohner.

Schliesslich sind nicht nur gute Planung und Ausführung sicherzustellen, sondern auch eine fachgerechte Abnahme und Betriebsführung. Im Anhang Z sind Planungsunterlagen aus verschiedenen Quellen zusammengestellt.

2.2 Ansprüche der Bauherrschaft

Die einfachste Situation bezüglich einer Konzeption der Lüftung liegt dann vor, wenn ein Gebäude in Minergie- oder Minergie-P-Bauweise geplant werden soll, da in diesem Fall eine bestimmte Auswahl von Lüftungssystemen festgelegt ist (vgl. [4]).

In anderen Fällen obliegt es dem Architekten, die Wünsche des Bauherrn in ein geeignetes Konzept umzusetzen. Besonders wichtig ist hierbei die Fragestellung, ob und wie die Nutzung der Räume in Zukunft ändern könnte, und ob der Benutzer in der Lage ist, eine allfällige Fensterlüftung konsequent durchzuführen.

Entsprechende klare Vorstellungen über die Kostenfolgen einer Systemwahl sollten diesen Prozess begleiten. Hierbei gilt es abzuwägen zwischen der Erstinvestition einerseits und den Betriebskosten andererseits (z.B. Energieersparnisse durch Systeme mit Wärmerückgewinnung).

Die einschränkenden Randbedingungen (räumliche und andere) bei Altbauten bringen es mit sich, dass dort der Spielraum kleiner ist. Der Einsatz von «System-Normlösungen» ist dort nur selten möglich.

3 Übersicht über Lüftungsmethoden und -systeme

Grundsätzlich werden zwei Lüftungsmethoden unterschieden:

- natürliche Lüftung,
- mechanische Lüftung.

Da eine luftdichte Gebäudehülle verlangt ist, bedeutet natürliche Lüftung praktisch immer Fensterlüftung.

Die natürliche und mechanische Lüftung können sowohl allein wie auch in Kombination eingesetzt werden. Beispielsweise werden viele Minergie-Häuser während der Heizperiode mit mechanischen Lüftungsanlagen belüftet, die Nachtauskühlung im Sommer erfolgt mit Fensterlüftung.

Nachfolgend werden übliche Lüftungssysteme aus dem Wohnbereich vorgestellt. Für weitere Systeme (z.B. solche mit Kühlung und Befeuchtung) wird auf die Norm SIA 382/1 verwiesen.

3.1 Fensterlüftung

Durch die grossen Flächen zum Öffnen ist selbst bei sehr kleinen Luftdruckdifferenzen eine wirksame Lüftung möglich.

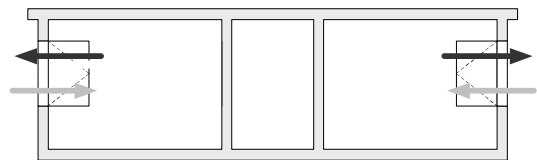
Bei der Querlüftung ist der Wind die Hauptantriebskraft.

Bei der einseitigen Lüftung werden die Fenster nur an einer Fassade geöffnet. Der Luftaustausch wird dabei durch die Dichtedifferenz (meist infolge Temperaturdifferenz) zwischen innen und aussen bestimmt.

Dreh- und Kippfenster können mit elektrischen Antrieben ausgerüstet werden. Beschläge und Rahmen sind entsprechend den Antrieben zu wählen. Grundsätzlich können die Fenster nach Zeit, Temperatur, Feuchte und Wind gesteuert und evtl. geregelt werden. Je nach gewünschten Funktionen können entsprechende MSRL-Einrichtungen (inkl. Busverbindungen) eingesetzt werden.

Die Fensterlüftung kann mit Aussenluft-Durchlässen ergänzt werden, welche in Aussenwänden oder Fenstern eingebaut werden. Die Einstellung kann von Hand erfolgen. Weiter gibt es Bauarten mit selbsttätigen Reglern, die die Raumluftfeuchte regeln oder den Aussenluft-Volumenstrom konstant halten.

Schema einer Fensterlüftung



3.2 Einfache Abluftanlage

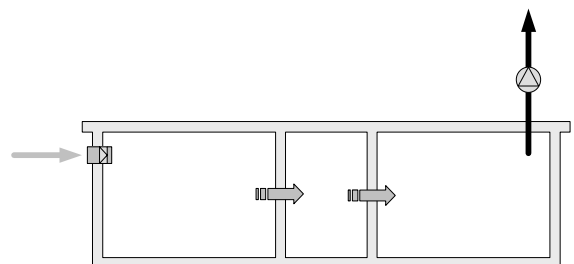
In Nassräumen wird Luft abgesaugt. Die Ersatzluft strömt über Aussenluft-Durchlässe in den Wohn-, Schlaf- und Arbeitszimmern nach. Die Druckverhältnisse im Gebäude werden hauptsächlich durch die Aussenluft-Durchlässe bestimmt. Eine hohe Dichtheit der Gebäudehülle und richtig dimensionierte Überström-Luftdurchlässe innerhalb der Wohnung tragen massgebend zum Funktionieren dieses Lüftungssystems bei.

Neben Anlagen mit zentralen Ventilatoren gibt es Systeme mit einem Ventilator pro Nassraum.

Trotz dem einfachen Konzept erfordert eine gut funktionierende einfache Abluftanlage eine qualifizierte Planung und Inbetriebnahme.

Ein diszipliniertes Benutzerverhalten ist unabdingbar, da ein offenes Fenster das Strömungsmuster einer Wohnung stark stört.

Schema einer einfachen Abluftanlage (Vertikalschnitt). Die Position der ALD ist nach Absprache mit dem Hersteller wählbar.



3.3 Einfache Lüftungsanlage (mit Zu- und Abluft)

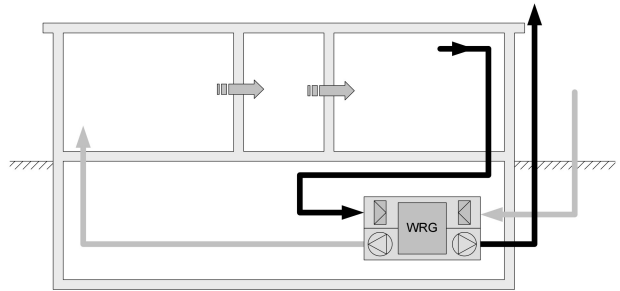
Die beiden üblichen Anlagentypen im Wohnungsbau sind:

- Jede Wohnung hat eine eigene Anlage mit einem eigenen Lüftungsgerät (Einzelwohnungsanlage).
- Eine zentrale Anlage versorgt alle Wohnungen eines Mehrfamilien-Hauses (Mehrwohnungsanlage).

Bei einfachen Lüftungsanlagen erfolgt die Wärmerückgewinnung meistens mit Plattenwärmetauschern. Ausserdem sind Geräte mit Rotoren, die neben sensibler Wärme auch Feuchte übertragen, am Markt verfügbar.

Dieser Anlagentyp wird im deutschsprachigen Raum häufig als Komfortlüftung bezeichnet, u.a. im Minergie-Standard.

Schema einer einfachen Lüftungsanlage (Zu- und Abluft mit WRG)



3.4 Einzelraum-Lüftungsgeräte

Einzelraum-Lüftungsgeräte belüften einzelne Räume. Wenn in einer Wohnung z.B. nur die Schlafzimmern mit Einzelraum-Lüftungsgeräten ausgerüstet werden, ist für die Nassräume eine zusätzliche Lüftung erforderlich, um Feuchtigkeit abzuführen.

Schema einer Einzelraumlüftung

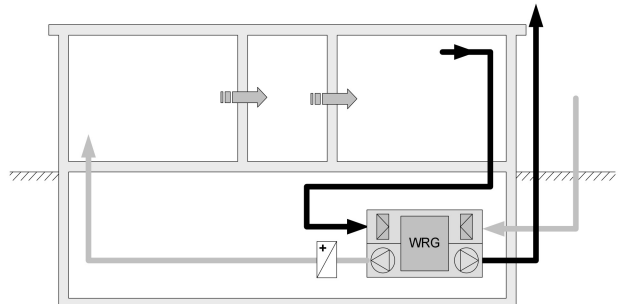


3.5 Lüftungsanlage mit Lufterwärmung

In Ergänzung zur einfachen Lüftung wird die Zuluft nach der WRG nachgewärmt. Die Zulufttemperatur kann über der Raumtemperatur liegen und damit die Funktion «Heizen» übernehmen. Die alleinige Heizung mit Zuluft (Nur-Luft-System, oft als Luftheizung bezeichnet) soll ausschliesslich bei einem sehr kleinen spezifischen Wärmeleistungsbedarf (wie z.B. bei Minergie-P-Häusern) in Betracht gezogen werden. Diese Systeme erfordern eine besonders sorgfältige Planung und Ausführung.

Hinweise zu Einsatzgrenzen siehe Ziffer 4.2.6.

Schema einer Lüftungsanlage mit Lufterwärmung



4 Systemwahl

4.1 Einflussfaktoren

Bei der Wahl des Lüftungssystems sind äussere und innere Einflussfaktoren zu berücksichtigen.

4.1.1 Äussere Einflussfaktoren

- Aussenlärm
- Aussenluftqualität
- Aussenklima

4.1.2 Innere Einflussfaktoren

- Raumprogramm (z.B. innenliegende Nassräume)
- Wohnungsgrösse und voraussichtliche Nutzung der einzelnen Räume (Flexibilitätswünsche bezüglich Umnutzung)
- Verfügbarer Raum für haustechnische Anlagen
- Erreichbare Luftdichtheit der Gebäudehülle
- Bauphysikalische Probleme wie Kondensatrisiko, allgemeines Risiko von Feuchteschäden, sommerlicher Wärmeschutz
- Energiekonzept
- Ökonomie: Investitionen sowie Energie- und Wartungskosten
- Sicherheit (Einbruchschutz)
- Thermischer Komfort
- Akustische Situation
- Brandschutzanforderungen
- Raumluftbelastung (Gerüche, Emissionen von Baustoffen, Radon)
- Intensivlüftung (für Ausnahmefälle mit hoher Luftbelastung)
- Ersatzluft für Kochstelle und andere spezielle Abluft (z.B. Tumbler, Zentralstaubsauger)
- Feuerstätten in der Wohnung (z.B. Holzofen)
- Spezielle Anforderungen der Benutzer (Individualität, gesundheitliche Anforderungen)
- Rauchen in der Wohnung
- Bedienung und Wartung

4.2 Einsatzbereiche der Systeme

4.2.1 Allgemeines

In Wohnungen sollen grundsätzlich alle Wohn- und Arbeitsräume über Fenster zum Öffnen verfügen.

Die hier behandelten mechanischen Lüftungsanlagen führen Raumluftbelastungen kontinuierlich und in einem Zeitraum von Stunden ab. Für seltene und ausserordentliche Raumluftbelastungen, die innert Minuten abgeführt werden sollen, ist immer die Möglichkeit einer zusätzlichen Fensterlüftung vorzusehen. In der Regel ist eine Fensterlüftung auch für den sommerlichen Wärmeschutz erforderlich (Nachtauskühlung).

Auf den Spezialfall der Kochstellenabluft wird in Ziffer 4.3.7 eingegangen.

4.2.2 Fensterlüftung

Vorteile

- Einfachstes und kostengünstigstes Lüftungssystem.
- Kein Platzbedarf für Kanäle und Lüftungsgeräte.
- Kein Energiebedarf für die Luftförderung.
- Gute Akzeptanz.
- Nachtauskühlung im Sommer möglich.
- Intensivlüftung bei Belastungsspitzen möglich.
- Sofortige individuelle Eingriffsmöglichkeit.

Nachteile

- Kein kontrollierter Luftaustausch.
- Starke Abhängigkeit vom Benutzerverhalten.
- Bedienungsaufwand.
- Zugserscheinungen im Winter (beim Lüften).
- Energieverluste im Winter.
- Keine Wärmerückgewinnung möglich.
- Evtl. Belastung durch Aussenlärm und Abgase.
- Evtl. Belastung durch Wind und Regen.
- Evtl. Sicherheitsprobleme.

Als Variante der benutzerbetätigten Fensterlüftung sind automatisierte Fensterlüftungen mit elektrischen Antrieben auf dem Markt. Einige der oben stehenden Punkte treffen bei solchen Systemen nicht zu.

Einsatzgrenzen

- Für eine reine Fensterlüftung gilt gemäss Norm SIA 382/1, Ziffer 3.2.2, die Lärmbelastung als zu hoch, wenn der Aussenlärm den Beurteilungspegel Tag von 55 dB(A) oder den Beurteilungspegel Nacht von 45 dB(A) überschreitet. Massgebend sind die Immissionswerte bei den für die Lüftung erforderlichen Fenstern unter Berücksichtigung der örtlichen baulichen Situation.
- Für eine reine Fensterlüftung gelten gemäss Norm SIA 382/1, Ziffer 3.2.3, in den folgenden Situationen die Luftbelastungen als zu hoch:
 - Einer der Immissionsgrenzwerte der LRV für NO₂ oder PM10 ist um mehr als 50% überschritten.
 - Störende Geruchsbelastungen, die durch eine Lüftungsanlage gemildert werden können.
- Die Fensterlüftung ist für Allergiker ungeeignet bei hoher Pollenkonzentration.

Die Fensterlüftung kann mit Aussenluft-Durchlässen (ALD) ergänzt werden. Dadurch lassen sich der Schallschutz, der Witterungsschutz und der Einbruchschutz verbessern. Dabei sind die folgenden Punkte zu beachten:

- Eine sommerliche Nachtlüftung oder eine Intensivlüftung allein mit ALD ist kaum möglich, da deren Strömungsquerschnitt nicht ausreichend ist.
- Im Planungsprozess einzubeziehen sind die akustischen und strömungstechnischen Eigenschaften der ALD. Es gilt zu beachten, dass viele ALD für einen Unterdruck im Gebäude konstruiert sind. Bei einer Strömungsrichtung von innen nach aussen und tiefen Aussentemperaturen besteht ein Risiko für Kondensat- oder Eisbildung in den ALD.
- Im Sommer kann an besonnten Fassaden über ALD stark erwärmte Aussenluft ins Gebäude gelangen.

4.2.3 Einfache Abluftanlage

Vorteile

- Da sich bei diesem System der Zuluftteil auf Aussenluft-Durchlässe (ALD) beschränkt, sind der Raumbedarf und die Investitionen in der Regel kleiner als bei einfachen Lüftungsanlagen (Anlagen mit Zuluft).
- Der Energiebedarf für die Luftförderung ist meistens tiefer als bei einfachen Lüftungsanlagen.
- Bei dichter Gebäudehülle ist die Lüftererneuerung bei den meisten Wetterverhältnissen definiert.
- Die in der Abluft enthaltene Wärmeenergie kann allenfalls mit einer Abluft-Wärmepumpe genutzt werden.

Nachteile

- Das Schalldämm-Mass der Fassade kann durch ALD verschlechtert werden.
- ALD mit guten Filtern bewirken unter Umständen einen zu hohen Druckabfall, was eine höhere Infiltration zur Folge haben kann.
- Das System funktioniert nur einwandfrei, wenn die Fenster und Aussentüren nur für kurze Zeiten (einige Minuten) geöffnet werden. Die Bewohner sind gut zu instruieren (z.B. nicht mit offenem Fenster schlafen).
- In jedem Zimmer müssen die ALD und die darin eingebauten Filter regelmässig kontrolliert und gewartet werden (ein- bis mehrmals jährlich). Bei Mietwohnungen wird empfohlen, diese Aufgabe nicht an die Bewohner zu übertragen.
- Eine Wärmerückgewinnung ist nicht möglich.
- Im Winter können zeitweise Zuglufterscheinungen auftreten.
- Im Sommer kann über ALD an besonnten Fassaden stark erwärmte Aussenluft ins Gebäude gelangen.
- Gegenüber anderen Lüftungsanlagen sollen die wohnungsinternen Überström-Durchlässe einen tieferen Druckabfall haben. Das bedeutet, dass das Schalldämm-Mass tendenziell kleiner ist. Der wohnungsinterne Schallschutz ist damit relativ ungünstig.

Einsatzgrenzen

Eine einfache Abluftanlage soll nur eingesetzt werden, wenn alle folgenden Punkte erfüllt sind.

- Das Gebäude hat eine gute Luftdichtheit ($n_{50} \leq 1,0 \text{ h}^{-1}$).¹
- Es wird keine raumluftabhängige Feuerung in der Wohnung eingesetzt. Nicht empfohlen werden auch raumluft-unabhängige Feuerungen im Wohnbereich.
- Keine starke Windexposition.
- Es sind nicht mehr als zwei Geschosse luftseitig miteinander verbunden; bei mehr Geschossen sind luftdichte Türen nötig.
- Es darf kein Risiko für eine Radonkonzentration von über 400 Bq/m^3 bestehen, wenn im Gebäude ein Unterdruck herrscht. Hierzu ist eine gute Abschottung des Kellergeschosses vom Erdgeschoss nötig. In Gebieten mit erhöhtem Radonrisiko sollen in Einfamilienhäusern keine Abluftanlagen eingesetzt werden (s. auch Anhang G, [3] und [13]).
- Bei Abluftventilatoren in der Wohnung ist zu beurteilen, ob die akustischen Anforderungen an Dauergeräusche erfüllt werden.
- Bei einer hohen Aussenluftbelastung müssen spezielle ALD mit entsprechenden Filtern eingesetzt werden.

In der Regel werden einfache Abluftanlagen nicht für eine sommerliche Nachtlüftung ausgelegt.

4.2.4 Einfache Lüftungsanlage

Vorteile

- Definierte Aussenlufterneuerung unabhängig von den Wetterverhältnissen.
- Geringe Abhängigkeit von der Dichtheit der Gebäudehülle.
- Hohe Filterstufen sind möglich.
- Hoher Schallschutz gegenüber aussen.
- Die Lüftungswärmeverluste können gegenüber Fensterlüftung und einfachen Abluftanlagen um bis etwa 80% reduziert werden (bei guter Ausführung, entsprechenden Geräten, Unterbleiben von Fensteröffnen).
- Wartung der Aussenluftfilter zentral im Lüftungsgerät möglich.
- Feuchterückgewinnung mit speziellen Lüftungsgeräten (sog. Sorptionsrotoren oder Enthalpietauschern) möglich.

Nachteile

- Der Energiebedarf für die Luftförderung ist höher als bei einfachen Abluftanlagen.
- Der Raumbedarf und die Investitionen sind relativ hoch.

Einsatzgrenze

- Der Einbau bei Erneuerungen ist wegen des Raumbedarfs für die Kanäle in gewissen Fällen unmöglich.

4.2.5 Einzelraum-Lüftungsgeräte

Vorteile

- Einzelraum-Lüftungsgeräte eignen sich gut für die Nachrüstung in bestehenden Gebäuden, zum Beispiel für Schlafzimmer in lärmbelasteten Gebieten oder für Pollenallergiker.
- Raumweise Steuerung.
- Der Energieverbrauch für die Luftförderung ist bei guten Einzelraum-Lüftungsgeräten kleiner als bei einfachen Lüftungsanlagen.
- Der Einfluss von Leckagen in der Gebäudehülle ist geringer als bei anderen mechanischen Lüftungen.

Nachteile

- Besonders zu berücksichtigen ist der Schall: einerseits befinden sich die Ventilatoren in den Zimmern und andererseits ist die Schalldämmung gegen aussen kritisch.
- Die Effizienz der Wärmerückgewinnung der meisten Einzelraum-Lüftungsgeräte ist geringer als bei einfachen Lüftungsanlagen. Falls ein Gerät dennoch ein Temperatur-Verhältnis von mehr als ca. 60% erreicht, ist ein Kondensatablauf vorzusehen.
- Bei einigen Einzelraum-Lüftungsgeräten wird der geförderte Aussen- und Abluftvolumenstrom von den äusseren Druckverhältnissen (Wind und Auftrieb) stark beeinflusst. Dieser Umstand ist bei windexponierten oder hohen Gebäuden zu berücksichtigen.
- Im Sommer kann über diese Geräte an besonnten Fassaden stark erwärmte Aussenluft ins Gebäude gelangen.
- Ästhetik: Geräte in den Zimmern.

¹ Für die Umrechnung n_{50} zu $v_{a,4}$ siehe Norm SIA 180, Anhang A.4

- Raumbedarf.
- Eine Kaskadenlüftung ist nicht möglich.
- Filterwechsel dezentral im Einzelgerät.

Einsatzgrenzen

- Die Filterstufe ist zu beachten. Einige Gerätetypen haben nur Grobfilter.
- Die Beurteilung der Einsatzgrenze bezüglich Immissionen ist ähnlich zur Situation bei der Fensterlüftung.
- Da die Zuluft nach der Wärmerückgewinnung in der Regel nicht nachgewärmt wird, ist zu prüfen, ob bei tiefen Aussen-temperaturen die Komfortkriterien eingehalten werden.

4.2.6 Lüftungsanlage mit Luftherwärmung (als Nur-Luft-System, «Luftheizung»)

Vorteile

Grundsätzlich gleiche Vorteile wie einfache Lüftungsanlage.

- Keine Investitionen für wasserführendes Wärmeverteil- und -Abgabesystem.

Nachteile

Gleiche Nachteile wie einfache Lüftungsanlage.

- Zusätzliche Investitionen für Luftnachwärmung und Wärmedämmung der Zuluftleitungen.
- Bei Wärmepumpen: tiefere Arbeitszahlen als mit Flächenheizung (wegen der höheren Vorlauftemperatur).
- Zeitweise hohe Lufteinblastemperaturen ausser bei sehr niedrigem Wärmeleistungsbedarf.

Einsatzgrenzen

Es wird empfohlen, solche Lüftungen als Nur-Luft-System nur in kompakten, hoch wärmegeprägten Gebäuden zu realisieren, wo die Heizfunktion ohne zusätzliche Aussenluft oder Umluft sichergestellt werden kann.

Bei Ein- und Mehrfamilienhäusern soll die Heizwärme nur dann über Lüftungsanlagen verteilt werden, wenn die spezifische Norm-Heizlast maximal 10 W/m^2 (bezogen auf Energiebezugsfläche) beträgt. Gemäss Norm SIA 384/1 (2008) ist bei einer höheren spezifischen Norm-Heizlast als 10 W/m^2 eine Einzelraumregelung erforderlich. Diese Anforderung erfordert bei Nur-Luft-Systemen derart hohe Investitionen, dass deren Einsatz unwirtschaftlich wird. Für weitere Planungsdetails wird auf Ziffer 6.6 verwiesen.

4.3 Systemoptionen

4.3.1 Einzel- oder Mehrwohnungsanlagen

Bei einfachen Abluftanlagen, einfachen Lüftungsanlagen und Lüftungsanlagen mit Luftherwärmung können in Mehrfamilienhäusern sowohl gemeinsame Anlagen für mehrere Wohnungen als auch Anlagen für eine einzelne Wohnung gebaut werden.

Bei Mehrwohnungsanlagen wird die Betriebsstufe in der Regel zentral vorgegeben. Bei Einzelwohnungsanlagen kann die Betriebsstufe individuell eingestellt werden.

Vorteile von Mehrwohnungsanlagen gegenüber Einzelwohnungsanlagen:

- Zentrale Wartung (speziell Filterwechsel).
- Oft geringere Investitionen und kleinerer Platzbedarf (besonders in den Steigzonen).
- Erdreich-Wärmeübertrager einfacher realisierbar.
- Lüftungsgeräte nicht in der Wohnung (akustisch vorteilhaft).
- Bei Mehrwohnungsanlagen besteht in der Regel kein Risiko, dass Leckluft aus Ab- oder Fortluftleitungen in die Zuluft von anderen Wohnungen gelangt.

Vorteile von Einzelwohnungsanlagen gegenüber Mehrwohnungsanlagen:

- Individuelle Steuerung und dadurch bessere Anpassung an Luftbelastung und Luftfeuchte.
- Geringere Schallprobleme zwischen Wohnungen.
- Bei Einzelwohnungsanlagen besteht in der Regel kein Risiko, dass Leckluft in Luftaufbereitungsgeräten (speziell in der WRG) von der Abluft einer Wohnung in die Zuluft anderer Wohnungen gelangt.

Bei Einzelwohnungsanlagen mit langen Aussen- und Fortluftleitungen kann der Nutzen der Wärmerückgewinnung durch unerwünschte Wärmeströme stark reduziert werden. Mehrwohnungsanlagen sind in dieser Beziehung weniger heikel, sind aber nicht grundsätzlich energetisch besser. Die Beurteilung muss objektspezifisch erfolgen und hängt von diversen Parametern wie der Wärmedämmung, der Wärmerückgewinnung usw. ab.

Es ist grundsätzlich möglich, Mehrwohnungsanlagen mit wohnungsweisen Luftvolumenstromsteuerungen auszurüsten. Dadurch könnten die Vorteile beider Varianten kombiniert werden (ausser Risiko von Leckagen im Luftaufbereitungsgerät). Diese Lösung dürfte allerdings meistens höhere Investitionen erfordern als Einzelwohnungsanlagen.

Hinweis zu Nutzungsunterbrüchen bei Mehrwohnungsanlagen

Bei Wohnungen, die im Winter über längere Zeit (mehrere Tage bis Wochen) nicht belegt sind, besteht das Risiko von Materialschäden infolge zu tiefer Raumluftfeuchte. Bei langen Nutzungsunterbrüchen (z.B. leer stehende Wohnungen) oder nur zeitweise belegten Wohnungen (z.B. Ferienwohnungen) muss der Luftvolumenstrom durch geeignete Massnahmen reduziert werden. Bei Nutzungsunterbrüchen von 1 bis 2 Wochen in fest belegten Wohnungen kann als Alternative eine temporäre Raumluftbefeuchtung eingesetzt werden. Die Bewohner und Anlagebetreiber sind entsprechend zu instruieren.

4.3.2 Erdreich-Wärmeübertrager

Die Aussenluft kann anstatt direkt über einen kurzen Kanal auch über längere im Erdreich verlegte Leitungen angesaugt werden, die man als Erdreich-Luft-Wärmeübertrager bezeichnet.

Eine Variante besteht darin, dass die Erdreichwärme über einen Solekreislauf dem Aussenluft-Volumenstrom zugeführt wird (Erdreich-Sole-Wärmeübertrager). Zur Wärmeübertragung vom Erdreich auf den Solekreislauf können analog wie bei Wärmepumpen Erdsonden oder horizontale Erdregister eingesetzt werden.

Vorteile

- Einfacher Vereisungsschutz für die Wärmerückgewinnung.
- Einfacher Filterschutz: trockene und damit hygienisch bessere Filter (evtl. längere Filterstandzeit).
- Weniger Kondensat im Lüftungsgerät und damit längere Lebensdauer.
- Höhere Zulufttemperatur nach der WRG und damit auch ohne Luftherhitzer besserer thermischer Komfort.
- Geringfügiger Wärmegewinn im Winter.
- Im Sommer geringfügiger Kühleffekt.

Nachteile

- Höhere oder zusätzliche Investitionen (kostengünstig sind Erdreich-Luft-Wärmeübertrager im Aushubbereich des Gebäudes).
- Zusätzlicher Druckverlust.
- Zusätzliche Komponente, die kontrolliert und gewartet werden muss.

Bei einer guten WRG (Temperatur-Verhältnis > 80%) ist der energetische Nutzen eines Erdreich-Wärmeübertragers vernachlässigbar klein, doch brechen die Erdreich-Wärmeübertrager die Leistungsspitzen und machen einen elektrischen Vereisungsschutz überflüssig.

Damit im Sommer eine maximale Kühlleistung möglich ist, kann die WRG mit einem Bypass umfahren werden. Bei Luftvolumenströmen, wie sie bei der Wohnungslüftung üblich sind, ist die Kühleffekt allerdings gering.

Für einen Vereisungsschutz und trockene Filter genügen in Einfamilienhäusern im Mittelland meistens relativ kurze Erdreich-Luft-Wärmeübertrager (Dimensionierung auf eine Temperaturerhöhung von 3 K).

4.3.3 Abluft-Wärmepumpen

Bei einfachen Abluftanlagen, einfachen Lüftungsanlagen und Lüftungsanlagen mit Luftherwärmung können Wärmepumpen eingesetzt werden, welche der Abluft Wärme entziehen. Solche Wärmepumpen (z.B. für die Wassererwärmung) sind dann sinnvoll, wenn damit fossile Energie oder eine elektrische Direktheizung ersetzt werden.

Bei Lüftungsanlagen mit Abluft-Wärmepumpen zur Zulufterwärmung wird empfohlen, grosszügig dimensionierte Erdreich-Wärmeübertrager einzusetzen. Die Lufttemperatur nach der WRG soll so hoch sein, dass eine Nutzung mit einer Wärmepumpe sinnvoll ist (Arbeitszahl mindestens gleich hoch wie bei einer normalen Aussenluft-Wärmepumpe).

Der Einsatz einer Abluft-Wärmepumpe rechtfertigt es nicht, dass der Aussenluft-Volumenstrom (gegenüber der Dimensionierung gemäss Ziffer 6.1.2 bzw. 6.4.1) erhöht wird.

Es ist zu beachten, dass die Wärmeleistung und das Vereisungsverhalten von Abluft-Wärmepumpen stark von der Abluftfeuchte abhängen. Je tiefer die Abluftfeuchte ist, desto kleiner wird die Heizleistung. Mit sinkender Abluftfeuchte nimmt in der Regel auch die Frostbildung am Verdampfer zu und die Abtauintervalle werden kürzer (infolge der geringeren Abluftenthalpie sinkt die Fortluft- und damit auch die Verdampfungstemperatur).

4.3.4 Feuchterückgewinnung, Rotoren und aktive Zuluftbefeuchtung

Spezielle WRG-Bauarten gewinnen neben sensibler Wärme auch Feuchte zurück. Solche Geräte vermögen die Perioden mit tiefen Raumlufffeuchten deutlich zu verkürzen [9]. Eine Energieeinsparung kann in Wohnungen erzielt werden, in denen die Raumluff aktiv (z.B. durch Raumluffbefeuchter) befeuchtet wird. Dies wird aber weder in heutigen Normen (speziell SIA 380/1) noch im Minergie-Nachweis berücksichtigt.

Aus hygienischen Gründen wird empfohlen, nur Feuchterückgewinnungsanlagen einzusetzen, bei denen die Zuluft nicht mit flüssigem Wasser in Kontakt kommt. Falls Rotoren eingesetzt werden, sollen daher nur so genannte sorptive Rotoren (Enthalpierotoren), nicht aber Kondensationsrotoren eingesetzt werden.

Wegen des Risikos von Geruchsübertragungen zwischen Wohnungen wird empfohlen, Rotoren nur bei Einzelwohnungsanlagen einzusetzen.

Von einer aktiven Zuluftbefeuchtung (d.h. mit Zuluftbefeuchter) wird bei Wohnungslüftungen abgeraten. Neben dem hohen Energieverbrauch sprechen auch hygienische Risiken dagegen (vgl. 5.3.2 und [2]).

4.3.5 Vereisungsschutz der WRG

Bei tiefen Aussentemperaturen kann Kondenswasser auf der Abluftseite der Wärmerückgewinnung gefrieren. Deshalb soll durch geeignete Massnahmen verhindert werden, dass die WRG durch Frost und Eis verstopft. Die Vereisungsgefahr hängt ab von der WRG (Bauart und Temperatur-Verhältnis), den Eintrittstemperaturen auf der Aussen- und Abluftseite sowie der Abluffeuchte.

Zu empfehlen ist eine Vereisungsschutzeinrichtung, wenn während mehreren Tagen pro Jahr mit einer Vereisung gerechnet werden muss.

Ein Vereisungsschutz muss vorgesehen werden, wenn der Betrieb der Lüftung unterbruchlos zu gewährleisten ist. Dies ist bei Mehrwohnungsanlagen und Lüftungsanlagen mit Luffterwärmung (zwecks Raumheizung) immer der Fall.

Für die Wahl des Vereisungsschutzes werden folgende Prioritäten empfohlen:

1. Erdreich-Wärmeübertrager oder WRG mit Feuchterückgewinnung (z.B. sog. Sorptionsrotor oder Enthalpietauscher)²
2. Bypasssteuerung (durch die tiefere Zulufttemperatur ist meist eine Nachwärmung erforderlich)
3. Bei Mehrwohnungsanlagen: Vorwärmung über Heizung (über Sole-Zwischenkreislauf)
4. Bei Einzelwohnungsanlagen und falls zulässig: Abtauen durch Abschalten der Anlage
5. Elektrovorwärmer mit geregelter variabler Leistung, plus evtl. optimiertem Temperatur-Verhältnis³
6. Elektrovorwärmer mit einstufiger Leistung, plus optimiertes Temperatur-Verhältnis im Bereich von 50 bis 70%³

Der Vereisungsschutz (bzw. die zugehörige Ventilatorsteuerung) soll keinen Unterdruck in der Wohnung verursachen. Gemäss Norm SIA 384/1 (2008) darf eine solche Lösung bei raumluffabhängigen Feuerungen nicht eingesetzt werden.

4.3.6 Steuerung und Regelung des Zuluft- und Abluffvolumenstroms

Eine bedarfsgerechte Regelung bietet den Vorteil, dass eine übermässige Lüftung und damit ein erhöhter Energieverbrauch und eine Austrocknung der Raumluff vermieden wird.

Die Betriebsstufe der Lüftungsanlage muss bei Einzelwohnungsanlagen durch die Bewohner eingestellt werden können.

Optional ist eine Erweiterung mit zusätzlichen Funktionen:

- Luftqualitätsregelung, z.B. nach CO₂-Konzentration
- Regelung nach der relativen Raum- oder Ablufffeuchte
- Steuerung nach Zeitprogramm (Tag, Woche)

Bei allen diesen Varianten muss sichergestellt werden, dass eine minimale Aussenluffrate gewährleistet ist, die ganzjährig den Feuchteabtransport sowie die Grundlüftung sicherstellt.

² Der Gerätelieferant muss bestätigen, dass die Feuchteübertragung genügend gross ist, um eine Vereisung der WRG zu verhindern.

³ Hinweise für die Berechnung des Energieverbrauchs für den Vereisungsschutz sowie die in den Punkten 5 und 6 erwähnte Optimierung des Temperatur-Verhältnisses finden sich in [5], Abschnitte 4.3.4 und 4.7.3.

4.3.7 Kochstellenentlüftung

Der Abluftvolumenstrom der einfachen Lüftungsanlage genügt zum Abtransport von Feuchte und schwachen Gerüchen. Für den Kochbetrieb muss eine zusätzliche Intensivlüftung vorhanden sein. Nachfolgend sind fünf Varianten aufgeführt und bewertet.

4.3.7.1 Intensivlüftung der Küche über Fenster

Zur Intensivlüftung wird ein Fenster geöffnet, das möglichst nahe bei der Kochstelle liegt.

Vorteile

- Einfach und kostengünstig.
- Kein Wartungsaufwand an zusätzlichen Komponenten.

Nachteile

- Reduzierter thermischer Komfort bei Intensivlüftung.
- Benutzerinformation erforderlich.
- Lokale Windverhältnisse können Emissionen in den Raum drücken.

Einsatzgrenze

- Diese Lösung ist nur dann zulässig, wenn die Küche ein separater Raum ist, also nicht offen ist gegen Korridor oder Wohnraum. Die Benutzer sind zu instruieren.

Diese Variante kommt vor allem bei Erneuerungen in Frage, bei denen eine Lüftungsanlage (Grundlüftung) eingebaut wird und keine Möglichkeit für eine bessere Kochstellenlüftung besteht.

4.3.7.2 Umluft-Dunstabzughaube mit Aktivkohlefilter

Die Kochstelle hat bei diesem Konzept eine Dunstabzughaube für Umluftbetrieb mit Aktivkohlefilter.

Vorteile

- Einfaches und günstiges Konzept ohne zusätzliche Verrohrung.
- Die Luftvolumenstrombilanz stimmt ohne Einregulierung.
- Bezüglich Heizenergie beste Lösung.
- Die Raumluft trocknet im Winter weniger aus.

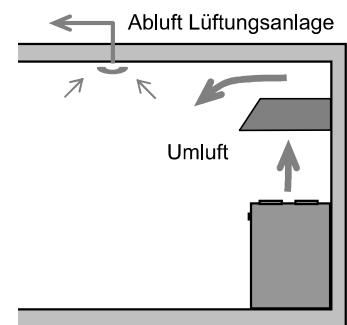
Nachteile

- Wartung der Aktivkohlefilter (zusätzlich zum Fettfilter).
- Geruchs-beseitigung nicht so gut wie bei Ablufthauben.
- Kurze Standzeit und Luftleistungsverluste der Aktivkohlefilter je nach Fabrikat.

Einsatzgrenze

- Der Aktivkohlefilter führt keinen Wasserdampf ab und bindet kein Kohlenmonoxid (Gasherd). Diese Lösung ist nur zulässig, wenn ein Abführen des Wasserdampfs ganzjährig gewährleistet ist (z.B. in Kombination mit einer einfachen Lüftungsanlage).

Umluft-Dunstabzughaube



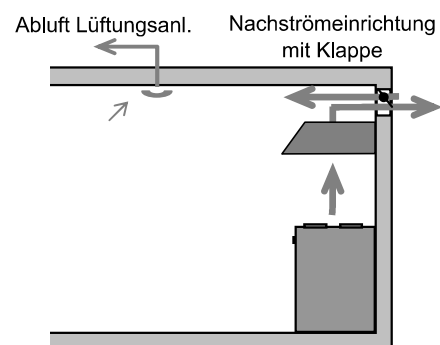
4.3.7.3 Fortluft-Dunstabzughaube und Nachströmung mit Aussenluft-Durchlass

Die Ersatzluft strömt infolge des von der Dunstabzughaube für Abluftbetrieb erzeugten Unterdrucks über einen Aussenluft-Durchlass (ALD) nach. Der ALD ist bei ausgeschalteter Kochstellenlüftung geschlossen. Bei eingeschalteter Kochstellenlüftung darf der ALD nicht durch den Unterdruck im Raum geöffnet werden, sondern z.B. durch eine gesteuerte motorische Klappe.

Vorteile

- Kochstellenabluft wird immer direkt nach aussen gefördert.
- Einfache und günstige Wartung der Dunstabzughaube.
- Die Luftvolumenstrombilanz stimmt auch bei Intensivlüftung, sofern der ALD einen kleinen Druckverlust aufweist.

Intensivlüftung mit freier Nachströmung



Nachteile

- Leicht reduzierter thermischer Komfort bei Intensivlüftung.
- Aussenluft-Durchlässe (ALD) an der Fassade (Kosten, Wärmebrücke).
- Der Schallschutz der Fassade wird durch ALD geschwächt.
- Wartung der Aussenluft-Durchlässe nötig (z.B. Luftfilter falls vorhanden).
- Bei ALD ohne Filter dringt Staub in die Küche.

Einsatzgrenzen

Der Druckverlust des ALD führt zu einem Unterdruck im Raum. Dieser Unterdruck darf keine raumluftabhängige Feuerung stören oder andere unerwünschte Wirkungen verursachen (siehe auch Ziffer 5.7).

Bemerkung und Beispiel

Bei der Dimensionierung von Nachströmeinrichtungen ist der Druckverlust des Wetterschutzgitters zu beachten. Damit der Druckverlust eines handelsüblichen Wetterschutzgitters (freier Querschnitt ca. 50%) max. 4 Pa beträgt, wäre für eine mittelgrosse Ablufthaube (ca. 800 m³/h) eine Anströmfläche von ca. 0,2 m² erforderlich (Durchmesser ca. 500 mm).

4.3.7.4 Fortluft-Dunstabzughaube und Nachströmung über ein offenes Fenster

Die Ersatzluft strömt durch ein offenes Fenster im Bereich der Küche nach. Oft wird das Fenster von Hand betätigt. Es ist aber auch ein Fenster mit elektrischem Antrieb möglich, das parallel mit dem Betrieb der Abzughaube öffnet und schliesst.

Vorteile

- Die Kochstellenabluft wird immer direkt nach aussen gefördert.
- Einfache und günstige Wartung der Kochstellen-Abzughaube.
- Die Luftvolumenstrombilanz stimmt auch bei Intensivlüftung.
- Günstige und wartungsarme Nachströmung.

Nachteile

- Reduzierter thermischer Komfort bei Intensivlüftung.
- Bei handbetätigten Fenstern Bedienung durch Benutzer (Information, Verständnis für die Funktion).
- Luftverschmutzung (Staub und Pollen) und Lärm dringen direkt in die Küche.

Einsatzgrenzen

Wenn die Nachströmung ausschliesslich über handbetätigte Fenster erfolgt, muss davon ausgegangen werden, dass es jederzeit zu Situationen mit einem beachtlichen Unterdruck (z.B. 30 Pa) in der Wohnung kommen kann. Eine Instruktion der Bewohner ist keine ausreichende Massnahme, um einen Unterdruck zu verhindern. Es muss immer damit gerechnet werden, dass nicht instruierte Personen die Dunstabzughaube einschalten.

Falls ein Unterdruck ein Sicherheitsrisiko darstellt (z.B. bei raumluftabhängigen Feuerungen oder Radon) oder die Raumluftqualität negativ beeinflussen könnte (z.B. Geruchsübertragung von anderen Wohnungen, Rückströmungen durch Ablufeinrichtungen), sind geeignete Vorkehrungen zu treffen. Mögliche Lösungen sind:

- Elektrische Verriegelung der Dunstabzughaube mit einem Fensterkontaktschalter.
- Automatische Öffnung eines Fensters mit einem elektrischen Antrieb.
- Dunstabzughaube mit integrierter Drucküberwachung (schaltet bei Unterdruck selbsttätig aus).
- Bei automatischer Feuerung: Ausschalten der Feuerung bei Unterdruck (nur geprüfte Überwachungsgeräte einsetzen).

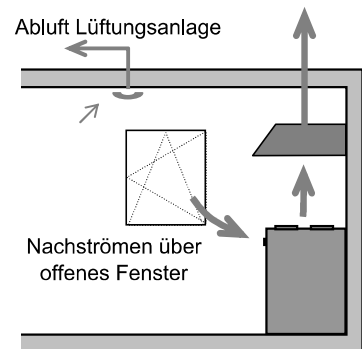
4.3.7.5 Anschluss der Dunstabzughaube an die einfache Lüftungsanlage

Falls die Dunstabzughaube direkt an die Lüftungsanlage angeschlossen wird, muss bei Betrieb der Haube der Zuluft- und Abluftvolumenstrom der einfachen Lüftungsanlage erhöht werden. Über eine Umstellklappe wird der Hauptteil der Wohnungsabluft über die Dunstabzughaube geführt.

Vorteile

- Die Kochstellenabluft wird immer direkt nach aussen gefördert.
- Die Luftvolumenstrombilanz ist ausgeglichen. Es entsteht kein Unterdruck.
- Die Wärmeverluste werden durch die Wärmerückgewinnung reduziert.
- Die Ersatzluft ist vorgewärmt (guter thermischer Komfort und Wärmeenergieeinsparung durch WRG).

Intensivlüftung der Küche mit Nachströmung über offenes Fenster



Nachteile

- Der maximale Luftvolumenstrom der Dunstabzughaube ist abhängig vom Lüftungsgerät, meist unter 300 m³/h. Dadurch können nur Dunstabzughauben eingesetzt werden, die bei diesem Volumenstrom eine gute Wirkung haben. Dies bedeutet eine Einschränkung bei der Produktauswahl.
- Verrohrung zum Lüftungsgerät und Brandschutzkomponenten.
- Mögliche Verschmutzung der Wärmerückgewinnung.
- Während des Kochbetriebs werden die Räume mit Abluft (Bad, WC) nur reduziert entlüftet.

Einsatzgrenzen

Im Dokument VKF FAQ 26-007 sind die brandschutztechnischen Anforderungen für eine solche Lösung festgelegt. Die Steuerung von Ablufthaube, Lüftungsgerät und Klappen muss zwingend koordiniert werden. Die Kombination ist nur bei Einzelwohnungsanlagen möglich.

5 Allgemeine Anforderungen

5.1 Bauliche Anforderungen

Die Norm SIA 180 verlangt eine grundsätzlich luftdichte Gebäudehülle, wobei die Lage und Ausführung dieser luftdichten Hülle klar festzulegen sind. Gemäss Ziffer 3.1.4.6 der Norm SIA 180 sind die nachstehenden (minimalen) Anforderungen an die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle einzuhalten.

Tabelle 1 Grenz- und Zielwerte für die Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle

| Kategorie | $V_{a,4,max}$ $m^3/(h \cdot m^2)$ | |
|------------------------|--------------------------------------|----------|
| | Grenzwert | Zielwert |
| Neubauten | 0,75 | 0,5 |
| Umbauten, Erneuerungen | 1,5 | 1,0 |

Bei Bauten mit mechanischen Lüftungsanlagen sind die Zielwerte einzuhalten.

Eine Konzentration der Leckverluste in einem speziellen Gebäudebereich (z.B. Dachgeschoss) ist zu vermeiden. Die Gesamt-Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle darf in keiner Zone (Einzelraum, Raumgruppe oder Geschoss) des Gebäudes den Wert von $2 m^3/(h \cdot m^2)$ überschreiten

Zur Sicherstellung einer luftdichten Gebäudehülle sind neben der sauberen Planung der Konstruktion auch Massnahmen und Kontrollen im Bauablauf und evtl. nach Fertigstellung des Bauwerks erforderlich. Die einzelnen Massnahmen und Kontrollen sind in der Norm SIA 180, Tabelle 7, summarisch zusammengestellt.

Die Anforderungen an den sommerlichen Wärmeschutz werden in diesem Merkblatt nicht behandelt. Grundsätzlich gelten auch bei Wohnbauten die Anforderungen gemäss Norm SIA 382/1 (Ziffern 2.1.3 und 2.1.4).

5.2 Thermische Behaglichkeit

Die Anforderungen sind prinzipiell in den Normen SIA 180 und SIA 382/1 festgelegt. Diese gelten auch für den Wohnbereich, mit den im Folgenden aufgeführten Ergänzungen bzw. Präzisierungen.

Für die thermische Behaglichkeit ist die empfundene Temperatur massgebend. Allerdings ist bei Einhaltung des in der Norm SIA 180 geforderten sommerlichen und winterlichen Wärmeschutzes der Unterschied zwischen der empfundenen Temperatur und der Lufttemperatur im Raum in der Regel vernachlässigbar. Die Beurteilung des thermischen Komforts kann in diesen Fällen auf der Basis der Lufttemperatur allein erfolgen. Dies gilt nicht für gewisse Altbauten, für Räume mit grossen Strahlungsheizflächen (Kachelofen) und Räume mit hohem Glasanteil.

5.2.1 Aufenthaltsbereich

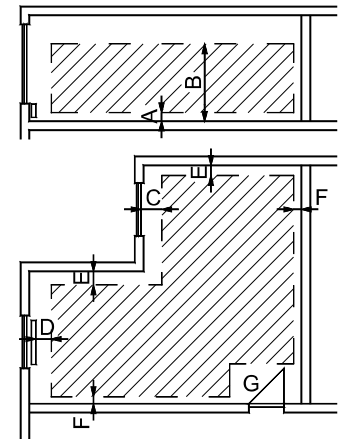
Die vereinbarten Anforderungen zur Erreichung der gewünschten thermischen Behaglichkeit müssen im Aufenthaltsbereich eingehalten werden. Entsprechend sind auch alle Kontrollmessungen in dieser Zone durchzuführen. Obwohl der gesamte Raum genutzt werden kann, ist die Einhaltung der Behaglichkeitsbedingungen ausserhalb des Aufenthaltsbereichs nicht garantiert.

Die vereinbarten Anforderungen zur Erreichung der gewünschten Behaglichkeit müssen bei den definierten Nutzungsbedingungen, bei einem Betrieb des Lüftungssystems entsprechend den Annahmen bei der Auslegung und bei allen aussenklimatischen Bedingungen zwischen den Auslegungszuständen eingehalten werden. Sofern nicht anders vereinbart, gelten als Auslegungszustände für die minimale Aussentemperatur die Auslegungstemperatur «Winter» für die Heizung gemäss Norm SIA 384.201 und als maximale Aussentemperatur 30°C.

Der Aufenthaltsbereich ist in der Norm SIA 382/1 definiert. Ohne besondere Vereinbarung gelten für den Wohnbereich die Werte in Tabelle 2.

Tabelle 2 Masse zur Definition des Aufenthaltsbereichs sowie Beschreibung des Aufenthaltsbereichs mit Schnitt (rechts oben) und Grundriss (rechts unten)

| Distanz von der inneren Oberfläche von | | Distanz |
|--|--|----------------------|
| A | Böden (untere Begrenzung) | 0,05 m |
| B | Böden (obere Begrenzung) | 1,30 m |
| | vorwiegend sitzende Tätigkeit vorwiegend stehende Tätigkeit | 1,80 m |
| C | Fenstern | 1,00 m |
| D | Heizkörpern | 0,60 m |
| E | Aussenwänden | 0,50 m |
| F | Innenwänden | 0,50 m |
| G | Türen, Durchgangszonen, Aussenluft-Durchlässen usw. | speziell zu fixieren |



Bei Wänden mit Fenstern oder Heizkörpern ist jenes Bauelement bestimmend, welches die grössere Distanz verlangt. Zuluftdurchlässe sollen keine Einschränkung des allgemeinen Aufenthaltsbereichs bewirken (also z.B. kein grösserer Abstand von der Innenwand infolge eines Durchlasses an dieser Innenwand). Bei Durchlässen, die sich im normalen Aufenthaltsbereich befinden, sind die Komfortkriterien einzuhalten. Durchgangszonen und Zonen in der Nähe häufig benutzter oder offen stehender Türen (Eingangsbereich) sind nicht Teil des Aufenthaltsbereichs.

5.2.2 Luftgeschwindigkeit, Zugluft

Es gelten die Anforderungen gemäss Norm SIA 382/1.

Bei Fensterlüftung ist während der Stosslüftung eine gewisse Beeinträchtigung des thermischen Komforts durch Zugluft nicht zu vermeiden und wird deshalb als zulässig betrachtet. Allerdings ist diese Beeinträchtigung durch geeignete konstruktive und betriebliche Massnahmen zu minimieren (angepasster Aufenthaltsbereich, Lüftungsflügel, Kippfenster mit variabel arretierbarem Kippwinkel, Stosslüftung, kontrollierte Fensterlüftung mit motorischem Antrieb, Benutzerinformationen). Aus energetischen und Komfortgründen ist zu vermeiden, dass Kippfenster längerfristig offen gelassen werden.

Weitere Angaben sind im Kapitel 6 zu finden.

5.3 Raumlufthqualität

Luftzufuhr von aussen in ein Gebäude ist erforderlich, um

- die Raumlufth zu erneuern,
- die Anreicherung von Raumlufthbelastungen in Form von Gerüchen, Verunreinigungen, Schadstoffen und zu hoher Feuchte zu vermeiden,
- zeitweise gezielt Wärme abzutransportieren oder einen Raum abzukühlen.

Ziel der Belüftung ist somit die Gewährleistung einer guten Raumlufthqualität (keine gesundheitlichen Störungen, keine Beeinträchtigung des Wohlbefindens), des Feuchteschutzes der Bausubstanz und eines angenehmen Raumklimas.

Gleichzeitig muss der Energiebedarf für die Luftförderung angemessen bleiben.

Bei der Planung wird nicht unterschieden zwischen Wohn- und Schlafzimmern.

5.3.1 Emissionen, Belastungen

Die Raumlufth kann auch durch eine Vielzahl von potenziell gesundheitsgefährdenden Stoffen belastet werden. Diese können, müssen aber nicht, auch Geruchsauswirkungen haben und so zu einer Verschlechterung der empfundenen Raumlufthqualität führen. Belastungen sind: Schadstoffe aus der Aussenluft wie Feinstaub, Stickoxide, Kohlenmonoxid; Radon aus dem Bauuntergrund; Schadstoffe aus Baumaterialien und Einrichtungsgegenständen wie Formaldehyd, Lösemittel und andere flüchtige organische Verbindungen (VOC); biologische Verunreinigungen wie Allergene von Pollen, Milben und Haustieren sowie Schimmelpilze und Bakterien; Emissionen aus den Aktivitäten der Benutzer wie Tabakrauch oder flüchtige Stoffe aus Haushaltprodukten. Am schwerwiegendsten ist das Rauchen, da auch mit stark erhöhten Luftraten die Schadstoffkonzentration nicht auf ein akzeptables Mass reduziert werden kann.

Mit Ausnahme von Radon (Strahlenschutzverordnung, vgl. Anhang G und [13]) existieren keine verbindlichen Konzentrationsgrenzwerte für Raumlufschadstoffe in Wohnungen. Für Formaldehyd [11] und PCB [12] in der Innenraumluft hat das Bundesamt für Gesundheit Richtwerte festgelegt.

Anforderungen

Vermeidbare Emissionen sind durch **Massnahmen an der Quelle** so weit zu reduzieren, dass die ohnehin benötigten Aussenluftstraten zur Verdünnung genügen (Quellenbekämpfung). Dies gilt insbesondere für Emissionen aus Inneneinrichtungen, Baumaterialien, Anstrichen und Reinigungsarbeiten sowie das Eindringen von Radon in bewohnte Räume (vgl. technische Dokumentation Radon [3]). Für den Bau und die Inneneinrichtungen sollen deshalb emissionsarme Materialien verwendet werden (siehe Deklarationsraster SIA 493).

Die Aussenluftqualität hat einen grossen Einfluss auf die Innenraumqualität. Bei mechanisch geführter Zuluft muss die Aussenluft gefiltert werden. Damit werden Staub und Aussenluftkeime sowie Schimmelpilzsporen und Bakterien effizient abgeschieden. Mangelnde Wartung und Sauberkeit in der Lüftungsanlage können aber dazu führen, dass Teile der Lüftungsanlage selber zu Belastungsquellen werden. Dies gilt insbesondere für verschmutzte Filter und Kanäle. Zur Sicherstellung der Hygiene sind Massnahmen bei der Planung, Fertigung und Ausführung sowie beim Betrieb und Unterhalt notwendig. Massgebend ist die Richtlinie SWKI VA 104-01.

In Wohnquartieren muss mit einem gelegentlichen Auftreten von Gerüchen (z.B. Cheminéerauch, Grillieren) gerechnet werden. Es ist nicht Aufgabe der Lüftung, diese Gerüche zu eliminieren. Die Standardanforderung an eine Lüftungsanlage ist, dass die Zuluftqualität gleich ist wie die Aussenluftqualität. Spezielle Anforderungen und Massnahmen (z.B. Aktivkohlefilter) sind zu vereinbaren.

Rauchen: Ohne besondere Vereinbarung kann davon ausgegangen werden, dass in Wohnräumen **nicht** geraucht wird.

5.3.2 Raumlufffeuchte

Bei der Raumlufffeuchte sind nicht nur zu hohe relative Luftfeuchten, sondern auch zu tiefe Feuchtwerte zu vermeiden. Zu tiefe relative Feuchtwerte können sich einstellen bei tiefen Aussentemperaturen, bei kleinen internen Feuchtelasten (z.B. infolge schwacher Belegung) und bei nicht angepassten (zu grossen) Luftstraten. Eine gewisse Abhilfe können Lüftungsanlagen bringen, bei denen die Wärmerückgewinnung auch eine gewisse Feuchteübertragung realisieren kann.

Grundsätzlich werden die in der Norm SIA 382/1 definierten Anforderungen angestrebt (30% r.F. als Untergrenze im Winter und 60% r.F. als Obergrenze im Sommer), ebenso die zulässigen Abweichungen bei Aussenbedingungen ausserhalb des Dimensionierungsbereichs. Diese Werte sind als Tagesmittelwerte zu verstehen. Die Einhaltung dieser Werte kann nicht garantiert werden.

Die permanenten Diskussionen um zu tiefe Luftfeuchtigkeit in Wohnungen im Winter sollen mit nachfolgendem Kommentar und Vorgehensregeln geklärt werden.

Die Problematik stellt sich grundsätzlich in kalten Perioden bei Fensterlüftung und mechanischer Lüftung. Eine Garantie bezüglich einer minimalen Luftfeuchtigkeit kann weder im einen noch im andern Fall abgegeben werden, da die ganz wesentliche interne Feuchteproduktion und die Intensität der Fensterlüftung (bzw. der ergänzenden Fensterlüftung bei mechanischen Lüftungen) durch den Benutzer bestimmt sind. Besonders kritisch ist die Situation in alpinen Regionen. Die Situation hat sich durch die meist zu hoch eingestellten Raumlufftemperaturen in Wohnungen verschärft.

Sinnvolle Planungs- und Betriebsführungsmassnahmen sind:

- Wohn-, Schlaf- und Arbeitszimmer (alles «Wohnbereich») werden in der Betrachtung nicht unterschieden, da der Planer eine spätere Nutzung nicht kennt und die Räume auch flexibel genutzt werden. Die Lüftungsanlage soll möglichst entsprechend der effektiven Nutzung und Belegung einreguliert werden.
- Die permanente Einrichtung von Befeuchtern in der Zuluft von Wohnungen ist zu vermeiden, da deren Energieverbrauch und Unterhalt zu mehr Problemen als Nutzen führen.
- Die Aussenluftstraten bei mechanischen Lüftungsanlagen sollen bei Bedarf bei Anwesenheit der Bewohner bis auf $15 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{Person})$ reduziert werden können, bei Abwesenheit bis auf die Grundlüftung. Bei schwacher Raumbelegung sollen die Nutzer ermuntert werden, den Aussenluft-Volumenstrom entsprechend zu reduzieren (Hinweise zu Mehrwohnungsanlagen siehe Ziffer 4.3.1).
- Die Benutzer können Komfortprobleme wegen Trockenheitsgefühlen durch eine Reihe von einfachen Massnahmen vermeiden oder zumindest entschärfen (angepasste Temperaturen, Staubreinigung, Hygiene usw.). Hinweise finden sich im Merkblatt Luftbefeuchter [2] des BAG.

Hinweise zur Systemwahl finden sich in Ziffer 4.3.4.

5.4 Aussenluftraten

5.4.1 Allgemeine Anforderungen

Die erforderlichen Aussenluftraten richten sich nach der zugrunde liegenden Lüftungsstrategie:

- Lüftung für die Einhaltung der Innenraumluftqualität (Abtransport von Raumlufbelastungen) inklusive Grundlüftung.
- Lüftung für den Abtransport von Wärme (bzw. für Wärmezufuhr bei Lüftungsanlagen mit Lufterwärmung).

Weitere Anforderungen sind:

- Intensivlüftung: In Wohn-, Arbeits- und Küchenräumen muss eine intensive Lüftung (z.B. durch Fensterlüftung) möglich sein.
- Abluft: Für das lokale Absaugen von Emissionen in Küche, Bad und WC sind Fenster zum Öffnen und/oder Abluftanlagen vorzusehen.
- Es sind geeignete Möglichkeiten für die Nachströmung vorzusehen.
- Luftverteilung: Das Lüftungssystem soll so ausgelegt sein, dass die Luft von Räumen niedriger Belastung zu Räumen mit höherer Belastung strömt.
- Belastungen der Raumluf sollen durch das Lüftungssystem in der Wohnung nicht verteilt werden.

5.4.2 Grundlüftung

Bei schwach oder nicht besetzten Räumen empfiehlt sich aus hygienischen Gründen die Einhaltung eines Aussenluftwechsels von mindestens $0,2 \text{ h}^{-1}$ oder eine ausreichende Vorspülung des Raumes vor der Belegung. Dieser Richtwert entspricht etwa einer Aussenluftrate von $0,5 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \text{ Nettofläche})$.

Gemäss den Messresultaten aus [10] wird bei Neubauten empfohlen, während der ersten drei Monate nach Bauvollendung einen Aussenluftwechsel von mindestens $0,3 \text{ h}^{-1}$ einzuhalten.

Die genannten Aussenluftwechsel sollen sowohl in jedem Raum mit Zuluft wie auch als Mittelwert über die gesamte Wohnung vorhanden sein.

5.4.3 Aussenluftraten für die Einhaltung der Innenraumluftqualität

Gemäss Norm SIA 180 müssen Aussenluftraten prinzipiell anhand der angenommenen Luftbelastungen (CO_2 , Gerüche, Schadstoffe, Feuchte) und den entsprechenden zulässigen Konzentrationen unter Berücksichtigung der Zuluftkonzentration berechnet und festgelegt werden. Für Wohnräume werden die personenbezogenen Belastungen und die Feuchte als wesentliche Belastungsgrössen betrachtet.

Basierend auf bestimmten Annahmen über die Belegung, zusammen mit den erforderlichen Aussenluftraten, ergeben sich die Dimensionierungswerte für die Lüftung. Zur Vereinfachung für den Planer werden die entsprechenden Wertetabellen in diesem Merkblatt nur an **einer** Stelle, nämlich im Kapitel 6 dargestellt.

Die gemäss SIA 180 erforderlichen Luftraten sind als Minimalwerte für einen stationären Zustand (Belastungen und Luftraten konstant) definiert. Bei kurzen Belastungsperioden und bei niedriger raumvolumenbezogener Belastung der Innenluft können niedrigere Luftraten festgelegt werden, sofern nachgewiesen wird, dass die zulässigen Konzentrationen und Feuchtwerte im zeitlichen Verlauf nicht überschritten werden. Dabei kann für die Zeitabschnitte mit konstanten Belastungen und Luftraten der Konzentrationsanstieg bzw. -abfall gemäss Norm SIA 382/1 bestimmt werden.

Bei bedarfsgeregelten Systemen muss berücksichtigt werden, dass bei der Reduktion einer Belastung die Luftraten ggf. erst mit einer Verzögerung reduziert werden sollen (Kompensation von Speichereffekten).

5.4.4 Aussenluftraten für den Wärmeabtransport (sommerlicher Wärmeschutz)

Alle Wohn- und Schlafräume müssen einen effizienten Abtransport von Wärme durch Lüften erlauben. Die dazu erforderlichen Aussenluftraten sind meistens um einiges höher als die erforderlichen Luftraten für die Einhaltung der Luftqualität. Dies gilt auch für die Nachtlüftung als Mittel der passiven Kühlung (siehe 6.2.3).

5.5 Energetische Anforderungen

5.5.1 Wärmerückgewinnung

Lüftungsgeräte für Einzelwohnungsanlagen fallen in der Regel unter den Gültigkeitsbereich von SN EN 13141-7. Die Kennzahl zur thermischen Beurteilung (WRG plus Einfluss von Leckagen und Wärmefluss über das Gehäuse) ist hier das Temperatur-Verhältnis. Für die energetische Beurteilung muss das Temperatur-Verhältnis auf die Fortluft bezogen und ohne Kondensation gemessen werden.

Bei Mehrwohnungsanlagen werden meistens Luftaufbereitungsgeräte (Monoblocs) eingesetzt, die nicht als Gesamtgerät geprüft werden. Hier ist die Wärmerückgewinnung allein zu beurteilen. Die entsprechende Kennzahl ist der Temperatur-Änderungsgrad nach SN EN 308.

Die Grenz- und Zielwerte beziehen sich auf den Normalbetrieb.

Tabelle 3 Grenz- und Zielwerte für die Wärmerückgewinnung bei Normalbetrieb

| Kennzahl | Grenzwert | Zielwert |
|---|-----------|----------|
| Temperatur-Verhältnis bezogen auf Fortluft, ohne Kondensation | 0,7 | 0,8 |
| Temperatur-Änderungsgrad | 0,7 | 0,8 |

Die Umrechnung von anderen Kennwerten auf das Temperatur-Verhältnis sowie die Berücksichtigung der Spülluft (bei Geräten mit Rotoren) ist zurzeit im schweizerischen Normenwerk noch nicht definiert. Bei diesen Themen ist der aktuelle Wissensstand zu berücksichtigen.

Werden Geräte bzw. WRG-Komponenten mit tieferen Werten als dem Grenzwert eingesetzt, so muss dies in einem Energiekonzept begründet werden. Wenn die Systemanforderung des Minergie-Standards erfüllt wird, gilt dies als ausreichende Begründung.

5.5.2 Maximale Leckströme

Die Druckverhältnisse (z.B. verursacht durch Überström-Durchlässe) sowie die Undichtheiten in der Gebäudehülle und den Luftleitungen sollen so konzipiert sein, dass höchstens die folgende maximale Infiltration oder Exfiltration entsteht:

- Einfache Lüftungsanlage: 15% vom mechanisch geförderten Luftvolumenstrom.
- Einfache Abluftanlage: 30% vom mechanisch geförderten Luftvolumenstrom (vgl. Ziffer 6.3.1).

5.5.3 Elektrische Energie

Der Elektrizitätsbedarf des Lüftungssystems hängt von der Effizienz der Ventilatoren ab und vom Druckabfall im Lüftungsgerät (Filter, Wärmetauscher) und im Luftverteilsystem (Kanalförmigen und -querschnitte, Verbindungselemente) sowie von der Betriebsführung.

Für die spezifische Leistung p_{SFP} der gesamten Anlage gelten die Anforderungen gemäss Tabelle 4.

Die spezifische Leistung wird wie folgt ermittelt: $p_{SFP} = P_{el} / \dot{V}$

P_{el} totale elektrische Aufnahmeleistung von Ventilatoren, Steuerung und Hilfsantrieben (z.B. Rotoren-Antriebe), in W
 \dot{V} Mittelwert von Zuluft- und Abluftvolumenstrom in m^3/h ; bei mehreren möglichen Betriebsstufen gilt der Nennvolumenstrom (gemessen beim Ventilator)

Die Grenz- und Zielwerte beziehen sich auf den Normalbetrieb. Sie entsprechen der Norm SIA 382/1.

Tabelle 4 Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Aufnahmeleistung bei Normalbetrieb

| spezifische Leistung der gesamten Anlage | Grenzwert | Zielwert |
|--|--------------------|---------------------|
| einfache Abluftanlage | 0,14 W/(m^3/h) | 0,083 W/(m^3/h) |
| einfache Lüftungsanlage | 0,28 W/(m^3/h) | 0,17 W/(m^3/h) |
| Lüftungsanlage mit Lufterwärmer | 0,34 W/(m^3/h) | 0,22 W/(m^3/h) |
| Einzelraum-Lüftungsgeräte | 0,28 W/(m^3/h) | 0,17 W/(m^3/h) |

Die Kontrollmessung zur Bestimmung dieser Kennzahl wird mit neuen Filtern durchgeführt.

5.6 Akustische Anforderungen

5.6.1 Allgemeines

Die Norm SIA 382/1 legt im Anhang A Auslegungskriterien für den Schalldruckpegel und ein Messverfahren fest. Diese Festlegungen sind einfach handhabbar und werden deshalb für die Beurteilung des Schalldruckpegels im Raum verwendet.

Für den Schallschutz gegen aussen und innerhalb von Nutzungseinheiten macht die Norm SIA 382/1 keine Aussagen. Hier gelten die Anforderungen und Empfehlungen der Norm SIA 181.

5.6.2 Schalldruckpegel im Raum

Tabelle 5 Schalldruckpegel im Raum, verursacht durch die Lüftungsanlage

| Raumnutzung | Schalldruckpegel Tag | Schalldruckpegel Nacht |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Wohnraum, Schlafzimmer | 25 ... 30 dB(A) / 25 dB(A) | 22 ... 25 dB(A) / 25 dB(A) |
| reine Wohnräume | 25 ... 30 dB(A) / 30 dB(A) | – |
| Küche, bei mittlerem Betrieb der Dunstabzughaube | 45 ... 55 dB(A) / 50 dB(A) | – |
| Hotelzimmer | 30 ... 35 dB(A) / 30 dB(A) | 22 ... 25 dB(A) / 25 dB(A) |
| Bettzimmer (Spital, Altersheim) | 25 ... 30 dB(A) / 25 dB(A) | 22 ... 25 dB(A) / 25 dB(A) |
| WC, Bad, Dusche | 40 ... 50 dB(A) / 45 dB(A) | – |

Die ersten aufgeführten Zahlen in Tabelle 5 (z.B. 25 ... 30 dB(A)) entsprechen dem üblichen Bereich der Auslegung. Der dritte Wert (z.B. 25 dB(A)) gibt die empfohlene Auslegung an und gilt, wenn nichts anderes festgelegt wurde. Diese Auslegungs-Schalldruckpegel sind bei Normalbetrieb einzuhalten. Für Schlafzimmer mit konstantem Luftvolumenstrom ist demzufolge der «Nacht-Messwert» massgebend.

Die Messung bzw. Rechnung erfolgt ohne Möblierung, ohne Anwesenheit von Personen und bei geschlossenen Türen. Der Bezugsort ist in der Raummitte auf einer Höhe von 1 m über Boden.

Der von Lüftungsanlagen verursachte Schalldruckpegel sollte möglichst tiefer sein als der Grundschallpegel in einer Wohnung.

Der Schalldruckpegel wird nicht nur von der Lüftungsanlage, sondern auch vom Raum selbst beeinflusst. Bei der akustischen Auslegung ist zu berücksichtigen, dass heutige Wohnungen häufig akustisch hart sind (lange Nachhallzeiten).

Vor allem bei Geräten mit Wärmepumpen muss auf das Frequenzspektrum (spez. 50 Hz bis 125 Hz) geachtet werden. Der A-bewertete Schallpegel ist für Geräte mit einem hohen Wert bei tiefen Frequenzen oft zu wenig aussagekräftig.

5.6.3 Schallschutz innerhalb von Nutzungseinheiten

Als Hilfe für den Planer und als Grundlage für entsprechende vertragliche Vereinbarungen gibt die Norm SIA 181 im Anhang G Empfehlungen für den Schallschutz zwischen Räumen innerhalb einer Nutzungseinheit. Komfortstufe 1 gilt bei niedrigeren, Komfortstufe 2 bei höheren Anforderungen.

Tabelle 6 Empfehlung für den Luftschallschutz D_i von Trennbauteilen innerhalb von Nutzungseinheiten

| Nutzung | Raum 1 | Raum 2 | Stufe 1 | Stufe 2 |
|--------------------|----------|---------------------------------------|---------|---------|
| Wohnen | Schlafen | Schlafen, Wohnen, Arbeiten, Nasszelle | 40 dB | 45 dB |
| Hotel | Zimmer | Zimmer | 50 dB | 55 dB |
| | Korridor | Zimmer | 40 dB | 45 dB |
| | Zimmer | Betrieb | 55 dB | 60 dB |
| Altersheim, Spital | Zimmer | Zimmer | 50 dB | 55 dB |
| | Korridor | Zimmer | 30 dB | 35 dB |

Die Empfehlungen gelten für Räume ohne Einfluss der Türen und offener Treppen (Messung mit Vorsatzschalen).

Lüftungstechnische Einrichtungen sollen diesen Schallschutz nicht schwächen. Zwischen zwei benachbarten Räumen erfolgt die Übertragung über zwei parallele Wege (Wand und Luftleitungen). Bei der Planung ist deshalb zu beachten, dass der Luftschallschutz jeder dieser Wege um 3 dB höher dimensioniert wird als gemäss Tabelle 6.

Die bauakustischen Anforderungen an Überström-Durchlässe und Türen, ausgenommen Wohnungs- und Hauseingangstüren, sollen über deren bewertete Schalldämm-Masse R_w aus den Eignungstests im Labor festgelegt werden. In Anhang D finden sich Hinweise zum Türspalt als Überström-Durchlass.

5.6.4 Schallschutz gegen Aussenlärm

Bei Aussenluft-Durchlässen und Einzelraum-Lüftungsgeräten sind die Anforderungen an den Schallschutz gegen aussen zu beachten (SIA 181, Ziffer 3.1).

Die Berechnung und die Festlegung der Anforderungen an die Einzelbauteile erfolgen durch den Bauakustiker. Der Lüftungsplaner hat die Daten (Schalldämm-Masse R_w plus zugehörige Fläche S oder Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e}$) der eingesetzten Produkte einzuholen.

5.6.5 Weitere akustische Anforderungen

Bezogen auf den in der Norm SIA 181 geforderten Schallschutz ist bei mechanischer Wohnungslüftung folgendes vorzusehen:

- Trittschall: Das Trittschallverhalten der Baukonstruktion darf wegen Leitungsdurchführungen durch bzw. in Trittschallebenen nicht geschwächt werden.
- Schalldämmung gegen aussen: Die Umgebung darf durch Lüftungsanlagen nicht gestört werden; dabei ist die Lärmschutzverordnung zu beachten.

5.7 Feuerungen innerhalb der thermischen Gebäudehülle

Raumluftunabhängig sind Feuerstätten, bei denen die gesamte benötigte Verbrennungsluft über Leitungen direkt vom Freien zugeführt wird (nur Aussenluft) und bei denen kein Abgas in gefährlicher Menge in den Aufstellraum austreten kann. Andere Feuerstätten sind raumluftabhängig. Eine separate Verbrennungsluftzufuhr macht daher ein Feuerungsaggregat nicht raumluftunabhängig. Speziell Holzfeuerungsaggregate (inkl. Pelletöfen) sind in der Regel auch dann raumluftabhängig, wenn sie mit einer separaten Verbrennungsluftzufuhr ausgerüstet sind.

Keine Art von Lüftungseinrichtung (Küchenablufthauben, einfache Abluftanlagen, zentrale Staubsauganlagen usw.) darf einen Unterdruck verursachen, der die Funktion des Feuerungsaggregats stört. Als Richtwert gilt, dass beim Betrieb einer raumluftabhängigen Feuerung der Unterdruck im Aufstellungsraum des Aggregats nicht höher als 4 Pa sein soll. Bei raumluftunabhängigen Feuerungen beträgt der Richtwert 8 Pa.

Ein Unterdruck soll durch die Steuerung und/oder Überwachung vermieden werden. Mögliche Massnahmen sind:

- Sperren von Ablufteinrichtungen über Fensterkontaktschalter.
- Nachströmeinrichtungen, die mit elektrischen Antrieben öffnen und schliessen (z.B. Fensterantriebe).
- Dunstabzughauben mit integrierter Drucküberwachung.⁴
- Unterdrucküberwachung zum Feuerungsaggregat.
- Bei einfachen Lüftungsanlagen: Geräte mit Konstant-Volumenstromregelung und integrierter Störungsüberwachung.

Es sind auch die Anforderungen in der Norm SIA 384/1 zu beachten.

⁴ Kochstellenentlüftungen, die den Varianten B oder E gemäss Ziffer 4.3.7 entsprechen, verursachen keinen Unterdruck. Dort ist keine Überwachung erforderlich.

5.8 Brandschutz

Bezüglich des Brandschutzes sind die Vorschriften der kantonalen Brandschutzbehörden bzw. die Brandschutzrichtlinien der VKF zu befolgen. Für mechanische Wohnungslüftung sind folgende Dokumente der VKF relevant:

- Richtlinie 26-03d, Lufttechnische Anlagen
- FAQ 26-001d, Definition Kochbereich
- FAQ 26-006d, Zusammengefasste Brandabschnitte bei Bürobauten, Beherbergungsbetrieben und Wohnbauten
- FAQ 26-007d, Anschluss von Küchenlufthauben an Wohnungslüftungssysteme

Diese Dokumente sind auf folgender Homepage verfügbar: <http://bsvonline.vkf.ch>

5.9 Bedienung und Steuerung

5.9.1 Ordentlicher Betrieb

Die Betriebsstufen von Lüftungsanlagen sollen soweit wie möglich von den Benutzern eingestellt werden können.

Bedienungsgeräte (Schalter, elektronische Fernbedienungen usw.) sind an gut zugänglichen Orten innerhalb der Wohnung offen (d.h. nicht unter einer Abdeckung oder in einem Schrank) zu platzieren. Bei Einzelwohnungsanlagen sollen die Betriebsstufen über Fernbedienungen eingestellt werden können.

Hinweise zum Betrieb von Mehrwohnungsanlagen mit teilweise nicht benutzten Wohnungen finden sich in Ziffer 4.3.1.

5.9.2 Störfälle

Bei Störfällen (Brand, Chemieunfall usw.) muss jede Lüftungsanlage innerhalb weniger Minuten ausgeschaltet werden können.

Einzelwohnungsanlagen, Einzelraum-Lüftungsgeräte und automatisierte Einrichtungen für natürliche Lüftungen (z.B. Fensterantriebe) müssen von den Bewohnern ausgeschaltet werden können.

Mehrwohnungsanlagen müssen von einer instruierten Person ausgeschaltet werden können.

6 Dimensionierung

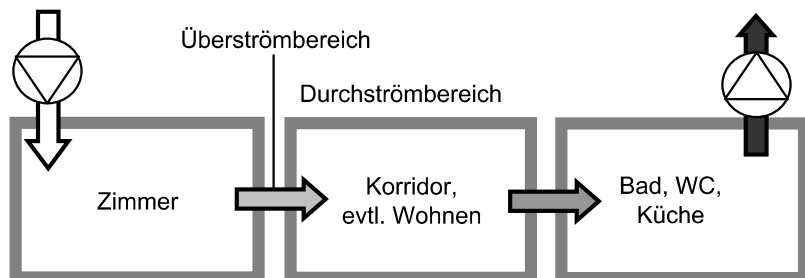
6.1 Allgemeine Dimensionierungshinweise

6.1.1 Luftführung in der Wohnung bei einfachen Lüftungsanlagen und einfachen Abluftanlagen

Zuluft gelangt in die Schlafzimmer und strömt von dort in den Korridor. Anschliessend wird die Luft in Bad, WC und Küche geführt und dort abgesaugt. Diese Art von Luftführung wird als Kaskadenlüftung bezeichnet.

Falls es vom Grundriss her möglich ist, liegt das Wohnzimmer im Durchströmbereich. Andernfalls wird dort wie in den anderen Zimmern Zuluft eingeblasen.

Prinzip der Kaskadenlüftung



Die Luftführung muss sowohl bei offenen wie auch bei geschlossenen Zimmertüren (auch Bad-, WC- und Küchentüren) gleich funktionieren. Zudem dürfen die Luftvolumenströme durch die Stellung der wohnungsinternen Türen nicht wesentlich beeinflusst werden. Diese Anforderungen sind bei der Dimensionierung und Anordnung der Überströmbereiche (Überström-Luftdurchlässe) zu berücksichtigen.

Die Luft darf durch maximal zwei Überströmbereiche geführt werden. Das bedeutet auch, dass nur ein Durchströmbereich zulässig ist.

6.1.2 Aussenluft-Volumenstrom

In der Norm SIA 382/1, Anhang A, sind die Auslegungskriterien festgelegt. Ohne besondere Vereinbarungen gelten für Räume mit Lüftungs- und Klimaanlage diese Werte. Bei speziellen Nutzungen oder Ansprüchen sind Abweichungen zulässig. Diese sind aber schriftlich festzuhalten.

Tabelle 7 Auslegungskriterien gemäss Norm SIA 382/1

| Nutzung | Aussenluft-Volumenstrom in m ³ /h pro Person | |
|---------------------------------|---|-------|
| | Tag | Nacht |
| Wohnraum, Schlafzimmer | 30 * | 15 * |
| reine Wohnräume | 30 * | – |
| Hotelzimmer | 36 | 18 |
| Bettzimmer (Spital, Altersheim) | 36 | 24 |

* Bei Wohnungen mit Kaskadenlüftung (einfache Lüftungsanlage und einfache Abluftanlage) ist die Belegung der gesamten Wohnung massgebend. Bei Kaskadenlüftung werden die Aussenluft-Volumenströme gemäss Ziffer 6.4.1 festgelegt.

In Zeiten tiefer Aussenlufttemperatur kann der Aussenluft-Volumenstrom in Wohnungen am Tag bis auf 15 m³/h pro Person reduziert werden. Bei Anlagen, die über eine individuelle Steuerung der Luftvolumenströme pro Wohnung oder Raum verfügen (Einzelraum-Lüftungsgeräte, Einzelwohnungsanlagen), sollen die Bewohner diesen Betriebsmodus selber einstellen können.

In speziellen Fällen (z.B. bei sehr grossen Räumen oder sehr grossen Wohnungen) ist eventuell nicht die Raumluftbelastung durch Personen massgebend, sondern die Belastung durch andere Quellen (z.B. hohe Raumbeladung mit emissionsträchtigen Materialien und Geräten in Räumen mit geringer Personenbelegung). Der Aussenluft-Volumenstrom ist in diesen Fällen individuell festzulegen und mit der Bauherrschaft zu vereinbaren.

Annahmen für die Belegung und Überführung in die Dimensionierung

Zwischen Wohn-, Schlaf- und Arbeitszimmern wird kein Unterschied gemacht. Küche, Bad und WC werden bei der Zimmerzahl nicht berücksichtigt.

Am Tag kann sich in jedem Raum dauernd eine Person aufhalten. Bei Wohnungen mit zwei und mehr Zimmern kann die Zimmerbelegung in der Nacht bei einer oder zwei Personen liegen. Falls ein Zimmer als Schlafzimmer für nur eine Person festgelegt wird, ist dies ausdrücklich zu vereinbaren.

In Ess- und Wohnzimmern steigt die Belegung typischerweise nur für ein bis zwei Stunden auf mehrere Personen an. Das Luftvolumen dieser Räume steht als Speicher zur Verfügung.

Ohne besondere objektspezifische Vorgaben (z.B. sozialer Wohnungsbau) werden die Normalbelegungen gemäss Tabelle 8 festgelegt.

Tabelle 8 Normalbelegung von Wohnungen

| Zimmerzahl n | Normalbelegung (Personenzahl) bei | |
|-------------------|--|---|
| | Nettowoohnfläche klein, $\leq n \cdot 20 \text{ m}^2$ | Nettowoohnfläche gross, wesentlich über $n \cdot 20 \text{ m}^2$ |
| 1 | 1 | 1 |
| 2 | 1 | 2 |
| 3 | 2 | 3 |
| 4 | 3 | 4 |
| 5 | 4 | 5 |

Bei Wohnungen mit mehr als fünf Zimmern muss der Planer die Belegung der jeweiligen Situation entsprechend objektspezifisch festlegen.

Die Normalbelegung entspricht typischerweise der maximalen Belegung. Die durchschnittliche Belegung ist tiefer.

6.1.3 Minimale Abluftvolumenströme

Bei Räumen mit mechanischer Zu- und Abluft ist der Abluftvolumenstrom in der Regel durch den Zuluftvolumenstrom und die geforderten Druckverhältnisse gegeben.

Für Küche und Nassräume gelten die Minimalwerte gemäss Tabelle 9.

Tabelle 9 Minimale Abluftvolumenströme

| Nutzung | Abluftvolumenstrom bei kontinuierlichem Betrieb (min. 12 h/d) m^3/h | Abluftvolumenstrom bei bedarfsgesteuertem Betrieb m^3/h |
|------------------|--|--|
| | Küche (Raumabluft) | 40 |
| Bad, Dusche | 40 | 50 |
| WC (ohne Dusche) | 20 | 50 |

Bei bedarfsgesteuerten oder zeitgeschalteten Anlagen soll nach Beendigung der Belastung mindestens so lange weiter abgelüftet werden, bis ein Luftvolumen entsprechend dem einfachen Raumvolumen eingeströmt ist (Zeitspanne = Raumvolumen dividiert durch Zuluftvolumenstrom).

Bei Kleinwohnungen (unter 3 Zimmern) oder Belegungen mit max. 2 Personen können die Werte um 30% reduziert werden.

6.2 Fensterlüftung

6.2.1 Allgemeine Hinweise

Fensterlüftung kann wie folgt eingesetzt werden:

- Reine Fensterlüftung: Die erforderlichen Aussenluftstraten werden ausschliesslich durch Fensterlüftung erbracht.
- Ergänzende Fensterlüftung: Fensterlüftung in Ergänzung zu einem mechanischen Lüftungssystem, z.B. für Intensivlüftung oder bei hybrider Lüftung (Kombination von mechanischer und natürlicher Lüftung).
- Passive Kühlung durch Nachtlüftung: Fensterlüftung in der Nacht zur Auskühlung der Gebäudestruktur.

Bei der Fensterlüftung unterscheidet man:

- Einseitige Lüftung: Lüftung über Öffnung(en) in einer einzelnen Aussenwand eines Raumes ohne Beeinflussung der Strömungsverhältnisse durch gegenüberliegende Öffnungen, angrenzende Räume oder weitere Teile des Gebäudes (Innentüren geschlossen). Die einseitige Lüftung wird hauptsächlich getrieben durch Temperaturdifferenzen zwischen innen und aussen und ist somit wenig wirksam, wenn diese klein sind. Die erreichbaren Luftstraten bestimmen sich nach den Angaben in Anhang C.
- Querlüftung: Lüftung über Öffnungen auf gegenüberliegenden Fassadenseiten und/oder eine Lüftung über mehr als ein Stockwerk mit Öffnungen auf der gleichen Fassadenseite (Innentüren offen). Im Gegensatz zur einseitigen Lüftung herrscht in der einzelnen Öffnung prinzipiell nur **eine** Strömungsrichtung. Querlüftung zwischen zwei Fenstern auf gegenüberliegenden Fassadenseiten bringt bei Windeinwirkung einen weit höheren Luftaustausch als einseitige Lüftung. Bei «Querlüftung» über Fenster, die auf verschiedenen Stockwerken liegen, wirkt vor allem der Kamineffekt. Die erreichbaren Luftstraten bestimmen sich nach den Angaben in Anhang C.

Fensterlüftung erfolgt meist manuell und setzt somit eine gute Lüftungsdisziplin der Benutzer voraus. Bestehen beim Planungsprozess eines Gebäudes Zweifel, dass die benutzerunterstützte natürliche Lüftung während der gesamten Lebensdauer des Gebäudes zu den gewünschten Luftstraten führt, so ist ein mechanisches System zu wählen (SIA 180). Automatisch gesteuerte, motorisch betriebene Fenster können gegebenenfalls in Erwägung gezogen werden.

6.2.2 Stosslüftung

Für die reine Fensterlüftung in der Heizperiode wird Stosslüftung empfohlen. Je nach Art und Höhe der vorhandenen Schadstoffbelastung sind 4 bis 6 Stosslüftungen pro Tag (einseitige Lüftung 10–15 Minuten; Querlüftung 3–5 Minuten) erforderlich. Dauerlüftungsstellungen der Fenster sind während dem Heizbetrieb, d.h. bei Aussenlufttemperaturen unter 10°C zu vermeiden. Das Ablüften grosser Feuchte- oder Wärmelasten sollte vorzugsweise durch eine Querlüftung im Gebäude erfolgen.

In einem unbelüfteten Raum, bei geschlossenen Fenstern und Türen, ist spätestens nach folgenden Intervallen wiederum eine Stosslüftung notwendig (Kriterium: max. Raumluftkonzentration von 1500 ppm CO₂, bei unbelasteter Aussenluft): bei 10 m²/Person: unter 2 h; bei 20 m²/Person: nach 3–4 h; bei 40 m²/Person: nach 6 h und mehr.

6.2.3 Passive Kühlung durch Nachtlüftung

Eine effiziente Nachtauskühlung der Gebäudemasse durch Lüftung braucht raumvolumenspezifische Luftströme (Luftwechsel) im Bereich von 2–3 h⁻¹. Dazu sind entsprechend grosse Öffnungen notwendig. Für die erforderliche wirksame Querschnittsfläche der Öffnung gelten als Anhaltspunkte: für einseitige Lüftung mindestens 2–3% der Bodenfläche, für Querlüftung mindestens je 1–2%. Vor allem bei einseitiger Lüftung sind Kippfenster also oft nicht genügend.

Die maximal abführbare Wärmelast hängt von verschiedenen Parametern ab (Aussen- und Raumtemperaturen, Ankopplung der thermischen Masse, Öffnungsfläche usw.); als Richtwert gilt eine Energiemenge von 150 Wh/(m²·d). Zu beachten ist, dass bei Querlüftung über offen verbundene Stockwerke die oberen Stockwerke deutlich weniger abgekühlt werden können (Kamineffekt bewirkt Einströmen unten bzw. Ausströmen der schon erwärmten Luft oben). Eine Lufteströmung über Kellerräume führt evtl. zu Kondensation (oder infolge hoher relativer Feuchte über eine längere Zeit zu Schimmel). Zudem könnte Radon in die Wohnung gelangen.

6.2.4 Thermische Behaglichkeit

Messungen zeigen, dass bei Belüftung durch ein Kippfenster die Lufttemperatur in Bodennähe bis zu einer Aussenlufttemperatur von ca. 0°C noch akzeptabel bleibt (keine Querlüftung, ohne Wind, Öffnungsquerschnitt 0,35 m²/m Fensterbreite). Allerdings überschreitet die Luftgeschwindigkeit in Bodennähe den kritischen Wert von 0,15 m/s schon bei einer Aussentemperatur von 6°C.

6.2.5 Konzeptionelle und konstruktive Hinweise

Raumtiefe

Für Fensterlüftung gelten in etwa folgende Grenzen für das Verhältnis Raumtiefe L zu Raumhöhe H , damit eine noch genügende Durchspülung des Raumes erreicht werden kann:

Einseitige Lüftung $L/H \leq 2,5$

Querlüftung $L/H \leq 5,0$

Diese Werte gelten insbesondere bei kleinen Temperaturdifferenzen zwischen innen und aussen. Bei tiefen Aussentemperaturen verhält sich die Fensterlüftung eher wie eine Quellaftung. Die Durchspülung hängt zudem auch stark von der durch das Wärmeabgabesystem induzierten Raumströmung ab. Ein warmer Heizkörper unter dem Fenster lenkt den einflussenden Kaltluftstrom ab. Dies reduziert das Zugluftisiko, aber auch die Eindringtiefe. Zudem strömt so mehr Aussenluft direkt wieder nach aussen, ohne den Raum durchspült zu haben.

Kippfenster

Bei Kippfenstern sind Beschläge für einen variabel arretierbaren Kippwinkel sowie für das Umschalten auf eine seitliche Öffnung des gesamten Flügels (für Stoss-, Intensiv- und Nachtlüftung) sinnvoll. Die Bewohner sind zu instruieren, dass Kippfenster nicht für Dauerlüftung verwendet werden sollen.

Lüftungsflügel

Separat zu öffnende, flächenmässig begrenzte Fensterflügel in einem Fenster erlauben eine bessere Kontrolle von Luftraten und Zugluftisiko. Sie können einfacher mit Insektenschutzgitter versehen werden und erhöhen den Einbruchschutz im geöffneten Zustand. Die Bewohner sind zu instruieren, dass Lüftungsflügel nicht für Dauerlüftung verwendet werden sollen.

«Lüftungsfenster»

Unter dem Begriff Lüftungsfenster werden Fenster mit erhöhter Fugenluftdurchlässigkeit (und möglicherweise reduzierter Schalldämmung) verstanden. Der Fugendurchlasskoeffizient bewegt sich im Bereich von $a = 0,4$ bis $1 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}\cdot\text{Pa}^{2/3})$. Damit kann eine gewisse Grundlüftung gesichert werden. Luftraten gemäss personenbezogenen Luftqualitätsanforderungen können höchstens in spezifischen Fällen mit genügend grosser Druckdifferenz realisiert werden (tiefe Aussentemperaturen, Quer- oder Schachtlüftungssituation).

Mit Lüftungsfenstern ohne schliessbare Öffnungen können die in SIA 180 geforderten Werte der Luftdichtheit der Gebäudehülle nicht erreicht werden.

Mechanisch angetriebene Fenster («automatische Fensterlüftung»)

Motorisch betriebene Fenster und automatisch gesteuerte Fenster stellen eine Zwischenlösung zur mechanischen Lüftung dar. Sie erlauben eine Bedarfssteuerung und zusätzliche Absicherungen, z.B. gegen Regeneintritt, zu starken Wind oder gegen Überhitzung und zu hohe Feuchte.

Kombination mit Aussenluft-Durchlässen (ALD)

Die Fensterlüftung kann mit Aussenluft-Durchlässen (ALD) ergänzt werden. Dadurch lassen sich der Schallschutz, der Witterungsschutz und der Einbruchschutz verbessern. Bei einseitiger Lüftung sind sie wenig wirksam. Bei Querlüftung können sie eine Grundlüftung erbringen. Für Luftraten entsprechend den personenbezogenen Luftqualitätsanforderungen sind ALD mit sehr grosser Öffnungsfläche und kleiner Normdruckdifferenz (1 bis 2 Pa) notwendig. Eine sommerliche Nachtlüftung oder eine Intensivlüftung allein mit ALD ist kaum möglich.

6.3 Einfache Abluftanlage

6.3.1 Generelle Dimensionierungsempfehlung

Es sind spezielle Aussenluft-Durchlässe erforderlich. Um Komfortprobleme infolge kalter Zuluft zu vermeiden, müssen die Durchlässe gemäss Angaben des Lieferanten richtig platziert werden. Der Aussenwand entlang seitlich oder nach oben einblasende Durchlässe sind diesbezüglich weniger kritisch.

Neben der Luft, die durch die Aussenluft-Durchlässe einströmt, gelangt infolge des Unterdrucks immer auch Luft über Fugen und Undichtheiten ins Haus (Infiltration). Der Abluftvolumenstrom ist deshalb auf einen ca. 1,3-mal höheren Wert auszulegen als die Summe der Aussenluft-Volumenströme, die durch Aussenluft-Durchlässe strömt.

$$q_{v,ETA} = f \cdot \Sigma q_{v,OTD} \quad (1)$$

$q_{v,ETA}$ mechanisch geförderter Abluftvolumenstrom
 f Faktor für Infiltration (Tabelle 10); bei unbekannter Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle ist $f = 1,3$
 $\Sigma q_{v,OTD}$ Summe der Aussenluft-Volumenströme, die durch Aussenluft-Durchlässe strömen

Zur Illustration der Grössenordnung der Infiltration sind in Tabelle 10 Werte für ein typisches EFH mit einer Abluftanlage gegeben, für drei verschiedene Luftdurchlässigkeiten (n_{50}) und für zwei Auslegungsdruckdifferenzen der ALD (Δp_{ALD}).
 Randbedingungen: Bezugsvolumen für n_{50} -Wert: 300 m³; Aussenluft-Volumenstrom durch ALD $\Sigma q_{v,OTD} = 150$ m³/h; entsprechend $n_L = 0,50$ h⁻¹.

Tabelle 10 Infiltration bei einfachen Abluftanlagen (Beispiele)

| Luftdurchlässigkeit der Gebäudehülle n_{50} | h ⁻¹ | 0,7 | 0,7 | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,5 |
|---|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| Auslegungsdruckdifferenz Δp_{ALD} | Pa | 3 | 5 | 3 | 5 | 3 | 5 |
| Infiltrations-Volumenstrom | m ³ /h | 32,8 | 45,9 | 46,9 | 65,6 | 70,3 | 98,4 |
| Faktor f | | 1,22 | 1,31 | 1,31 | 1,44 | 1,47 | 1,66 |

Es zeigt sich, dass auch bei einem sehr luftdichten Gebäude ($n_{50} = 1,0$ h⁻¹) und tiefer Auslegungsdruckdifferenz des ALD (3 Pa) ein Viertel der angesaugten Aussenluft nicht über die ALD, sondern durch die Gebäudeleckagen einströmt. Beim Gebäude mit $n_{50} = 1,5$ h⁻¹ und einer Druckdifferenz von 5 Pa strömt sogar nur noch 60% des gesamten Aussenluft-Volumenstroms über die ALD ein. Die Gebäudehülle muss deshalb eine gute Luftdichtigkeit aufweisen.

Bei eingeschossigen Wohnungen sollten die Aussenluft-Durchlässe auf einen Druckverlust von 4 bis 5 Pa ausgelegt werden. Bei zweigeschossigen Wohnungen sollen die Aussenluft-Durchlässe im oberen Geschoss auf einen Druckverlust von 3 Pa dimensioniert werden und im unteren auf 6 Pa. Der Druckverlust des Filters muss in den genannten Werten eingerechnet sein. Dies bedingt geeignete Filter und entsprechend grosse Querschnittsflächen.

Durch geeignete Planung muss die erforderliche Luftschalldämmung der Aussenwand auch mit Einbezug der ALD eingehalten werden.

Der Druckverlust von Überström-Durchlässen zwischen Zimmern soll maximal 1 Pa betragen.

Wegen Radonrisiko darf keine Luft aus dem Keller nachströmen. Vor allem bei bestehenden Gebäuden sind die Kellerdecken und die Verbindungstüren zum Keller deshalb zu überprüfen. In Gebieten mit erhöhtem Radonrisiko sollen in Einfamilienhäusern keine Abluftanlagen eingesetzt werden.

6.3.2 Aussenluft-Volumenstrom

Bei Anlagen ohne Kaskadenlüftung (z.B. Bettenzimmer) sind die Aussenluft-Durchlässe auf die Aussenluft-Volumenströme gemäss Ziffer 6.1.2 zu dimensionieren.

Für Anlagen mit Kaskadenlüftung gilt das in Ziffer 6.4.1 beschriebene Verfahren mit folgenden Abweichungen:

In Schritt 3 wird der massgebende Abluftvolumenstrom bestimmt.

$$q_{v,3} = \max \{f \cdot q_{v,1}; q_{v,2}\} \quad (2)$$

$q_{v,3}$ massgebender Abluftvolumenstrom für Schritt 3
 f Faktor für Infiltration, vgl. Ziffer 6.3.1
 $q_{v,1}$ minimaler Zuluftvolumenstrom gemäss Ziffer 6.4.1, Schritt 1
 $q_{v,2}$ minimaler Abluftvolumenstrom gemäss Ziffer 6.4.1, Schritt 2

Danach wird die Summe der Aussenluft-Volumenströme $\Sigma q_{v,OTD}$ bestimmt, die durch alle Aussenluft-Durchlässe strömt.

$$\Sigma q_{v,OTD} = q_{v,3} / f \quad (3)$$

In Schritt 4 werden die Luftvolumenströme $q_{v,3}$ und $\Sigma q_{v,OTD}$ auf die Räume aufgeteilt. Die einzelnen Aussenluft-Durchlässe werden auf die Luftvolumenströme dimensioniert, die den entsprechenden Räumen zuzuführen sind. Das heisst, dass die Infiltration nicht berücksichtigt wird (weil die Lage der Leckagen unbekannt ist).

6.4 Einfache Lüftungsanlage

6.4.1 Luftvolumenströme bei Normalbetrieb

In der Regel halten sich in Wohnungen mit mehr als einem Zimmer die Bewohner nicht dauernd im selben Zimmer auf. Ausserdem befinden sich bei Mehrzimmer-Wohnungen die Bewohner (bei Normalbelegung) nicht länger als 16 Stunden pro Tag in der Wohnung. Das Luftvolumen der Wohnung steht als «Reservoir» zur Verfügung.

Bei der Auslegung wird davon ausgegangen, dass bei einer Normalbelegung die mechanische Lüftung 24 Stunden pro Tag auf der selben Stufe (Normalbetrieb) läuft.

Schritt 1: minimaler Zuluftvolumenstrom der Wohnung

Der minimale Zuluftvolumenstrom der Wohnung ist abhängig von der Zimmerzahl, der Anzahl Personen und davon, ob ein Zimmer im Durchströmbereich liegt. Die Werte werden aus den Tabellen 11 und 12 abgelesen.

Wenn die Personenbelegung nicht objektspezifisch vorgegeben ist, wird sie gemäss Ziffer 6.1.2 bestimmt.

Tabelle 11 Minimaler Zuluftvolumenstrom einer Wohnung **mit** Zimmer im Durchströmbereich

| Anzahl Zimmer | Anzahl Personen | Zuluftvolumenstrom |
|---------------|-----------------|-----------------------|
| 2 und 2½ | 1 | 40 m ³ /h |
| | 2 | 60 m ³ /h |
| 3 und 3½ | 2 | 70 m ³ /h |
| | 3 | 90 m ³ /h |
| 4 und 4½ | 3 | 100 m ³ /h |
| | 4 | 115 m ³ /h |
| 5 und 5½ | 4 | 130 m ³ /h |
| | 5 | 140 m ³ /h |

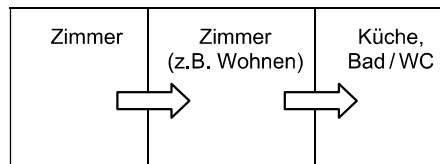
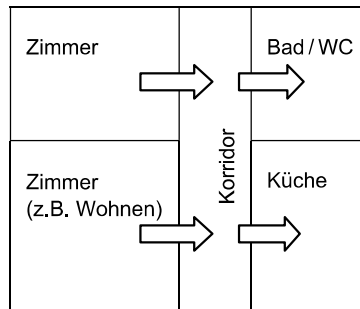


Tabelle 12 Minimaler Zuluftvolumenstrom einer Wohnung **ohne** Zimmer im Durchströmbereich

| Anzahl Zimmer | Anzahl Personen | Zuluftvolumenstrom |
|---------------|-----------------|-----------------------|
| 1 und 1½ | 1 | 36 m ³ /h |
| 2 und 2½ | 1 | 60 m ³ /h |
| | 2 | 70 m ³ /h |
| 3 und 3½ | 2 | 90 m ³ /h |
| | 3 | 100 m ³ /h |
| 4 und 4½ | 3 | 120 m ³ /h |
| | 4 | 135 m ³ /h |
| 5 und 5½ | 4 | 150 m ³ /h |
| | 5 | 170 m ³ /h |



Schritt 2: minimaler Abluftvolumenstrom der Wohnung

Der minimale Abluftvolumenstrom der gesamten Wohnung wird anhand der Art und der Anzahl Räume mit Abluft berechnet. Die minimalen Abluftvolumenströme pro Raum finden sich unter Ziffer 6.1.3.

Schritt 3: massgebender Luftvolumenstrom

Der grössere Wert der in den Schritten 1 und 2 bestimmten Luftvolumenströme ist massgebend. Der Zuluft- und der Abluftvolumenstrom werden auf diesen gleichen Wert gesetzt.

Schritt 4: Aufteilung auf die Räume

Der in Schritt 3 ermittelte Zuluft- und Abluftvolumenstrom wird auf die Räume aufgeteilt. Dabei gelten folgende Anforderungen und Regeln:

- Wenn die Nutzung oder Belegung der Räume von der Bauherrschaft nicht vorgegeben ist, wird der Zuluftvolumenstrom gleichmässig auf alle Räume verteilt. Alle Räume erhalten also (unabhängig von ihrer Grösse) den gleich grossen Zuluftvolumenstrom.

- Wenn ein Zimmer ausdrücklich als Schlafzimmer für zwei Personen festgelegt wird («Eltern-Schlafzimmer»), kann der Zuluftvolumenstrom bis auf 40 m³/h erhöht werden. Der Zuluftvolumenstrom der übrigen Zimmer wird sinnvoll reduziert, so dass der Gesamtvolumenstrom erhalten bleibt.
- Der minimale Zuluftvolumenstrom darf nicht unter den Werten von Tabelle 13 liegen. Ohne ausdrückliche Vereinbarung mit der Bauherrschaft gilt die Nutzung oder Belegung als offen (also min. Zuluftvolumenstrom 30 m³/h).
- Der Lüftungsplaner darf die Raumnutzung und Belegung nicht nach eigenem Ermessen festlegen und damit einschränken. Diese Festlegung liegt grundsätzlich bei der Bauherrschaft.

Tabelle 13 Minimale Zuluftvolumenströme von Zimmern in Abhängigkeit von der Nutzung bzw. Belegung

| Nutzung bzw. Belegung | min. Zuluftvolumenstrom |
|--|-------------------------|
| keine Angabe bzw. offene Nutzung oder Belegung (d.h. kann auch als Schlafzimmer für zwei Personen genutzt werden) | 30 m ³ /h |
| ausdrückliche Nutzung als Schlaf- und Arbeits-/Aufenthaltszimmer für nur eine Person (z.B. «Kinderzimmer») | 25 m ³ /h |
| ausdrücklich nur als Schlafzimmer für eine Person, nicht aber als Arbeits- oder Aufenthaltszimmer | 20 m ³ /h |

Bemerkungen:

Die Raumbelastung (Arbeitszimmer, Schlafzimmer für 1 oder 2 Personen) lässt sich höchstens für eine kurze Zeitspanne vorhersagen. Es wird deshalb empfohlen, Lüftungsanlagen so zu dimensionieren, dass in jedem Zimmer ein Volumenstrom von mindestens 30 m³/h eingestellt werden kann. Eine Dimensionierung, welche die Raumbelastung einschränkt, kann den Wert der Lüftungsanlage schon nach kurzer Zeit vermindern. Sogenannte «Kinderzimmer» sind in der Regel sowohl Schlafzimmer wie auch Arbeits- und Aufenthaltszimmer.

In Anhang B findet sich ein Berechnungsbeispiel.

Einregulierung

Der Zuluft- und Abluftvolumenstrom muss für jeden Raum einreguliert und gemessen werden können.

Die Messunsicherheit⁵ soll höchstens 15% betragen. Messungen mit Anemometern sind für diese Luftvolumenströme in der Regel zu ungenau.

Die Abweichung zwischen dem Ist- und dem Soll-Wert soll höchstens 15% betragen. Der Ist-Wert entspricht dem Messwert. Der Soll-Wert ist der Planungswert.

Die Differenz der Ist-Werte zwischen dem totalen Zuluft- und dem Abluftvolumenstrom einer Wohnung soll höchstens 10% betragen. Die Differenz darf keinen störenden oder gefährlichen Unter- oder Überdruck verursachen.

Eine Einregulierung und Messung muss jederzeit mit einem vertretbaren Aufwand durchgeführt werden können.

Es wird empfohlen, die Einregulierung der Anlage erst dann vorzunehmen, wenn die Raumbelastung bekannt ist. Die effektive Belegung (Personenzahl) ist meistens tiefer als die bei der Planung angenommene Belegung. Deshalb können die Luftvolumenströme meist tiefer eingestellt werden als dies gemäss Schritt 4 definiert wurde. Bei der Einregulierung ist zu beachten dass

- die minimalen Abluftvolumenströme gemäss Tabelle 9 eingehalten werden,
- die minimalen Zuluftvolumenströme gemäss Tabelle 13 eingehalten werden,
- der gesamte Zuluft- und der Abluftvolumenstrom der Wohnung gleich gross sind,
- die akustischen Anforderungen in allen Räumen eingehalten werden,
- ein Protokoll erstellt wird, das in der Anlagendokumentation abgelegt wird.

Betriebsstufen

Neben dem Normalbetrieb muss eine Stufe mit tieferen Luftvolumenströmen eingestellt werden können (z.B. bei tiefen Aussentemperaturen wegen der Raumluftfeuchte). Der minimale Zuluftvolumenstrom muss dabei mindestens 50% der Werte von Tabelle 13 betragen und gleichzeitig mindestens die Grundlüftung gemäss Ziffer 5.4.2 gewährleisten.

⁵ Die Messunsicherheit beschreibt die Qualität des Messgerätes und des Messverfahrens. Die Messunsicherheit soll für einen Vertrauensbereich von 95% angegeben werden. Das bedeutet, dass Messwert (z.B. Anzeige des Messgerätes) mit einer Wahrscheinlichkeit von 95% innerhalb der Messunsicherheit liegt.

Bei Einzelwohnungsanlagen wird zudem eine Stufe mit Intensivlüftung empfohlen. Der Luftvolumenstrom sollte dabei 30% bis 50% über dem Normalbetrieb liegen. Bei dieser Betriebsart müssen die akustischen Anforderungen nicht eingehalten werden.

Überström-Durchlässe

Die Druckverluste von wohnungsinternen Überström-Durchlässen sollen bei maximal 3 Pa liegen.

6.4.2 Energie

Grundsätzlich sollen keine Elektrolufterhitzer vorgesehen werden. Bei einem geeigneten Anlagenkonzept kann bei Einzelwohnungsanlagen im schweizerischen Mittelland auch auf wasserbeheizte Lufterhitzer verzichtet werden.

Die Wärmerückgewinnung soll die Anforderungen gemäss Ziffer 5.5.1 erfüllen. Für Einzelwohnungsanlagen wird empfohlen, die Zielwerte einzuhalten.

Das Luftverteilsystem soll gut wärmegeämmt und dicht sein. Dies gilt für Zuluft- und Abluftleitungen ausserhalb der thermischen Gebäudehülle sowie Aussen- und Fortluftleitungen innerhalb der thermischen Gebäudehülle. Unerwünschte Wärmeflüsse sollen den Jahresnutzungsgrad Wärmerückgewinnung um höchstens 10% reduzieren. Hinweise zur Dimensionierung der Wärmedämmung finden sich in der Leistungsgarantie Komfortlüftung [1] und [5].

6.4.3 Hygiene

Die Anforderungen der Richtlinie SWKI VA 104-01 sind zu beachten.

Die luftführenden Komponenten sind in einem hygienisch einwandfreien Zustand einzubauen und müssen einfach zu inspizieren und zu reinigen sein. Lösungsmittelhaltige Anstriche und Dichtmaterialien sowie poröse Auskleidungen oder Mineralfasermaterialien als Dämmung im Luftstrom dürfen nicht verwendet werden.

Glatte Leitungen lassen sich besser reinigen als solche mit gewellten oder porösen Oberflächen. Wenn ein Reinigungsabschnitt nur von einer Seite her (z.B. Auslass) zugänglich ist, soll er maximal 12 m lang sein. Bei Zugang von beiden Enden ist die doppelte Länge zulässig. Nicht direkt zugängliche Reinigungsabschnitte sind mit Kontrollöffnungen auszurüsten. 90°-Bögen können nur bei einem Durchmesser von mindestens 80 mm gereinigt werden. Bei kleinen Durchmessern sind grosse Radien oder 2 x 45°-Bögen zu wählen. Bauteile, die nicht mit einer Rute gereinigt werden können, sollen nicht einbetoniert werden. Dies betrifft z.B. Schalldämpfer, Reduktionen, Verteilkästen und Armaturen. Im Zweifelsfall soll eine Luftkanalreinigungsfirma bestätigen, dass die Anlage gereinigt werden kann.

Unmittelbar nach der Installation sind alle Luftdurchlässe staubdicht zu verschliessen. Die Anlage darf erst nach erfolgter Baureinigung und Reinigung der Lüftungsanlage in Betrieb gesetzt werden.

Die Lüftungskanäle sollen klar und dauerhaft lesbar beschriftet werden. Die Wartung und Reinigung der Anlage hat nach einem entsprechenden Konzept zu erfolgen, wie es in Anhang E als Checkliste dargestellt ist.

6.5 Einzelraum-Lüftungsgeräte

Die Aussenluft-Volumenströme der Zimmer sind wie bei einfachen Lüftungsanlagen zu dimensionieren.

Es ist zu beachten, dass bei Einzelraum-Lüftungsgeräten keine Kaskadenlüftung möglich ist. Die Ersatzluft für die Abluft (Bad, Dusche, WC) muss deshalb unabhängig von den Einzelraum-Lüftungsgeräten zugeführt werden. Dabei sind die Anforderungen, die an einfache Abluftanlagen gestellt werden, zu erfüllen (spez. maximaler Unterdruck).

Bei Einzelraum-Lüftungsgeräten kann (Abhängig von WRG, Aussenklima und Raumlufftfeuchte) Kondensat anfallen, das fachgerecht abgeführt werden muss. Zudem muss auch der Vereisungsschutz der WRG gelöst sein (vgl. Ziffer 4.3.5).

6.6 Lüftungsanlage mit Lufterwärmung (als Nur-Luft-System, «Luftheizung»)

Lüftungsanlagen sollen nur dann zur Wärmeverteilung eingesetzt werden, wenn dadurch der Aussenluft-Volumenstrom nicht über dem hygienisch notwendigen Wert liegt. Die Auslegung des Aussenluft-Volumenstroms erfolgt nach Ziffer 6.4.1. Im Heizfall ist insbesondere das Risiko von zu tiefen Raumlufftfeuchten zu berücksichtigen. Die Bedarfsermittlung für Zuluftbefeuchtung ist in der Norm SIA 382/1 geregelt.

Wenn ein solches System in Betracht gezogen wird, sind folgende Punkte zu bedenken:

- Pro Wohneinheit ist nur ein Lufterhitzer installiert. Eine Einzelraumregelung für unterschiedliche Nutzungen ist damit nicht möglich. Eine Luftheizung mit Einzelraumtemperaturregelung ist teurer als zwei getrennte Systeme.
- Warme Luft kühlt beim Transport schnell ab. Einerseits können grosse Verteilverluste entstehen, andererseits kann die Wärme im Gebäude falsch verteilt werden. Die warmen Luftleitungen sollen möglichst kurz sein und innerhalb der thermischen Gebäudehülle liegen. Weiter können auch übliche Leckagen von Lüftungskomponenten zu Verteilverlusten führen.
- Zuluft muss wegen der Heizung auch in Räume geführt werden, die bei einer Kaskadenlüftung nur Abluft haben. Hier ist speziell die Küche zu erwähnen.
- In Bäder und Duschen wird meistens keine Zuluft eingeblasen. Eine elektrische Beheizung dieser Räume kann energetisch fragwürdig sein. Die Verteilung hängt ab von der Leistung, der Betriebszeit und der Steuerung und Regelung. Wenn trotz korrekt erfasster Elektroheizung der Minergie-P-Standard (Energiekriterium) erreicht wird, kann sie akzeptiert werden.
- Die erforderlichen hohen Zulufttemperaturen führen beim Einsatz von Wärmepumpen dazu, dass die Arbeitszahlen tiefer sind als bei Wärmeabgabe mittels Flächenheizungen (Boden- oder Wandheizung).

6.7 Dimensionierungshinweise für Komponenten

6.7.1 Aussenluftfassung

Die Lage der Aussenluft-Ansaugöffnungen ist so zu wählen, dass eine negative Beeinflussung der Luftqualität durch lokale Emissionsquellen wie Fortluft, Rauchgas, Geruchs- und sonstige Störquellen (z.B. verkehrsreiche Strassen, Parkplätze, Einwirkungen von Personen) möglichst gering gehalten wird.

Aussenluftfassungen in Fassaden an stark befahrenen Strassen sind zu vermeiden. Wo dies nicht möglich ist, sind die Aussenluftfassungen so hoch wie möglich anzuordnen.

Aussenluftfassungen dürfen nicht direkt am Boden oder in einem Lichtschacht angeordnet werden. Aussenluftfassungen auf öffentlich zugänglichem Grund oder gemeinschaftlich genutzten privaten Arealen (z.B. Spielplatz) sollen mindestens 3 m über Boden liegen. In den übrigen Fällen soll die minimale Höhe bei Mehrwohnungsanlagen min. 1,5 m betragen. Bei Einzelwohnungsanlagen mit Aussenluftfassungen auf ausschliesslich privat zugänglichen Grundstücken soll eine minimale Höhe von 0,7 m eingehalten werden.

Aussenluftfassungen sollen mit einem Maschendrahtgitter (Maschenweite max. 10 mm) geschützt werden. Die effektive Strömungsgeschwindigkeit soll max. 2 m/s betragen. In Gebieten mit starker Nebelbildung ist die Vereisungsgefahr zu beachten, deshalb wird dort die Einhaltung eines Maximalwertes von 1,5 m/s empfohlen.

Weitere Hinweise finden sich in der Norm SIA 382/1, Ziffer 5.12.2.

6.7.2 Erdreich-Luft-Wärmeübertrager

Für Erdreich-Luft-Wärmeübertrager empfiehlt sich eine Luftgeschwindigkeit um 2 m/s. Mit einem kürzeren Erdreich-Luft-Wärmeübertrager (Länge 5 bis 8 m) lässt sich im Winterbetrieb eine Lufterwärmung von 2 bis 3 K erzielen, was meist reicht für das Verhindern von Frost oder zu grosser Feuchtigkeit im Eintrittsfilter. Längere Erdreich-Luft-Wärmeübertrager (20 m bis 30 m) werden dann eingesetzt, wenn auf den Luft-Abkühleffekt im Sommer Wert gelegt wird. Dem Lüftungsplaner stehen verfeinerte Planungsregeln zur Verfügung.

Erdreich-Luft-Wärmeübertrager sind so auszuführen, dass weder Wasser noch Radon eindringen kann.

Das Gefälle muss so gross gewählt werden, dass die Entwässerung (Reinigung oder Kondensat) immer gewährleistet ist und auch bei allfälligen Absenkungen keine «Säcke» entstehen. In der Regel ist das Gefälle zum Gebäude hin gerichtet. Falls eine selbsttätige Entwässerung durch Gefälle nicht möglich ist, sind geeignete Massnahmen zu treffen, die stehendes Wasser im Erdreich-Luft-Wärmeübertrager verhindern.

Wegen Druckverlust und Reinigung sollen bei Innendurchmessern unter 100 mm keine engen 90°-Bögen gewählt werden, sondern 2 x 45°. Aus den gleichen Gründen sollte die maximale Länge eines einzelnen Rohres nicht mehr als 30 m betragen. Der gesamte Luftvolumenstrom kann auf mehrere parallele Rohre aufgeteilt werden. Im Zweifelsfall soll eine Luftkanalreinigungsfirma bestätigen, dass die Rohre gereinigt werden können.

Erdreich-Luft-Wärmeübertrager sollen nicht direkt an Wasserleitungen vorbeigeführt werden (Frostgefahr). Die Rohre sollen unterhalb der Frostgrenze verlegt werden (bei frost- bzw. druckempfindlichen Rohren ist dies zwingend).

Idealerweise wird von der Kellerwand ein Abstand von ca. 1 m eingehalten (Wärmenachfluss). Damit der Wärmefluss zu den Rohren günstig ist, sollte der Rohrabstand je nach Dimension der Rohre min. 1 – 1,5 m betragen.

Um die Rohre vor mechanischer Beschädigung durch Steine zu schützen, sollen sie in einem lehmhaltigen Sandbett eingelegt werden. Der Einfluss des Sandbetts muss bei der thermischen Dimensionierung berücksichtigt werden (oft geringere Wärmeleitfähigkeit als das umliegende Erdreich).

Die Vorbereitung des Untergrundes, die Bettung, Verdämmung, Umhüllung und Schutzschicht sollen zusammen mit dem Bauingenieur und der Bauleitung festgelegt und der Bauprozess gut kontrolliert werden.

Bei der Verlegung und Verarbeitung von Kunststoffleitungen sind die Verlegerichtlinien VKR RL 02 und VKR RL 03 zu beachten.

6.7.3 Filterung

Aussenluft bzw. Zuluft von einfachen Lüftungsanlagen und Einzelraum-Lüftungsgeräten

Damit ein Filter hygienisch einwandfrei ist, darf die durchschnittliche relative Luftfeuchte innerhalb von drei Tagen nicht über 80% liegen. Im schweizerischen Mittelland lässt sich dies günstig erzielen mit einem kurzen Luft-Erdreich-Wärmeübertrager (siehe Ziffer 6.7.2).

An die Filterung werden die Minimalanforderungen gemäss Tabelle 14 gestellt.

Tabelle 14 Minimalanforderungen an die Filterung

| Aussenluft | Filterklasse |
|--|--------------|
| sauber oder nur gasförmige Verunreinigungen (AUL 1 oder AUL 3 gemäss Norm SIA 382/1) | F7 |
| hohe Konzentrationen an Staub oder Feinstaub (AUL 2, AUL 4 oder AUL 5 gemäss Norm SIA 382/1) | F6 + F7 |

Die Filterklassen in Tabelle 14 gelten für eine mittlere Raumluftqualität (RAL 3 gemäss Norm SIA 382/1). Bei höheren Anforderungen an die Raumluftqualität sind die Filterklassen gemäss Norm SIA 382/1 festzulegen.

Bei Anlagen mit einer Filterstufe sind die Filter vor der WRG anzuordnen. Wenn der Ventilator nach dem Filter angeordnet ist, ist ein Ventilatorantrieb ohne Abrieb einzusetzen (Direktantrieb oder Flachriemen). Bei Anlagen mit zwei Filterstufen ist die erste Filterstufe vor und die zweite nach der Luftaufbereitung anzuordnen.

Allgemein sind die Anforderungen der Richtlinie SWKI VA 101-01 einzuhalten.

Aussenluft-Durchlässe von Abluftanlagen

Bei Aussenluft-Durchlässen (ALD) von Abluftanlagen kann von den Anforderungen nach Tabelle 14 abgewichen werden, wenn

- die Aussenluft sauber ist oder nur gasförmige Verunreinigungen aufweist (Klassierung der Aussenluft in Kategorie AUL 1 oder AUL 3 gemäss SIA 382/1),
- die Verschmutzung der ALD durch Laien gut erkennbar ist,
- der Zugang zu den verschmutzten Teilen ohne Werkzeuge und ohne Leiter gewährleistet ist,
- die Reinigung mit einfachen Mitteln (Lappen und Wasser) und ohne Werkzeuge durch die Bewohner ausgeführt werden kann,
- eine Instruktion und schriftliche Anleitung für die Reinigung vorliegt,
- das Eindringen von Insekten und grobem Staub verhindert wird.

Wenn eine dieser Voraussetzungen nicht gegeben ist, so gelten die Anforderungen gemäss Tabelle 14.

Die genannten Bedingungen können am ehesten bei ALD in Fensterrahmen oder speziellen Lüftungsflügeln erfüllt werden. Die Art und Weise der Filterung entbindet nicht davon, die akustischen Anforderungen und die Anforderungen an die Druckverhältnisse (max. Unterdruck) einzuhalten.

Abluft und Fortluft

In der Abluft soll mindestens die Filterklasse G3 eingesetzt werden. Bei einer Wärmerückgewinnung mit einem rotierenden Wärmetauscher (oder anderen Bauarten mit Flächen, die abwechslungsweise von der Zu- und Abluft berührt werden), ist mindestens die Filterklasse F6 einzusetzen.

Filterüberwachung

Zur Sicherstellung eines hygienisch einwandfreien Betriebs von Lüftungsanlagen ist eine gute Wartung der Filter besonders wichtig. Die Filterüberwachung soll daher in 3 Stufen erfolgen (vgl. Anhang E):

- regelmässige optische Kontrollen,
- Differenzdrucküberwachung (zumindest bei Mehrwohnungsanlagen; bei Einzelwohnungsanlagen soweit vorhanden),
- Standzeiten: Zuluftfilter 1. Stufe maximal 1 Jahr, Zuluftfilter 2. Stufe maximal 2 Jahre.

6.7.4 Dichtheit und Leckluftübertragung (Luftaufbereitung, Luftleitungen, Gesamtsystem)

Eine hohe Dichtheitsklasse der Luftleitungen garantiert nicht, dass keine Leckluft von der Abluft in die Zuluft bzw. von einer Wohnung in eine andere übertragen wird.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass bei geeigneten Massnahmen und Einhaltung der folgenden Anforderungen (Richtwerte) ein zufriedenstellender Betrieb besteht. Die Zuluft einer Wohnung besteht aus

- min. 95% Aussenluft,
- max. 5% Abluft der eigenen Wohnung,
- max. 1% Abluft einer einzelnen anderen Wohnung,
- max. 3% als Summe der Abluft von mehreren anderen Wohnungen,
- max. 0,5% Kochstellenabluft einer einzelnen anderen Wohnung,
- max. 1% als Summe der Kochstellenabluft aus mehreren anderen Wohnungen,
- keine Abluft aus Fahrzeugeinstellhallen.

Leckluftübertragungen lassen sich im Bedarfsfall mit Spurengasmessungen in der Zuluft (nicht im Raum) nachweisen.

Einzelwohnungsanlagen in Mehrfamilienhäusern

Die obigen Leckluftübertragungen dürfen in keinem Fall überschritten werden, d.h. auch nicht bei unterschiedlichen Betriebsstufen der Geräte in den einzelnen Wohnungen. Gemeinsame Leitungsstücke (auch Erdreich-Wärmeübertrager) dürfen nur vorhanden sein, wenn durch spezielle und zuverlässige Massnahmen Fehlströmungen und Luftübertragungen zwischen Wohnungen verhindert werden.

Es wird empfohlen, gemeinsame Leitungsstücke zu vermeiden, da Komponenten zur Verhinderung von Fehlströmungen (z.B. Motorklappen oder Rückschlagklappen) gewartet werden müssen und diese Komponenten selbst Störungsquellen sein können.

6.7.5 Strömungsgeschwindigkeiten

Die Richtwerte für die maximalen Strömungsgeschwindigkeiten gemäss Norm SIA 382/1, Ziffer 5.7.2, sollen bei Normalbetrieb eingehalten werden. Dies heisst beispielsweise, dass bei einem Luftvolumenstrom (Normalbetrieb) bis zu 1000 m³/h die Strömungsgeschwindigkeit in den Luftleitungen max. 3 m/s betragen soll.

Für Anschlussleitungen von einzelnen Zimmern (Luftvolumenströme bis 40 m³/h) wird eine Strömungsgeschwindigkeit von max. 2,5 m/s empfohlen.

Bei kleinen Luftaufbereitungsgeräten (speziell Serienprodukten) kann an den Anschlussstutzen eventuell eine höhere Strömungsgeschwindigkeit auftreten. Sofern die Grenzwerte für Wärmerückgewinnung (Ziffer 5.5.1) und elektrische Energie (Ziffer 5.5.3) eingehalten werden, kann dies akzeptiert werden. Unmittelbar nach dem Anschlussstutzen ist die Luftleitung aber so zu erweitern, dass die Richtwerte gemäss Norm SIA 382/1 eingehalten werden.

7 Inbetriebnahme, Abnahme, Betrieb und Unterhalt

7.1 Allgemeines

Bezüglich der beiden wesentlichen Bereiche des Lüftungskonzeptes, der Gebäudehülle und ihrer Luftdurchlässigkeit (Norm SIA 180) und der Lüftungsanlage (Norm SN EN 12599) bestehen klare Vorschriften, wie die entsprechenden Kontrollen durchzuführen sind. In der Norm SN EN 12599 wird unterschieden zwischen Vollständigkeitsprüfungen, Funktionsprüfungen und Funktionsmessungen. Grundsätzlich sind die beiden genannten Normen verbindlich.

Bei allen Minergie-P-Gebäuden wird die Luftdichtheit der Gebäudehülle kontrolliert.

7.2 Abnahme

Bei **Fensterlüftungen** entfällt die Kontrolle einer eigentlichen Anlage. Hingegen ist eine Information der Benutzer wesentlich (geeignete Fensterlüftung entsprechend der Schadstoff- bzw. Feuchtebelastung).

Vor der Abnahme der Lüftungsanlage ist eine eingehende Reinigung durchzuführen.

Bei **einfachen Abluftanlagen** ist die Messung der Abluft-Volumenströme bei den einzelnen Durchlässen und des totalen Luftvolumenstroms je Anlage wesentlich. Bei Unstimmigkeiten im Vergleich zur Planung ist die Luftdurchlässigkeit der Hülle zu messen und zu bewerten, da die Anlagen in dieser Hinsicht sehr empfindlich sind.

Einfache Lüftungsanlagen erfordern eine gut geplante Abnahme, bei der die Messung der Zuluft- und Abluftströme der einzelnen Räume, aber auch die Bewertung der akustischen Situation wesentliche Punkte sind.

Die Luftvolumenströme müssen nach Ziffer 6.4.1 einreguliert werden. Durch die Verwendung rationeller Messinstrumente (z.B. Flowfinder) kann eine umfassende Abnahme innerhalb vernünftiger Zeit erzielt werden.

In der Leistungsgarantie Komfortlüftung [1] findet sich ein Abnahmeprotokoll für Einzelwohnungsanlagen. Für Mehrwohnungsanlagen sollen die Abnahmeprotokolle des SWKI verwendet werden.

Spätestens bei der Abnahme sind die Zuständigkeiten für die Instandhaltung festzulegen.

7.3 Instruktion

Für einen guten und sicheren Betrieb – und nicht zuletzt auch für das Vertrauen der Nutzer in die gewählte Lösung (Risikowahrnehmung, Gefühl der Kontrolle) – ist es entscheidend, dass die Besitzer und Nutzer über die Funktion «Lüftung» ihrer Wohnung gut informiert sind, insbesondere bei mechanischen Anlagen.

Im Rahmen der Instruktion sind folgende Themen zu erörtern und in Form einer einfachen schriftlichen Anleitung abzugeben:

- Betriebsstufen der Lüftungsanlage: Zweck und Bedienung.
- Zusätzliche Fensteröffnung im Winter, spez. Schlafen bei offenem Fenster.
- Trockenheit im Winter: Reduktion des Luftwechsels, geeignete Raumtemperatur (Abgabe oder Verweis auf das Merkblatt Luftbefeuchter des BAG [2]), Verhalten bei nicht belegten Wohnungen im Winter (z.B. Ferien, Mieterwechsel, Ferienwohnungen).
- Grenzen der Lüftungsanlagen: Aussengerüche, Rauchen, Räucherstäbchen und andere massive Belastungsquellen, «Party-Lüftung».
- Sommerbetrieb und sommerlicher Wärmeschutz: Ausschalten der Lüftungsanlage, Sommer-Bypass, Nachtauskühlung mit Fensterlüftung, Betätigen der Beschattungseinrichtung.
- Überströmzone: keine Teppiche unter Türspalte legen, die als Überströmzone dienen.
- Instandhaltung: Erläutern der Zuständigkeiten (vgl. Liste Anhang E). Demonstration des Filterwechsels. Hinweise zum Umgang mit Filtern (Schutz vor Kontamination, Entsorgung).
- Verhalten bei Störungen der Lüftungsanlage.
- Verhalten bei Störfällen (z.B. Chemieunfall).
- Küchenabluft: Betrieb und allenfalls Betätigung von Nachströmeinrichtungen sowie Filterwartung.

7.4 Betrieb und Unterhalt

Nach der professionellen Abnahme sind die Anlagen fachgerecht zu warten und in diesem Sinn auch in regelmässigen Abständen zu kontrollieren und zu reinigen.

Betrieb und Instandhaltung sind nach der Richtlinie SWKI VA 104-01 durchzuführen. In Anhang E ist für einfache Lüftungsanlagen ein Konzept zur Wartung der Anlage exemplarisch dargestellt. Es obliegt dem Architekten, in Zusammenarbeit mit dem Lüftungsplaner ein analoges Unterhaltskonzept auch für andere, zumeist einfachere Anlagen zu erstellen und zu initiieren.

Die Zuständigkeiten (Eigentümer, Hausdienst) sind bei der Übergabe der Anlage fallweise festzulegen. Wenn Serviceverträge abgeschlossen werden, sind auch die Zuständigkeiten der beauftragten Firmen aufzuführen.

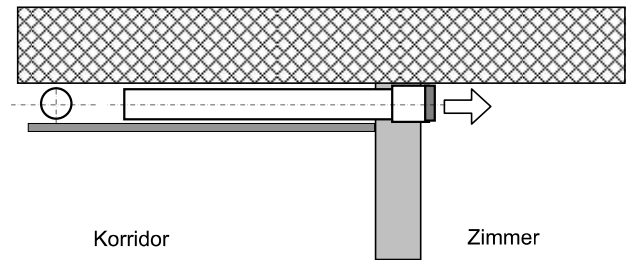
Die Verantwortung für Reinigung und allfälligen Ersatz liegt beim Eigentümer. Das heisst, dass bei Einzelwohnungsanlagen in Mietwohnungen die Filter durch den Eigentümer (bzw. durch seinen Beauftragten) gewechselt werden sollen. Es wird davon abgeraten, die Filter durch Mieter wechseln zu lassen.

Wenn Kontrollarbeiten durch Laien (d.h. Nicht-Lüftungsfachleute) durchgeführt werden, sind diese Personen durch Fachpersonen zu instruieren. Die instruierende Person soll mindestens eine Hygieneschulung der Kategorie B gemäss Richtlinie SWKI VA 104-01 erfolgreich absolviert haben.

Anhang A Raumbedarf für Feinverteilung

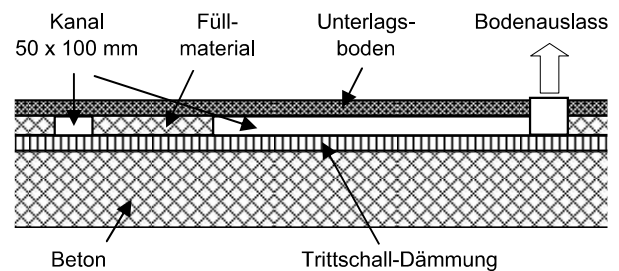
In heruntergehängter Decke (evtl. offene Leitungsführung)

Geeignet bei Erneuerungs- oder Umbauarbeiten.
Reduktion der lichten Höhe um ca. 12 cm bis 15 cm.
Zugang durch Revisionsdeckel möglich.
Relativ geringer baulicher Aufwand für Zugang auch ohne Revisionsdeckel.
Platzieren von Schalldämpfern in Hohldecke ist möglich.



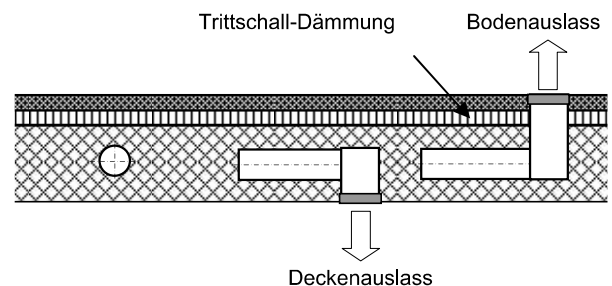
Im Bodenaufbau (Unterlagsboden)

Nur bei Bodenauslässen möglich.
Zusätzliche Erhöhung des Bodenaufbaus um 5 cm.
Keine Schwächung des Trittschallschutzes.
Ersatz der Leitungen nur zusammen mit Unterlagsboden.



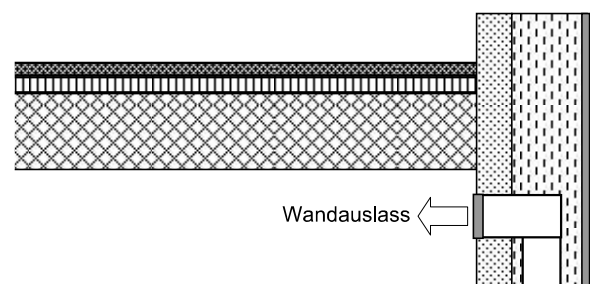
In der Betondecke eingelegt

Betondecke min. 18 bis 20 cm.
Bei Bodenauslässen wird der Trittschallschutz örtlich geschwächt.
Kein Ersatz der Leitungen möglich.
Kreuzen mit Sanitärleitungen vermeiden.
Bei Verteilkästen in der Decke kann eine Reinigung evtl. unmöglich werden.

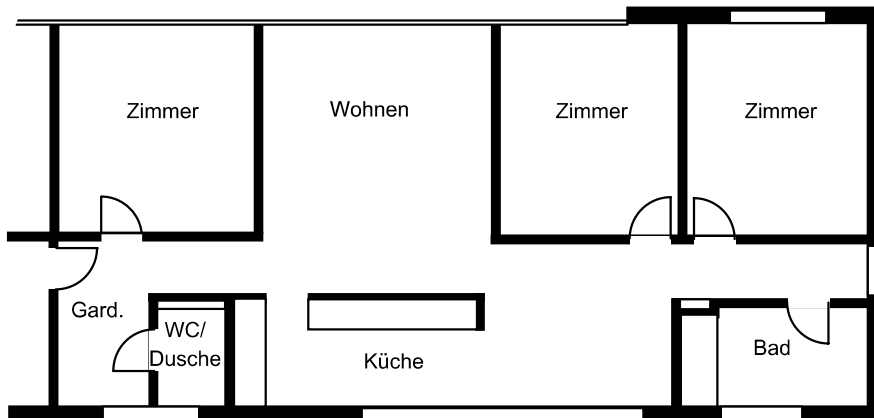


In der Fassade

Evtl. komplizierte Verteilung mit langen Leitungen.
Reinigung kann schwierig sein.
Minimale Überdeckung der Leitungen mit ca. 8 cm Wärmedämmung.
Ersatz der Leitungen kaum möglich.
Bei Elementbau Dichtheit der Verbindungen und Toleranzen beachten.



Anhang B Beispiel für die Bestimmung der Luftvolumenströme für eine einfache Lüftungsanlage



Nettofläche der Wohnung: 110 m²

Das Zimmer «Wohnen» liegt im Durchströmbereich.

Schritt 1: minimaler Zuluftvolumenstrom der Wohnung

Da keine objektspezifische Belegung vorgegeben ist, wird mit der Normalbelegung gemäss Ziffer 6.1.2 (Tabelle 8) gerechnet: 4 Personen.

Aus der Tabelle 11 (Ziffer 6.4.1) wird bei 4 Zimmern und 4 Personen ein Zuluftvolumenstrom von 115 m³/h abgelesen.

Schritt 2: minimaler Abluftvolumenstrom der Wohnung

Werte gemäss Ziffer 6.1.3, Tabelle 9:

| Raum | m ³ /h |
|-----------------|-------------------|
| Küche | 40 |
| Bad | 40 |
| WC/Dusche | 40 |
| Gesamte Wohnung | 120 |

Schritt 3: Massgebender Luftvolumenstrom

Der Abluftvolumenstrom ist grösser und damit massgebend.

Schritt 4: Aufteilung auf die Räume

Die Abluftvolumenströme entsprechen den Werten von Schritt 2.

Der Zuluftvolumenstrom kann gleichmässig auf die drei Zimmer aufgeteilt werden, also 40 m³/h pro Zimmer. Eine Variante wäre z.B., dass den drei Zimmern jeweils rund 33 m³/h zugeführt werden und ca. 20 m³/h im «Wohnen».

Anhang C Luftraten bei Fensterlüftung

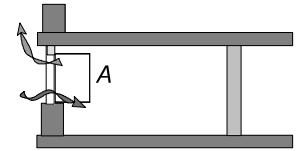
C.1 Einseitige Lüftung

Aussenluft-Volumenstrom mit konstanter Temperatur durch Rechtecköffnung (Drehflügel)

Bei einseitiger Lüftung herrscht in der Öffnung eine Zweiweg-Strömung. Für den durch eine Rechtecköffnung einströmenden Luftvolumenstrom infolge Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen gilt angenähert:

$$\dot{V}_E = c_d \cdot H \cdot B \cdot \frac{1}{3} \sqrt{g \cdot H \cdot \frac{T_i - T_a}{T_a}} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

c_d Durchlassfaktor ($\approx 0,6$)
 H Höhe Öffnung (m)
 B Breite Öffnung (m)
 A Öffnungsfläche = $H \times B$ (m^2)
 g Erdbeschleunigung (m/s^2)
 T_i Raumlufttemperatur (K)
 T_a Aussenlufttemperatur (K)

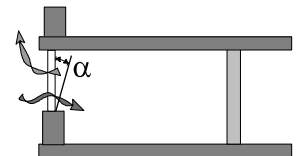


Diese Formel gilt unter folgenden vereinfachten Randbedingungen: T_a und auch T_i sind konstant (Nachheizung im Raum, bzw. Formel gibt den momentanen Luftvolumenstrom für diese Temperaturen); einströmender Luftvolumenstrom ist bezogen auf T_a ; Luftaustausch infolge Temperaturdifferenz allein (ohne Windeinfluss).

Aussenluftstrom durch Kippflügel

Die Abhängigkeit des Luftvolumenstroms vom Kippwinkel kann durch den Faktor $c_k(\alpha)$ angegeben werden, als Verhältnis des effektiven Luftvolumenstroms beim Kippwinkel α zum Luftvolumenstrom durch die Rechtecköffnung gleicher Fensterhöhe und -breite (siehe Formel für Rechtecköffnung oben):

$$c_k(\alpha) = \frac{\dot{V}_{\text{Kippflügel}}(\alpha)}{\dot{V}_{\text{Rechtecköffnung}}} \quad (\text{dimensionslos})$$



Aus Messungen an Kippfenstern mit $H:B$ im Bereich von 1 bis 2 kann für $c_k(\alpha)$ folgende Approximation angegeben werden:

$$c_k(\alpha) = 2,60 \cdot 10^{-7} \cdot \alpha^3 - 1,19 \cdot 10^{-4} \cdot \alpha^2 + 1,86 \cdot 10^{-2} \cdot \alpha$$

| α in ° | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 45 | 60 | 90 | 180 |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| $c_k(\alpha)$ | 0,00 | 0,09 | 0,17 | 0,25 | 0,33 | 0,39 | 0,46 | 0,62 | 0,74 | 0,90 | 1,0 |

Größenordnung: Für eine Aussenlufrate von $30 \text{ m}^3/\text{h}$ ist für ein Kippfenster der Höhe 1,3 m und der Breite 1 m im Bereich von -5°C bis 10°C Aussentemperatur ein Kippwinkel von nur rund 2° erforderlich, was einem Spalt von 45 mm am oberen Ende entspricht.

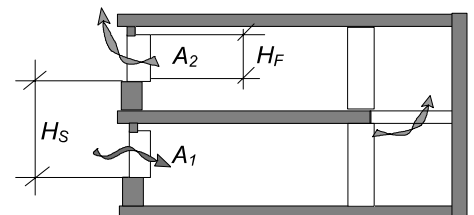
C.2 Querlüftung

Für die «Querlüftung» über zwei auf verschiedenen Stockwerken geöffnete Fenster (je mit der Öffnungsfläche $A = A_1 = A_2$) gilt für den Aussenluft-Volumenstrom \dot{V}_Q infolge Temperaturdifferenz zwischen innen und aussen (Kamineffekt) im Verhältnis zum Luftaustausch bei einseitiger Lüftung \dot{V}_E mit Öffnungsfläche A :

$$\frac{\dot{V}_Q}{\dot{V}_E} = k \cdot \sqrt{\frac{H_S}{H_F}}$$

H_S Vertikaler Abstand der beiden Fenster (m)
 H_F Höhe der einzelnen Fensteröffnung (m)

$k = 3,0$ für Rechtecköffnung (Drehflügel)
 $k = 3,3$ für Kippflügel



Einfluss der Öffnungsfläche

Für gegebene Druckverhältnisse bestimmt die kleinere Öffnung den erreichbaren Luftvolumenstrom. Mit Vergrössern nur einer Öffnung (z.B. A_2 in obiger Figur) kann der Luftvolumenstrom höchstens um den Faktor 1,4 erhöht werden, verglichen mit dem Fall gleich grosser Öffnungen ($A_1 = A_2$).

Anhang D Türspalt als Überström-Durchlass

Bei den meisten Wohnungslüftungen strömt die Luft durch einen Spalt unter der Tür von einem Raum zum nächsten. Dabei darf keine Absenkdichtung («Planet») eingesetzt werden und die Bewohner sind zu instruieren, dass in der Türöffnung kein Teppich liegen darf. Diese Lösung ist kostenlos und wartungsfrei.

Diese Überströmung darf eingesetzt werden, wenn folgende Bedingungen erfüllt sind:

- Die Ausblasrichtung darf nicht gegen eine Zone mit ständigem Aufenthalt gerichtet sein.
- Die Abminderung des Schalldämm-Masses der Tür ohne Absenkdichtung muss akzeptiert werden.
- Kein Lichtschutz nötig.

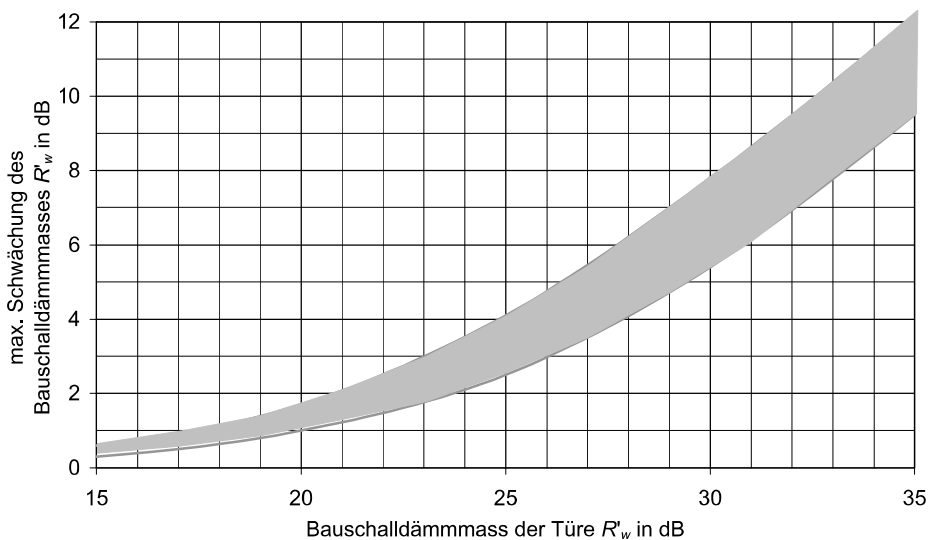
Die unten stehende Figur zeigt die Schwächung des Schalldämm-Masses von Türen, wenn die Absenkdichtung weggelassen wird. Bei einfachen Türen ist die Schwächung kaum wahrnehmbar.

Bei hohen Ansprüchen und speziellen Räumen wie Musikzimmer oder Therapieraum wird die Schwächung des Schalldämm-Masses kaum akzeptiert. In diesen Fällen sind schallgedämmte Überström-Durchlässe erforderlich.

Beim Überströmen von einem Zimmer in einen Korridor ist ein Luftvolumenstrom um $30 \text{ m}^3/\text{h}$ typisch. Dafür ist eine Spalthöhe von 5 bis 10 mm notwendig.

Beim Überströmen vom Korridor in einen Nassraum sind in der Regel höhere Volumenströme vorhanden. Dabei sind entweder grössere Spalthöhen vorzusehen oder allenfalls ein Überströmgitter anzubringen.

Reduktion des Schalldämm-Masses einer Tür durch einen Luftspalt von 5 bis 10 mm Höhe



Anhang E Checkliste Instandhaltung

Checkliste für den hygienischen Betrieb und die Instandhaltung von Wohnungslüftungen am Beispiel einer einfachen Lüftungsanlage (Einzelwohnungsanlage).

Jedes Jahr im Sommer

| Pos. | Anlagenteil | Tätigkeit, Massnahme | Zuständigkeit |
|------|-----------------------------------|---|---------------|
| 1.1 | Aussen- und Fortluft-durchlässe | Auf Verschmutzung, Beschädigung und Korrosion prüfen. Reinigen, ggf. Ursache ermitteln. | |
| 1.2 | Erdreich-Luft-Wärmeübertrager | Auf stehendes Wasser und sichtbare Verschmutzung prüfen. Reinigen und ggf. Ursache ermitteln. Kondensatablauf prüfen. Siphon füllen. | |
| 1.3 | Luftfilter | Auf unzulässige Verschmutzung und Beschädigung (Leckagen) prüfen, ggf. Ursache ermitteln. Differenzdruck prüfen / Filteranzeige. Bei Bedarf Filter wechseln und entsorgen. | |
| 1.4 | Sommer-Bypass (im Lüftungsgerät) | An einem warmen Tag: prüfen, ob geöffnet; ggf. Ursache ermitteln. | |
| 1.5 | Vereisungsschutz und Luftheritzer | Prüfen, ob vollständig ausgeschaltet (auch allfällige Umwälz-pumpen); ggf. Ursache ermitteln. | |

Jedes Jahr im Winter

| Pos. | Anlagenteil | Tätigkeit, Massnahme | Zuständigkeit |
|------|------------------------|---|---------------|
| 1.11 | Zuluftfilter, 1. Stufe | Filter wechseln und entsorgen. Auf Nässe prüfen, ggf. Ursache ermitteln. | |
| 1.12 | Abluftfilter | Filter wechseln und entsorgen. | |
| 1.13 | Lüftungsgerät | Alle Komponenten (Ventilatoren, Wärmerückgewinnung, Luft-erhitzer, Klappen, Gehäuse) auf Verschmutzung, Korrosion, Beschädigung und Wasserbildung prüfen. Reinigen, ggf. Ursache ermitteln. | |
| 1.14 | Kondensatablauf | Kondensatablauf prüfen. Siphon füllen. | |
| 1.15 | Sommer-Bypass | Prüfen, ob geschlossen, ggf. Ursache ermitteln. | |
| 1.16 | Vereisungsschutz | Bei Aussentemperatur über 0°C: prüfen, ob ausgeschaltet; ggf. Ursache ermitteln. | |
| 1.17 | Steuerung/Regelung | Testen der Betriebsstufen: qualitative Beurteilung der Funktion der Steuerung; ggf. detaillierte Kontrolle durch Fachfirma oder Lieferant. | |

Alle 2 Jahre

| Pos. | Anlagenteil | Tätigkeit, Massnahme | Zuständigkeit |
|------|-------------------------------|--|---------------|
| 2.1 | Zuluftfilter, 2. Stufe | Filter wechseln und entsorgen. | |
| 2.2 | Zuluft- und Abluft-Durchlässe | Auf Verschmutzung prüfen. Reinigen. Bei starker Verschmutzung Ursache ermitteln. Vorsicht: Einstellung nicht verändern (d.h. Ventilteller nicht drehen oder ausbauen). | |
| 2.3 | Überström-Durchlässe | Auf Funktion und Verschmutzung prüfen. Reinigen. Bei starker Verschmutzung Ursache ermitteln. Bei Luftspalt unter Tür: prüfen, dass kein Teppich unter der geschlossenen Tür liegt; ggf. Instruktion der Bewohner. | |
| 2.4 | Luftleitungen | An gut zugänglichen Stellen (z.B. bei Luftdurchlässen und beim Anschluss ans Lüftungsgerät) stichprobenweise auf starke Verschmutzung prüfen. Bei Bedarf Inspektion und Reinigung veranlassen; ggf. Ursache ermitteln. | |

Bei Mietwohnungen: alle 6 Jahre

Bei Wohneigentum: spätestens alle 10 Jahre

Diese Arbeiten sollen durch Fachfirmen durchgeführt werden. Die Reinigung und Instandsetzung erfolgt bei allen Positionen nach Bedarf.

| Pos. | Anlagenteil | Tätigkeit, Massnahme | Zuständigkeit |
|------|---|---|---------------|
| 3.1 | Aussen- und Fortluft-Durchlass * | Inspektion | |
| 3.2 | Erdreich-Luft-Wärmeübertrager * | Inspektion des ganzen Erdreich-Luft-Wärmeübertragers, ggf. mit Rohrkamera. | |
| 3.3 | Lüftungsgerät * | Inspektion und Funktionskontrolle. | |
| 3.4 | Luftverteilung, inkl. Zuluft- und Abluft-Durchlässe * | Inspektion von mehreren Leitungen, ggf. mit Rohrkamera. Inspektion aller Zuluft- und Abluft-Durchlässe. | |
| 3.5 | Einregulierung der Luftvolumenströme | Messung der totalen Zuluft- und Abluftvolumenströme. Kontrolle der mechanischen Einstellungen der Einregulier-Organen (z.B. Irisblenden, Zuluft- und Abluft-Durchlässe). Bei min. 50% der Räume Messung der Luftvolumenströme. Bei Abweichungen von den Sollwerten sind die Luftvolumenströme in allen Räumen zu messen und neu einzustellen. | |
| 3.6 | Steuerung/Regelung | Funktionskontrolle der Regelung: Betriebsstufen, Sommer-Bypass, Vereisungsschutz, allfälliger Nachwärmer. | |
| 3.7 | Kontrolle der Hygiene und Funktionstüchtigkeit der gesamten Anlage bzw. der Komponenten | Wenn bei den Positionen 3.1 bis und mit 3.4 hygienisch relevante Mängel festgestellt werden, erfolgt eine Kontrolle und Beurteilung durch eine Fachperson mit Hygieneschulung der Kategorie A. | |

* Die ausführende Person muss mindestens eine Hygieneschulung der Kategorie B erfolgreich absolviert haben.

Anhang F Elementare Anforderungen und zu vermeidende Fehler

Die hier aufgeführten Punkte sind im Hauptteil des Merkblattes enthalten.

Die folgenden Hinweise basieren auf Beobachtungen aus mangelhaften Anlagen. Das Verletzen dieser elementaren Anforderungen muss als Mangel bezeichnet werden.

- F.1 Aussenluft darf nicht ebenerdig oder in einem Lichtschacht gefasst werden.
- F.2 Bei mechanischen Lüftungsanlagen ist die Aussenluft grundsätzlich zu filtern. Bei einfachen Lüftungsanlagen wird mindestens ein Feinstaubfilter der Klasse F7 gefordert.
- F.3 Luftfilter dürfen nur von einer Seite her durchströmt werden. Ein wechselseitiges Durchströmen ist hygienisch nicht akzeptabel.
- F.4 Luftfilter sind Einwegprodukte. Ein Filter darf nie gereinigt oder gewaschen werden, er verliert dadurch praktisch die ganze Wirkung, und beim Hantieren können Personen kontaminiert werden.
- F.5 Sämtliche Anlagenteile müssen gereinigt oder ersetzt werden können.
- F.6 In keinem Anlagenteil darf sich stehendes Wasser befinden. Anlagenteile, in denen Wasser anfallen kann (z.B. Erdreich-Wärmeübertrager), müssen kontinuierlich entwässert werden.
- F.7 Lüftungsanlagen und Komponenten dürfen den Schallschutz gegen Aussenlärm nicht soweit schwächen, dass die Anforderungen der Norm SIA 181 verletzt werden. Besondere Sorgfalt ist bei Komponenten geboten, die eine direkte Luftverbindung zwischen innen und aussen schaffen (z.B. Einzelraum-Lüftungsgeräte, Aussenluft-Durchlässe von einfachen Abluftanlagen). Der Bauakustiker ist dabei frühzeitig über die geplante Lüftungsanlage zu informieren und mit den Produktdaten zu dokumentieren.
- F.8 Bei Feuerungen innerhalb der thermischen Gebäudehülle darf keine Lüftungstechnische Einrichtung (z.B. Dunst-abzughaube) einen Unterdruck verursachen, der die Feuerung stört.
- F.9 Keine Lüftungstechnische Einrichtung darf zu Luftübertragungen zwischen Wohnungen führen.
- F.10 Bei mechanischen Lüftungsanlagen müssen die Luftvolumenströme pro Raum eingestellt und gemessen werden. Die Messung muss protokolliert werden.
- F.11 Die Benutzer müssen instruiert werden.
- F.12 Es muss eine detaillierte Betriebsdokumentation abgegeben werden.

Anhang G Zitate aus Normen und Vorschriften

Norm SIA 180 (1999)

- 3.1.1.1 Grundsätzlich muss die Gebäudehülle luftdicht sein.
- 3.1.4.3 Die Abdichtung zwischen Wohnbereich und Keller oder dem Erdreich muss in Gegenden mit hoher Radonbelastung besonders sorgfältig ausgeführt werden.
- 3.3.1.2 Der Architekt ist verpflichtet – allenfalls zusammen mit dem Lüftungsplaner – in einer frühen Planungsphase ein Lüftungskonzept zu erstellen. Als wesentliche Varianten sind zu beurteilen:
 - natürliche Belüftung mit Benutzerunterstützung
 - Abluftanlage mit geführter Zuluft
 - mechanische Zu-/Abluftanlage
- 3.3.1.5 Bestehen im Entscheidungsprozess Zweifel, dass die benutzerunterstützte natürliche Lüftung während der gesamten Lebensdauer des Gebäudes zu den gewünschten Luftaustauschraten führt, so ist eines der beiden mechanischen Systeme zu wählen.
- 3.3.3.1 In Gebäuden mit ausschliesslich natürlicher Lüftung, insbesondere bei Mehrfamilienhäusern, wird empfohlen, selbsttätige Lüftungsöffnungen (z.B. mit automatischer Feuchteregelung) vorzusehen.
- 3.3.3.2 Alle Raumzonen, die mit Abluftanlagen ausgestattet sind, sind mit Zuluftöffnungen zu versehen. Die Zuluftöffnungen müssen sich automatisch schliessen, wenn die Abluftanlage abgestellt

Norm SIA 416/1 (2007)

- 2.2.1.1 Die thermische Gebäudehülle muss zugleich wärmegeklämt und luftdicht sein.
- 2.2.1.5 Nicht aktiv beheizte Räume innerhalb der thermischen Gebäudehülle müssen luftdicht gegen aussen abgeschlossen sein. Das gilt insbesondere für Trocken- und Heizräume. Trockenräume innerhalb der thermischen Gebäudehülle müssen mit Raumluft-Wäschetrocknern oder mit Tumbleren ausgerüstet sein. Bei Heizräumen in der thermischen Gebäudehülle muss die Verbrennungsluft direkt dem Brenner zugeführt werden. Liegt das Treppenhaus und/oder der Liftschacht innerhalb der thermischen Gebäudehülle, muss das Treppenhaus und/oder der Liftschacht oben gemäss den Anforderungen der Norm SIA 180 luftdicht abgeschlossen sein. Insbesondere müssen allfällige Entrauchungsöffnungen mit motorisierten Klappen geschlossen sein.

Eidgenössische Strahlenschutzverordnung (StSV) vom 22. Juni 2004 (SR 814.501)

Art. 110 Grenzwerte und Richtwert

- ¹ Für Radongaskonzentrationen in Wohn- und Aufenthaltsräumen gilt ein über ein Jahr gemittelter Grenzwert von 1000 Becquerel pro Kubikmeter (Bq/m³).
- ⁴ Bei Neu- und Umbauten (Art. 114) sowie bei Sanierungen (Art. 113 und 116) gilt ein Richtwert von 400 Bq/m³, soweit dies mit einfachen baulichen Massnahmen erreicht werden kann.

Bemerkung: Das Nichteinhalten dieses Richtwertes gilt als Baumangel (Werkmangel), ausser in speziellen Fällen, wo die Einhaltung mit einfachen baulichen Massnahmen nicht möglich ist. Das Nichteinhalten des Grenzwertes gilt in jedem Fall als Baumangel. Zur rechtlichen Situation vgl. auch [13].

Anhang H Publikationen

Publikationen des SIA

| | |
|-----------------------|---|
| Norm SIA 180 (1999) | Wärme- und Feuchteschutz im Hochbau |
| Norm SIA 181 (2006) | Schallschutz im Hochbau |
| Norm SIA 380/1 (2007) | Thermische Energie im Hochbau |
| Norm SIA 382/1 (2007) | Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen |
| Norm SIA 384/1 (2008) | Heizungsanlagen in Gebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen |

Normen und Richtlinien weiterer Schweizer Verbände

| | |
|----------------|--|
| SWKI VA 101-01 | Klassifizierung, Testmethoden und Anwendung von Luftfiltern |
| SWKI VA 104-01 | Hygiene-Anforderungen an raumlufttechnische Anlagen und Geräte |
| VKF 26-03d | Richtlinie 26-03d Lufttechnische Anlagen. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern |
| VKF FAQ 26-001 | FAQ 26-001d, Definition Kochbereich. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern |
| VKF FAQ 26-006 | FAQ 26-006d, Zusammengefasste Brandabschnitte bei Bürobauten, Beherbergungsbetrieben und Wohnbauten. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern |
| VKF FAQ 26-007 | FAQ 26-007d, Anschluss von Küchenlufthauben an Wohnungslüftungssysteme. Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen, Bern |
| VKR RL 02 | Erdverlegte Druckrohrleitungen aus Polyethylen PE80 und PE100, Leitfaden und Verlegerichtlinien. Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile (VKR) |
| VKR RL 03 | Erdverlegte, drucklos betriebene Rohrleitungen aus Polyethylen (PE), Polypropylen (PP) und Polyvinylchlorid (PVC-U), Leitfaden und Verlegerichtlinien. Verband Kunststoff-Rohre und -Rohrleitungsteile (VKR) |

Europäische Normen und Richtlinien

| | |
|----------------------|--|
| SN EN 308 | Wärmeaustauscher – Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskriterien von Luft/Luft- und Luft/Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen |
| SN EN 12599 | Lüftung von Gebäuden – Prüf- und Messverfahren für die Übergabe eingebauter raumlufttechnischer Anlagen |
| SN EN 12792 | Lüftung von Gebäuden – Symbole, Terminologie und grafische Symbole |
| SN EN 13141-1 bis -8 | Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 1: Aussenwand- und Überströmungsdurchlässe Teil 2: Abluft- und Zuluftdurchlässe Teil 3: Dunstabzughauben für den Hausgebrauch Teil 4: Ventilatoren in Lüftungsanlagen für Wohnungen Teil 5: Hauben und Dach-Fortluftdurchlässe Teil 6: Baueinheiten für Abluftanlagen für eine einzelne Wohnung Teil 7: Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten (einschliesslich Wärmerückgewinnung) für mechanische Lüftungsanlagen in Einfamilienhäusern Teil 8: Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten ohne Luftführung (einschliesslich Wärmerückgewinnung) für ventilatorgestützte Lüftungsanlagen von einzelnen Räumen |
| SN EN 13779 | Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen an Lüftungs- und Klimaanlage |
| SN EN 14134 | Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung und Einbaukontrollen von Lüftungsanlagen von Wohnungen |

| | |
|--------------|---|
| CEN/TR 14788 | Lüftung von Gebäuden – Ausführung und Bemessung der Lüftungssysteme von Wohnungen |
| SN EN 15239 | Lüftung von Gebäuden – Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden – Leitlinien für die Inspektion von Lüftungsanlagen |
| SN EN 15241 | Lüftung von Gebäuden – Berechnungsverfahren für den Energieverlust aufgrund der Lüftung und Infiltration in Nichtwohngebäuden |
| SN EN 15242 | Lüftung von Gebäuden – Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschliesslich Infiltration |
| SN EN 15251 | Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik |
| prEN 15665 | Lüftung von Gebäuden – Bestimmung von Leistungskriterien für die Auslegung von Lüftungssystemen in Wohngebäuden |

Weitere Literatur und Quellen

- [1] Leistungsgarantie Komfortlüftung. EnergieSchweiz, 2007
Bestehend aus Dimensionierungshilfe, Leistungsvereinbarung und Abnahmeprotokoll.
Download: www.leistungsgarantie.ch
- [2] Luftbefeuchter, Bundesamt für Gesundheit BAG, Abteilung Chemikalien, Bern 15.1.2007
- [3] Bundesamt für Gesundheit: Radonhandbuch Schweiz (Blauer Ordner), Technische Dokumentation für Baufachleute, Gemeinden, Kantone und Hauseigentümer. Bern, 2007. Artikelnummer 311.346.d, Bezug: Bundesamt für Bauten und Logistik BBL
Download: www.ch-radon.ch > Dokumentation
- [4] Standard-Lüftungssysteme, Verein MINERGIE, Bern, 2005
- [5] Huber, H., Mosbacher R.: Wohnungslüftung, Faktor-Verlag, Zürich, 2006
- [6] Hässig W., Primas A.: Ökologische Aspekte der Komfortlüftung im Wohnbereich. Schlussbericht. Basler & Hofmann AG, Zürich, 2004
- [7] Dorer V., Pfeiffer A.: Energieeffiziente Abluftsysteme (ENABL). Schlussbericht. EMPA, Dübendorf, 2002
- [8] Huber H., Plüss I.: Küchenabluft in Wohnungen. AWEL, Zürich, 2005
- [9] Frei B.: Feuchte in Niedrigenergiebauten. Schlussbericht. HTA Luzern, Horw, 2007
- [10] Coutalides R, et al.: Luftqualität in Bauten mit tiefem Energieverbrauch. Schlussbericht. Bau- und Umweltchemie AG, Zürich, 2007
- [11] Formaldehyd in der Innenraumluft: Richtwert in Giftliste 1, Verzeichnis der giftigen Stoffe; Bundesamt für Gesundheit BAG, Abteilung Chemikalien, Bern (Publikation jährlich)
- [12] PCB: Richtwert für PCB in der Innenraumluft, Information und Empfehlungen; Bundesamt für Gesundheit BAG, Abteilung Chemikalien, Bern, 2002
- [13] Bundesamt für Gesundheit: Rechtliche Informationen für Immobilien- und Baufachleute, Bern, 2006.
Artikelnummer 311.350.d, Bezug: Bundesamt für Bauten und Logistik BBL
Download: www.ch-radon.ch > Dokumentation

| | |
|------------------|---|
| Verfasser (2004) | Dr. Peter Hartmann, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA, Effretikon Heinrich Huber, dipl. HLK-Ing. FH, HTA Luzern, Horw Viktor Dorer, dipl. Masch.-Ing. ETH, EMPA, Dübendorf |
| Revision (2007) | Heinrich Huber, dipl. HLK-Ing. FH, FHNW, MuttENZ Andreas Pfeiffer, dipl. HLK-Ing. FH, Reuss Engineering AG, Dietlikon |
| Experten | Alfred Freitag, dipl. Textil-Ing. STF, Belimo Automation, Hinwil Christoph Gmür, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA, AWEL, Abt. Energie, Zürich Bruno Hari, dipl. El.-Ing. HTL, Minergie Agentur Bau, Bern (2004) Dr. Werner Hässig, dipl. Masch.-Ing. ETH/SIA, Basler & Hofmann, Zürich Kurt Hildebrand, dipl. HLK-Ing. FH/SIA, Illnau Robert Joss, SIEGENIA-AUBI AG, Uetendorf (2004) Donato Lepori, SM-HEAG Klimatechnik AG, Effretikon Maurizio Lot, Techniker TS Heizung/Klima, suissetec, Zürich Christophe Mercier, arch. dipl. EPFZ/SIA, Epalinges Karl Viridén, dipl. Arch. FH, Viridén + Partner, Zürich (2004) Roger Waeber, dipl. Natw. ETH/SIA, Bundesamt für Gesundheit BAG, Abt. Chemikalien, Bern Frank Täschler, Techniker, Cesavent AG, Rudolfstetten (2007) Kurt Tiefenauer, Masch.-Ing. HTL, WESCO AG, Wettingen (2007) Benno Zurfluh, dipl. HLK-Ing. FH, Zurfluh Lottenbach, Luzern (2007) |

Genehmigung und Gültigkeit

Die Zentralkommission für Normen und Ordnungen des SIA hat das vorliegende Merkblatt am 22. November 2007 genehmigt.

Es ist gültig ab 1. Juni 2008.

Es ersetzt das Merkblatt SIA 2023 vom 1. Juli 2004.

Copyright © 2008 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie, CD-ROM usw.), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten.