

Hochwertige Lüftungsanlagen für Wohngebäude

Ein Kooperationsprojekt Niederösterreichischer Baumeister:

BM Johannes Dinhobl

BM Ing. Peter Trözmüller

BM Ing. Robert Jägersberger

gefördert vom NÖ Wirtschafts- und Tourismusfonds

Autoren:

DI Johannes Fechner, Daniel Berger BSc, 17&4 Organisationsberatung GmbH

DI Helmut Schöberl, DI Richard Hofer, Schöberl&Pöll GmbH

Ing. Wolfgang Leitzinger, leit-wolf Luftkomfort e. U., IB für Komfortlüftung

April 2017

Dieses Projekt wurde begleitet von



Dieses Kooperationsprojekt wird mit Mitteln des Landes Niederösterreich sowie dem Europäischen Fonds für regionale Entwicklung gefördert.

Inhalt

1	Einleitung.....	5
2	Luftqualität – Grundlagen	6
2.1	Der Lüftungsbedarf.....	6
2.1.1	Menschlicher Stoffwechsel und Raumluftbelastung	6
2.2	Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter	6
2.2.1	Innenraumschadstoffe aus Baustoffen und Inneneinrichtungen	8
2.2.2	Tabakrauch	8
2.2.3	Belastungen durch die Außenluft	8
2.2.4	Radon	9
2.2.5	Feuchtfreisetzung und Raumluftfeuchte	9
2.2.6	Bedeutung der Raumluft für die Gesundheit.....	10
2.3	Lüftungsmöglichkeiten	11
2.3.1	Fensterlüftung.....	11
2.3.2	Mechanische Abluftanlagen	11
2.3.3	Kontrollierte Wohnraumlüftung	12
2.3.4	Komfortlüftung	12
2.4	Einführung in kontrollierte Wohnraumlüftungssysteme.....	12
2.4.1	Anforderungen.....	12
2.4.2	Funktionsbeschreibung und Hauptkomponenten	13
2.4.3	Reduktion der Lüftungswärmeverluste	14
2.5	Lüftungskonzept erforderlich	14
2.5.1	Warn- und Hinweispflicht bezüglich Lüftungsbedarf.....	15
2.5.2	Auswahl der Lüftungsart.....	16
2.6	Luftdichtes Bauen	16
2.6.1	Luftdichtheitskonzept	18
2.6.2	Qualitätskontrolle und Nachweis.....	19
2.6.3	Checkliste Gebäude-Luftdichtheit.....	22
3	Verordnungen und Richtlinien	23
3.1	Bauordnung	23
3.1.1	OIB-Richtlinie 3 (Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, Stand Oktober 2011)	23
3.1.2	OIB -Richtlinie 6 (Energieeinsparung und Wärmeschutz, Stand Oktober 2011).....	24
3.1.3	Lüftungsanlage in der Energieausweisberechnung	24
3.2	Normen und Standards	26
3.2.1	ÖNORM H 6038.....	26
3.2.2	Referenzierte Normen, Gesetze und Richtlinien	26
4	Ablaufplan zur Planung und Umsetzung von Lüftungsanlagen.....	28
4.1	Erhebung der Nutzeranforderungen	29
4.1.1	Leitfaden für das Kundengespräch	29
4.2	Zusatzinformationen zur Erhebung der Grunddaten	34
4.2.1	Brandschutz	34
4.2.2	Sicherer Betrieb mit anderen raumluftechnischen Systemen.....	35
4.2.3	Wohnraumlüftung im Passivhaus	36
4.2.4	Grundprinzip der gerichteten Durchströmung (Mehrfachnutzung).....	37
4.2.5	Dimensionierung der Zuluft-Volumenströme und optimierte Luftnutzung	37
4.2.6	Dimensionierungsvolumenströme Abluft.....	38
4.2.7	Dimensionierungsvolumenströme Abwesenheit.....	39

4.2.8	Maßnahmen zur Anhebung der Raumluftheuchte	39
4.2.9	Betriebszeiten	43
4.2.10	Akustik	44
4.2.11	Zugluftvermeidung	45
4.2.12	Nutzersteuerung: Art der Luftmengensteuerung und –regelung	46
4.2.13	Wartung und Betrieb	47
4.2.14	Nachweise zur Energieeffizienz	51
4.2.15	Anlagensysteme	51
4.2.16	Frostschutz	53
4.2.17	Lufteinbringung	55
4.2.18	Leitungsführung	58
4.2.19	Termin- und Ablaufplanung für die Montage	64
4.2.20	Materialwahl	65
4.2.21	Verlegung von Rohren	65
4.2.22	Kombisysteme	66
4.2.23	Situierung von Lüftungsgerät, Fort- und Außenluftdurchlässen	67
5	Ausschreibung, Einholung von Angeboten	68
5.1	Anforderungen an Lüftungskonzepte	68
5.2	Hinweise für die Ausschreibung: Komfortlüftung	68
6	Überprüfung Planung und Gerätefreigabe	71
6.1	Prüfung von Angeboten	71
6.2	Checkliste Planung und Gerätefreigabe	72
7	Abnahme der Anlage	74
7.1	Einregulierung Luftströme	76
7.1.1	Grundreinigung	76
8	Information bei Übergabe	77
8.1	Betriebszeiten	77
8.2	Die richtige Frischluftmenge	77
8.3	Überströmöffnungen	77
8.4	Wäschetrockner	77
8.5	Dunstabzugshaube	78
8.6	Feuerstätten	78
8.7	Wartung	78
8.8	Fenster	79
8.9	Mit einer Lüftungsanlage im Sommer kühlen?	80
9	Entwicklung und Marktsituation	80
9.1	Marktüberblick	80
9.1.1	Hersteller	80
9.1.2	Prüfung und Zertifizierung von Lüftungsgeräten	80
9.1.3	Planung und Installation	81
9.1.4	Wartung	81
9.2	Richtpreise und Förderung	81
10	Erkenntnisse aus der Praxis anhand von Bestandsanlagen	83
10.1	Beispiel 1 (Anlage für mehrere Büroräume)	83
10.1.1	Grenzen einer Komfortlüftung erkennen:	84
10.1.2	Vermeidung von Transmissionsverlusten	84
10.1.3	Falsche Komponentenwahl	87
10.1.4	Fehlende Störungsüberwachung für Bypassklappen	87
10.2	Beispiel 2 (Anlage für ein Zweifamilienhaus)	87

10.2.1	Getrennte Steuerbarkeit einzelner Wohneinheiten	88
10.2.2	Ungünstige Anordnung der Luftverteilkästen.....	88
10.2.3	Nichtbeachtung der Mehrfachnutzung der Luft	89
11	Musterbeispiel Gerätefreigabe (Schöberl & Pöll).....	90
11.1	Freigabeprozess aus energetischer Sicht für eine umgesetzte Passivhausanlage.....	90
11.1.1	Kurzbeschreibung des Objekts und der Anlage	90
11.1.2	Benötigte Unterlagen.....	91
11.1.3	Prüfung Volumenstrom	91
11.1.4	Prüfung Druckverluste	94
11.1.5	Prüfung Strombedarf	100
11.1.6	Prüfung Wärmerückgewinnung und Behaglichkeit	106
11.1.7	Prüfung Auslegungsblatt der Lüftungsanlage	111
11.1.8	Verfassung des Freigabe-Mails	113
11.2	Messergebnisse	114
11.2.1	Messergebnisse der freigegebenen Lüftungsanlagen	114
12	Glossar: Begriffe, Bezeichnungen, Standards.....	116
12.1	Glossar der Bezeichnungen, die im Handbuch verwendet werden.	116
12.2	Standards.....	118
12.2.1	Passivhaus.....	118
12.2.2	klimaaktiv Standard	119
12.2.3	Qualitätskriterien Komfortlüftung.at.....	120
12.2.4	RLT-Richtlinien, Deutschland	120
12.2.5	Prüfreglements für Lüftungsanlagen	121
13	Literaturverzeichnis.....	127

1 Einleitung

Dieses Handbuch ist ein Nachschlagwerk für Baumeister zum Einsatz von kontrollierten Lüftungsanlagen (Komfortlüftungen) in Einfamilien- und kleineren Mehrparteienhäusern.

Im Zentrum des Handbuchs steht der **Ablaufplan** (Kapitel 4), der aufzeigt, wie ein Generalunternehmer die Qualität von Lüftungsanlagen sicherstellen kann. Für die praktische Anwendung stehen Formulare zur Verfügung: ein **Leitfaden für das Kundengespräch** sowie die **Checkliste Planung und Gerätefreigabe**. Im Ablaufplan sowie in den Formularen wird auf die **weiterführenden Informationen** verwiesen, die einen Überblick über die relevanten **Grundlagen** bieten und die Argumentation in Besprechungen unterstützen.

Die Erkenntnisse aus der Praxis anhand von Bestandsanlagen zeigen mittels Praxisbeispielen **häufige Fehler und Mängel**. Zur Vermeidung derselben wurden einfache Regeln und Grundsätze aufgestellt.

Im Kapitel **Musterbeispiel Gerätefreigabe** wird aufgezeigt, an wie vielen Punkten Möglichkeiten zur Qualitätssicherung bestehen.

Die aktuelle Norm für Lüftungstechnische Anlagen, ÖNORM H 6038:2014, ist berücksichtigt, ein Überblick über verschiedene Qualitätsstandards wird geboten.

Ergänzend zu den Unterlagen „Handbuch für Einfamilien-Passivhäuser in Massivbauweise“ und „Sanierungshandbuch“, die von der Geschäftsstelle Bau der WKO herausgegeben wurden, soll das Handbuch vor allem Baumeister, die als Generalunternehmer tätig sind, bei der vernetzten Planung unterstützen und Hinweise zur Prüfung, Kontrolle und Optimierung von Komfortlüftungsanlagen geben.

2 Luftqualität - Grundlagen

2.1 Der Lüftungsbedarf

2.1.1 Menschlicher Stoffwechsel und Raumlufbelastung

Für den Stoffwechsel benötigt der Mensch durchschnittlich 12.000 Liter Luft pro Tag. Das entspricht einer Masse von etwa 10 kg. Bei der Atmung wird die Luft im Körper befeuchtet und erreicht gesättigt die Alveolen (Lungenbläschen). Die Luft enthält 21 % Sauerstoff, ein Fünftel davon wird in den Lungenbläschen in den Blutkreislauf aufgenommen.

Der Mensch gibt über die Ausatmung, aber auch über die Haut und den Verdauungstrakt Stoffwechsellasscheidungen an die Raumluf ab:

- Stickstoff (78 %) und Sauerstoff (17 %)
- Kohlendioxid: 14,4 bis 18 Liter pro Stunde, 4 % der Ausatmungsluf
- Wasser: 30 - 200 Gramm pro Stunde (Ausatemluf ist mit Wasserdampf gesättigt)
- Edelgase
- flüchtige organische Verbindungen (engl. VOC) z.B. in Parfums, Reinigungsmitteln

In geschlossenen Räumen, in denen sich Menschen aufhalten, kommt es daher zu einem stetigen Anstieg unerwünschter Stoffe. Der Sauerstoffanteil ist hingegen, entgegen landläufiger Meinung, meist ausreichend.

Personen, die diesen Raum von außen betreten, empfinden die Raumluf als stickig, abgestanden und unangenehm, während die anwesenden Personen die Gerüche durch den Gewöhnungseffekt weniger bemerken.

Symptome bei steigendem Schadstoffgehalt sind einerseits Müdigkeit, Abgeschlagenheit und Neigung zu Kopfschmerzen, andererseits ein Nachlassen der Konzentrationsfähigkeit, was nachweislich den Lernerfolg mindert und die Fehlerhäufigkeit in Arbeitssituationen steigert. Diese Symptome treten insbesondere in unzureichend belüfteten Versammlungsräumen (z.B. Schulklassen) bereits nach weniger als einer halben Stunde Aufenthalt auf. In Wohnräumen mit geringerer Belegungsdichte als in Unterrichtsräumen werden diese Symptome entsprechend später beobachtet.

2.2 Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter

Kohlenstoffdioxid (CO_2) eignet sich aufgrund der guten Messbarkeit sehr gut, um die Raumlufqualität zu bewerten, wenn sonst keine außergewöhnlichen Schadstoffquellen vorhanden sind. Der Kohlendioxidgehalt wird meist in ppm (parts per million) angegeben: Frische Luft enthält ca. 400 ppm, die ausgeatmete Luft ca. 40.000 ppm, das entspricht 4 % CO_2 .

Natürlich belüftete Innenräume	Mechanisch belüftete Innenräume
Zielbereich: Einzelwerte < etwa 1 000 ppm ⁸	Zielbereich: Einzelwerte < etwa 800 ppm
Mindestvorgabe: 1-MWg < etwa 1 400 ppm	Mindestvorgabe: 1-MWg < etwa 1 000 ppm
Mindestvorgabe: Alle Einzelwerte im Beurteilungs- zeitraum < etwa 1 900 ppm	Mindestvorgabe: Alle Einzelwerte im Beurteilungs- zeitraum < etwa 1 400 ppm

1-MWg = gleitender Stundenmittelwert

Abbildung 1: Zielvorgaben und Mindestanforderungen an dauernd benutzte Innenräume in Hinblick auf CO₂, Konzentrationsangaben als Innenraumluftkonzentration (Quelle: Kohlenstoffdioxid als Lüftungsparameter, August 2011, Autoren: BOOS, DAMBERGER, HUTTER, KUNDI, MOSHAMMER, TAPPLER, TWRDIK, WALLNER)

Die Grenzwerte für mechanisch belüftete Räume orientieren sich an Studien, die die geistige Leistungsfähigkeit und subjektive Zufriedenheit von Personen bei unterschiedlichen CO₂-Konzentrationen untersuchten. Bereits Mitte des 19. Jahrhunderts experimentierte der Mediziner und Hygieniker Max von Pettenkofer mit unterschiedlichen Luftwechselraten im Raum und stellte fest, dass eine **maximale CO₂-Konzentration** von 0,1 Vol. % (**1000 ppm**) nicht überschritten werden sollte. Dieser Wert wurde bereits experimentell vielfach bestätigt und hat sich in der Wohnraumlüftung bewährt. Die ÖNORM H 6038 orientiert sich für die Dimensionierung und den Betrieb ebenfalls an einer CO₂-Konzentration von 1000 ppm.

Wenn bewohnte Räume nicht gelüftet werden und nur der Infiltrationsluftwechsel (Undichtheiten in der Gebäudehülle) stattfindet, steigt die CO₂-Konzentration rasch an. Beispielsweise kann in einem Schlafzimmer mit 40 m³ der Pettenkofer-Grenzwert bereits nach einer Stunde überschritten werden.

Zeitlicher Verlauf der CO₂-Konzentration in Schlafzimmer mit 2 Personen

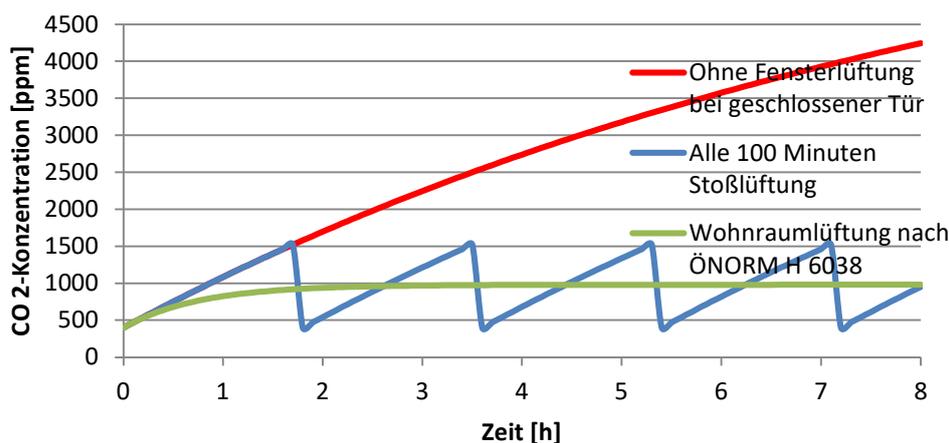


Abbildung 2: typische Verläufe der CO₂-Konzentration in einem Schlafzimmer mit 2 Personen bei unterschiedlichen Lüftungssituationen (eigene Darstellung)

Entsprechend der CO₂-Konzentration im Raum können folgende **Raumluftqualitätsklassen** (IDA = InDoorAir) gem. ÖNORM EN 13779 unterschieden werden:

Kategorie	Beschreibung der Raumluftqualität	CO ₂ -Konzentration über Außenluftwert ¹ (ppm)	CO ₂ -Konzentration absolut (bei 400 ppm in der Außenluft)
IDA 1	hoch	< 400	< 800
IDA 2	mittel	400 – 600	< 800 - 1000
IDA 3	mäßig	600 – 1000	< 1000 - 1400
IDA 4	niedrig	> 1000	> 1400

Tabelle 1: Klassifizierung der Raumluftqualität nach ÖNORM EN 13779 (2008)

2.2.1 Innenraumschadstoffe aus Baustoffen und Inneneinrichtungen

Schadstoffe wie flüchtige organische Verbindungen, Fasern, Haushaltschemikalien machen sich nur selten über den Geruchssinn bemerkbar, sie können aber Beschwerden auslösen. Es ist allerdings schwierig, Symptome oder Erkrankungen bestimmten Schadstoffbelastungen eindeutig zuzuordnen. Für die Analyse von Problemen mit Innenraumschadstoffen hat der Arbeitskreis Innenraumluft Erhebungen durchgeführt und **Richtwerte** vorgelegt². Bei hohen Schadstoffbelastungen kann es trotz kontrolliertem Luftaustausch zu Überschreitung der Richtwerte kommen. Schadstoffvermeidung, wie z.B. in den Kriterien des klimaaktiv Gebäudestandards beschrieben, ist neben dem Luftaustausch wesentlich für ein gesundes Raumklima.

2.2.2 Tabakrauch

Tabakrauch ist auch bei einer Lüftungsanlage riechbar. Da eine kontrollierte Wohnraumlüftung nur mit den hygienisch notwendigen Luftmengen arbeitet, kann sie diese hohe Geruchs- und Schadstoffbelastung nicht ausreichend abführen. Außer den gesundheitsgefährdenden Einflüssen führt Tabakrauch auch zu hartnäckigen Ablagerungen und Verschmutzungen in Abluftsystemen von Lüftungsanlagen. In der Planung sollte die Frage des Rauchens geklärt werden. Gegebenenfalls sind eine geeignete Luftführung sowie entsprechende Abzüge vorzusehen.

2.2.3 Belastungen durch die Außenluft

Eine kontrollierte Wohnraumlüftung kann den Eintrag von Schadstoffen aus der Außenluft deutlich reduzieren. Feinstaub (PM) zählt zu den gefährlichsten Luftschadstoffen für die Gesundheit, da die Staubteilchen vielfältige schädliche Wirkungen in den Atemwegen und – vermittelt entzündlicher Prozesse – im ganzen Körper entfalten. Feinstaub besteht aus winzigen Partikeln unterschiedlicher Größe und chemischer Zusammensetzung. Als Feinstaub werden Teilchen (Partikel) mit einem Durchmesser von 10 µm und kleiner bezeichnet (10 µm = 0,01 mm). Ein Teil des Feinstaubes wird durch die Filter in den Lüftungsanlagen zurückgehalten, allerdings lassen sich die besonders feinen Anteile (PM 2,5) durch die in Wohnraumlüftungen verwendeten Feinstaubfilterklassen nicht vollständig abscheiden. Das Eindringen von Insekten und Pollen in das Gebäude kann weitestgehend reduziert werden.

1 Der Außenluftwert liegt derzeit bei ca. 400 ppm

2 www.lebensministerium.at/umwelt/luft-laerm-verkehr/luft/innenraumluft/richtlinie_innenraum.html

2.2.4 Radon

Radon ist ein radioaktives, geruchloses Edelgas aus dem Untergrund (bestimmte Gesteinsarten), das durch Einatmung eine ernstzunehmende gesundheitliche Gefährdung darstellen kann. Radon gilt als die zweithäufigste Ursache für Lungenkrebs nach Tabakrauch. Vermehrt gelangt es aufgrund der Thermik in der Heizperiode in Kellerräume und so weiter in den Wohnbereich. Die Radonpotentialklassen sind der „Radonkarte Österreichs auf Gemeindebasis“ des ÖNRAP-Projektes zu entnehmen.³

An Standorten mit Radonbelastung sind besondere Maßnahmen gemäß ÖNORM S 5280-2 für radonsicheres Bauen vorzusehen:

- Abdichtung des Kellerbodens
- Unterbodenbelüftung
- Überdruckbelüftung der Kellerräume
- Dichte Kellertüren zu Wohnbereichen, dichte Schächte und Leitungsdurchführungen
- Keine reinen Abluftanlagen im Wohnbereich
- Ausreichende Be- und Entlüftung der Wohnbereiche

Eine richtig dimensionierte Wohnraumlüftung kann helfen, die Radonbelastung in Wohnräumen zu verringern. Hier ist die richtige Anordnung und Auslegung von Zuluft und Abluft sowie die Ausführung der luftdichten Ebene zwischen Wohnbereich und Keller besonders wichtig, da sich die Radonbelastung im Wohnbereich im schlimmsten Fall durch mechanische Lüftungsanlagen auch erhöhen kann.

2.2.5 Raumluftfeuchte

Gebäude, die nach den aktuellen Anforderungen errichtet wurden stehen vor dem Problem: Hat man keine Lüftungsanlage, ist die Luft schlecht und die Feuchte zu hoch, bringt man dagegen die notwendigen Luftmengen ein (dies gilt auch für Häuser mit Fensterlüftung), sinkt die Luftfeuchte im Winter auf kritische Werte ab.

Mit welchen Mengen im Sinne einer Feuchtebilanz ist zu rechnen?

- Ein Mensch bringt je nach Aktivität zwischen 30 und 200 Gramm Wasserdampf pro Stunde Anwesenheit ein.
- Die weiteren Einträge durch Duschen, Kochen, Wäschetrocknen, Zimmerpflanzen, Aquarien etc. können sehr unterschiedlich sein. In vielen Haushalten wird auf Grund der Lebensweise tendenziell weniger Feuchte produziert, so dass die Orientierungswerte von 2 bis 3,5 Liter Feuchtigkeit pro Person und Tag oft nicht erreicht werden.

Der Infiltrationsluftwechsel (undichte Gebäudehülle) entspricht bei einem durchschnittlichen Bestandsgebäude mit dichten Fenstern in der Heizsaison ca. dem 0,1 fachen Luftwechsel. Für die Abführung überschüssiger Feuchte aus dem Innenraum ist der Infiltrationsluftwechsel und die Feuchtespeicher- und Dampfdiffusionsfähigkeit des Gebäudes bei weitem nicht ausreichend. An kalten Oberflächen (unzureichender Wärmeschutz, Wärmebrücken) kann unzureichender Luftaustausch schon vor Erreichen des Taupunkts zu Schimmelpilz führen.

³ <http://homepage.univie.ac.at/Harry.Friedmann/Radon/welcome.htm>

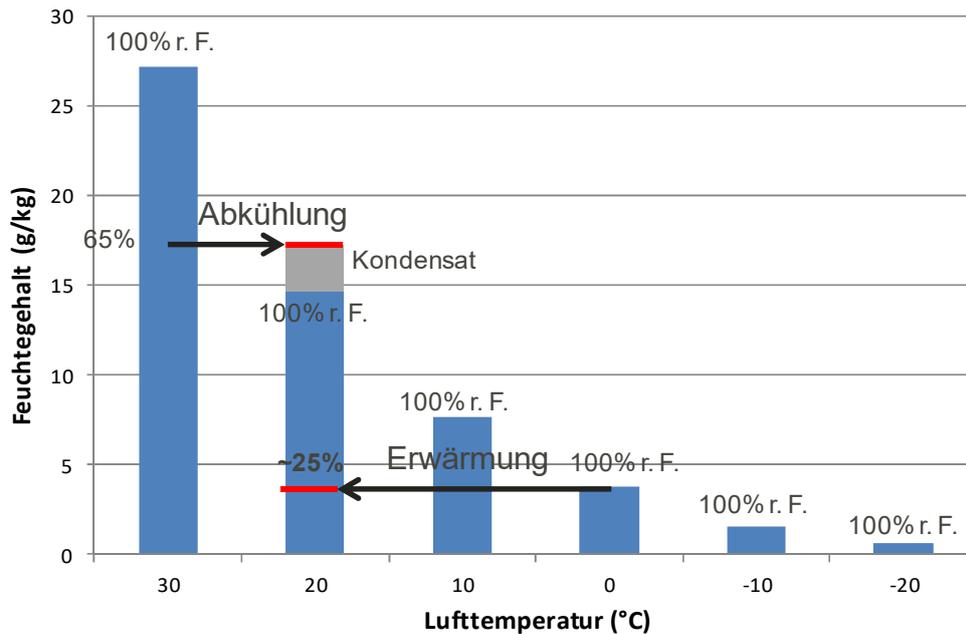


Abbildung 3: maximale Feuchtegehalte der Luft bei unterschiedlichen Temperaturen
(Quelle: KLA - Komfortlüftungssysteme Austria)

In Abbildung 3 ist für unterschiedliche Lufttemperaturen die maximal mögliche Feuchteaufnahme der Luft als blauer Balken dargestellt. Erwärmt man mit Feuchte gesättigte Luft bei 0 °C auf 20 °C, so sinkt die relative Luftfeuchte auf 25 %, da die Luft bei 20 °C wesentlich mehr Feuchte aufnehmen könnte.

In der Heizperiode enthält die Außenluft fast immer weniger Wasserdampf als die Raumluft. Ein Beispiel: Raumluft mit 20 °C und 50 % relativer Feuchte hat einen absoluten Feuchtegehalt von 7,4 g/kg, Außenluft mit 0 °C hat maximal 3 g/kg (100 % r.F.). Man kann bei kalten Außentemperaturen die überschüssige Raumluftfeuchte sehr gut ablüften.

Ein zu hoher Luftwechsel trocknet die Raumluft allerdings aus. Dazu noch ein Beispiel:

Zwei Personen sitzen in einem Wohnzimmer (24 m², 60 m³) bei 20 °C, sie produzieren je 100 ml/h an Feuchte, die relative Luftfeuchte im Raum beträgt angenehme 40 %. Die Außenluft hat minus 5 °C und 20 % relative Luftfeuchtigkeit. Sie sollen die empfohlene Frischluftmenge von je 30 m³/h pro Person erhalten. Mit dem stündlichen Luftwechsel von 60 m³ gehen jeweils 388 g Wasserdampf verloren, gleichzeitig geben die beiden Personen 200 g Feuchte ab. Somit fehlen in der Bilanz 188 g pro Stunde. Dieses Defizit könnte durch Abgabe von Feuchtigkeit z.B. von Zimmerpflanzen und durch Sorption (Holz, Wände) ausgeglichen werden (ein mittlerer Gummibaum 10 - 20 g/h).

Anders verhält es sich im Sommer. Lüftet man einen kühlen Kellerraum bei heißen Außentemperaturen, führt man dem Raum Feuchtigkeit zu. Es kann sogar zur Kondensation von Luftfeuchtigkeit an Kellerwänden kommen. Vorzugsweise sollten feuchte Keller nur in kühleren Wetterperioden und in Sommernächten gelüftet werden.

2.2.6 Bedeutung der Raumluft für die Gesundheit

In Mitteleuropa halten sich Menschen durchschnittlich 70 % in ihren Wohnungen und Häusern auf. Zahlreiche unabhängige Studien der letzten Jahre registrieren in Gebäuden ohne Lüftungssystem eine überwiegend unzureichende Raumluftqualität – und damit einhergehend mit großer

Wahrscheinlichkeit – eine Zunahme von Atemwegserkrankungen. Viele Wochen im Jahr stellen zudem luftgetragene allergieauslösende Partikel (Pollen, Sporen) ein Problem für eine große Bevölkerungsgruppe dar. Aufgrund der hohen gesundheitlichen Relevanz der Raumlufte, sollte einer ausreichenden Frischluftversorgung insbesondere in immer dichteren Gebäudehüllen mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden. Das Bewusstsein ist in diesem Punkt noch unzureichend.

2.3 Lüftungsmöglichkeiten

Im Allgemeinen ist die Außenluft besser als die Raumlufte, da im Raum noch Schadstoffe hinzukommen. Im Regelfall ist daher ein ausreichender Luftwechsel mit der Außenluft anzustreben.

2.3.1 Fensterlüftung

Die Ansprüche an eine gute Innenraumluftequalität, thermischen Komfort, Bauschadensfreiheit und Energieeinsparung können mit Fensterlüftung nicht optimal sichergestellt werden.

- Das manuelle Lüften ist geeignet, kurzfristig einen hohen Luftwechsel bei weit geöffneten Türen und Fenstern herzustellen. Damit kann beispielsweise eine gewünschte nächtliche Abkühlung des Baukörpers erzielt oder kurzfristig auftretend hoher Luftbedarf (große Personenzahl, angebranntes Essen etc.) gedeckt werden.
- Bei niedrigen Außentemperaturen kann eine 2 bis 3 Mal tägliche Stoß- bzw. Querlüftung die überschüssige Raumluftefeuchte abführen und damit die Gefahr von Schimmelbildung abwenden, für eine gute Raumluftequalität wäre aber in Aufenthaltsräumen eine stündliche Fensterlüftung erforderlich. Die Bereitschaft im Stundentakt zu lüften ist allerdings meist nicht gegeben.
- Kipplüftung ist nur in Zeiten geeigneter Außenbedingungen (moderate Witterung, geringe Schallbelastung von außen, keine Pollen- oder Staubbelastung) als primäre Raumlüftung geeignet. In der Heizperiode kühlen wärmespeichernde Bauteile im Haus bei längerer Kipplüftung aus und müssen wieder aufgeheizt werden. Durch diese Auskühlung besteht die Gefahr, dass an den kalten Wandstellen Kondensationsschäden und Schimmelpilzbefall auftreten. Während mit ganz geöffnetem Fenster und Querlüftung ein völliger Luftaustausch schon nach etwa 3 Minuten erreicht werden kann, wird der gleiche Effekt bei der "Kipplüftung" (ohne Querlüftung) erst nach 45 Minuten erreicht.

Beobachtungen zeigen, dass Fenster in Schlafräumen in der Nacht meist geschlossen bleiben und hauptsächlich erst nach dem Aufstehen gelüftet wird. Weil das Schließen vergessen wird, findet man in nicht belegten Räumen Fenster, die oft über mehrere Stunden gekippt sind. In Aufenthaltsräumen wird eine Lüftung aus Gründen der thermischen Behaglichkeit auf ein Minimum reduziert.

2.3.2 Mechanische Abluftanlagen

Als Unterstützung für die Fensterlüftung besteht die Möglichkeit reine Abluftsysteme zu installieren. Ein zentrales Abluftgerät entlüftet über ein Rohrsystem WCs, Bäder und Küchen. Dabei erfolgt im Idealfall die Nachströmung hauptsächlich über Außenluftdurchlässe in den Wänden der Aufenthaltsräume (Schlafräume, Wohnzimmer). In den meisten Fällen erreichte die Gebäudehülle aber nicht die für die Aufrechterhaltung des Unterdrucks bis in die Aufenthaltsräume erforderliche Dichtheit, wodurch die Nachströmung der Außenluft bereits in den Ablufträumen selbst oder im Gangbereich stattfand. In den Fällen, wo die Gebäudehülle ausreichend dicht gebaut wurde, waren bei niedrigen Außentemperaturen oder starkem Wind Zuglufterscheinungen nicht zu verhindern. Daraufhin dichteten viele Nutzer die Außenluftdurchlässe einfach ab. Die beabsichtigte hygienische Hochwertige Lüftungsanlagen für Wohngebäude

Frischluf़tversorgung der Aufenthaltsräume kann bei reinen Abluftsystemen im Regelfall nicht erreicht werden. Als reine Feuchte- und Schimmelschutzlüftung haben Abluftsysteme gemäß ÖNORM H 6036 aber weiterhin ihre Berechtigung, falls kein kontrolliertes Lüftungssystem umsetzbar ist.

2.3.3 Kontrollierte Wohnraumlüftung

Darunter werden kombinierte Zu- und Abluftsysteme verstanden, die statt einer freien Außenluftnachströmung, eine kontrollierte, durch Wärmerückgewinnung temperierte und gefilterte Außenluftzuführung in die Aufenthaltsräume beinhaltet. Diese Systeme bieten die Möglichkeit auch die steigenden Ansprüche an Komfort und Energieeffizienz erfüllen zu können.

2.3.4 Komfortlüftung

Dieser Begriff wird im Marketing zunehmend für kontrollierte Wohnraumlüftung bzw. Zu- und Abluftanlagen mit Wärmerückgewinnung verwendet. Genau genommen umfasst der Begriff auch Systeme für Versammlungsräume, Büros etc. In Österreich wurde der Begriff „Komfortlüftung“ vor allem durch den Verein www.komfortlüftung.at verbreitet und mit besonderen Qualitätskriterien verknüpft.

In diesem Handbuch werden die Begriffe „kontrollierte Wohnraumlüftung“ und „Komfortlüftung“ als gleichwertige Begriffe verwendet.

2.4 Einführung in kontrollierte Wohnraumlüftungssysteme

2.4.1 Anforderungen

Die primären Anforderungen an eine kontrollierte Wohnraumlüftung sind:

- Verminderung von Immissionen durch die Nutzung
Die Höhe der Belastungen ist von der Belegungsdichte, der Aktivität der Nutzer und deren Tätigkeiten abhängig und daher zeitlich sehr variabel.
- Verdünnung von Emissionen durch das Bauwerk und die Raumausstattung
Diese Emissionen treten unabhängig von der Nutzung auf. Sie sind relativ konstant bzw. langsam abklingend.
- Beeinflussung der Raumluf़tfeuchte (Sicherung von Komfort, Gesundheit und Bautenschutz)
Die Raumluf़tfeuchte sollte sich saisonal abhängig innerhalb gewisser Grenzen bewegen.
- Der Schutz vor Außenlärm unter Sicherstellung des Schallschutzes innerhalb der Wohnung
Erst durch geschlossene Fenster in der überwiegenden Nutzungszeit kann der Schallschutz moderner Gebäudehüllen genutzt werden. Gleichzeitig darf die Anlage die Akustik innerhalb der Wohneinheit nicht negativ beeinflussen.
- Die Einhaltung hygienischer Standards
Die bedarfsgerechte Frischluf़tversorgung gefilterter Außenluft verbessert die Raumluf़thygiene.
- Die Verringerung des Energiebedarfs
Mindestanforderungen an die Energieeffizienz für die Luftförderung und die Wärmerückgewinnung sichern auch bei ganzjährigem Betrieb eine deutlich positive Primärenergiebilanz.

2.4.2 Funktionsbeschreibung und Hauptkomponenten

Eine kontrollierte Wohnraumlüftungsanlage führt den Wohn-, Arbeits- und Schlafräumen stets frische Außenluft mit annähernd Raumtemperatur (=Zuluft) zu. Gleichzeitig wird in Küche, Sanitär- und Abstellräumen die gleiche Menge an Abluft abgesaugt. In einem Lüftungsgerät wird ein großer Teil des Energiegehaltes der Abluft genutzt, um die Außenluft zu temperieren. Es gibt also stets ein Abluftsystem und ein Zuluftsystem, deren Luftströme voneinander getrennt sind. Die zentrale Wärmerückgewinnung erfordert es, dass die beiden Luftströme in einem zentralen Gerät zusammengeführt werden, wo in einem Wärmetauscher die Wärme übertragen werden kann. Im Zuluftsystem ist es möglich, die Außenluft in Form von Filterung (Feinfilterung), Temperierung durch die Wärmerückgewinnung (Feuchterückgewinnung) oder optionale Befeuchtung aufzubereiten.

Kontrollierte Wohnraumlüftungen können ausgehend vom Lüftungsgerät in vier Bereiche aufgeteilt werden:

- **Außenluft (grün)**
In der Außenluftleitung wird möglichst unbelastete Außenluft zum Gerät geführt. Dabei kann es je nach Länge der Luftleitung erforderlich sein, bereits nach der Ansaugung eine Filterung vorzunehmen. Optional ist hier eine Vortemperierung durch Nutzung von Erdwärme möglich. Gegebenenfalls ist eine Schalldämpfung der Außenluftleitung zur Minimierung von Geräteschall vorzusehen.
- **Zuluft (blau)**
Das Zuluftsystem leitet die aufbereitete Luft in die Aufenthaltsräume. Dabei muss durch geeignete Schallschutzmaßnahmen (Geräteschalldämpfung) eine unzulässige Schallübertragung durch den Zuluftventilator und eine Schallübertragung durch die Luftleitungsverbindung zwischen den Räumen (Telefonieschall) unterbunden werden.
- **Abluft (gelb)**
In den Abluftrohren wird die „verbrauchte“ Luft gesammelt und zum Lüftungsgerät geleitet, um den Energiegehalt in der Wärmerückgewinnung nutzen zu können. Die Schallübertragung zwischen Lüftungsgerät und Abluftrohrsystem ist durch geeignete Maßnahmen (Geräteschalldämpfung) zu minimieren. Analog zum Zuluftsystem ist eine Telefonieschalldämpfung vorzusehen.
- **Fortluft (braun)**
Schließlich wird die nicht mehr nutzbare Fortluft aus dem Gebäude befördert. Gegebenenfalls ist eine Schalldämpfung der Fortluftleitung zur Minimierung von Geräteschall vorzusehen.

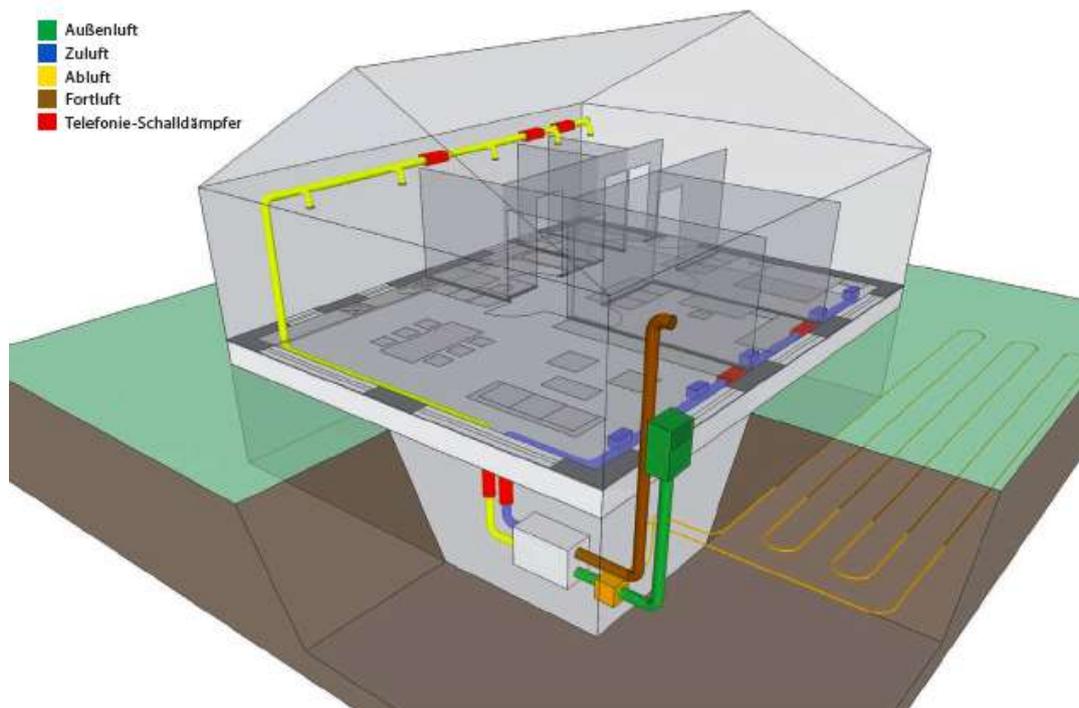


Abbildung 4: Schematische Darstellung einer Wohnraumlüftungsanlage (komfortlüftung.at, 2013)

2.4.3 Reduktion der Lüftungswärmeverluste

Effiziente Lüftungsgeräte sorgen für eine Reduktion der Lüftungsverluste von deutlich über 70 % im Vergleich zur Lüftung ohne Wärmerückgewinnung (z.B. Fensterlüftung). Dadurch werden Niedrigstenergie- und Passivhäuser (A, A+, A++) erst möglich.

Gemäß der derzeit geltenden Berechnung des Energieausweises reduziert eine Komfortlüftung bei Wohngebäuden den Heizwärmebedarf (HWB) um ca. 10 - 15 kWh/m² Bruttogrundfläche (BGF). Umgerechnet auf 1 m² Nutzfläche (NF) bzw. Wohnfläche (WF) und einen Wirkungsgrad der Heizung von 80 % ergibt sich eine Einsparung von ca. 16 - 23 kWh/m² NF.

Für ein Haus mit 150 m² Nutzfläche ergibt das eine theoretische Einsparung an Heizenergie von 3.750 kWh pro Jahr. Dies entspricht ca. 800 kg Pellets oder 375 l Heizöl oder 375 m³ Erdgas. In der Praxis erreichen die Einsparungen aber die errechneten Werte selten, da mit einer Fensterlüftung meist nicht normgemäß gelüftet wird.

2.5 Lüftungskonzept erforderlich

In Deutschland ist seit Mai 2009 bei jedem Neubau oder umfassenden Sanierung, bei der die Luftdichtheit des Gebäudes relevant beeinflusst wird, ein Lüftungskonzept gemäß DIN 1946-6 vorzulegen. Damit ist gewährleistet, dass in der Planungsphase Feuchte- und Schimmelschutz, Raumluftqualität und **Energieeffizienz** thematisiert werden, und gegebenenfalls entsprechende Lüftungsmaßnahmen eingeplant und umgesetzt werden müssen.

In einem Rechtsgutachten des Deutschen Bundesverbandes für Wohnungslüftung kommt man zum Schluss, dass die für die Minimalanforderungen der Raumlufthygiene erforderliche Stoßlüftungsfrequenz (alle 4 bis 6 Stunden, auch nachts) bei den nach Energiesparverordnung gebauten Gebäuden für den Mieter nicht zumutbar ist. *„Eine Wohnung müsse so beschaffen sein, dass bei einem üblichen Wohnverhalten die erforderliche Raumluftqualität ohne besondere Lüftungsmaßnahmen gewährleistet ist.“*

Diese Argumentationsweise ist selbstverständlich auch für Österreich anwendbar.

6. Rechtsgutachten des Bundesverbandes für Wohnungslüftung (VfW) e.V.

6.1. Haftungsrisiko für Wohngebäude ohne Lüftungsanlage?

Ergebnis des Gutachtens:
Planer und Bauausführende, die bei Neubau oder Renovierung eines Wohnhauses auf eine kontrollierte Lüftungsanlage verzichten, setzen sich Haftungsrisiken aus. Zwar kann im Jahr 2010 noch nicht zuverlässig davon ausgegangen werden, dass eine Lüftungsanlage zwingend erforderlich ist, doch birgt die Alternative, den vorgeschriebenen Luftaustausch allein der zusätzlichen Fensterlüftung durch die Bewohner zu überlassen, erhebliche rechtliche Risiken.

Rechtliche und technische Grundlagen:
Die Energieeinsparverordnung (EnEV) und die DIN 4108-2 (Wärmeschutz und Energieeinsparung in Gebäuden, Teil 2: Mindestanforderungen an den Wärmeschutz) schreiben vor:

- Die Gebäudehülle muss dauerhaft luftundurchlässig abgedichtet sein.
- Ein ausreichender Luftwechsel muss gewährleistet sein, um zu hohe Kohlendioxidbelastung, Luftfeuchte, Schimmelbildung und zu hohe Schadstoffkonzentrationen zu vermeiden
- Ausreichender Luftwechsel ist gemäß DIN 4108-2 gegeben, wenn alle zwei Stunden die Luft einmal ganz ausgetauscht wird (Luftwechsel $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$).
- Die anzunehmende Luftwechselrate über Gebäude-

undichtigkeiten bei gemäß EnEV ausgeführten Häusern liegt zwischen

- $n = 0,3 \text{ h}^{-1}$, d.h. erst nach mehr als 3 Stunden wird die Luft einmal ganz ausgetauscht und
- $n = 0,1 \text{ h}^{-1}$, d.h. erst nach 10 Stunden wird die Luft einmal ganz ausgetauscht.

• **Fazit: Für den notwendigen Luftaustausch müssen weitere Lüftungsmaßnahmen vorgesehen werden!**

Frage: Ist es den Bewohnern zuzumuten, den notwendigen Luftaustausch über manuelle Fensterlüftung sicherzustellen?

- Die Minimalforderung von Raumhygieneexperten sind vier bis sechs Stoßlüftungen am Tag durch das Öffnen der Fenster für etwa zehn Minuten. Manche fordern sogar die Fenster alle zwei Stunden zu öffnen – auch nachts.

Dies ist einem Mieter nicht zuzumuten, so die meisten einschlägigen Gerichtsurteile: Eine Wohnung müsse so beschaffen sein, dass bei einem üblichen Wohnverhalten die erforderliche Raumluftqualität ohne besondere Lüftungsmaßnahmen gewährleistet ist.

Abbildung 5: Auszug aus dem Rechtsgutachten des Deutschen Bundesverbandes für Wohnungslüftung, (Quelle: TZWL Bulletin)

2.5.1 Warn- und Hinweispflicht bezüglich Lüftungsbedarf

Bei **Neubauten** bzw. **Sanierungen mit dichten Fenstern ohne Konzeptionierung einer Lüftungsanlage** ist die **Warn- und Hinweispflicht** wahrzunehmen, indem der Nutzer bzw. Auftraggeber schriftlich zu informieren ist, dass zur Sicherstellung des Feuchteschutzes ein entsprechendes Lüftungsverhalten notwendig ist. Für die Erzielung einer mittleren bis hohen Luftqualität und einer hohen Energieeffizienz bleibt eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung unerlässlich.

Textvorschlag:

Die Ausführung des Gebäudes erfolgt entsprechend den geltenden österreichischen bautechnischen Verordnungen. Die Luftdichtheit des Gebäudes erfüllt hohe Anforderungen an den Wärmeschutz, Feuchteschutz, an die Raumluftthygiene und den Schallschutz. Da keine mechanische Lüftungsanlage mit ausreichendem Luftwechsel vorgesehen ist, wird darauf hingewiesen, dass mindestens der für den Feuchteschutz notwendige Luftaustausch über manuelle Fensterlüftung (mind. 3 bis 5 Stoßlüftungen pro Tag) erfolgen muss. Eine mittlere bis hohe Raumluftqualität lässt sich allein mit einer Fensterlüftung aufgrund der nicht praktikabel umsetzbaren Lüftungsfrequenz (alle 1 bis 3 Stunden in belegten Aufenthaltsräumen, auch nachts) ganzjährig nicht umsetzen.

2.5.2 Auswahl der Lüftungsart

Gebäude müssen heute nach Bauordnung so luftdicht errichtet werden, dass die verbleibenden Undichtheiten im Regelfall nicht ausreichen, um einen dauerhaften Feuchte- und Schimmelschutz zu gewährleisten. Selbst bei Bestandsgebäuden, die aufgrund ihrer mangelhaften Dichtheit nicht den geltenden Regelwerken für den Neubau entsprechen, ist nicht gesichert, dass der natürliche Luftwechsel ausreicht, um Bauschäden zu verhindern. Dieser Aspekt ist bei Erhöhungen der Belegungsdichte, Nutzungsänderungen, sowie allen wesentlichen Sanierungsarbeiten zu beachten.

Ein Lüftungskonzept sollte heute für jedes Gebäude selbstverständlich sein!

Folgende Möglichkeiten stehen zur Verfügung:

Lüftungsart	Erwartung	Praxiserfahrungen
Nur Fensterlüftung	Feuchteschutz möglich, Nachtlüftung zur Kühlung, Stoßlüftung im Bedarfsfall	Feuchteschutz nicht gesichert, Raumluftqualität nutzerabhängig und stark schwankend (i. A. niedrig)
Abluftsystem	Feuchteschutz für angeschlossene Räume, Nachströmung von Außenluft in anderen Räumen	Feuchteschutz gesichert, Frischluftversorgung in Aufenthaltsräumen nicht gesichert (hohe Dichtheit der Abluft- und Überströmräume erforderlich, i. A. Luftqualität daher niedrig bis mäßig)
Einzelraumlüftung mit Wärmerückgewinnung	Feuchteschutz und Frischluftversorgung für angeschlossene Räume	Feuchteschutz für angeschlossene Räume gesichert, für Schlafräume nur mäßige Raumluftqualität möglich (Schall)
Zu- und Abluftsystem mit Wärmerückgewinnung (Komfortlüftung)	Feuchteschutz und Frischluftversorgung aller Räume	Feuchteschutz und mittlere bis hohe Luftqualität in allen angeschlossenen Abluft- und Zulufräumen gesichert, gefilterte, temperierte Zuluft

Tabelle 2: Auswahltabelle für Lüftungsart

2.6 Luftdichtes Bauen

Unkontrollierte Luftströmung durch die Gebäudehülle beeinträchtigt nicht nur die Energieeffizienz des Gebäudes, sie kann auch zu Bauschäden führen. Daher fordert die OIB Richtlinie 6: „Die Gebäudehülle beim Neubau muss dauerhaft luft- und winddicht ausgeführt sein.“

Leider ist diese technische Errungenschaft teilweise noch immer negativ belegt, da sie fälschlicherweise mit der Verhinderung eines erwünschten Luftwechsels durch die Gebäudehülle in Verbindung gebracht wird. Die durch die Baukonstruktion strömenden Luftmengen können die Innenraumluftqualität aber nicht sicherstellen (siehe Unterpunkt „Raumlufthygiene“).

Im allgemeinen Sprachgebrauch werden die Begriffe Luftdichtheit und Winddichtheit manchmal verwechselt. Während die Luftdichtheit im Regelfall innenseitig herzustellen ist, muss die Winddichtheit zum Schutz vor Hinterspülung mit Außenluft außenseitig hergestellt werden. Gründe für die Ausführung einer möglichst luftdichten Hülle:

- Energieeinsparung

Eine luftdichte Gebäudehülle verringert den Wärmebedarf und hilft wertvolle Heizenergie einzusparen. Insbesondere bei starkem Wind und niedrigen Außentemperaturen werden die Unterschiede zu undichten Häusern deutlich spürbar. Im Sommer wird das Eindringen heißer Außenluft vermindert und die Überwärmungsneigung reduziert.

Im Falle einer Lüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung kann die Wärme nicht zurückgewonnen werden, die über Undichtheiten entweicht.

Beispiel Heizwärmeeinsparung:

Für ein Gebäude mit 200 m² Nutzfläche, Nettovolumen 500 m³ ergibt sich folgender Infiltrationsluftwechsel:

Variante luftdichte Bauweise, nachgewiesen durch Blower-Door-Test $n_{50} < 0,6$. Infiltrationsrate (Falschluff) laut ÖNORM B 8110-6 daher 0,04 pro Stunde.

$$500 \text{ m}^3 \times 0,04 \text{ h}^{-1} = 20 \text{ m}^3/\text{h}; 480 \text{ m}^3 \text{ pro Tag}$$

Jährlicher Wärmeverlust, ermittelt mit der spezifischen Wärmekapazität von Luft und den Heizgradtagen: $480 \text{ m}^3/\text{d} \times 0,34 \text{ Wh}/\text{m}^3, \text{K} \times 3500 \text{ Kd} = 554 \text{ kWh}$

Variante Mindestanforderung an Luftdichte, Infiltrationsrate daher 0,11 pro Stunde

$$500 \text{ m}^3 \times 0,11 = 55 \text{ m}^3/\text{h}; 1.320 \text{ m}^3 \text{ pro Tag}$$

Jährlicher Wärmeverlust 1.571 kWh

Durch eine dichte Bauweise kann bei diesem Gebäude die Differenz von rund 1.000 kWh/a an Wärme eingespart werden. Der Wert kann bei schlechten Luftdichten, n_{50} deutlich über 1,5, auch weitaus höher liegen.

- Feuchteschäden:

Feucht-warme Raumluft ist leichter als kalte Außenluft und erzeugt im Dachgeschoß einen leichten Überdruck. Bei Undichtheiten strömt diese Luft durch die Dachkonstruktion bzw. oberste Geschoßdecke. Dabei kühlt sie sich ab, wobei Wasserdampf kondensiert und die Dämmung oder Holzbauteile durchfeuchten kann. Anhaltende Feuchte verringert die Wärmedämmwirkung erheblich und initiiert das Wachstum holzerstörender Pilze.

- Raumlufthygiene

Eine luftdichte Baukonstruktion hat neben der bauphysikalischen Notwendigkeit auch spürbare Vorteile für das Wohlbefinden. Durch wechselnde Druckverhältnisse werden undichte Baukonstruktionen wechselseitig durchströmt, wobei sich Schwebstoffe in der Konstruktion ablagern (Filterwirkung). Durch eine luftdichte Ausführung können Stäube, Fasern, Sporen, Schad- und Geruchstoffe aus der Baukonstruktion bzw. von außen nicht mehr in die Raumluft gelangen.

- Verhinderung von Geruchsübertragung

Wenn in WCs oder Küchenräumen keine nennenswerten Außenleckagen auftreten, können Gerüche auch nicht in andere Räume übertragen werden. Der leichte Unterdruck in Ablufträumen, der durch die Abluft einer Lüftungsanlage erzeugt wird, verhindert bei geschlossenen Innentüren eine Ausbreitung von Gerüchen auf andere Räume.

- Thermischer Komfort

Zugluft und Kaltluftseen durch undichte Türen, Steckdosen, Kamine etc. sind bei luftdichter Bauweise ausgeschlossen.

- Schallschutz

Der Schallschutz gegen Außenlärm durch hochwertige Fenster und Außenwände kommt bei luftdichter Ausführung erst voll zur Geltung. Kleinste Fugen, die eine deutliche Schwächung bedeuten würden, werden vorbeugend verhindert.

2.6.1 Luftdichtheitskonzept

Die Gebäudeluftdichtheit ist eine wichtige Planungsaufgabe. Die Luftdichtheitsebene muss in Detailplänen klar ersichtlich sein. Für Anschlüsse und Durchführungen müssen die entsprechend dauerhaften Lösungen der Systemanbieter festgelegt werden. PU-Schäume und Silikone sind für die (dauerhafte) Abdichtung nicht geeignet.

Für die meisten Wand-, Decken- und Bodenaufbauten gibt es in Bauteilkatalogen bewährte Detaillösungen. Für die Umsetzung auf der Baustelle müssen die Gewerkeabfolge und die Schnittstellen abgestimmt werden. Erfahrene Planer minimieren die Anzahl der Durchbrüche und Anschlussdetails. Das spart Kosten und vermindert die Gefahr möglicher Bauverzögerungen. Zur Sicherung der Ausführungsqualität sollte eine augenscheinliche Überprüfung, sowie ein Leckagesuche bei Unterdruck durchgeführt werden, solange die Luftdichtheitsebene noch zugänglich ist und nachgebessert werden kann.



Abbildung 6: rechteckige EPDM-Gummimanschetten für luftdichte Außenwanddurchführung von Lüftungsrohren

- Keine Rohrdurchführungen durch Luftdichtheitsebenen (Installationsebene vorsehen)
- Installationsschächte an Außenwänden immer vor Rohrinstantion verputzen
- Bei Rohrdurchführungen durch Dampfbremsen, OSB-Platten etc. immer Manschetten verwenden
- Leerrohre für Durchführungen luftdicht einbauen lassen
- Anschluss der Luftdichtung an das Rohr direkt, nicht an die Wärmedämmung

Für die Durchführung im Leichtbau gibt es verschiedene Abdichtungshilfen.



Abb. 3-73a; b; c; d: Spezielle Abdichtungen für Leitungsdurchführungen durch die luftdichte Ebene (Quelle Fa. Kaiser)



Abb. 3-74: Fortluftdurchführung durch Ytongfeld

2.6.2 Qualitätskontrolle und Nachweis

Die erste Kontrolle der Ausführungsqualität sollte bereits während der Verarbeitung durch Sichtkontrolle eines Fachkundigen erfolgen. Solange die luftdichte Ebene noch zugänglich ist, ist eine Luftdichtheitsmessung einschließlich Leckagesuche in der Wohneinheit bzw. für den gesamten beheizten Bereich durchzuführen. Das in der ÖNORM EN 13829 (EN ISO 9972) beschriebene Differenzdruckverfahren, im allgemeinen Sprachgebrauch auch „Blower Door Test“ genannt, beruht auf der Messung des Leckagen-Volumenstroms des zu untersuchenden Gebäudes bzw. Gebäudeteils bei konstantem Differenzdruck zwischen Innenraum und Umgebung. Der Differenzdruck wird dabei durch einen Ventilator erzeugt, der mit Hilfe eines Spannrahmens und einer Plane in eine Außentür oder ein Fenster gesetzt wird. Am Ventilator befindet sich eine Volumenstrom-Messeinrichtung, wobei gleichzeitig der erzeugte Unter- bzw. Überdruck (je nach Richtung des Ventilators) im Gebäude erfasst wird.

Dieses Verfahren kann dazu benutzt werden:

- als Nachweis einer Luftdichtheitsanforderung eines Gebäudes oder Gebäudeteiles,
- um die Luftdurchlässigkeit von Gebäuden bzw. Gebäudeteilen miteinander zu vergleichen,
- um Undichtheiten zu lokalisieren,
- um die Verringerung der Luftdurchlässigkeit zu bestimmen, die durch einzelne Nachbesserungsmaßnahmen erreicht wird.

Es gibt grundsätzlich ein Verfahren „A“ – Gebäude im Nutzungszustand und ein Verfahren „B“ – Prüfung der Gebäudehülle. Der Unterschied besteht darin, welche Öffnungen in der Gebäudehülle bei der Messung abgedichtet werden dürfen oder nicht. Irrtümlicherweise werden die beiden Arten der Gebäudepräparation „A“ und „B“ oft mit dem Messzeitpunkt verwechselt (Rohbau-Vorprüfung und Abnahmemessung bei Fertigstellung). Das in Österreich grundsätzlich anzuwendende Verfahren „A“ lässt eine Abklebung von absichtlich vorhandenen Öffnungen (Briefschlitze, Außenluftdurchlässe, Abluft-Dunstabzüge) für den Nachweis gemäß OIB-Richtlinie nicht zu. Niedrigenergie- und Passivhäuser vermeiden solche Gebäudeöffnungen prinzipiell. Die Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung ist während der Blower Door Messung abzuschalten, und die Außenluft- und Fortluftleitungen sind abzudichten.

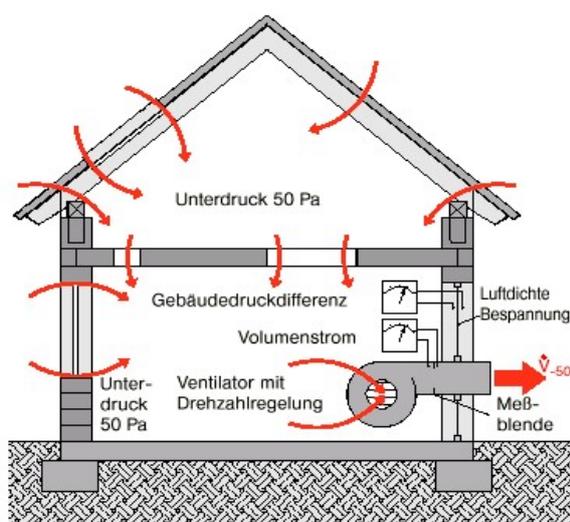


Abbildung 7: Schematischer Messaufbau
(Quelle: Zeller, Luftdichtheitsmessung)



Abbildung 8: Messaufbau in der Praxis
(Quelle: Leit-wolf Luftkomfort)

Um die Luftdichtheit eines Gebäudes bewerten zu können, wird der gemessene Leckagevolumenstrom bei 50 Pascal (Pa) Differenzdruck in zwei getrennten Messungen bei Unter- und Überdruck gemessen. Ein Druck von 50 Pa entspricht etwa 5 kg/m^2 und wird in der Natur durch eine Windgeschwindigkeit von ca. 35 km/h erzeugt.

Im Rahmen einer Luftdichtheitsmessung sollte immer auch eine Leckagesuche durchgeführt werden, da auch ein geringer Leckagen-Volumenstrom nicht gleichzeitig auf Mängelfreiheit schließen lässt.

Üblicherweise wird zuerst eine erste Messung des Volumenstroms bei 50 Pa Unterdruck durchgeführt, um einen Richtwert für den Zustand des Gebäudes zu erhalten. Anschließend erfolgt bei 50 Pa oder auch höherem Unterdruck die Suche nach Lufteintritten. Die Ortung kann bei niedrigen Außentemperaturen und temperiertem Innenraum auch bereits sehr gut mit dem Handrücken und den Fingern gefühlt werden. Kleine Nebelerzeuger oder Thermoanemometer erleichtern die Suche bei kritischen Anschlüssen und ermöglichen eine Sichtbarmachung kleinster Strömungen.

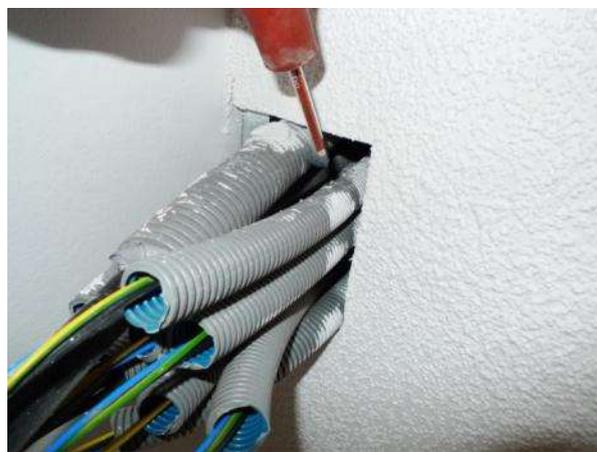


Abbildung 9: Lokalisieren von Lufteintritten mittels Handrücken oder Rauchröhrchen

Größere Nebelerzeuger werden gegebenenfalls zum Vernebeln ganzer Wohnungen eingesetzt. Dabei wird die zu untersuchende Zone in Überdruck versetzt, um an der Außenhülle oder in angrenzenden Gebäudezonen Leckagen aufzeigen zu können. Auch die Vernebelung von Schächten oder anderen typischen Problemzonen ist empfehlenswert. Diese Methode bewährt sich vor allem bei großen Glasfassaden oder hohen Industriegebäuden. Bei Wohngebäuden mit mehrschichtigen oder hinterlüfteten Konstruktionen ist die Analyse der raumseitigen Leckagenursache wenig bis nicht geeignet, da der Austrittsort des Nebels an der Außenseite mehrere Meter davon entfernt sein kann.

Zur anschaulichen Darstellung der Abkühlungserscheinungen durch Lufteintritte an größeren Flächen kann die Infrarot-Thermographie herangezogen werden. Voraussetzung ist eine ausreichende Temperaturdifferenz zwischen Raum- und Außenluft von mindestens $15 \text{ }^\circ\text{C}$.

Als Nachweis der erforderlichen (energetischen) Luftdichtheit der untersuchten Gebäudehülle werden unterschiedliche Grenzwerte für die Luftwechselzahl n_{50} angegeben.

Standard / Richtlinie	Lüftung	Grenzwert n50 (1/h)
	Gebäude ohne mechanische Lüftung	$\leq 3,0$
OIB-Richtlinie 6	Gebäude mit mechanischer Lüftung (Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung oder Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung)	$\leq 1,5$
komfortlüftung.at EFH-Standardwert/EFH- Zielwert		$\leq 1,0 / \leq 0,6$
klimaaktiv bronze und silber	Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung	$\leq 1,0$
klimaaktiv gold		$\leq 0,6$
Passivhaus		

Tabelle 3: Richt- und Grenzwerte der Luftwechselzahl n_{50} für unterschiedliche Standards (Quelle: komfortlüftung.at)

2.6.3 Checkliste Gebäude-Luftdichtheit

Entwurfsplanung

- Lage der luftdichten Hülle festgelegt (Stiftregel – durchgehende rote Linie um den konditionierten Bereich)
- Durchdringungen der Luftdichtheitsebene von Rohren, Kabeln etc. soweit wie möglich vermeiden, Länge der Anschlüsse minimiert

Ausführungsplanung

- Geschlossenheit der luftdichten Hülle überprüft
- Materialien für die Luftdichtheitsebene und Anschlüsse festgelegt
- Dauerhaftigkeit der Anschlüsse und Materialien berücksichtigt
- Ausführungsdetails (mind. 1:10) und Arbeitsanweisungen formuliert

Ausschreibung

- Thema Luftdichtheit explizit in Ausschreibung und Verträgen aufgenommen (auch OVE-Richtlinie R7:2011)
- Ausschreibung von laufenden Metern Anschlüssen bzw. einzelnen Durchdringungen
- Materialien genau spezifiziert
- Baubegleitende Untersuchung und Luftdichtheitsmessung nach Fertigstellung der Gebäudehülle gesondert ausgeschrieben

Ausführung

- Baubegleitende Untersuchung und Luftdichtheitsmessung in den Bauablauf eingeplant
- Sichtkontrolle der ausgeführten Anschlüsse und Durchdringungen, verwendete Materialien überprüft, Dampfbremsen/ Folien verklebt
- Fenster und Türen laut ÖNORM B 5320 dicht eingebaut, Zuständigkeit: Fenstermonteur
- Massivbau: Innenputz dicht hergestellt (bis zur Rohdecke geputzt), Zuständigkeit: Baumeister
- Leichtbau: Luftdichtungsebene hergestellt, Zuständigkeit: Zimmermeister
- Rauchfang verputzt oder verspachtelt, Zuständigkeit: Baumeister
- Ziegelwände hinter Rauchfängen, Abwassersträngen oder anderen Einbauten verputzt, Zuständigkeit: Baumeister
- Außenwand- oder Dachdurchführungen der Luftleitungen, Kanalentlüftungen etc. dauerhaft dicht hergestellt, Zuständigkeit: Installateur
- Elektroinstallationen dicht eingebaut (E-Verteiler, Hohlwand- oder Unterputzdosen, ...), Zuständigkeit: Elektriker
- Diverse Leerrohre nach außen abgedichtet (z.B. Solaranlage, Elektroleitungen, ...), Zuständigkeit: Elektriker, Installateur
- Luftdichtheitsmessung durchgeführt, n_{50} Sollwert = /h n_{50} Istwert = /h;
Leckagenprotokoll und Lösungsvorschläge zur Behebung

3 Verordnungen und Richtlinien

Folgende Anforderungen an Gebäude und Lüftungsanlagen sind jedenfalls verbindlich einzuhalten.

3.1 Bauordnung

Aktuelle Informationen zur Gültigkeit bzw. zum Inkrafttreten aktueller Richtlinien in den einzelnen Bundesländern: www.oib.or.at/de/inkrafttreten-2015

3.1.1 OIB-Richtlinie 3 (Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz, Stand März 2015)

10.1 Lüftung

10.1.1 *Aufenthaltsräume und Sanitärräume müssen durch unmittelbar ins Freie führende Fenster, Türen und dergleichen ausreichend gelüftet werden können. Davon kann ganz oder teilweise abgesehen werden, wenn eine mechanische Lüftung vorhanden ist, die eine für den Verwendungszweck ausreichende Luftwechselrate zulässt. Bei sonstigen innen liegenden Räumen, ausgenommen Gänge, ist für eine Lüftungsmöglichkeit zu sorgen.*

10.1.2 *Ist bei Aufenthaltsräumen eine natürliche Lüftung zur Gewährleistung eines gesunden Raumklimas nicht ausreichend oder nicht möglich, muss eine für den Verwendungszweck bemessene mechanische Lüftung errichtet werden. In Räumen, deren Verwendungszweck eine erhebliche Erhöhung der Luftfeuchtigkeit erwarten lässt (insbesondere in Küchen, Bädern, Nassräumen etc.), ist eine natürliche oder mechanische Be- oder Entlüftung einzurichten.*

In den Erläuterungen zur Richtlinie heißt es:

Ein Beispiel bei dem eine natürliche Lüftung gegebenenfalls nicht ausreicht, ist ein Veranstaltungssaal, mit einer hohen Anzahl gleichzeitig anwesender Personen. Ein Beispiel für eine nicht mögliche natürliche Lüftung von Aufenthaltsräumen wäre ein Schlafräum, bei dem ein maßgeblicher Außenlärmpegel von mehr als 45 dB in der Nacht vor dem Fenster des Schlafräumes gegeben ist, sodass das Fenster zu Lüftungszwecken nicht geöffnet werden kann. Im geschlossenen Zustand ist jedoch eine ausreichende Belüftung zu gewährleisten. Diese kann beispielsweise über andere mit geringerem Außenlärmpegel belastete Fenster, eine mechanische Lüftungsanlage oder schallgedämmte Fensterlüfter u. dgl. erfolgen. Für die Beurteilung der Raumluftqualität können beispielsweise die „Richtlinie zur Bewertung der Innenraumluft: CO₂ als Lüftungsparameter“, Ausgabe 2011, herausgegeben vom Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft und der Österreichischen Akademie der Wissenschaften sowie ÖNORM H 6038, Ausgabe 2014-02-15 oder die ÖNORM EN 13779, Ausgabe 2008-01-01 herangezogen werden.

Weitere Interpretationen: [Komfortlüftungsinfo Nr. 1 MFH \(www.komfortlüftung.at\)](http://www.komfortlüftung.info)

10.1.3 *Bei der Aufstellung von Feuerstätten ist darauf zu achten, dass die entsprechend der Auslegung benötigte Luftmenge zuströmen kann. Heizräume für raumluftabhängige Feuerungsanlagen müssen über eine Zuluftführung aus dem Freien verfügen, wobei eine Mindestquerschnittsfläche von 400 cm² netto nicht unterschritten werden darf:*

- *bei Feuerstätten für gasförmige Brennstoffe mit atmosphärischem Brenner sowie Feuerstätten für feste Brennstoffe: 4 cm² pro kW Nennwärmeleistung,*
- *bei sonstigen Feuerstätten: 2 cm² pro kW Nennwärmeleistung.*

Bei sonstigen Aufstellungsräumen kann die Verbrennungsluftzufuhr auch aus anderen Räumen erfolgen, wenn nachweislich beim Betrieb aller mechanischen und natürlichen Be- und Entlüftungsanlagen ausreichende Verbrennungsluft nachströmen kann.

3.1.2 OIB RL5

2.6 Schalltechnische Anforderungen an haustechnische Anlagen

2.6.1 Der durch den Betrieb von haustechnischen Anlagen aus anderen Nutzungseinheiten entstehende maximale Anlagengeräuschpegel $L_{AFmax,nT}$ darf bei gleich bleibenden und intermittierenden Geräuschen den Wert von 25 dB, bei kurzzeitigen Geräuschen den Wert von 30 dB nicht überschreiten. Zu Nebenräumen sind jeweils um 5 dB höhere Werte zulässig.

2.6.2 Sofern eine mechanische Lüftungsanlage in der eigenen Nutzungseinheit vorhanden ist, dürfen für Aufenthaltsräume mit dem Schutzziel Schlaf (z.B. Aufenthaltsräume in Wohnungen, ausgenommen Küchen) die Geräusche dieser Anlage, bezogen auf die lufthygienisch mindesterforderliche Betriebsart, einen äquivalenten Anlagengeräuschpegel $L_{Aeq,nT}$ von 25 dB, für Aufenthaltsräume mit dem Schutzziel Konzentration (z.B. Klassenräume) von 30 dB nicht überschreiten.

3.1.3 OIB -Richtlinie 6 (Energieeinsparung und Wärmeschutz, Stand März 2015)

Für die Berechnung des Nutzenergiebedarfs ist gemäß OIB-Leitfaden (2.1) die ÖNORM H 5057 Raumlufttechnik-Energiebedarf (RLTEB) heranzuziehen.

Anmerkung: Die Anforderung an die SFP-Werte gemäß ÖNORM H 5057 sind für große zentrale Lüftungsanlagen nicht einfach einzuhalten. (SFP – Specific Fan Power, Kennwert für die elektrische Leistungsaufnahme eines Ventilators im Verhältnis zur gelieferten Luftmenge)

4.9 Luft- und Winddichtheit

Beim Neubau muss die Gebäudehülle luft- und winddicht ausgeführt sein, wobei die Luftwechselrate n_{50} – gemessen bei 50 Pascal Druckdifferenz zwischen innen und außen, gemittelt über Unter- und Überdruck und bei geschlossenen Ab- und Zuluftöffnungen (Verfahren 1) – den Wert 3 pro Stunde nicht überschreiten darf. Wird eine mechanisch betriebene Lüftungsanlage mit oder ohne Wärmerückgewinnung eingebaut, darf die Luftwechselrate n_{50} den Wert 1,5 pro Stunde nicht überschreiten.

Bei Wohngebäuden mit einer Brutto-Grundfläche von nicht mehr als 400 m², Doppel- und Reihenhäusern ist dieser Wert für jedes Haus, bei Wohngebäuden mit einer Brutto-Grundfläche von mehr als 400 m² für jede Wohnung bzw. Wohneinheit einzuhalten. Ein Mittel der einzelnen Wohnungen bzw. Wohneinheiten ist nicht zulässig. Der Wert ist auch für Treppenhäuser, die innerhalb der konditionierten Gebäudehülle liegen, inklusive der von diesen erschlossenen Wohnungen einzuhalten. Bei Nicht-Wohngebäuden der Gebäudekategorien 1 bis 12 gemäß Punkt 3 bezieht sich die Anforderung auf jeden Brandabschnitt.

5.1 Wärmerückgewinnung

Raumlufttechnische „Zu- und Abluftanlagen“ (darunter ist die Kombination aus einer Zu- und einer Abluftanlage zu verstehen und nicht eine Zu- oder Abluftanlage alleine) sind bei ihrem erstmaligen Einbau oder bei ihrer Erneuerung mit einer Einrichtung zur Wärmerückgewinnung auszustatten.

3.1.4 Lüftungsanlage in der Energieausweisberechnung

Bei Wohngebäuden werden bei der Berechnung des Energieausweises folgende drei grundsätzliche Fälle unterschieden.

1. Mechanische Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung
2. Mechanische Abluftanlage (ohne Wärmerückgewinnung)
3. Fensterlüftung

Der Luftwechsel wird bei allen drei Systemen mit 0,4 mit einer lichten Raumhöhe von 2,6 m angesetzt.

Der spezifische Heizwärmebedarf beschreibt die erforderliche Wärmemenge pro Quadratmeter beheizte Bruttogrundfläche die benötigt wird, um die Innenraumtemperatur auf 20 °C zu halten. In der HWB-Berechnung werden unterschiedliche Werte ermittelt, der HWB-Wert am Titelblatt berücksichtigt allfällige Erträge aus der **Wärmerückgewinnung (WRG)** einer Lüftungsanlage nicht.

- **HWB_{SK}** (Standortklima, SK); Berechnung des HWB_{SK} berücksichtigt Erträge aus **WRG** einer Lüftungsanlage
- **HWB_{Ref, RK}** (Referenz-Heizwärmebedarf bei Referenzklima, RK); **HWB_{Ref}**- Werte **ohne WRG** einer Lüftungsanlage. Zum **Nachweis** der gesetzlichen Mindestanforderung!
- **HWB_{Ref, SK}** (Referenz-Heizwärmebedarf bei Standortklima, SK); am Titelblatt des Energieausweises, gemäß OIB-Richtlinie 6, 2015 (**ohne WRG**)

Beim Strombedarf der Lüftung wird im Energieausweis immer ein durchgehender Betrieb über das gesamte Jahr angesetzt.

Für den **Wärmebereitstellungsgrad** von Lüftungsgeräten in Wohngebäuden muss das **fortluftseitige Temperaturverhältnis nach ÖNORM EN 13141-7** eingesetzt werden. Bei Modulgeräten sind die Messwerte der Wärmerückgewinnung gemäß **ÖNORM EN 308** heranzuziehen.

ACHTUNG! Bei Geräteprüfungen nach ÖNORM EN 13141-7 werden sowohl das **zuluftseitige**, als auch der **fortluftseitige** Temperaturverhältnis ausgewiesen. Die Werte können sich u.U. deutlich **voneinander unterscheiden**.

Liegen für das eingesetzte Gerät (noch) keine Prüfergebnisse nach der ÖNORM EN 13141-7 vor, so konnten bis zum 29. März 2017 auch **Prüfungen nach dem Reglement des Passivhausinstitutes** oder des **Deutschen Institutes für Bautechnik** (z.B. TZWL-Prüfungen) mit 5 bzw. 14 Prozentpunkten Abschlag für Neubauten herangezogen werden. Seit dem 29. März 2017 gilt diese Regelung nur noch für Bestandsanlagen (Bestandsgebäude).

Liegt für das zu verwendende Lüftungsgerät keine entsprechende Prüfung vor, so sind die Defaultwerte gemäß ÖNORM B 8110-6 zu verwenden.

Da Luftleitungen über eine große Oberfläche verfügen, wirken sich die **Transmissionsverluste bei Luftleitungen** mit unzureichender Dämmung signifikant negativ auf die thermische Effizienz aus. Daher sind u.U. **Abschlagswerte für die Transmissionsverluste** der Luftleitungen zu berücksichtigen. Wann diese Abschlagswerte zur Anwendung kommen, ist ebenfalls in der ÖNORM B 8110-6 beschrieben.

Werte für den Wärmebereitstellungsgrad (WBG) für die Energieausweisberechnung finden sich z.B. in einer Liste von komfortlueftung.at im pdf-Dokument „Überblick Lüftungsgeräte EFH + MFH“. In Komfortlüftungsinfo Nr. 31 finden Sie vertiefende Information zur Einrechnung einer kontrollierten Wohnraumlüftung im Energieausweis.

3.2 Normen und Standards

3.2.1 ÖNORM H 6038

Die ÖNORM H 6038 (aktuelle Ausgabe 2014-02-15) Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung beschreibt den Stand der Technik zu Planung, Ausführung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung.

Bei der Überarbeitung (Ersatz für Ausgabe 2006) wurden gesammelte Erfahrungen und neueste Erkenntnisse eingearbeitet. Insbesondere die Auslegung des Luftvolumenstroms und die Betriebsweise in Hinblick auf Luftqualität und Raumluftfeuchte wurden neu und wesentlich konkreter definiert. Trotzdem wurde weiterhin die Freiheit gelassen, unterschiedliche Philosophien und Strategien zur Erreichung der Anforderungen einzusetzen.

Die ÖNORM H 6038 gibt Mindestanforderungen an, die eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit Wärmerückgewinnung erfüllen muss. In einigen Teilbereichen sind jedoch gegebenenfalls konkretere oder strengere Vorgaben erforderlich, um die meisten Nutzeransprüche erfüllen zu können.

3.2.2 Referenzierte Normen, Gesetze und Richtlinien

In der ÖNORM H 6038:2014 wird auf mehrere bestehende Normen verwiesen:

ÖNORM EN 779, Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik – Bestimmung der Filterleistung

ÖNORM EN 1751, Lüftung von Gebäuden – Geräte des Luftverteilungssystems – Aerodynamische Prüfungen von Drossel- und Absperelementen

ÖNORM EN 12237, Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Festigkeit und Dichtheit von Luftleitungen mit rundem Querschnitt aus Blech

ÖNORM EN 13141-7, Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen – Teil 7: Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten (einschließlich Wärmerückgewinnung) für mechanische Lüftungsanlagen in Wohneinheiten (Wohnung oder Einfamilienhaus)

ÖNORM EN 13501-1, Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten – Teil 1: Klassifizierung mit den Ergebnissen aus den Prüfungen zum Brandverhalten von Bauprodukten

ÖNORM EN 13776, Lüftung von Nichtwohngebäuden – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlageanlagen und Raumkühlssysteme

ÖNORM EN 14134, Lüftung von Gebäuden – Leistungsprüfung und Einbaukontrollen von Lüftungsanlagen von Wohnungen

ÖNORM EN 15251, Eingangsparameter für das Raumklima zur Auslegung und Bewertung der Energieeffizienz von Gebäuden – Raumluftqualität, Temperatur, Licht und Akustik

ÖNORM EN 15780, Lüftung von Gebäuden – Luftleitungen – Sauberkeit von Lüftungsanlagen

ÖNORM EN ISO 7730, Ergonomie der thermischen Umgebung – Analytische Bestimmung und Interpretation der thermischen Behaglichkeit durch Berechnung des PMV- und des PPD-Index und Kriterien der lokalen thermischen Behaglichkeit (ISO 7730:2005)

ÖNORM H 5155, Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten von haustechnischen Anlagen

ÖNORM H 6021, Lüftungstechnische Anlagen – Reinhaltung und Reinigung

BGBl. Nr. 106/1993, ETG 1992

OIB-Richtlinie 5, Ausgabe Oktober 2011, Schallschutz

Weitere relevante Normen und Richtlinien:

ÖN B 8115, Schallschutz und Raumakustik im Hochbau, Teil 5: Klassifizierung des Schallschutzes von haustechnischen Anlagen (Klassen A bis E)

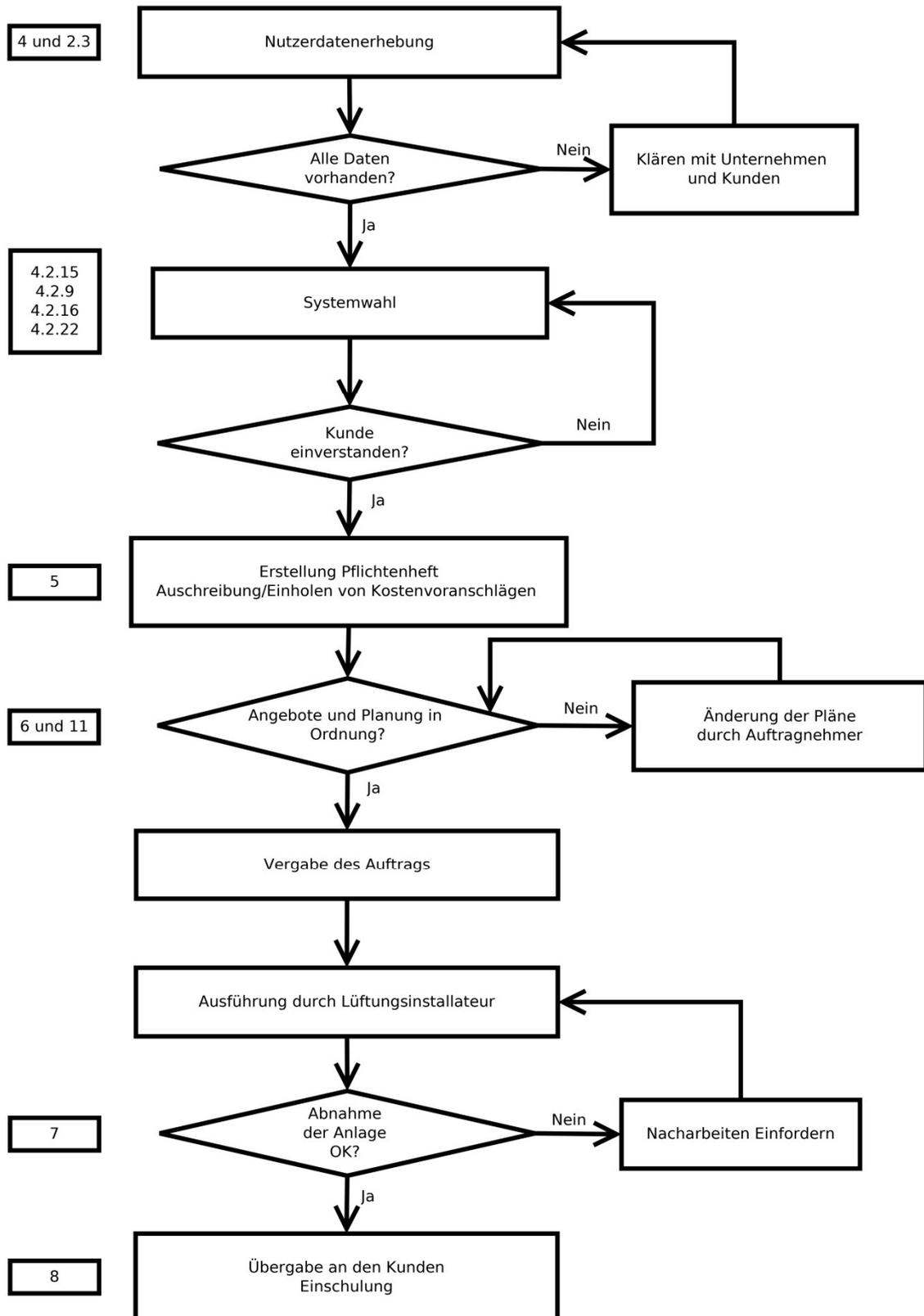
VDI 2081, Geräuscherzeugung und Lärminderung in Raumluftechnischen Anlagen

ÖN B 1801-2, Objektfolgekosten

ÖN H 2201, Werkvertragsnorm

4 Ablaufplan zur Planung und Umsetzung von Lüftungsanlagen

Informationen in den Kapiteln



4.1 Erhebung der Nutzeranforderungen

Entscheiden sich die Kunden für eine mechanische Lüftung, muss auch der planende Baumeister oder Architekt in die Planung eingebunden werden.

Wesentliche **Anforderungen und Qualitäten einer Lüftungsanlage sind zu definieren**, da die Normung nicht für alle Ansprüche ausreichende Vorgaben liefert, oder in Teilbereichen nur Mindestanforderungen stellt.

Klären Sie die Ansprüche daher mit dem späteren Nutzer ab! Verwenden Sie dazu den folgenden Leitfaden für das Kundengespräch, denn damit haben Sie gleichzeitig eine Grundlage für Kostenvoranschläge, Ausschreibungen, Gerätefreigaben, Abnahmen, aber auch eine Dokumentation für eventuelle Streitfälle.

4.1.1 Leitfaden für das Kundengespräch

Dieser Leitfaden enthält die **Punkte, die mit dem Nutzer/Auftraggeber für die weitere Planung der Anlage zu besprechen, zu vereinbaren und zu fixieren sind**. Erläuterungen zu den möglichen Qualitätsniveaus finden Sie im Anschluss an die Checkliste.

Zuerst werden die Vorstellungen und Wünsche des Kunden erfragt und daraus die entsprechenden Anforderungen an die Lüftung abgeleitet. Auf dieser Grundlage können im zweiten Schritt die Systemwahl und die speziellen Erfordernisse besprochen werden.

Die mit dem Kunden abgestimmten Anforderungen sind die Grundlage für die weitere Planung, die in der Regel vom Lüftungsplaner durchgeführt wird.

Leitfaden für das Kundengespräch

Ausgefüllt von:		Datum:	
Kontaktdaten:			
Bauwerber:			
Grunddaten			Kapitel
Für die Auslegung sind anzunehmen:			
Anzahl der Personen:		Anzahl der Wohneinheiten:	
Vorläufige Belegung bei Inbetriebnahme:			
Platzbedarf:			
Geschosshöhe: Ausreichende lichte Höhe für Lüftungsinstallationen		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Steigzonen: Platzbedarf abgestimmt?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Sind Schächte für eine zentrale Anlage vorhanden? ⁴		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Auskreuzen mit anderen Medien?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Revisionszugang erforderlich?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Vorhandene Grundstücksfläche für Solewärmetauscher:			
Ist am Standort eine Radonbelastung zu beachten?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Brandschutz:			
Vorabstimmung mit Brandverhütungsstelle/Feuerwehr erforderlich?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Sind Brandabschnitte vorhanden/definiert?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Liegt ein Brandschutzkonzept vor?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Besondere Anforderungen:			
Sind andere raumluftechnische Einrichtungen zu beachten? (Heizung, Öfen, Dunstabzug, Feuerstätten etc.)?		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
Die Lüftung ist Teil eines Passivhauses ,		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein
<input type="checkbox"/> dieses soll nur über die Zuluft beheizt werden ⁵		<input type="checkbox"/> soll eine Zusatzheizung haben	
Planung der Lüftungsanlage entsprechend PHPP ⁶		<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> nein

⁴ Mögliche Schächte für eine zentrale Anlage in der Sanierung: z.B. aufgelassener Kamin, Belüftungszuleitung WC, Installationsschächte

⁵ Anmerkung: Diese Frage stellt sich nur im Passivhaus mit nachweislicher Heizlast von max. 10 W/m². Sh. dazu „Luftheizungen im Passivhaus“ (Info 28) auf www.komfortlüftung.at

⁶ PHPP: Passivhaus Projektierungspaket, Standard-Berechnungsprogramm für Passivhäuser, www.passiv.de

Komfortanspruch		
Luftqualität: Selten genutzte Räume (z.B. Gästezimmer) werden auf Zielwert von 1400 ppm eingestellt ⁷ : Erhöhte Filteranforderungen Außenluft/Zuluft (Filterklasse) Geruchsfilterung erforderlich (Aktivkohle) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		2
Betriebszeit: <input type="checkbox"/> Ganzjahresbetrieb der Anlage <input type="checkbox"/> nur Winterbetrieb		8.1
Schallschutz und Geräuschkämpfung: Besonders niedriger Grundlärmpegel am Standort (ruhige Lage) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Besondere akustische Anforderungen (z.B. geringe Raumbedämpfung) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Besondere Anforderungen an den Schallschutz zwischen den Räumen (z.B. Arzt-Sprechzimmer, Musikproberaum,) <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		4.2.23 11.1.7
Mindestraumluftheuchte: Empfindliche Musikinstrumente, Möbel, falls ja, nachweislich mindestens rel. Feuchte bei °C <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		
Kühlanforderungen: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		8.9
Steuerung und Regelung: <input type="checkbox"/> manuell <input type="checkbox"/> Zeitprogramm <input type="checkbox"/> CO ₂ -gesteuert <input type="checkbox"/> zonenweise <input type="checkbox"/> smart home Sonstiges:		4.2.12
Wartung der Anlage: Abluftfilterwechsel durch Filterwechselintervall mindestens 3 / 6 / 12 Monate Außenluft/Zuluftfilterwechsel durch Filterwechselintervall mindestens 3 / 6 / 12 Monate Lage des Abluftfilters <input type="checkbox"/> innerhalb <input type="checkbox"/> außerhalb der Wohneinheit Lage des Zuluftfilters <input type="checkbox"/> innerhalb <input type="checkbox"/> außerhalb der Wohneinheit Lage des Gerätes <input type="checkbox"/> innerhalb <input type="checkbox"/> außerhalb der Wohneinheit		4.2.13
Lebenszykluskosten		
Ventilatoren sollen einfach und rasch gewechselt werden können <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Wärmetauscher sollte ausbaubar und feucht reinigbar sein <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Filterstandzeit und Filterkosten sind zu beachten <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein		

⁷ Auslegung muss ebenfalls auf Zielwert von 1000 ppm erfolgen.

Qualitätssicherung		
Nachweis der Luftdichtheit der Gebäudehülle wird geführt	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	2.6.1
Messung gemäß ÖNORM EN 13829 (Gebäudedichtheitstest), Zielwert 0,6-fache Luftwechselrate Anforderung wird auch den anderen Gewerken (Elektriker ⁸ etc.) bei Auftragsvergabe von mitgeteilt.		
Nachweise zur Energieeffizienz der Anlage mit Druckverlustberechnung, Anforderung an Komponenten, Nachweis Abnahmeprotokoll	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	4.2.14
Das Gebäude soll als klimaaktiv Gebäude deklariert werden, das Kriterium D.2 Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung ist nachzuweisen www.klimaaktiv.at/bauen-sanieren/gebaeuedeklaration.html	<input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	12.2.2
Besprechung der Systemwahl		
Pläne: <input type="checkbox"/> Darstellung des allg. Lüftungskonzeptes in Gebäudeplänen, mit Zuluft- und Ablufträumen, mögliche Anordnung der Durchlässe, Zonierung, Kaskadennutzung ⁹ <input type="checkbox"/> Ausreichend Platz für Luftleitungen, Raumhöhen ausreichend (größere Querschnitte für geringe Luftgeschwindigkeiten reduzieren Strombedarf und Strömungsgeräusch) Abstimmung mit _____ erfolgt durch _____		
System: <input type="checkbox"/> zentral (für mehrere Wohneinheiten) <input type="checkbox"/> dezentral (wohnungswise) <input type="checkbox"/> raumkombiniert (mindestens 2 Räume) <input type="checkbox"/> raumweise ¹⁰		4.2.15
Frostschutz für das Lüftungsgerät durch Luftvorwärmung: <input type="checkbox"/> Wärmetauscher mit Feuchterückgewinnung (eventuell zusätzliche Vorwärmung erforderlich) <input type="checkbox"/> Solewärmetauscher <input type="checkbox"/> Heizungssystem E-Heizregister ¹¹ <input type="checkbox"/>		4.2.16
Bedieneinheit: Art: _____ Platzierung: _____		4.2.12
Auswahl der Lufteinbringung: <input type="checkbox"/> Einbringung der Luft über dem Aufenthaltsbereich in Deckennähe <input type="checkbox"/> Einbringung der Luft in Bodennähe <input type="checkbox"/> Küchenhaube im Umluftbetrieb <input type="checkbox"/> WC-Abluft an die kontrollierte Wohnraumlüftung anschließen <input type="checkbox"/> Zu- und Abluft-Durchlässe in Plänen mit Einrichtungsvorschlag festgelegt		4.2.17 4.2.3

⁸ ÖVE Richtlinie R7:2011

⁹ z.B. Schlafzimmer – Wohnzimmer – Küche (Wohnzimmer als Überströmbereich).

¹⁰ Kurzbeschreibungen und umfassendere Checkliste siehe www.zuwog.at/arbeitsbeihilfe/AB_1_Technische_Planung.pdf

¹¹ für elektrischen Frostschutz sollten nur stufenlos geregelte Heizungen verwendet werden

4.2 Zusatzinformationen zur Erhebung der Grunddaten

Die Zuordnung der Zusatzinformationen zu den Checklisten ist an den Nummern zu erkennen.

4.2.1 Brandschutz

Entsprechend den **Brandabschnitten** aus der behördlich genehmigten Bauwerksplanung sind Brandschutzeinrichtungen (Brandschutzklappen u. dgl.) einzuplanen und bei der Lüftungstechnischen Berechnung und fortlaufenden Wartungen zu berücksichtigen.

Bei der Entstehung von Bränden kommt es oft zu starker Rauchbildung, obwohl die Temperaturen gering sind. Die Übertragung dieses sogenannten Kaltrauches über die Lüftungsleitungen muss durch **Kaltrauchsperrern** vermieden werden.

Die Ausbreitung von Feuer über die Luftleitungen wird über Feuerschutzabschlüsse gewährleistet, diese müssen in jeder Leitung verbaut sein, die einen Brandabschnitt durchstößt. Bei Be- und Entlüftungsanlagen im Wohnbau ist hier (laut ÖNORM 6072) für Leitungen bis 160 mm Nenndurchmesser die Verwendung von sogenannten Feuerschutzabschlüssen auf Basis intumeszenter Materialien¹² (FLI/FLI-VE) ohne verpflichtende regelmäßige Kontrollprüfung zulässig. Diese können je nach Anwendungsfall mit mechanischem oder ohne mechanisches Verschlusselement zum Einsatz kommen.

Es ist zu besprechen, ob ein „**Not-Aus-Schalter**“ für Brandschutz, Störfallszenario bzw. Katastrophen ausgeführt wird. Dieser müsste an zentraler, leicht zugänglicher Stelle im Allgemeinbereich situiert sein, wobei Vorkehrungen zu treffen sind, um einen Missbrauch zu vermeiden.

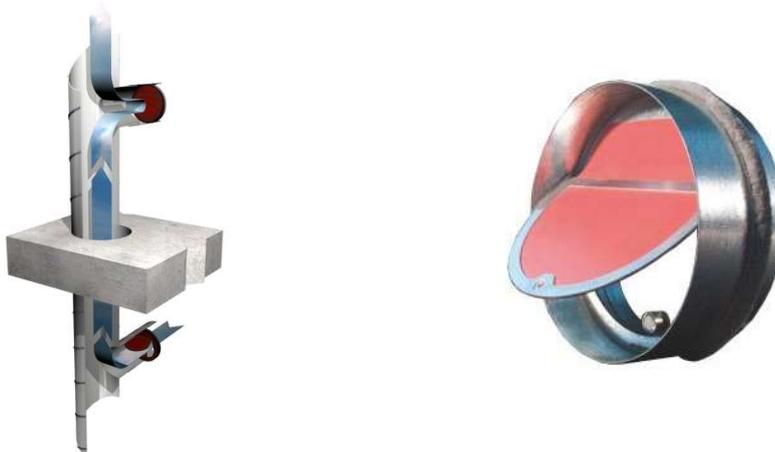


Abbildung 10: Kaltrauchsperrung mit Magnetfixierung

(Quelle: www.airfiretech.at/produkte/kaltrauchsperrung/Kaltrauchsperrung_Einbaubeispiel.png und <http://schilderportal.ch/kaltrauchsperrern/kaltrauchsperrern-krs-m/kaltrauchsperrung-typ-brav-krs-m.html>)

¹² Intumeszente Baustoffe nehmen unter Hitzeeinwirkung an Volumen zu.



Abbildung 11: Schematische Darstellung von Brandschutzelemente ohne jährliche Prüfpflicht
(Quelle: http://www.ibo.at/documents/bauz12_mayr.pdf)

4.2.2 Sicherer Betrieb mit anderen raumlufttechnischen Systemen

Beim gemeinsamen Betrieb einer Wohnraumlüftung mit einer Feuerstätte muss die **Feuerstätte raumluftunabhängig** (Luft-Abgassystem) betrieben werden. Raumluftabhängige Feuerstätten dürfen in Räumen mit raumlufttechnischen Anlagen nur dann aufgestellt werden, wenn ein positives Gutachten durch einen Sachverständigen vorliegt. Zusätzlich muss eine Sicherheitseinrichtung installiert werden, welche die Wohnraumlüftung bei Bildung von Unterdruck im Aufstellungsraum ausschaltet. Um die Unbedenklichkeit der Kohlenmonoxid-Konzentration in der Raumlüftung zu gewährleisten, sollte die Raumlüftung durch besondere Sicherheitseinrichtungen (z.B. CO-Warngerät) überwacht werden.

Der Kunde muss informiert werden, dass bei einem nachträglichen Einbau einer Feuerstelle raumluftunabhängige Luftzufuhr unbedingt erforderlich ist.

Achtung! Ein am Ofen vorhandener Anschluss für eine externe Verbrennungsluftzuführung ist kein alleiniges Merkmal eines raumluftunabhängigen Gerätes!

Eine Feuerstelle gilt als raumluftunabhängig wenn sie:

1. über eine eigene Luftzufuhr verfügt und
2. als „dicht“ bzw. „raumluftunabhängig“ geprüft ist

Die von der Raumlüftung unabhängige Luftzufuhr zum Ofen wird über folgende Arten umgesetzt:

1. Luftzufuhr über „Kamin-in-Kamin-System“
2. Eigene Luftführung direkt von außen

(Quelle: Komfortlüftungsinfo Nr. 6 Lüftung und Feuerstellen im Wohnraum)

Bei Installation einer **Dunstabzugshaube** wird empfohlen, diesen als **Umlufthaube** auszuführen. Fette, die beim Kochen durch Dampfschwaden mitgerissen werden, können so vom Filter des Dunstabzugs abgeschieden werden, bevor sie sich auf Raumboflächen ablagern. Die Abluft der kontrollierten Wohnraumlüftung übernimmt die Abführung störender Gerüche. Eine Integration des Dunstabzuges in die Wohnraumlüftung ist aus hygienischen und technischen Gründen nicht zulässig und aufgrund der stark unterschiedlichen Volumenströme nicht sinnvoll. Von der Installation einer Ablufthaube wird ebenfalls abgeraten, da diese eine entsprechend große Nachströmung von Außenluft erfordert, um zu funktionieren. Erfahrungsgemäß kommt es dadurch bei hohen oder niedrigen Außentemperaturen zu einer nicht akzeptablen Abkühlung oder Aufheizung der Räume.

Falls doch eine Dunstabzugshaube im **Fortluftbetrieb** vorhanden ist oder installiert wird, muss laut ÖNORM H 6038, eine gleichzeitige Zuluftversorgung für den Dunstabzug sichergestellt werden, z.B.

durch Fensterlüftung mit Kontaktschalter. Die Fortluft ist dabei über eigene Luftleitungen ins Freie abzuführen. Um die Gebäudedichtheit zu unterstützen, muss in die Fortluftleitung und in die zugehörige Außenluftleitung eine dicht schließende Absperrklappe gemäß ÖNORM EN 1751 eingebaut werden. (Quelle: Komfortlüftungsinfo Nr. 7 Komfortlüftung und Dunstabzugshaube bzw. ÖNORM H 6038)

Zentrale Staubsaugeranlagen müssen nicht speziell berücksichtigt werden. Im Normalfall sind sowohl Einsatzdauer als auch Volumenströme zu gering, um nennenswerte Auswirkungen auf die Lüftungsanlage zu haben. Falls ein länger andauernder Einsatz der Staubsaugeranlage bei gleichzeitigem Betrieb mit einer Feuerstätte geplant ist (ab ca. 1 Stunde), sollte ein Fenster geöffnet werden, um die Entstehung von Unterdruck im Gebäude zu vermeiden.

4.2.3 Wohnraumlüftung im Passivhaus

Die reine Zuluftbeheizbarkeit war die Grundidee des Passivhauses, mit dem Vorteil, dass kein weiteres Heizsystem erforderlich ist. Dieses System sollte nur auf ausdrücklichen Wunsch des Kunden eingesetzt werden, wobei **bei reiner Zuluftbeheizung** folgendes **zu beachten** ist:

- Jeder Raum muss eine spezifische Heizleistung von unter 10 W/m^2 NGF aufweisen (Empfehlung $< 7 \text{ W/m}^2$ NGF)! Ein PHPP-Nachweis ist erforderlich. Das Erreichen der HWB-Anforderung des Passivhauses ist nicht ausreichend!
- eingeschränkte individuelle Regelbarkeit der Raumtemperatur, da meist nur ein Heizregister, das Temperaturniveau für die gesamte Wohnung vorgibt
- reine Luftheizung, keine „warmen“ Flächen
- keine Leistungsreserven für Aufheizvorgang, z.B. nach längerer Abwesenheit
- vor allem im Massivbau durch Austrocknungsvorgänge im ersten Winter erhöhter Wärmebedarf
- geringe Fehlertoleranz bei z.B. Nichterreichen des geplanten Wärmeschutzes des Gebäudes

Wesentlicher Nachteil der Luftheizung ist, dass die Heizleistung an den Luftvolumenstrom gekoppelt ist. Die Heizleistung für unterschiedliche Räume kann daher nicht individuell gewählt werden (z.B. Schlafzimmer aufgrund der Luftmenge von $50 \text{ m}^3/\text{h}$ für zwei Personen zu warm, Kinderzimmer mit $25 \text{ m}^3/\text{h}$ für ein Kind zu kalt). Andererseits kann an sehr kalten Tagen die Gesamtluftmenge bei Abwesenheit nicht entsprechend abgesenkt werden, weil die Heizleistung daran gekoppelt ist. Die Folge ist zu starke Austrocknung in diesen Zeiten.

Auch für Passivhäuser werden daher „erweiterte Kombigeräte“ mit wassergeführtem Verteilsystem empfohlen. Mit diesen Geräten ist die Heizleistung nicht mehr an die Luftmenge gekoppelt, was eine individuelle Raumtemperaturwahl unabhängig vom Lüftungsbetrieb ermöglicht.

4.2.4 Grundprinzip der gerichteten Durchströmung (Mehrfachnutzung)

Kontrollierte Wohnraumlüftungen basieren auf der gerichteten Durchströmung von Zulufräumen zu Ablufträumen. Dazwischen liegen die Überströmräume (Gänge, Vorräume), die nicht an die Zuluft oder Abluft der Anlage angeschlossen werden, da sie von der Überströmluft (TRA) passiv durchströmt und somit ohnehin ausreichend be- und entlüftet werden.

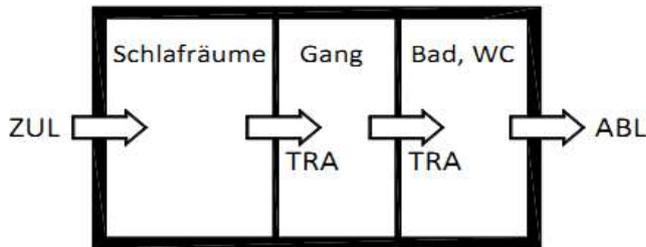


Abbildung 12: Schematische Darstellung der Luft-Mehrfachnutzung (Quelle: ÖNORM H 6038, Bild 2)

4.2.5 Dimensionierung der Zuluft-Volumenströme und optimierte Luftnutzung

Für die Auslegung der Luftmengen einer Lüftungsanlage ist aus zum Teil widersprüchlichen Ansprüchen ein Optimum zu finden. Zur Klärung der Anforderungen tragen Bauherrschaft, Baumeister und Lüftungsplaner bei, am besten in guter Abstimmung.

Zu unterscheiden sind **Dimensionierungs-Luftvolumenstrom** und **Betriebsvolumenstrom**. Letzterer berücksichtigt gelegentliche Nutzung und Abwesenheit.

Grundsätzlich sind Zuluft-Volumenstrom und Abluft-Volumenstrom gleich groß anzusetzen.

Der Zuluft-Volumenstrom entspricht dem Luftbedarf der einzelnen Räume mit der zu erwartenden Standardbelegung. Damit funktioniert Belüftung nicht nur für die gesamte Nutzungseinheit, sondern auch für einzelne Räume bei geschlossenen Innentüren.

- Die ÖNORM H 6038:2014 gibt Richtwerte für Zuluft- Volumenströme zur Unterschreitung der CO₂-Konzentration von 1000 ppm an. Dabei werden die Luftmengen, die eingebracht beziehungsweise abgesaugt werden, über die Personenanzahl und/oder über die Art der Zuluft- und Ablufträume definiert. Die Werte sind zudem davon abhängig, ob die Anlage luftqualitätsgesteuert (CO₂-Sensor) wird.
- Luftwechselzahl/-rate: Eine Luftwechselrate (x/h oder x-h) gibt an, wie oft die Luft eines Raums (Nettoraumvolumen) in einer Stunde ausgewechselt wird. Im Energieausweis wird generell ein 0,4-facher Luftwechsel angenommen. Je nach Belastung werden in anderen Reglements differenzierte Luftwechselraten angegeben, z.B. Küchen bis 20/h, Toiletten bis 5/h, Garagen bis 5/h. Luftwechselzahlen berücksichtigen keine Belegungsdichte und Nutzungsintensität. Luftwechselzahlen sind nicht für die Auslegung (Dimensionierungsvolumenstrom) und den realen Betrieb (Betriebsvolumenstrom) geeignet! Nur der Abwesenheitsvolumenstrom, da belegungs- und nutzungsunabhängig, kann über eine Luftwechselzahl ausgelegt werden.
- Die Anlage sollte soweit regulierbar sein, dass ein Luftwechsel von 0,15/h Nettoraumvolumen möglich ist, damit im Abwesenheitsfall einerseits die Luft nicht zu sehr austrocknet, andererseits die Luftqualität erhalten bleibt.
- Die Auslegung und Regelbarkeit wird an die Bedürfnisse der Bewohner angepasst, wobei nach einem Wohnungswechsel auch die nachfolgenden Bewohner ebenfalls optimal versorgt werden sollen.

Schlafräume sind für die Zuluftversorgung unbedingt zu priorisieren, da sie die Räume mit der längsten Aufenthaltsdauer in einer Wohnung sind, und ein erholsamer, gesunder Schlaf ein wesentliches Argument für eine Komfortlüftung ist. Die Belegung kann anhand der vorhandenen Schlafplätze erkannt, bzw. bei den zukünftigen Nutzern erfragt werden. Für Schlafräume ist pro Person ein Dimensionierungs-Volumenstrom von $25 \text{ m}^3/\text{h}$ anzusetzen. Es empfiehlt sich auch für Kinderzimmer, in denen nur ein Kind geplant ist, für die Dimensionierung trotzdem 2 Personen anzunehmen, um bei abweichender Belegung gerüstet zu sein. Für andere Zulufräume (z.B. Arbeitszimmer) ist ein Volumenstrom von $30 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person anzusetzen.

Die ÖNORM H 6038 bspw. benennt zwar den Wert von $25 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person; in einer Fußnote ist aber vermerkt, dass auch $20 \text{ m}^3/\text{h}$ zulässig sind, wenn keine Luftqualitätsregelung (die den Volumenstrom ggf. verringern würde) erfolgt. Darüber hinaus ist in derselben Norm der Wert von $14,4 \text{ m}^3/\text{h}$ zu finden, und zwar für einen Aktivitätsgrad von 0,8 (ruhend) um 1400 ppm zu halten.

Der Betrieb der Lüftungsanlage kann manuell, zeitabhängig oder abhängig von der Luftqualität gesteuert werden. Lüftungsanlagen lassen sich auch über webbasierende Steuerungen mit Apps für Smartphones fernbedienen und kontrollieren.

Erweiterte Mehrfachnutzung (Kaskadennutzung, optimierte Luftnutzung)

Wohn- und Esszimmer nehmen bei der Auslegung eine Sonderstellung ein. Befinden sich diese Räume angrenzend an die Küche oder andere Ablufträume, so empfiehlt die ÖNORM die erweiterte Mehrfachnutzung der Luft, in dem diese Räume als Überströmbereiche konzipiert werden. Das bedeutet, dass diese Räume über die nachströmende Luft aus Gängen bzw. direkt angrenzenden Zulufräumen versorgt werden. Der direkt eingebrachte Volumenstrom kann reduziert oder es kann sogar ganz auf eine Zuluftbringung verzichtet werden. Ziel dieser Methode ist es, den Gesamtvolumenstrom für die Wohneinheit zu reduzieren, ohne die Luftqualität merklich zu verschlechtern. Damit zielt man auf eine geringere Entfeuchtung der Raumluft im Winter und eine deutliche Reduzierung des Strombedarfs für die Ventilatoren ab.

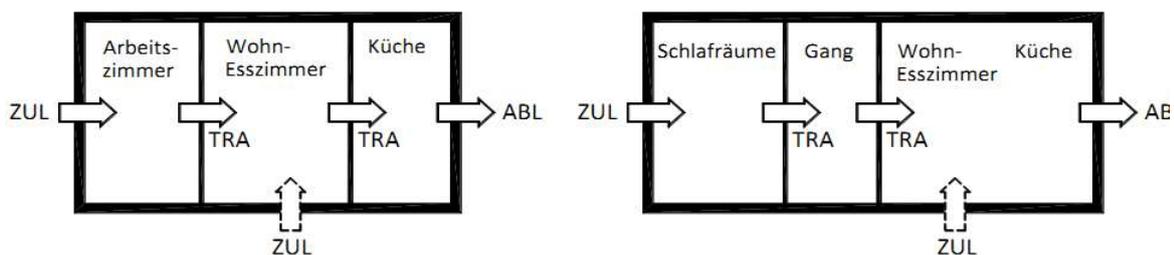


Abbildung 13: Schematische Darstellung der erweiterten Luft-Mehrfachnutzung (Quelle: ÖNORM H 6038, Bild 3)

4.2.6 Dimensionierungsvolumenströme Abluft

Für die Abluftvolumenströme der klassischen Ablufträume (Küche, Bad, WC) gibt es in der ÖNORM H 6038 Mindestwerte. Dabei ist bei Küchen die Haushaltsgröße zu beachten. Für Ein- bis Zweipersonenhaushalte sind mindestens $30 \text{ m}^3/\text{h}$ anzusetzen. Für mehr als 2 Personen im Haushalt müssen mindestens $15 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person zur Verfügung stehen. Auch für Ablufträume kann das Prinzip der erweiterten Mehrfachnutzung der Luft angewendet werden. Beispielsweise ist es möglich den Abluftvolumenstrom der Küche um den Wert der angrenzenden Speisekammer zu reduzieren. Für WCs ist ein Wert von mindestens $15 \text{ m}^3/\text{h}$ anzusetzen. Kein Abluftraum sollte einen Wert unter $10 \text{ m}^3/\text{h}$ aufweisen.

4.2.7 Dimensionierungsvolumenströme Abwesenheit

Aus Gründen der Energieeffizienz und aus Gründen der Vermeidung zu hoher Entfeuchtung im Winter ist eine Absenkung des Volumenstroms bei Abwesenheit der Personen zu empfehlen. Dabei sollte ein Mindestluftwechsel von $0,15 \text{ h}^{-1}$ bezogen auf die belüftete Wohneinheit eingehalten werden.

4.2.8 Maßnahmen zur Anhebung der Raumlufffeuchte

In der Heizperiode ist der absolute Feuchtegehalt der Außenluft auf Grund der niedrigen Temperaturen grundsätzlich geringer als im Sommer. Bei jedem Lüftungsvorgang wird daher bei üblichen Wetterbedingungen – egal ob über Fensterlüftung, Undichtheiten oder über ein Lüftungssystem – mehr Feuchte exportiert als importiert. Ausgeglichen wird dies durch die Produktion von Feuchte durch Mensch, Pflanzen, Kochen, Duschen u.v.m.

Wenn mit dem Luftwechsel mehr Feuchte abtransportiert als produziert wird, sinkt die Raumlufffeuchte ab.

Diese Tatsache ist schon lange bekannt, kann aber dann zum Problem werden, wenn der Luftwechsel nicht auf die jeweils gegebene Personenbelegung und Feuchteproduktion abgestimmt wird.

Die Differenz im Feuchtegehalt kann aufgrund der Temperaturunterschiede zwischen Außenluft und Innenluft so groß werden, dass diese ohne zusätzliche Befeuchtungsmaßnahmen nicht mehr ausgeglichen werden kann.

Neben der grundsätzlich empfehlenswerten optimierten Luftnutzung (siehe 8.2.5) wird daher, abhängig von der Höhe des personenspezifischen Luftvolumenstroms, gemäß ÖNORM H 6038 gefordert:

Dimensionierungs-Volumenstrom der Wohneinheit geteilt durch Belegungszahl ($\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{Pers}$)	Zusätzliche Maßnahmen zur Anhebung der Raumlufffeuchte
< 30	nicht erforderlich
30 ... 40	empfohlen
> 40	erforderlich

Tabelle 4: Volumestrombereiche für Maßnahmen zur Anhebung der Raumlufffeuchte (Quelle: ÖNORM H 6038:2014)

Maßnahmen zur Anhebung der Raumlufffeuchte lassen sich in drei Kategorien einteilen:

- Luftmengenregelungen
- Feuchterückgewinnung
- Aktive Befeuchtung

Nur mit einer Luftmengenregelung lässt sich ein Abfall der Luftfeuchte unter 30% nicht gesichert verhindern. Bei Geräten mit Feuchterückgewinnung kommt es im Wohnbereich hingegen so gut wie nie vor, dass die Luftfeuchte unter 30% sinkt, wenn die Luftmenge zumindest belegungsabhängig gesteuert wird. Im Bürobereich ist aufgrund der sehr geringen internen Feuchtequellen meist eine aktive Befeuchtung notwendig, um über 30% rel. Feuchte zu bleiben. Komfortlüftung.at empfiehlt daher immer eine Feuchterückgewinnung, die im Bürobereich eventuell durch eine aktive Befeuchtung ergänzt werden muss, um gesichert 30% Luftfeuchte nicht zu unterschreiten. Auch

sollte man berücksichtigen, dass bei manchen Menschen bereits bei Luftfeuchtigkeiten unter 40 % Beschwerden auftreten.

Mögliche Maßnahmen zur Anhebung der Raumluftfeuchte:

- **Belegungsabhängige Steuerung**

Darunter sind Steuerungen zu verstehen, die automatisch die Anlage zwischen Betriebsvolumenstrom und Abwesenheitsvolumenstrom umschalten. Dies kann durch ein Wochen-Zeitprogramm oder Bewegungs- und Präsenzsensoren erfolgen. Da die Belegungszeiten in Wohnungen nicht regelmäßig verlaufen, sind immer wieder Nutzereingriffe erforderlich.

- **Bedarfssteuerung /-regelung**

Bei dieser Art der Steuerung und Regelung erfolgt die Veränderung des Volumenstroms nach der Luftqualität (z.B. CO₂-Sensor). Die Luftqualität wird dabei entweder in der zentralen Abluft oder in der Wohnküche gemessen. In der Nacht läuft die Anlage konstant mit dem Betriebsluftvolumenstrom, da in der Nacht ein verzögertes Ansprechen der Anlage erfolgen würde (CO₂ aus den Schlafräumen benötigt Zeit, bis es in der Abluft registriert wird).

- **Zonen- oder raumweise Luftmengensteuerung**

Dabei wird die Zuluft hauptsächlich nur in die Räume eingebracht, die von Personen benutzt werden. Nicht belegte Räume erhalten nur eine Grundlüftung, die die Räume nicht austrocknet. Die Schaltung der Zonen oder Räume erfolgt über Zeitschaltung, Luftqualitätssensoren oder Taster. Diese Art der Steuerung wird im Wohnbereich noch eher selten eingesetzt, da der Planungs- und Installationsaufwand höher anzusetzen ist.

Die obigen Maßnahmen haben den zusätzlichen Vorteil, dass sie zu einer signifikanten Stromverbrauchsreduktion beitragen und den Filterverbrauch reduzieren.

- **Feuchterückgewinnung**

Eine Feuchterückgewinnung bei Komfortlüftungen sollte immer ohne Kondensatphase erfolgen, damit sie hygienisch unbedenklich ist. Eine Feuchterückgewinnung hat neben dem Vorteil einer höheren Luftfeuchte zudem den Vorteil, dass sie die Vereisungstemperatur reduziert wodurch sich die elektrische Energie beim Frostschutzregister einsparen lässt bzw. die Geräte teilweise keinen Kondensatabfluss mehr benötigen.

Möglichkeiten der Feuchterückgewinnung (Komfortlüftung.at, Info Nr. 19)

- Plattenwärmetauscher mit Feuchteübertragung (rekuperativ)
- Rotierende Wärmetauscher (regenerativ)
- Wärmetauscher mit unbewegter Speichermasse (regenerativ) – (sind aufgrund der Geruchsübertragung im Wohnbau nicht zu empfehlen)

a) Eine Möglichkeit der Feuchterückgewinnung bieten **feuchtedurchlässige Membranen in Plattenwärmetauschern** (Entalpietauscher). Die Feuchteregelbarkeit ist im Gegensatz zur Drehzahlregelung bei Rotoren nicht möglich. Es ist daher insbesondere in der Austrocknungsphase des Gebäudes zu beachten, dass es zu keiner Überfeuchtung der Wohnung kommt. Die bisherigen Erfahrungen mit diesen Geräten sind sehr gut.

b) Die bei Bürolüftungen und Klimaanlage schon seit Jahrzehnten eingesetzte Technologie der Feuchterückgewinnung mittels **rotierender Wärmetauscher** wurde bei zentralen Wohnungslüftungen bislang nur selten eingesetzt. Der Grund liegt in der möglichen Geruchsübertragung aufgrund des nicht auszuschließenden Stoffaustausches über die mikroporöse Oberfläche des Rotors. Tabakrauch, WC- oder Essensgerüche könnten trotz Spülzone an die Zuluft übertragen werden. Uneingeschränkt sind rotierende Wärmetauscher mit

speziellen Beschichtungen für einzelne Wohnungen bzw. Einfamilienhäuser einsetzbar. Versuchsobjekte in Salzburg zeigen aber dass diese Technologie auch für große Wohngebäude möglich ist.

c) Während bei Rotationswärmetauschern die Speichermasse bewegt wird, steht sie bei dieser Art von Wärmetauschern still. Stattdessen erfolgt eine abwechselnd zyklische Durchströmung des Wärmespeichers von Abluft und Außenluft. Diese Wärmetauscherart kann bei Großgeräten nur im Büro bzw. Schulbereich eingesetzt werden, da die Falschlufte zu Geruchsübertragungen führt. Bei Pendellüftern (Einzelraumlüftern) werden ebenfalls unbewegte Speichermassen eingesetzt. Hier fördert ein Ventilator für eine gewisse Zeit die Luft nach außen, dreht dann seine Drehrichtung um und fördert anschließend die Luft nach innen. So kann Wärme und Feuchte auf die Frischluft übertragen werden.

- **Aktive Befeuchtung**

Bei aktiver Befeuchtung muss auf die geprüfte Hygiene des Systems und eine regelmäßige Wartung geachtet werden.

- + **Mobile dezentrale Dampfluftbefeuchter** in Aufenthaltsräumen verursachen u.U. hohe Energiekosten und einen erheblichen Wartungsaufwand, können aber bei korrekter Verwendung Abhilfe schaffen.

- + Eine **zentrale Zuluftbefeuchtung** über die Wohnraumlüftung ist ebenfalls möglich. Die Anschaffungskosten und die laufenden Kosten sind jedoch nicht unerheblich.

- **Passive Befeuchtung**

- + Ein natürlicher Weg die Raumluftfeuchte anzuheben sind **Zimmerpflanzen**. Besonders viel Feuchtigkeit gibt z.B. Papyrus ab. Neben der Abgabe von Feuchte tragen Pflanzen insgesamt zur Erhöhung der Luftqualität bei. Allerdings benötigen diese Pflanzen für ihren Stoffwechsel ausreichend Licht, das wiederum im Winter nur durch geeignetes Kunstlicht ausreichend bereitgestellt werden kann.

- + Der Einsatz von **feuchteregulierenden Baustoffen** (z.B.: Lehm oder offenporigem Holz) im Innenraum kann dazu beitragen, Schwankungen der Luftfeuchte auszugleichen, kann aber das Absinken der Raumluftfeuchte nicht verhindern, sondern nur verzögern.

Maßnahme	Anhebung der Raumluftfeuchte (%-Punkte)
Belegungsabhängige Steuerung	5 – 10 %
Bedarfssteuerung /-regelung	5 – 10 %
Zonen-/raumweise Steuerung	5 – 15 %
Feuchterückgewinnung	10 – 25 %
Aktive Befeuchtung	10 – 25 %

Tabelle 5: Raumluftfeuchteanhebung in Abhängigkeit der Maßnahmen

Die Werte in Tabelle 4 sind empfohlene Richtwerte die durch die ÖNORM H 6038:2014 gestützt sind. Wenn diese nicht eingehalten werden kann es zum Komfortverlust kommen.

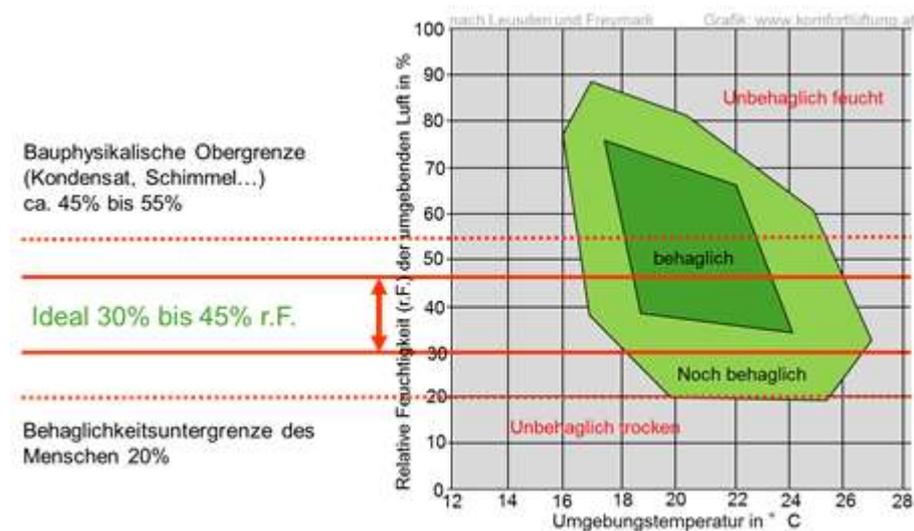


Abbildung 14: Behaglichkeitsdiagramm nach Leusden und Freymark

Filter

Filter werden für die Reinigung der Außen- und der Abluft benötigt. Diese Filter erreichen je nach Anforderung unterschiedlichen Abscheidegrade. In Wohnraumlüftungsanlagen werden Filter der **Klassen** G4 bis M6 für die Abluft und F7 bis F9 für die Zuluft eingesetzt.

- Die ÖNORM H 6038 schreibt zumindest F7 für die Zuluft und G4 für die Abluft vor. Damit können Pollen vollständig und Feinstaub PM 10 bereits zum Teil abgeschieden werden.
- Für Sporeallergiker werden Zuluft-Filter der Klasse F8 und F9 empfohlen, diese scheiden 95 bis 98 % der Schimmelsporen ab und bringen somit eine erhebliche Erleichterung der Symptome.
- Empfehlung zum Einsatz von Taschenfiltern oder Plisseefiltern mit enger Faltung (geringer Druckverlust, lange Stand- bzw. Einsatzzeit)
- Anzeige für den Filterwechsel im Wohnraum (beim EFH)
- Laut ÖNORM H 6038 müssen die Filter so eingebaut sein, dass ein Wechsel ohne Werkzeug möglich ist.
- Vor Auswahl eines Gerätes oder Systems sollten die Filterkosten pro Jahr recherchiert werden. Hier gibt es erhebliche Unterschiede, die die Betriebskosten wesentlich beeinflussen.



Abbildung 15: Abluftfilter einer Wohnraumlüftung links nach einem Jahr, rechts neu
 Quelle: www.bonit.at/wordpress/?p=2407

Das Filtern von Gerüchen mittels **Aktivkohlefiltern** wäre zwar möglich, diese sind aber teuer (ca. 170 € pro Wechsel) und weisen geringe Standzeiten auf, weshalb sie nur selten eingesetzt werden.

Eine weitere Möglichkeit zur Beseitigung von Gerüchen ist die **temporäre Abschaltung** der Anlage, wenn ein Luftqualitätssensor Gerüche erkennt.

Wichtig ist, dass die Wahl des Filters in die wirtschaftliche Betrachtung miteinbezogen wird. Feinere Filter weisen höhere Druckverluste auf, was zu einem erhöhten Stromverbrauch der Anlage führt. Es sollten daher nur großflächige Feinfilter zur Anwendung kommen. Weiters muss beachtet werden, dass der Filter je nach Fläche ca 1 bis 2 Mal pro Jahr getauscht werden muss.

Feinfilter können nicht regeneriert werden (Absaugen), da die feinen Partikel in der Filterstruktur fest haften, ein Waschen würde die Filterstruktur zerstören. Bei Grobfiltern lohnt sich der Aufwand des Absaugens oder Waschens nicht, da diese meist sehr kostengünstig ersetzt werden können, allerdings würde die Mehrfachverwendung dazu beitragen, Abfall und Neuproduktionskosten zu verringern.

4.2.9 Betriebszeiten

Grundsätzlich sind kontrollierte Wohnraumlüftungen für den durchgängigen Betrieb konzipiert. Bei luftqualitätsabhängig gesteuerten Anlagen mit geringem Strombedarf lohnt sich das Abschalten in der warmen Jahreszeit nicht. Meist vermissen die Bewohner die automatische Entlüftung von WCs, Bädern oder Abstellräumen im Sommer. Außerdem besteht bei stehenden Anlagen ohne motorische Verschlussklappen die Möglichkeit, dass Rückströmungen aus dem Abluftsystem in den Raum stattfinden.

Für den **Sommerbetrieb mit einem Sole-Erdwärmetauscher** muss ein sogenannter Sommerbypass eingeplant werden (bei einigen Lüftungsgeräten bereits integriert). Dieser sorgt dafür, dass in kühlen Sommernächten der Wärmetauscher der Anlage umgangen wird. Die Außenluft wird dann mit Außentemperatur eingebracht bzw. temperiert.

Der Vorteil des Ganzjahresbetriebs liegt darin, dass das Eindringen von Insekten und Pollen in das Gebäude stark reduziert wird. Vor allem für Allergiker bringt dies einen großen Komfortgewinn. Für Anlagen ohne Sole-EWT ist ein Sommerbypass nicht erforderlich. Eigentlich entstehen daraus für den

Winterbetrieb sogar Nachteile, da es erfahrungsgemäß nicht selten zu Undichtheiten oder Störungen kommt.

Sommer: Grundsätzlich sind laut OIB RL6 Wohngebäude in Österreich sommertauglich auszuführen, sodass keine aktive Kühlung notwendig sein sollte. Wird aktive Kühlung gewünscht, so kann eine Lüftungsanlage diese unterstützen. Die Wohnraumlüftung erspart das Fensterlüften im Sommer und ermöglicht durch die Wärmerückgewinnung oder einen Sole-EWT eine Verringerung des Wärmeeintrages durch die Lüftung. So kann sie einen Beitrag zur Sommertauglichkeit leisten. **Kühllasten können von Wohnraumlüftungen nicht abgedeckt werden.**

4.2.10 Akustik

Lüftungsanlagen ermöglichen das Geschlossenhalten der Fenster, was störende Außengeräusche reduziert. Durch diese Absenkung des Schallpegels treten aber Schallquellen haustechnischer Systeme mehr in den Vordergrund.

In der ÖNORM H 6038 wird auf die OIB-RL 5 verwiesen, wo für Aufenthaltsräume (außer Küchen) ein äquivalenter Anlagengeräuschpegel von 25 dB(A) gefordert wird.

Dieser Wert wird von Personen in ruhigen Wohngebieten oftmals als noch störend empfunden. Es wird empfohlen vor allem in Schlafräumen die Anlage auf einen Schalldruckpegel von max. 20 dB(A) zu optimieren. Dies entspricht der Klassifizierung A „hoher Komfort“ gemäß ÖNORM B 8115-6.

Zu beachten ist, dass bei Schall eine Erhöhung um 3 dB deutlich wahrnehmbar ist und eine Erhöhung um 10 dB eine Verdopplung der Lautstärke bedeutet.

Maßnahmen, damit in Aufenthaltsräumen, insbesondere Schlafräumen, keine störenden Geräusche wahrnehmbar sind:

- **Aufstellungsort des Lüftungsgerätes:** Wohn- oder Schlafräume eignen sich grundsätzlich nicht. In Frage kommen Technikräume, Abstellräume, bei leisen Geräten auch Garderoben oder schallgedämmte Gehäuse im Bad oder in der Küche. Die Tür zwischen einem Technikraum und der Wohnung muss insbesondere bei Wärmepumpengeräten akustisch eine hohe Qualität haben. Geräteschwingungen übertragen sich bei Aufstellung im Spitzboden und Holzdecke leichter ins Schlafzimmer als bei Betondecken. Massive Trennwände (oder Decke) zum Geräteaufstellort sind zu empfehlen. Bei kleinen Wohneinheiten und im Mietwohnbereich sollte das Gerät eher außerhalb der Wohnung untergebracht werden.
- **Schallabgabe des Gerätes** an die Luftleitungen: diese Schallbelastung wird durch Schalldämpfer begrenzt.
- **Die Luftgeschwindigkeit** in den Leitungen ist ein entscheidender Punkt. Die Zuluft-Lüftungskanäle sind laut ÖNORM H 6038 auf eine maximale Strömungsgeschwindigkeit von 3,5 m/s auszulegen, wobei es jedoch zu Strömungsgeräuschen kommt. komfortlueftung.at empfiehlt daher geringere Werte: 2,5 m/s für Sammelleitungen, Leitungen zum Raum 1,5 m/s. Bei Strömungsgeschwindigkeit von 1 m/s sind die Strömungsgeräusche in Lüftungskanälen vom menschlichen Gehör in der Regel nicht wahrzunehmen, allerdings werden die Rohrquerschnitte sehr groß.

Maximale Luftmengen zur Einhaltung empfohlener Schalldruckpegel

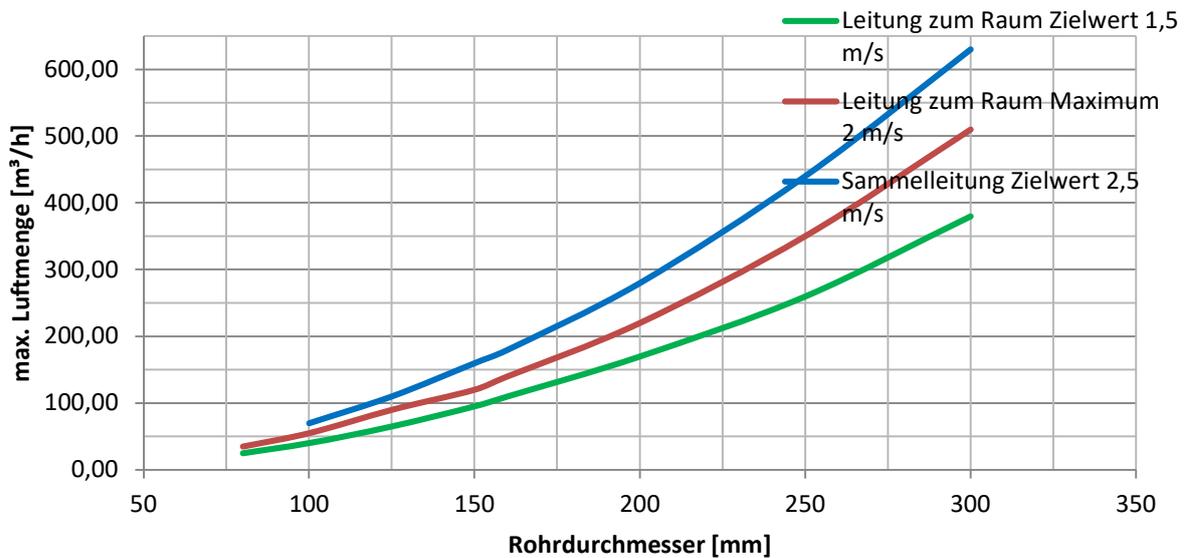


Abbildung 16: Maximale Luftmengen bei unterschiedlichen Rohrdurchmessern

- Der **Zuluftdurchlass** (das Zuluftventil) ist neben dem Lüftungsgerät die Hauptursache für Schallbelästigungen. Um diese Schallbelästigungen zu vermeiden, sind beim Zuluftdurchlass folgende Punkte zu beachten:
 - richtige Durchlassgröße für die entsprechende Luftmenge (geringe Luftgeschwindigkeit)
 - richtige Platzierung des Zuluftdurchlasses im Raum (Raumecken vermeiden)
 - richtige Durchlassauswahl für die Raumverhältnisse bzw. die gewählte Platzierung
 - in Schlafzimmern das Zuluftventil möglichst weit vom Ohr weg
- **Telefonieschall (Bezeichnung für Geräusche, die über die Lüftungsleitungen zwischen Räumen übertragen werden):** Wird durch Telefonieschalldämpfer bzw. schalldämmte Verteilkästen verhindert

Grundsätzlich gilt, dass bei erhöhten Ansprüchen an die akustische Qualität der Anlage eine genaue Planung und Berechnung der Akustik notwendig ist. Manchmal lassen sich unangenehme Geräusche auch durch eine kleine Veränderung der Drehzahl der Ventilatoren verringern, weshalb hier frei programmierbare Anlagen, wo die Drehzahl der einzelnen Lüftungsstufen stufenlos verändert werden kann, einen Vorteil aufweisen.

4.2.11 Zugluftvermeidung

Zur Vermeidung von Zugluft sind zwei Parameter zu beachten, die Luftgeschwindigkeit und die Lufttemperatur.

Die **Luftgeschwindigkeit** wird hauptsächlich durch den Einsatz ausreichender Querschnitte bei Zuluft, Überström- und Abluftdurchlässen beeinflusst sowie durch korrekte Platzierung und die richtige Durchlasswahl. Kritischer Punkt sind dabei die Zuluftdurchlässe.

Bezüglich der **Zulufttemperatur** sind folgende Werte einzuhalten:

- minimale Zulufttemperatur max. 3 °C unter der Raumtemperatur

- und mindestens 17 °C Zulufttemperatur

Eine erste grobe Platzierung der Durchlässe kann dabei mit dem Kunden vorgenommen werden. Vor allem die Abstimmung mit der späteren Einrichtung der Wohnräume ist wichtig, um zu vermeiden, dass Durchlässe durch Kästen oder ähnliches verdeckt werden. Die Positionierung der Zuluftdurchlässe über Türen ist meist sinnvoll, da man sich im Türbereich selten längere Zeit aufhält. Abluftdurchlässe sind in jenen Bereichen anzuordnen, in denen Feuchte und Gerüche entstehen, jedoch nicht unmittelbar über Dampfschwaden von Duschen, Badewannen und Kochherden.

Die genaue Platzierung muss durch den Lüftungsplaner erfolgen, da nur so lautloser und zugfreier Betrieb gesichert werden kann.

4.2.12 Nutzersteuerung: Art der Luftmengensteuerung und -regelung

Kategorie	Beschreibung
IDA – C1	Die Anlage läuft konstant.
IDA – C2	Manuelle Regelung (Steuerung) Die Anlage unterliegt einer manuellen Schaltung.
IDA – C3	Zeitabhängige Regelung (Steuerung) Die Anlage wird nach einem vorgegebenen Zeitplan betrieben.
IDA – C4	Belegungsabhängige Regelung (Steuerung) Die Anlage wird abhängig von der Anwesenheit von Personen betrieben (Lichtschalter, Infrarotsensoren usw.).
IDA – C5	Bedarfsabhängige Regelung (Anzahl der Personen) Die Anlage wird abhängig von der Anzahl der im Raum anwesenden Personen betrieben.
IDA – C6	Bedarfsabhängige Regelung (Gassensoren) Die Anlage wird durch Sensoren geregelt, die Raumluftparameter oder angepasste Kriterien messen (z. B. CO ₂ -, Mischgas- oder VOC-Sensoren). Die angewendeten Parameter müssen an die Art der im Raum ausgeübten Tätigkeit angepasst sein.

Tabelle 6: mögliche Arten der Steuerung bzw. Regelung der Luftvolumenströme (Quelle: ÖNORM EN 13779)

Einstellungsmöglichkeit der Lüftungssteuerung:

Die Erfahrung zeigt (auch in ÖNORM H 6038 vorgeschrieben), dass dem Bewohner **mindestens eine dreistufige** Einstellungsmöglichkeit der Lüftungssteuerung zugestanden werden soll:

- 1 – Min (Grundlast, minimaler Luftwechsel; laut ÖNORM H 6038 0,15-facher Luftwechsel; in Absprache mit dem Bauträger)
- 2 – Normal (je nach Anspruch an Luftqualität)
- 3 – Partystellung zur Abfuhr temporärer höherer Abluftlasten, diese schaltet nach vorgegebener Zeit (1 - 2 Std.) wieder in die Grundstellung zurück

Der Bewohner soll jedenfalls die Möglichkeit haben, seine Lüftungsanlage auf Wunsch „ausschalten“ zu können, realisierbar durch die Möglichkeit die Anlage über die Bedieneinheit oder einen eigenen Stromkreis mittels Sicherungsautomaten abzuschalten. Dabei sollte der Nutzer über die möglichen Folgen einer längerfristigen, vollständigen Abschaltung in der Bedienungsanleitung aufgeklärt werden.



Abbildung 17: Bedienelement Funktionen: Ein/Aus, 3 Ventilatorstufen, Automatik. LED-Anzeige: Betriebsmodus, Filtermeldung, Störmeldung.

(Quelle: www.wolf-online-shop.de/LUEFTUNG/Dimplex-Wohnraumlueftung/Regelung-und-Zubehoer/Dimplex-Bedienelement-ACE-WJ-Herst-Nr-364410::26327.html)



Abbildung 18: Raumbediengerät mit Touch-panel
(www.drexel-weiss.at/?p=f0is11133j-f1isi56-515jli124-2571jj-f3is514j-f5is3j-f6is413j-l2571)

Anzeigen am Bediengerät:

- Betriebszustand, Filterüberwachung und eine Summenstörmeldung (Vorgabe der Norm)
- Eine Anzeige der aktuellen elektrischen Leistungsaufnahme für die Geräteeinheit wird empfohlen.

Automatische, bedarfsabhängige Regelung:

- Komfortgewinn bietet eine Abschaltung der Lüftungsanlage bei Abwesenheit der Bewohner (durch Zeitschaltuhr, Feuchte- oder CO₂-Fühler u. dgl.).
- Mithilfe von **Zeitschaltuhren** können Wochenprogramme erstellt werden, die z.B. die Abwesenheit während der Arbeitszeit berücksichtigen.
- **Feuchte- oder CO₂-Fühler** können die Luftmenge genau an die Anwesenheit von Personen bzw. an die Luftqualität anpassen. Dies ist sowohl zentral durch Fühler in der Hauptabluftleitung als auch raum- oder zonenweise möglich. Automatische Steuerungen sind ein wirksames Mittel, um zu trockene Raumluft im Winter zu vermeiden.

4.2.13 Wartung und Betrieb

Zuständigkeit: In jedem Fall ist festzulegen, **wer für Reinigung und Wartung zuständig ist**, um zu verhindern, dass diese mangels Zuständigkeit nicht durchgeführt wird!

Filterwechsel: Erfahrungsgemäß sollte dem Mieter die Verantwortung für den Filterwechsel nicht überlassen werden.

Die nötigen periodischen Filterwechsel sollen von der Hausverwaltung selbst oder im Auftrag der Hausverwaltung von einer Fachfirma durchgeführt werden.

Anmerkung: Eine gesetzliche Regelung im Wohnrecht fehlt diesbezüglich noch. Im Einfamilienhaus muss die Anlage so konzipiert sein, dass die Bewohner den Filterwechsel selbst durchführen können. Wobei die Notwendigkeit des Filterwechsels auf der Steuerung im Wohnraum angezeigt werden muss. In jedem Fall ist festzulegen wer für den Filterwechsel zuständig ist.

Wartung und Instandhaltung: Diese Leistungen, inkl. Ablesungen und Kontrollen der eingestellten Luftmengen (Monitoring), sollen regelmäßig von der Hausverwaltung selbst oder im Auftrag der Hausverwaltung von einer Fachfirma durchgeführt werden. Bewährt haben sich Wartungsverträge mit Fachfirmen, die die Verantwortung bezüglich des optimierten Betriebs der Lüftungsanlage inkl. Filtertausch übernehmen.

Hygiene: Eine sorgfältig ausgeführte Wohnraumlüftung ist aus hygienischer Sicht unbedenklich. Die Hygiene der Raumluft wird durch den kontinuierlichen Luftaustausch und die hochwertige Filterung der Außenluft deutlich verbessert. Es entstehen aber keine „sterilen Verhältnisse“ in der Zuluft bzw. in der Wohnung. Auf reinigungsfreundliche Ausführung der Luftleitungen ist zu achten. Grundsätzlich ist die Reinhaltung einer allfällig erforderlichen Reinigung vorzuziehen. Doch auch bei optimaler Betriebsweise ist eine Reinigung nach gewisser Zeit vonnöten, auch wenn dies meist erst nach über 10 Jahren notwendig ist.

Die ÖNORMEN EN 15780 und H 6021 legen allgemeine Anforderungen und Verfahren fest, die zur Beurteilung und Aufrechterhaltung der Sauberkeit von Lüftungsanlagen erforderlich sind. Für Wohnungslüftungsanlagen ist als Mindestanforderung die Sauberkeitsqualitätsklasse „mittel“ gemäß ÖNORM EN 15780 anzuwenden. Die Sauberkeitsqualitätsklasse sollte ca. alle 5 Jahre von einem Fachmann überprüft werden.

Reinigbarkeit in der Planung sicherstellen: Die Teillängen der Luftleitungen müssen ohne bauliche Eingriffe reinigbar sein. Reinigungsdeckel in Luftleitungssystemen sind nur dort einzubauen, wo die Reinigungsmöglichkeit durch andere Maßnahmen nicht gegeben ist. Die Größe und Einbaulage von Reinigungsdeckeln ist gesondert zu vereinbaren.



Abbildung 19: Prinzipschema einer Bürstenreinigung, Quelle: breg-rauchfangkehrer.at

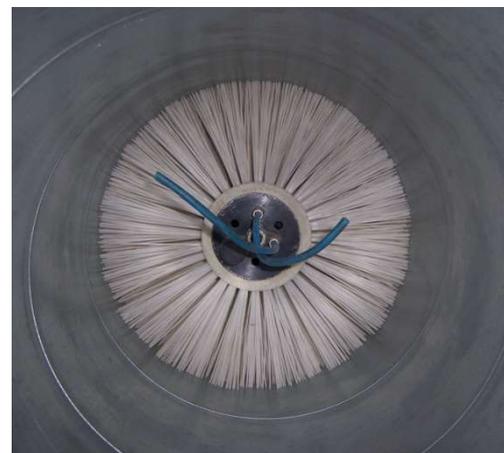


Abbildung 20: Reinigungsbürste (Quelle: <http://www.luft.ag/>)



Abbildung 21: Druckluftdüse für kleine Rohrquerschnitte und rotierende Druckluftdüse mit Kunststoffschnören (Quelle: [http://www.boesch-mrs.ch/lueftungsreinigung/detail.htm?param_mpGUID=MetaProduct\[13\]¶m_focus=32](http://www.boesch-mrs.ch/lueftungsreinigung/detail.htm?param_mpGUID=MetaProduct[13]¶m_focus=32))

Im Einfamilienhaus ist die Reinigbarkeit gewährleistet, wenn eine rotierende Bürste über eine biegsame Welle durch das gesamte Leitungsnetz hindurch kommt.

Vermieden werden sollten:

- mehr als zwei 90°-Bögen zwischen zwei Reinigungsöffnungen
- kleine Flachkanäle
- selbstbohrende Schrauben zur Leitungsverbindung
- Folienschläuche
- In den Kanalquerschnitt ragende Schrauben

Ist eine Luftleitung nicht reinigbar, so müsste die Luftleitung im Reinigungsfall ausgetauscht bzw. die Lüftung stillgelegt werden.



Abbildung 22: Beispiel eines nicht reinigbaren Leitungssystems in einer Zwischendecke (Leitzinger, 2013)

	Brandschutzklappen		Feuerschutzabschlüsse	
Kennzeichnung	CE-Kennzeichnung	Bewertung	ÜA-Kennzeichnung	Bewertung
Regelwerke	Produktnorm ÖNORM EN 15650 Prüfnorm ÖNORM EN 1366-2 Klassifizierungsnorm ÖNORM EN 13501-3		Verwendungsgrundsätze OIB-095.4-001/06-005 OIB-095.4-002/05-009	
Kontrollprüfung	mindestens 1 x jährlich entsprechend ÖNORM H 6031		nicht notwendig Installationsattest lt. ÖNORM H 6027	
Stellungsanzeige optisch elektrisch	von außen möglich möglich		von außen möglich (produktspezifisch) möglich (produktspezifisch)	
Revisionsöffnungen	notwendig		nicht notwendig Zugänglichkeit muss möglich sein	
maximale Abmessung	eckig und rund - gemäß Prüfberichte		rund - bis DN160 (produktspezifisch)	
Druckverluste	vergleichsweise hoch Querschnittsverminderung durch Klappenblatt und Einbauteile		vergleichsweise niedrig schmale Klappenblätter bis hin zu freiem Querschnitt (produktspezifisch)	
Reinigbarkeit des Systems	ungünstige Einflüsse		günstige Einflüsse	
Systemintegration	vergleichsweise hoch		vergleichsweise niedrig	
Investitionskosten	vergleichsweise hoch		vergleichsweise niedrig	
Betriebskosten	vergleichsweise hoch		vergleichsweise niedrig	

Legende:



Quelle: Energie Tirol

Abbildung 23: Gegenüberstellung von Brandschutzklappen und Feuerschutzabschlüssen (Quelle: Energie Tirol)

Angabe der zu erwartenden Betriebskosten (Anforderung an Lüftungsplaner): Geringe Betriebskosten und geringer Wartungsaufwand werden primär durch die Konzeption der Anlage mitbestimmt. Wesentlich sind der Strombedarf, die Filterkosten, die Langlebigkeit der Komponenten und die Wartungsfreundlichkeit.

Die Kosten betragen in etwa:

- **Betriebskosten: 0,36 bis 1,56 € pro Quadratmeter Wohnnutzfläche und Jahr** (nach einer Studie der GBV vom Gebäudetyp abhängige Kostenbelastungen bis 1,44 €, Schöberl (2012) beschreibt für Passivobjekte mit 0,36 - 1,56 €/m²a.)
- **Kosten für Reinigung: 3 bis 8 € pro Quadratmeter Wohnnutzfläche** ergeben für eine 75m² Wohnung zwischen 225 und 600 €. Bei einem Intervall von 10 bis 15 Jahren ergibt das eine Kostenspanne von **0,2 bis 0,8 € pro Quadratmeter Wohnnutzfläche und Jahr** (Studie „ZukoLü“, 2013)

Instandhaltung: Einteilung nach ÖNORM M 8100:1985:

- **Wartung** (inkludiert Filtertausch und Funktionskontrolle der Brandschutzklappen, durch eingeschulte Hausbetreuung und/oder Fachfirma)
- **Inspektion** (Sachverständiger, Fachfirma)
- **Instandsetzung** – Überholung bzw. Reparatur (Fachfirma)

	Einfamilienhaus	Großvolumiger Wohnbau	
		Zentral	Dezentral
Wartungskosten	30 – 100 €/a		
Instandhaltung		Ca. 0,5 €/m ² a	Ca. 1 €/m ² a
Stromkosten	0,6 - 1,3 €/m _{NF} ² a	0,5 – 1 €/m _{NF} ² a	

Informationsgrundlage, Kostenoptimale Gebäudestandards für großvolumige Wohngebäude:
www.e-sieben.at/de/download/InnoCost_Abschluss-WS_130627.pdf (S25)

4.2.14 Nachweise zur Energieeffizienz

Der **Strombedarf** hängt im Wesentlichen von der transportierten Luftmenge, dem externen Druckverlust und der Qualität des Lüftungsgerätes ab. Um die Energieeffizienz zu optimieren, ist neben einer durchdachten Planung von Luftmengen und Rohrleitungen auch die Abnahme der fertigen Anlage wichtig (siehe Kapitel 7).

Der Stromverbrauch einer Wohnraumlüftungsanlage für ein EFH mit 110 m² Nutzfläche und vier Bewohnern kann je nach Planungs- und Ausführungsqualität bei ganzjährigem Betrieb der Anlage sehr unterschiedlich sein:

- Anlage CO₂-geregelt mit durchschnittlich 80 m³/h und einer Stromeffizienz von 0,3 Wh/m³. Stromverbrauch bei ganzjährigem Betrieb 8760 h x 24 W = 210 kWh. Bei einem Strompreis von 0,2 €/kWh ergibt das 42 € pro Jahr.
- Laut ÖNORM H 6038 darf bei Betrieb der Lüftungsanlage für die Luftförderung einschließlich der Wärmerückgewinnung beim Betriebs-Luftvolumenstrom und den dabei auftretenden Druckverlusten für die spezifische elektrische Leistungsaufnahme des gesamten Lüftungsgerätes ein Wert von höchstens 0,45 W/(m³·h) nicht überschritten werden. Das entspricht für das beschriebene EFH einem Stromverbrauch von etwa 500 kWh/a bzw. ca. 100 €/a.
- Bei schlecht geplanten Anlagen können die Werte im Betrieb weit darüber liegen.

Anlagensysteme

zentral / semi-zentral / dezentral / semi-dezentral / raumkombiniert / raumweise

Die hauptsächlich verwendeten Anlagensysteme lassen sich in 6 Klassen einteilen. Die Verwendung der Begriffe „zentral“ und „dezentral“ richtet sich dabei nach der Lage der Wärmerückgewinnung. Der Zusatz „semi“ bedeutet, dass nicht alle Hauptkomponenten zentral oder dezentral situiert sind.

Beim Neubau von Einfamilienhäusern wird im Normalfall ein zentrales Gerät gewählt. Für die Sanierung können auch raumkombinierte und raumweise Systeme eingesetzt werden, da hier der Verrohrungsaufwand sehr gering ist.

In der Tabelle unten findet sich eine kurze Beschreibung der einzelnen Systeme. Genauere Beschreibungen sowie Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme finden sich unter:

http://xn--komfortftung-3ob.at/fileadmin/komfortlueftung/MFH/Planungsleitfaden_Komfortlueftung_im_MFH_V_1.0.pdf

Bezeichnung	Beschreibung
zentral (Mehrwohnungs- system)	Ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung versorgt mehrere Wohnungen. Der Druck im Abluft- und Zuluftsystem wird konstant gehalten.
semi-zentral (Mehrwohnungs- system)	Ein zentrales Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung versorgt mehrere Wohnungen. Der Druck im Abluft- und Zuluftsystem wird variabel geregelt.
semi-dezentral (Mehrwohnungs- system)	Je Wohneinheit gibt es ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung. Die Außenluftansaugung (Filterung, Vorwärmung,..) und/oder die Fortluftführung erfolgen zentral mit Stützventilatoren mit konstantem Vordruck.
dezentral (Einzelwohnungs- system)	Je Wohneinheit gibt es ein Lüftungsgerät mit Wärmerückgewinnung. Die Luftaufbereitung der Außenluft (Filterung, Vorwärmung) und die Fortluftausblasung erfolgen für jede Wohnung getrennt.
raumkombiniert (Mehrraum- system)	Je Wohneinheit gibt es zwei oder mehrere Lüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung, die jeweils mindestens 2 Räume versorgen, wobei mindestens ein Raum als Zuluft- und einer als Abluftraum fungiert (z.B. Wohnzimmer - Küche, Schlafzimmer – Bad).
raumweise (Einzelraum- system)	Für jeden Raum gibt es ein oder mehrere Kleinlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung.

Verbrauchte Raumluft wird ins Freie befördert und gibt dabei die Wärme an die Wärmespeicher ab. Durch Umkehrung der Strömungsrichtung wird kalte Außenluft über die Wärmespeicher geführt, dadurch erwärmt und als Zuluft dem Wohnraum zugeführt. Mehrere Lüfter können mittels Steuerung verbunden werden, sodass sie im Gegentakt zusammenarbeiten.

Vorteile:

- Diskontinuierliche raumweise Systeme
- keine Leitungen erforderlich
 - Nachrüstmöglichkeit für einzelne Räume
 - Räume unabhängig voneinander steuerbar
 - kostengünstig (bei Einsatz in einzelnen Räumen)
 - Undichtheiten in der Gebäudehülle sind weniger relevant für eine Beeinflussung der Anlagenfunktion

Nachteile

- Schall (vom Gerät bzw. von außen)
- hygienisch kritisch
- keine hohe Filterstufe möglich
- Positionsmöglichkeit der Außenluftfassung kaum wählbar
- Höherer Wartungsaufwand durch mehr Filter (2 pro Gerät) und kürzere Wechselintervalle

Tabelle 7: Anlagensysteme (Leitzinger, 2011)

4.2.15 Frostschutz

Im Winter können Lüftungsanlagen mit hocheffizienter Wärmerückgewinnung bei sehr kalter Außenluft (z.B. -12°C) die warme Abluft des Hauses theoretisch weit unter den Gefrierpunkt abkühlen. Dabei würde allerdings der Wasserdampf in der Abluft im Wärmetauscher kondensieren und zu Eis gefrieren. Durch das Eis würde der Wärmetauscher zufrieren. Um dies zu vermeiden, muss die einströmende Außenluft vorerwärmt werden. Die dazu nötige **Vorwärmtemperatur** hängt vom Wirkungsgrad der Wärmerückgewinnung ab. Bei 80 % WRG reicht eine Vorwärmung auf etwa -4°C , bei 90 % WRG reicht eine Vorwärmung auf etwa -1°C aus, um den Frostschutz sicherzustellen. www.sole-ewt.de/sytembeschreibung/ (Klaus Michael)

Wenn Geräte ohne externe Frostschutzeinrichtungen zum Einsatz kommen, ist ein Funktionsnachweis gemäß ÖNORM EN 13141-7 für die Frostschutzprüfung bei einer Außenlufttemperatur von -15°C beim Referenz-Luftvolumenstrom zu dokumentieren.

Wärmetauscher mit Feuchterückgewinnung:

Bei Geräten mit Feuchterückgewinnung liegt die Vereisungsgrenze deutlich niedriger (-10 bis -15°C). Eine **Feuchterückgewinnung** ist im alpinen Bereich mit Tiefsttemperaturen unter -20°C nicht als 100 %-iger Vereisungsschutz ausreichend. In gemäßigten Klimazonen ist eine Feuchterückgewinnung aber sicher die einfachste Art des Vereisungsschutzes. Es muss jedoch auch sichergestellt werden, dass die notwendige Zulufttemperatur (zumindest $17,5^{\circ}\text{C}$) auch bei sehr kalten Außentemperaturen erreicht wird.

Sole-Erdwärmetauscher:

Luft-Erdwärmetauscher entsprechen nicht mehr dem Stand der Technik und sollten vermieden werden, da diese oft für Hygienemängel verantwortlich waren.

Für die Planung und Auslegung einer Lüftungsanlage mit **Sole-Erdwärmetauscher** zur thermischen oberflächennahen Erdwärmennutzung sind für den Wärmeentzug aus dem Erdreich relevant: spezifische Wärmekapazität, Wärmeleitfähigkeit, Dichte des Erdreichs, Wasser-, Wasserdampfdiffusion und die ober- und unterirdischen Bedingungen.

Grundsätzlich ist für die Auslegung zu unterscheiden:

- Reine Lüftungssysteme: Es ist nur die Entzugsleistung des Erdreichs für die Frostfreihaltung zu berücksichtigen
- Kombisysteme für Warmwasser und Heizung: Es ist die gesamte Entzugsleistung für Warmwasser- und Heizwärmebedarf zu berücksichtigen. Die notwendige Verlegefläche für den Erdkollektor beträgt ein Vielfaches derer für reine Lüftungssysteme.

Bei reinen Lüftungssystemen in Neubauten mit Keller ist die Verlegung rund um den Keller im ohnehin vorhandenen Baugraben am sinnvollsten. Bei ein- bis zweigeschoßigen Häusern ergibt eine Verlegung zweimal rund um das Haus meist die für die zu erwärmende Luftmenge erforderliche Leitungslänge. Bei höheren Häusern mit größeren Luftmengen können auch mehr Leitungsringe nötig werden.

Unterirdisch sind zu beachten: Einbauten, Kabeltrassen, Entwässerungen etc.

Oberirdisch müssen Grundstücksgrenzen, Bepflanzungen, Befahrbarkeit und Vegetation beachtet werden.

Beispiel: Sole-Erdwärmetauscher wärmt im Winter die Außenluft auf über 0 °C vor und kühlt im Hochsommer heiße Außenluft von 36 °C auf 24 °C. Allerdings muss für eine energetische Betrachtung im Sommer auch der Feuchtegehalt der Luft berücksichtigt werden. Auch wenn die Zuluft kühler ist, als die Raumluft, bringt sie aufgrund des höheren Feuchtegehaltes im Regelfall keine Kühlleistung für den Raum. Der Wärmeeintrag kann jedoch gegenüber einer Fensterlüftung auf annähernd Null reduziert werden.

Hinweis zum **Wasserrecht**: Bevor man Soleleitungen im Erdreich verlegt, muss man mit der zuständigen Wasserbehörde klären, ob dies dort überhaupt erlaubt ist und ob es evtl. Einschränkungen bzgl. der zulässigen Frostschutzmittel gibt. In den meisten Baugebieten ohne besondere wasserrechtliche Besonderheiten dürfen Frostschutzmittel verwendet werden, die biologisch abbaubar sind.

Vorwärmung der Außenluft mit der Solaranlage oder dem Heizungssystem:

Diese Lösung wird vor allem bei Mehrfamilienhäusern eingesetzt. Beim Einfamilienhaus ist der Aufwand für einen eigenen frostgeschützten Kreislauf, der mit der Energie der Solaranlage oder der Heizung gespeist wird, zu aufwändig. Meist wird dann gleich ein Sole-EWT eingesetzt.

Bypassregelung:

Bei Vereisung des Wärmeübertragers wird die Außenluft durch einen Bypass am Wärmeübertrager vorbeigeführt und durch ein Heizregister auf die gewünschte Temperatur gebracht. Die warme Abluft aus dem Gebäude wird zum Abtauen des Wärmeübertragers verwendet.

E-Heizregister:

Das elektrische Heizregister ist von der Investitionsseite her zwar kostengünstig, hat aber die höchsten Betriebskosten (ca. 15 - 30 €/Jahr).

Bei einem Lüftungsgerät mit Feuchterückgewinnung hat man den Vorteil, dass man die Vorwärmung auf eine tiefere Temperatur (meist zwischen -8 °C und -15 °C) einstellen kann, was dazu führt, dass das Heizregister nur sehr selten in Betrieb geht, wodurch Energiebedarf und Kosten zu vernachlässigen sind.

Durch ein E-Heizregister erhöht sich der Stromverbrauch der Anlage um etwa 20 – 35 %. (Gremel, 2013)

4.2.16 Lufteinbringung

Die Wahl eines geeigneten **Verteilkonzeptes**, abhängig von den Raum- bzw. Gesamtverhältnissen, stellt ein umfassendes und spezifisches Wissen des Anlagenplaners voraus. Prinzipiell ist zu beachten:

Alle Räume innerhalb der Wohneinheit müssen einem der drei Bereiche zugeordnet werden.

- Zuluftbereiche: Schlafzimmer, Wohnzimmer, Arbeitszimmer, Kinderzimmer
- Abluftbereiche: Küche, Technikraum, Bad, WC, Abstellkammer, HWR/Trockenraum, Speisekammer
- Überströmbereiche: Vorzimmer, ev. Wohnzimmer (kaskadische Nutzung: die Zuluft aus den Zuluftbereichen wird auch für die Lüftung der Überströmräume verwendet. Die Luftmengen werden dadurch reduziert, wodurch eine geringere Austrocknung der Luft erreicht wird.)

Für Komfortlüftungen sind grundsätzlich Quell- und Induktionslüftungen gleichermaßen anwendbar. Luftheizungen im Passivhaus werden meist als Induktionslüftung ausgeführt.

Quellluftsysteme

Bei Quellluftsystemen wird die Luft mit 1 bis max. 3 °C unter Raumtemperatur beruhigt in Bodennähe eingebracht, bildet dort einen „Frischlufsee“ und wandert dann langsam nach oben, wo sie im gegenüberliegenden Raumbereich abgeführt wird. Dies ergibt theoretisch eine gerichtete Raumdurchströmung bzw. Schadstoffabfuhr von unten nach oben. Schadstoffe, insbesondere die, die der Mensch abgibt, z.B. CO₂ durch die Atmung bzw. die Körperausdünstungen, sind wärmer als die Raumluft und reichern sich damit oben an und werden oben abgeführt. In Kopfhöhe ergibt sich daher bei gleicher Luftmenge wie bei einer Induktionslüftung theoretisch eine geringere Schadstoffkonzentration, bzw. könnte die Luftmenge gegenüber der Induktionslüftung etwas geringer sein.

Fußbodenauslässe

werden am besten vor Fenstertüren eingebaut, da sie dort nicht verstellt werden können und der Raum gut durchströmt wird.



Abb. 3-51a; b; c: Fußbodenauslass (Quelle Systemair); Auslass mit verlegtem Boden; Reinigung des Bodenauslasses im Zuge der Luftmengen-Einmessung

Abbildung 24: (Douschan, et al., 2013)

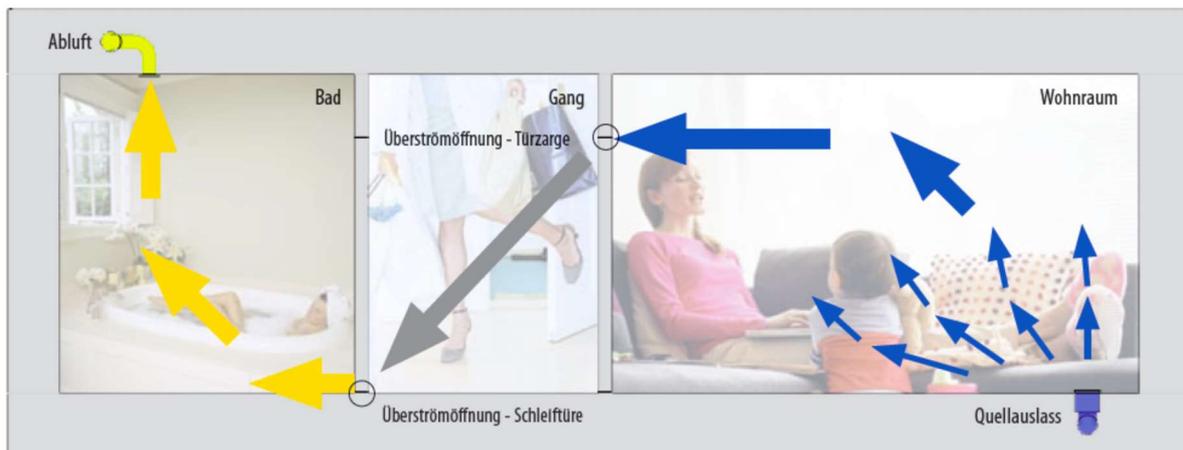


Abbildung 25: Schematische Darstellung eines Quelllüftungssystems (GremI, 2013)

Induktionssysteme

Bei der **Induktionslüftung** (Mischluftsystem) wird die Zuluft mit etwas höherer Geschwindigkeit im oberen Raumbereich – deutlich über Kopfhöhe – eingebracht. Sie durchmischt sich so schneller mit der Raumluft, wodurch die Gefahr eines Kaltluftsees vermieden wird. Die Überströmung wird meist über Türspalten abgeführt.



Abb. 3-49: Weitwurfdüsen (Quelle Pichler und Systemair)

Tellerventile

sind für den Einbau in der Decke geeignet.



Abb. 3-50: Zuluftventile (Quelle Systemair)

Abbildung 26: Für Induktionslüftung einsetzbare Auslässe (Douschan, et al., 2013)

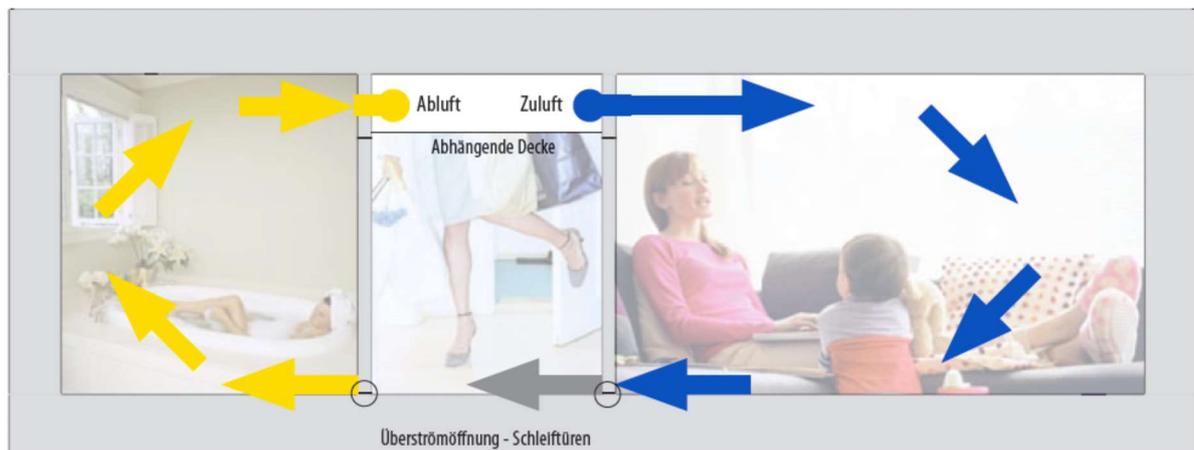


Abbildung 27: Schematische Darstellung eines Induktionslüftungssystems (Greml, 2013)

Quell- oder Induktionslüftung?

Aufgrund von ständigen Luftbewegungen im Raum (0,05 – 0,2 m/s), konvektiven Strömungen durch die Heizung, Personen, solare Einstrahlung etc. kann sich in der Praxis keine Quelllüftung ausbilden. Das Prinzip der Quelllüftung funktioniert erst bei relativ hohen Luftwechselzahlen ($> 4 \text{ h}^{-1}$). In Aufenthaltsräumen mit Wohnraumlüftung liegt der Luftwechsel aber nur im Bereich 1 h^{-1} , daher findet auch bei der Lufteinbringung in Fußbodennähe insbesondere bei Fußbodenheizungen eine relativ rasche Durchmischung mit der Raumluft statt. Die eingebrachte Zuluft hat etwa 1 Stunde Zeit,

um sich im gesamten Raum auszubreiten. Von Geruchsausbreitungen im Raum weiß man, dass diese innerhalb von Minuten passiert. Es ist demnach weniger wichtig, wo und wie die Zuluft eingebracht wird, sondern in welcher Menge. Der geringe Luftwechsel bei Wohnraumlüftungen erlaubt es nicht, die Raumluftströmung zu beeinflussen. Andere Antriebsgrößen im Raum sind hier wesentlich dominanter.

4.2.17 Leitungsführung

Beim Luftleitungsprinzip bzw. der Verrohrung für Lüftungsanlagen unterscheidet man zwischen einer **Luftführung mit Abzweigern** und einer **Sternverrohrung**, die bei flexiblen, kleineren Rohrquerschnitten als „Spaghettiverrohrung“ bezeichnet wird.

Bei der Verrohrung mit Abzweigern werden die Luftleitungen zu den Wohnungen bzw. den einzelnen Räumen ausgehend von einer Hauptluftleitung abgezweigt. Zwischen den Wohnungen bzw. den Räumen müssen jedoch Telefonieschalldämpfer installiert werden.

Vorteil:

- kurze Leitungslängen
- meist geringere Kosten

Sternverrohrung:

Bei der Sternverrohrung werden ausgehend von einem Verteiler die Luftleitungen sternförmig zu den Wohnungen bzw. Räumen geführt. Bei Verwendung von flexiblen Luftleitungen mit geringerem Durchmesser (im Regelfall außen ca. 75 mm, innen ca. 63 mm), ergeben sich eine höhere Anzahl und somit deutlich längere Luftleitungen.

Bei Eingießen der Rohre in die Betondecke ist ein Mindestabstand, der dem Durchmesser des Rohres entspricht, einzuhalten. Die Verlegung der Rohre ist im Bauplan einzuzeichnen, um Beschädigungen durch nachträgliche Bohrungen zu vermeiden.

Vorteil:

- einfachere Reinigung (bei zugänglichen Verteilkästen)
- einfachere Einregulierung (bei etwa gleich langen Luftleitungen)
- geringere Aufbauhöhe bei Kreuzungen
- Telefonieschalldämpfung erfolgt über Verteilkasten und Leitungslänge

Grundsätzlich besteht keine generelle Präferenz für ein System, letztendlich entscheidet das Gesamtkonzept. So kommt z.B. bei in die Betondecke eingelegten Luftleitungen aufgrund der Rohrquerschnitte fast ausschließlich die Sternverrohrung zur Anwendung. Bei Sanierungen bzw. der Rohrleitungsführung in der abgehängten Decke kommt meist das System mit Abzweigern zum Tragen. Beide Systeme können auch kombiniert werden. Möglich ist z.B. die Aufteilung auf die einzelnen Stockwerke mit Abzweigern und die Verteilung innerhalb des Stockwerkes mit Unterverteilern für Zu- und Abluft im Sternsystem. Oder es wird die Zuluft als Sternverrohrung und die Abluft mit Abzweigern ausgeführt. (Greml, 2010)



Abbildung 28: Schematische Darstellung einer Sternverrohrung (links) und einer Verrohrung mit Abzweigern (Gremel, 2013)

Unterbringung der Luftleitungen

Auch im Neubau stellt die Unterbringung der Luftleitungen eine wesentliche Planungsaufgabe dar. Hier gibt es verschiedene Lösungen, die im Folgenden aufgezeigt werden. Bei Neubauten sollten sich alle warmen Leitungen (Zuluft und Abluft) möglichst innerhalb der beheizten Gebäudehülle befinden und die kalten Luftleitungen (Außenluftansaugung bzw. die Fortluftleitung) möglichst außerhalb der beheizten Gebäudehülle ausgeführt werden. Zudem muss beachtet werden, dass warme Luftleitungen außerhalb der Gebäudehülle (z.B. im Keller) gedämmt sein müssen, damit die Wärme auch im Gerät ankommt bzw. die vorgewärmte Luft nicht unnötig abgekühlt wird. Kalte Luftleitungen im warmen Bereich (auch im Keller) müssen feuchteundurchlässig gedämmt werden (z.B. Armaflex, Kaiflex, ...), um Kondensat zu vermeiden.

Bei der Außenluftansaugung ist darauf zu achten, dass diese nicht direkt besonnt wird.

Im Neubau lassen sich die Luftleitungen auch in die tragende Konstruktion integrieren. Dies hat den Vorteil, dass die Luftleitungen keinen zusätzlichen Platz bzw. Bodenaufbau benötigen und später im Bauablauf auch nicht mehr beschädigt werden können.

Möglichkeiten der Integration von Luftleitungen innerhalb der Gebäudehülle:

Senkrechte Luftleitungen:

- Steigschacht
- Integration in die Wand

Waagrechte Luftleitungen:

- Integration in die Deckenkonstruktion
- Integration in den Fußbodenaufbau
- abgehängte Decken

(Verein komfortlüftung.at, 2013)

Integration von Luftleitungen in die Konstruktion

Für die Integration von Luftleitungen in eine Betondecke oder Betonwand kommen ausschließlich Kunststoffrohre (starr oder spezielle flexible Schläuche) in Frage. Für die anderen Luftführungen können sowohl Kunststoff, als auch Metallsysteme zum Einsatz kommen. Damit die konzipierte Luftmenge auch im Raum ankommt, sind dichte Luftleitungen notwendig. Empfohlen werden daher Luftleitungen mit Dichtungssystemen. Sie garantieren dauerhafte Dichtheit und Hygiene und sind Systemen mit Klebebändern vorzuziehen.

Bei der Integration von Luftleitungen in die tragende Konstruktion ist eine derartige Ausführung der Luftleitungen vorausgesetzt, deren Lebensdauer jener der Konstruktion bzw. des Gebäudes entspricht. D.h. sie müssen reinigbar sein und auch in 50 Jahren noch die Ansprüche an einen geringen Druckverlust und damit einen effizienten Betrieb der Anlage erfüllen.

Die Luftleitungen sollten daher eher großzügig dimensioniert werden, obwohl dies einen Widerspruch zu den beengten Platzverhältnissen in der Konstruktionsebene darstellt. Kleinere Leitungsquerschnitte müssen durch eine größere Anzahl von Luftleitungen bzw. Luftdurchlässen ausgeglichen werden. Schalldämpfer bzw. Teile, die möglicherweise einmal ausgetauscht werden müssen (z.B. Volumenstromregler), dürfen nicht in die Konstruktion eingebunden werden.

Bei einer frühzeitigen Abstimmung des Lüftungskonzeptes mit dem Statiker (integrale Planung) ist auch bei einer Integration der Luftleitungen in die Konstruktion normalerweise keine Erhöhung der Wand- bzw. Deckenstärke notwendig. (Verein komfortlüftung.at, 2013)



Starre Luftleitungen in der Betondecke (Quelle: Poloplast zw. SM-Heag)



Flexible Luftleitungen in der Betondecke (Quelle: Nilan)



Starre Luftleitungen im Bodenaufbau (Quelle Poloplast)



Flexible Luftleitungen im Fußbodenaufbau

Abbildung 29: In die Konstruktion integrierte Luftleitungen (Quelle: <http://komfortlüftung.at/index.php?id=1754>)

Integration von Luftleitungen in abgehängte Decken

Als kosteneffiziente Lösung hat sich die Unterbringung der Luftleitungen in Zwischendecken von Vorraum und Gang bewährt. Die Leitungslängen können dabei sehr kurz gehalten werden, die Leitungsführung ist übersichtlich, was deutlich weniger Koordinationsaufwand erfordert, als decken- oder fußbodenintegrierte Lösungen. Es können Wickelfalzrohre, aber auch flexible Kunststoffrohre eingesetzt werden. Der Vorteil der großen Querschnitte bei Wickelfalzleitungen (Spiro) liegt in der niedrigen Strömungsgeschwindigkeit und geringen Leitungsanzahl und -länge. Gleichzeitig stellen die großen Querschnitte aber ein Platzproblem bei Kreuzungen von Abluft- und Zuluftleitungen dar. Damit wird die Abhänghöhe von Zwischendecken problematisch bei niedrigen Rohdeckenhöhen.

Für diese Problematik wurde kürzlich eine kombinierte, schallgedämmte **Verteilbox** für eine sternförmige Verrohrung entwickelt, die die Auskreuzung innerhalb des Kastens mittels Formstücken ermöglicht. D.h. statt zwei getrennten Verteilern ist nur eine Verteilbox notwendig. Über eine Revisionstür kann jederzeit die Reinigung aller Leitungsabschnitte vorgenommen werden.



Abbildung 30: Problematische Kreuzung von Luftleitungen
(Quelle: leit-wolf Luftkomfort)



Abbildung 31: Kombinierte Verteilbox für Zu- und Abluft zur Auskreuzung von Luftleitungen
(Quelle: leit-wolf Luftkomfort)

Spezielle Leitungsführungen in der Sanierung

Sanierungslösungen unterscheiden sich meist nur bei der Leitungsführung von Neubaulösungen. Sie finden daher im Folgenden einige besondere Lösungen der Leitungsführung in der Sanierung. Bei Neubauten stellen diese Lösungen normalerweise nicht die erste Wahl dar.

Möglichkeiten der Integration von Luftleitungen bei Sanierungen innerhalb der Gebäudehülle:

Senkrechte Luftleitungen:

- Nutzung freier Kamine
- neuer, verblendeter Steigschacht

Waagrechte Luftleitungen:

- abgehängte Decken
- Integration in den Fußbodenaufbau
- spezielle Dekor-Luftleitungen

Luftleitungen in Dekorausführung

Von einigen Herstellern werden auch Luftleitungen in Dekorausführung für den Flurbereich angeboten. Bei diesen ist zu beachten, dass sie ebenfalls den hygienischen Anforderungen entsprechen, d.h. reinigbar sein müssen. Aus hygienischer Sicht sind verkleidete Luftleitungen meist die bessere Wahl. Auch die Luftgeschwindigkeit sollte bei den Dekorausführungen die empfohlenen 2,0 m/s nicht überschreiten. Bei rechteckigen Querschnitten ist zu beachten, dass diese auf den hydraulischen Durchmesser umgerechnet werden müssen und nicht die Luftgeschwindigkeit des eckigen Querschnittes ausschlaggebend ist.

Möglichkeiten der Integration von Luftleitungen bei Sanierungen außerhalb der alten Gebäudehülle

Die Integration von Luftleitungen in der ursprünglichen Außenhülle stellt heute noch eine Besonderheit dar. Sie wird dann angewendet, wenn keine andere Möglichkeit besteht. Denn eine Führung im Inneren von Gebäuden ist einer Führung im Bereich der alten Außenhülle immer vorzuziehen. Zudem schränkt die Norm bzw. Verarbeitungsrichtlinie von Wärmedämmverbundsystemen die Führung der Luftleitungen im Bereich der Dämmebene ein. Im Neubau ist es normalerweise nicht notwendig, Luftleitungen in der Dämmebene von Außenwänden zu führen. Bei der Verlegung der Luftleitungen in der Außendämmung müssen zu den einzelnen Räumen nur Kernbohrungen gemacht werden. Somit ist der Eingriff in die bewohnten Räume äußerst gering.

- Verlegung unter der neuen Dämmung
- Verlegung in der neuen Dämmung (hinterlüftete Fassaden)

Verlegung unter der neuen Dämmung: Eine Verlegung unter der neuen Dämmung, d.h. eingefräst in die alten Außenwände ist sowohl bei hinterlüfteten Fassaden als auch bei Wärmedämmverbundsystemen möglich. Um auch der neuen Verarbeitungsrichtlinie zu entsprechen, müssen die Luftleitungen bei Wärmedämmverbundsystemen verputzt sein. Statisch sind senkrechte Schlitzlöcher normalerweise unproblematisch. Waagrechte Schlitzlöcher sind je nach Mauerstärke und Länge des Schlitzes mit dem Baumeister abzuklären. Wichtig ist es, die Luftleitungen eindeutig zu vermessen und zu dokumentieren, damit diese nicht durch Befestigungsarbeiten der neuen Dämmung beschädigt werden.

Verlegung in der neuen Dämmung: Eine Verlegung der Luftleitungen in der neuen Dämmebene ist nur bei hinterlüfteten Fassaden möglich. Bei Wärmedämmverbundsystemen ist dies aufgrund der Verarbeitungsrichtlinie nicht mehr möglich. Ab Dämmstärken von 16 cm ist eine Integration in die Dämmebene durchaus möglich. Damit bleiben bei einer Sternverrohrung mit einem Luftleitungsdurchmesser von ca. 80 mm noch 80 mm Überdeckung übrig. Ideal sind Dämmstärken über 20 cm bzw. zweilagig ausgeführte Dämmungen, bei denen die Überdämmung zumindest 12 cm beträgt. (Verein komfortlüftung.at, 2013)

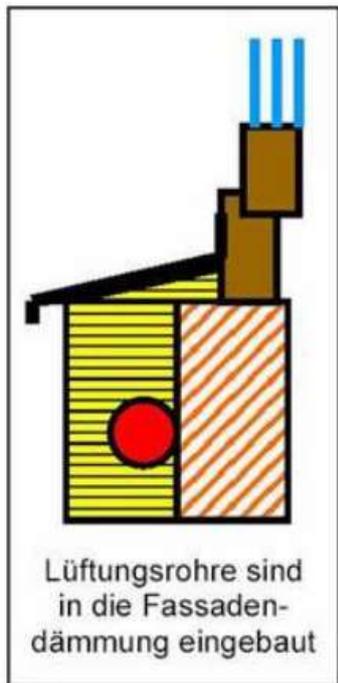


Abbildung: Leitungsführung in der Außendämmung (Quelle: AWEL)

Abbildung 32: Leitungsführung in der Außendämmung (<http://komfortlüftung.at/index.php?id=1755>)

4.2.18 Termin- und Ablaufplanung für die Montage

Um eine Verschmutzung der Anlage während der Bauphase zu verhindern, müssen laut ÖNORM H 6038 folgende Dinge beachtet werden:

- Die Termin- und Ablaufplanung für die Montage der lüftungstechnischen Anlage im Zusammenhang mit den bauseitigen Arbeiten hat so zu erfolgen, dass keine durch Verschmutzung verursachten Mehrfacharbeiten auftreten.
- Für die Lagerung müssen trockene, besenreine Räume zur Verfügung stehen.
- Vor Beginn der Montagearbeiten der lüftungstechnischen Anlage sind die Räume zu reinigen (besenrein). Der Terminplan ist so zu erstellen, dass die Komplettierung der lüftungstechnischen Anlage nach Abschluss staubverursachender Arbeiten erfolgt.



Abbildung 33: Nicht korrekt gelagerte Rohre (links), während der Bauphase verschlossene Rohrleitung (Leitzinger, 2013)

4.2.19 Materialwahl

Ob die Luftleitungen aus Metall oder Kunststoff sind, spielt keine besondere Rolle. Aus ökologischen Gründen sollte aber auf PVC verzichtet werden. In einigen Bundesländern bedeuten Luftleitungen aus PVC einen Ausschluss von der Förderung. Rohre mit gerillten Innenflächen sollten vermieden werden, da diese aufwändiger zu reinigen sind und erhöhte Druckverluste erzeugen.

Bei der Verwendung von Blech(Spiro)rohren sollte unbedingt darauf geachtet werden, dass ein System verwendet wird, bei dem keine Blechschrauben in den Rohrquerschnitt ragen, da diese eine spätere Reinigung sehr erschweren, weiters ist auf eine ordnungsgemäße Schalldämmung bei den Befestigungsschellen zu achten.

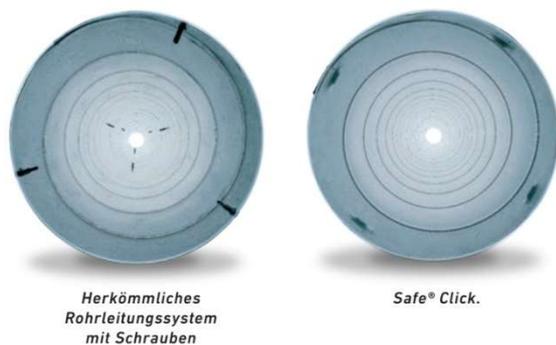


Abbildung 34: Quelle: Pichler Luft

Runde Luftleitungen mit einem Innendurchmesser kleiner als 60 mm und Rechteck- oder Ovalleitungen mit einer lichten Weite kleiner als 60 mm sind zu vermeiden. Rechteck- oder Ovalleitungen mit einem Seitenverhältnis größer als 1 : 4 sind ebenfalls zu vermeiden, da eine Reinigung hier nur sehr eingeschränkt möglich ist. (bauXund Forschung und Beratung GmbH, 2013)

Die ÖNORM H 6038 gibt vor:

Luftleitungen müssen aus mechanisch beanspruchbaren Materialien hergestellt werden. Sie müssen innen abriebfest, glatt und korrosionsbeständig sein und dürfen mit Ausnahme der Schalldämpfer keine sorptionsfähigen Oberflächen enthalten. Gemauerte oder mit freiliegendem Dämmmaterial ausgekleidete Luftleitungen sind unzulässig. Als glatt sind sie dann anzusehen, wenn die maximale Rautiefe des verwendeten Materials 0,15 mm nicht übersteigt (z.B. verzinktes Stahlblech).

Luftleitungen müssen aus energetischen Gründen mindestens der Dichtheitsklasse C gemäß ÖNORM EN 12237 entsprechen.

Die Verwendung von dünnwandigen Folienschläuchen (Aluminium- oder PVC-Mantel mit Drahtspirale) ist aus Gründen der erforderlichen Reinigbarkeit nicht zulässig. Die Verwendung von flexiblen Aluminiumrohren ist zu vermeiden und nur für Anschlüsse an Luftdurchlässe bis zu 300 mm gestreckter Länge oder für die Schalldämpfung bis zu 1000 mm Länge zulässig, sofern die Reinigbarkeit oder Austauschbarkeit sichergestellt ist.

4.2.20 Verlegung von Rohren

- Warmluftführende Kanäle in kalter Umgebung (Dachboden, Keller, Garage etc.) müssen gedämmt werden.
- Im Fall eines Mauerdurchbruchs ist das Rohr gegen Körperschallübertragung zu dämmen und der entstehende Luftspalt mit geeignetem Material zu schließen.

- Luftleitungen, welche Kaltluft in warme Räume transportieren, sind mit einer Wärmedämmung von mind. 20 mm, aus geschlossenzelligem Dämmmaterial und 50 mm Mineralwolle zu versehen (auch innerhalb der Außenwanddurchführung), um Schwitzwasserbildung zu verhindern.
- Luftleitungen sind vom Körperschall entkoppelt zu montieren.
- Auf die Möglichkeit einfacher Reinigung ist zu achten.
- Werden Luftleitungen in Teilabschnitten montiert, sind diese nach Teilfertigstellung zur Vermeidung von Verschmutzung an den Ein- und Austrittsöffnungen staubdicht zu verschließen.
- Außen- und Fortluftleitungen sind diffusionsdicht zu dämmen.

(Greml, 2010)



Abb. 3-47: Gedämmtes Außen- und Abluft Rohr mit lückenlosem Dämm-Anschluss am Gerät im „kalten Technikraum“



Abb. 3-48: Gedämmte Außenluft Leitung mit EWT Gefälle zum Technikraum und „Kondensatwanne“ mit z.B. Kugelsiphon



Abb. 3-46: : Gedämmte Außenluft Leitung im kalten Technikraum mit EWT Gefälle Richtung Wartungsschacht im Freien

Abbildung 35: Gedämmte Leitungen (Douschan, et al., 2013)

In der ÖNORM H 5155 werden Anforderungen an die Wärmedämmung von Rohrleitungen und Komponenten von haustechnischen Anlagen beschrieben.

Weitere Informationen siehe:

http://komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at-Info17-Luftleitungen_und_deren_Daemmung_V_1.0.pdf

4.2.21 Kombisysteme

In einem Passivhaus können mit einem Kombigerät Luftheizung, Lüftung und Warmwasserbereitung kombiniert werden. Der zentrale Anlagenteil eines Kombigerätes ist eine Luft-Wasser-Wärmepumpe, welche die in der Abluft enthaltene Wärme zur Luftheizung und Warmwasserbereitung ausnutzt.

Für Niedrigstenergiehäuser werden „erweiterte Kombigeräte“ angeboten, in denen ebenfalls Heizung, Lüftung und Warmwasser kombiniert sind. Sie verfügen aber neben der reinen Luftheizung auch über die Möglichkeit der Wärmeabgabe über Radiatoren bzw. Wand- und Fußbodenheizung. Als zweite Erweiterung nutzen sie nicht nur die Abluft als Energiequelle, sondern zusätzlich auch die Außenluft oder das Erdreich (z.B. Wärmepumpe mit Erdkollektor). Dadurch wird der Einsatzbereich über das Passivhaus hinaus erweitert.

Niedrigenergiehäuser mit einem Heizwärmebedarf ab etwa **25 kWh/m²a** erfordern entweder ein getrenntes Lüftungs- und Heizsystem oder ein Kombisystem plus eine zusätzliche Wärmequelle (z.B. Einzelofen).

Ein getrenntes Heizungs- und Lüftungssystem kann natürlich auch bei Niedrigstenergiegebäuden eingesetzt werden. Kombinierte Systeme sind jedoch manchmal kostengünstiger. Zu beachten ist

jedoch, dass die in Kombisystemen verbauten Technologien unterschiedliche Lebensdauer aufweisen können. Veraltet ein System, muss man oft das gesamte Gerät ersetzen.

Weitere Informationen siehe:

[http://www.xn--komfortlftung-3ob.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at - Info Nr. 30 Kombigeraete V 1.0.pdf](http://www.xn--komfortlftung-3ob.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/komfortlueftung.at_-_Info_Nr._30_Kombigeraete_V_1.0.pdf)

4.2.22 Situierung von Lüftungsgerät, Fort- und Außenluftdurchlässen

Der **Aufstellort** des **Zentralgerätes** sollte folgende Bedingungen erfüllen:

- möglichst frostfrei innerhalb des Gebäudes (z. B. Keller, Technikraum, Abstellraum, Garderobe, Küchenschrank, Bad etc.), Montageanleitung beachten
- in der Nähe zur Ansaugung, Fortluft und Soleleitungen
- Anbindung an das Abwassersystem (ein Kondensatablauf ist vorzusehen)
- Zugänglichkeit für Wartungs- und Reparaturarbeiten berücksichtigen
- Bei der Montage in einem Feuchtraum sollte dieser Raum zusätzlich entlüftet werden, um das Gerät vor Korrosion zu schützen.
- Schallschutztechnische Erfordernisse erfüllen (keine Geräuschübertragung in den Wohnraum)

Positionierung der Fort- und Außenluftdurchlässe

- Die Außenluftansaugung nicht an Stellen mit Luftbelastung (Garage, Kompost etc.) anbringen.
- Die Außenluftöffnung ist möglichst hoch anzuordnen (geruchsbelastete Luft wird nicht angesaugt).
- schneefreie Ansaughöhe
- Die Fortluftöffnungen nicht gegenüber von Fenstern des Nachbarhauses platzieren.
- Die Fortluft sollte im Regelfall höher angeordnet werden als die Außenluft.
- Vermeidung von Schäden durch feuchte Fortluft

Die Fortluft ist im Winter fast immer mit 100 % relativer Feuchte angereichert und noch etwas wärmer als die Außenluft. Es ist daher darauf zu achten, dass diese feuchte Luft nicht in Hinterlüftungen eindringt bzw. sich unter Vordächern staut.

5 Ausschreibung, Einholung von Angeboten

Dieses Kapitel soll dazu beitragen, folgende Fragen zu klären: Was verlangt der Baumeister vom Lüftungsplaner? Wie ausschreiben, dass die mit dem Kunden vereinbarten Qualitäten gesichert werden?

5.1 Anforderungen an Lüftungskonzepte

Eine Möglichkeit besteht darin, die Anforderung mit dem Verweis auf die Einhaltung der Kriterien der entsprechenden Kriterien von www.komfortlüftung.at zu definieren (16 Bestellkriterien Komfortlüftung für das EFH basierend auf den 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungsanlagen im MFH).

Alternativ kann individuell ausgeschrieben werden auf Basis der Kundendatenerhebung.

Zu beachten ist, ergänzende Dienstleistungen in der Ausschreibung festzulegen, wie die Verpflichtung der Art und des Umfangs der Einregulierung, die schriftliche Protokollierung und Übergabe der entsprechenden Dokumentationen für Hausverwaltung und Bewohner, die Verpflichtung der Einschulung für Hausverwaltung und Bewohner und dgl.

5.2 Hinweise für die Ausschreibung: Komfortlüftung

Für die Ausschreibung ist bei den einzelnen Kriterien festzulegen ob die Standardwerte oder Zielwerte gefordert werden. Eine Möglichkeit besteht darin, die Zielwerte jeweils als Variante anbieten zu lassen. Um einen Vergleich mit einer Standard-Wohnraumlüftung zu ermöglichen, sind diese Werte in den Bestellkriterien Komfortlüftung ebenfalls angeführt. Die Standard-Wohnraumlüftung orientiert sich grundsätzlich an den Mindestanforderungen der ÖNORM H 6038 bzw. der Wohnbauförderung.

Folgende Texte sollen anhand der Leistungsbeschreibung für ein Lüftungsgerät zeigen, wie in Ausschreibungen die Anforderungen für Komfortlüftungen beschrieben werden können. Grundlage sind die unter Punkt „4. Lüftungsgerät inkl. Wärmetauscher und Filter“ in den 16 Bestellkriterien von komfortlüftung.at angeführten Anforderungen. Bestimmte Vorgaben [in Klammer] sind vom Ausschreiber festzulegen, jeweils nicht zutreffende Vorgaben für zentrale bzw. dezentrale Anlagen entsprechend zu entfernen.

Qualitäts- und Leistungsangaben:

Die angegebenen Qualitätsanforderungen und Leistungsdaten sind die Mindestanforderungen. Die Qualitäts- und Leistungsmerkmale der angebotenen Erzeugnisse/Typen sind mindestens gleich oder besser. Vom Ausschreiber ist in der Ausschreiberlücke verbindlich festzulegen, welche Qualitätskriterien die angebotene Leistung zu erbringen hat.

Lüftungsgerät für Wohnraumlüftung

Wohnraumlüftungsgerät mit Wärmerückgewinnungseinheit sowie Zu- und Abluftventilator, anschlussfertig verdrahtet, mit allpoligem Wartungsschalter.

Schutzart: mindestens IP 54

Isolationsklasse: B

Betriebsspannung: ___ V / ___ Hz

Luftvolumenstrom

Lüftungsgerät muss für den berechneten Betriebsluftvolumenstrom geeignet sein. Geschwindigkeitsklasse V1 bis V2 nach ÖNORM EN 13053

- *Zentrale Anlagen: Aufgrund der Gleichzeitigkeit ist keine besondere Leistungsreserve für den Intensivbetrieb notwendig.*
- *Dezentrale Anlagen: Der Betriebsluftvolumenstrom soll ca. 70 % (max. 75 %) des Maximalvolumenstromes betragen*

Luftvolumenstrom: ___ m³/h

Regelbereich des Gerätes

- *Dezentrale Anlagen: Der Regelbereich muss auch den Abwesenheitsvolumenstrom mit 0,15-fachem Luftwechsel umfassen [eventuell mit intermittierendem Betrieb]*
- *Zentrale Anlagen: Der Regelbereich des Zentralgerätes muss unter Einrechnung der Gleichzeitigkeitsfaktoren alle Luftmengenanforderungen umfassen [ohne intermittierendem Betrieb]*

Automatische Konstantdruckregelung

Abweichung maximal 10 Pa vom geplanten Druckniveau

- *Semizentrale Anlagen: Das Druckniveau muss jeweils so gelegt werden, dass auch bei Ausfall einer dezentralen Einheit einer semizentralen Anlage keine Luftströmung bzw. Geruchsübertragung von einer Einheit zur anderen möglich ist. [Regelung auf +5 Pa am Ende des Stranges]*

Bypassfunktion im Sommer

[Nein/Ja]

Wärmerückgewinnung

Gegenstrom-Plattenwärmetauscher aus Aluminium inkl. Kondensatwanne mit Schlauchanschluss. Zur Reinigung demontierbar.

- *Abluftseitiges Temperaturverhältnis ohne Kondensation nach EN 13141-7 min. 70 %*

Abluftseitiges Temperaturverhältnis: ___

- *Zentrale Anlagen: Rückwärmezahl nach EN 308 bezogen auf die Fortluftseite min. 70 %*

Rückwärmezahl: ___

- *für dezentrale Anlagen, alternativ*

Effektiver, trockener Wärmebereitstellungsgrad nach Passivhaus-Institut-Prüfreglement min. 75 %

Wärmebereitstellungsgrad PHI: ___

oder

Wärmebereitstellungsgrad nach DIBt-Prüfreglement mindestens 84 % nach TZWL-Liste

Wärmebereitstellungsgrad DIBt: ___

Stromaufnahme des Ventilators bzw. der gesamten Anlage

- *Spezifische Leistungsaufnahme der gesamten Anlage max. 0,45 W/(m³/h)*

Spezifische Leistungsaufnahme der gesamten Anlage (errechnet): ___ W/(m³/h)

Die Einhaltung der Kriterien zur Energieeffizienz beim Betriebsluftvolumenstrom und reinen Filtern ist messtechnisch nachzuweisen.

- Leistungsaufnahme Ventilatoren (2 x): ___ W
- Die Stromeffizienz der Ventilatoren ist lt. Klassifizierung: IE (IEC, EN 60034-2-1:2007) nachzuweisen für:
dezentrale Geräte: mind. IE4 (Gleichstrom)
zentrale Geräte: mind. IE3
- Regelelemente sind so einzubauen, dass sie im Dauerzustand stromlos sind (z.B. 2-stufige Konstantvolumenstromregler).

Anpassungsmöglichkeit der Luftmenge

- Automatikbetrieb, Raumbediengerät [3 Stufen manuell einstellbar], [Anwesenheitssensor, Feuchtefühler zur Steuerung der relativen Raumluftfeuchte, freie Nachlüftung für den Sommerbetrieb]
- Abwesenheitsvolumenstrom (Stufe 1) [0,1 – 0,2-facher Luftwechsel]
- Maximalvolumenstrom (Stufe 3) [1,4 x Betriebsluftvolumenstrom, nicht über 1,5 Stunden]

Luftfilter

Außenlufttrakt [mit Feinstaubfilter F7]

Ablufttrakt []

Schall

1. Gehäuseabstrahlung in 1 m: ___ dB (A)

2. Schalleistungspegel an den Gerätetutzen:

ZUL ___ dB (A)

ABL ___ dB (A)

AUL ___ dB (A)

FOL ___ dB (A)

Vorgaben für max. Schalldruckpegel im Aufenthaltsraum und bei Betriebsvolumenstrom: Schlafbereich [max. 23 dB(A); Wohnbereich max. 25 dB(A); Funktionsraum max. 27 dB(A)]

6 Überprüfung Planung und Gerätefreigabe

Prinzipiell bestätigt der Lüftungsplaner die Einhaltung der vereinbarten Kriterien und Qualitäten im Rahmen der vertraglichen Vereinbarung.

Ergänzend finden Sie hier eine Checkliste für den Baumeister, mit der wesentliche Punkte auf Plausibilität überprüft werden können.

6.1 Prüfung von Angeboten

Wenn die Qualitätskriterien als Gesamtheit integraler Bestandteil der Ausschreibung oder Bestellung für eine Komfortlüftung gemacht worden sind, erfolgt die Überprüfung anhand der entsprechenden Listen. Andernfalls entsprechend den gemäß den Vereinbarungen mit dem Kunden festgelegten und weitergeleiteten Anforderungen.

In jedem Fall sind die folgenden Punkte von besonderer Bedeutung:

1. Luftmenge und Behaglichkeitskriterien
2. Maximale Schallbelastung
3. Energieeffizienz
 - a) Wärmerückgewinnungsgrad
 - b) Strombedarf der Gesamtanlage
 - c) Wärmeverluste der Luftleitungen
4. Ausreichende Filterqualität, leicht reinigbare Luftleitungen

Zur Überprüfung können auch die Qualitätskriterien von komfortluftung.at herangezogen werden.

6.2 Checkliste Planung und Gerätefreigabe

Diese Checkliste unterstützt die Überprüfung der Planung und der angebotenen Lüftungskomponenten in Bezug auf die festgelegten Anforderungen durch den Baumeister.

Projekt:	
Bearbeitung:	Datum:
1. Vollständigkeit der Unterlagen	
Auslegung der Lüftungsanlage (üblicherweise vom Hersteller des Zentralgeräts berechnet) mit folgenden Angaben: <input type="checkbox"/> Volumenstrom <input type="checkbox"/> Einbauteile im Zentralgerät inkl. der zugehörigen Druckverluste (z.B. Filter, Klappen usw.) <input type="checkbox"/> Angabe des fortluftseitigen Temperaturverhältnisses nach ÖNORM EN 13141-7, bzw. nach ÖNORM EN 308 <input type="checkbox"/> Ventilatorauslegung mit Angabe Volumenstrom, Gesamtdruckverlust, Gesamtwirkungsgrad, Leistungsaufnahme Ventilator und spezifische Leistungsaufnahme (SFP-Wert) in Wh/m ³ oder W/(m ³ /s) Druckverlustberechnung des kritischen Strangs für die Abluft und die Zuluft getrennt <input type="checkbox"/> Datenblätter aller im kritischen Strang verbauten Komponenten (Ventile, Brandschutzklappen usw.) mit Angabe des Druckverlustes bei unterschiedlichen Volumenströmen Angaben zum wohnungsweisen Raumbediengerät (falls vorhanden) <input type="checkbox"/> Datenblatt mit Abbildung <input type="checkbox"/> Angabe über die zu den einzelnen Lüftungsstufen gehörigen Luftrate (in Prozent des Auslegungsvolumenstroms) <input type="checkbox"/> Angabe der Lüftungsstufe am Raumregelgerät zum Volumenstrom in der Ventilatorauslegung/ Geräteauslegung (üblich: Betriebsvolumenstrom=mittel; Auslegungsvolumenstrom = max; minimaler Volumenstrom lt. Auslegung = min)	
2. Prüfung Volumenstrom	
<input type="checkbox"/> in allen Unterlagen wurde derselbe Volumenstrom verwendet <input type="checkbox"/> Volumenstrom entspricht dem angegebenen Volumenstrombereich laut evtl. vorhandenen Zertifikaten (z.B. Passivhaus Institut) <input type="checkbox"/> Haustechnikplaner bestätigt, dass Lüftungsstufe dem angegebenen Volumenstrom entspricht. (Wichtig für die Überprüfung der Elektroeffizienz)	

3. Prüfung Druckverluste
<input type="checkbox"/> Druckverluste anhand folgender Datenblätter überprüft (Luftmenge, Stichproben) <input type="checkbox"/> Mit den berechneten Druckverlusten wird die geforderte Leistungsaufnahme Wh/m ³ nicht überschritten (z.B. 0,45 Wh/m ³)
4. Optimierung der Leitungsführung (optional, an Lüftungsplaner)
<input type="checkbox"/> Länge der Leitungswege kann verringert werden <input type="checkbox"/> Anzahl der Brandabschnitte die durchdrungen werden, kann reduziert werden <input type="checkbox"/> Leitungsführung im warmen / kalten Bereich optimieren (Verluste reduzieren)
5. Optimierung von Einzelkomponenten (optional an Lüftungsplaner)
<input type="checkbox"/> Druckverlust aller Einzelkomponenten im günstigen Bereich
6. Prüfung Stromverbrauch
<input type="checkbox"/> Druckverluste, die zur Berechnung der spezifischen Ventilatorleistung verwendet wurden, stimmen mit Werten in Druckverlustberechnung überein <input type="checkbox"/> spezifische Ventilatorleistung Wh/m ³ entspricht Zielwert von SFP ≤ 0,45 Wh/m ³ <input type="checkbox"/> optional: SFP bei anderen Luftvolumenströmen: m ³ /h: SFP Wh/m ³
7. Prüfung Wärmerückgewinnung
<input type="checkbox"/> fortluftseitiges Temperaturverhältnis trocken (ÖNORM EN 308 [ONO97]) bzw. ÖNORM EN 13141-7 [ONO10] <input type="checkbox"/> Kondensation
8. Komfortparameter
<input type="checkbox"/> Minimale Zulufttemperatur °C bei °C Außentemperatur, Zielwert 16,5 °C bei -10°C Außenlufttemperatur eingehalten <input type="checkbox"/> Vorheizregister
9. Auslegungsblatt
<input type="checkbox"/> Übereinstimmung mit den anderen Unterlagen <input type="checkbox"/> Hülle des Geräts gedämmt W/m ² K <input type="checkbox"/> Dezentrale Geräte innerhalb der Wohnungen: Schallabstrahlung des Geräts bei 100 Pa Druckdifferenz gegen Umgebung: dB(A); Zielwert 35 dB(A), besondere Ansprüche 25 dB(A)
Bemerkungen, Anmerkungen für Freigabemail:
Unterschrift Baumeister:

7 Abnahme der Anlage

Die Abnahme der Lüftungsanlage ist ein wesentlicher und der vorerst letzte Punkt der Qualitätssicherung. Es empfiehlt sich daher, die **Anforderungen an die Abnahme bereits bei der Auftragsvergabe festzulegen**.

Das Übergabeprotokoll Lüftungsanlage, das von der Bundesinnung der Sanitär-, Heizungs- und Lüftungstechniker herausgegeben wird, enthält lediglich folgende allgemeine Informationen zur Inbetriebnahme:

Erstinbetriebnahme der Lüftungsanlage gemäß den Herstellerangaben erfolgte am ...

Bestätigung fachgerechter Einbau durch die ausführende Firma

www.shk.at/fileadmin/user_upload/temp/user_upload/UProt-Lueftung_01-09-04.pdf

Da damit die Anforderungen einer Komfortlüftung erfahrungsgemäß nicht ausreichend sichergestellt werden, werden hier zusätzliche Maßnahmen empfohlen.

Ein **umfassendes Abnahmeprotokoll** bietet komfortlüftung.at

www.komfortlüftung.at/proficercenter/einfamilienhaus/checklisten-protokolle/

5. Einweisung und Dokumentation

5.1 Einweisung - Erklärung

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Funktionsweise | <input type="checkbox"/> Filterwechsel (vorgezeigt) |
| <input type="checkbox"/> Ort und Lage der Hauptkomponenten | <input type="checkbox"/> Mögliche Störungen |
| <input type="checkbox"/> Bedienung und Steuerung | <input type="checkbox"/> Erläuterung Dokumentation |
| <input type="checkbox"/> Kontrollpflichten u. übl. Wartungsvorgänge | <input type="checkbox"/> Feuerstellen (Nachrüstung) |
| <input type="checkbox"/> Aufklärung über Grenzen (Außengerüche, Rauchen, Kühleffekt,...) | |

5.1 Dokumentation

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Verlegeplan | <input type="checkbox"/> Serviceheft |
| <input type="checkbox"/> Gerätedokumentationen | <input type="checkbox"/> Wartungsplan |
| <input type="checkbox"/> Inbetriebnahmeprotokoll | <input type="checkbox"/> Bezugsadresse Ersatzfilter |
| <input type="checkbox"/> Einregulierungsprotokoll | <input type="checkbox"/> Betriebsjournal |
| <input type="checkbox"/> Fotos der nicht mehr sichtbaren Luftleitungen, EWT,... | |
| <input type="checkbox"/> Wartungsvertrag | |

6. Mängel - Unterschriften

6.1 Mängelbeschreibu

1.)			
Zu beheben von:	bis Datum:	erledigt:	
2.)			
Zu beheben von:	bis Datum:	erledigt:	
3.)			
Zu beheben von:	bis Datum:	erledigt:	
4.)			
Zu beheben von:	bis Datum:	erledigt:	
5.)			
Zu beheben von:	bis Datum:	erledigt:	

6.2 Bemerkungen

6.3 Unterschriften

Datum: _____ Ort: _____

Für den/die BauherrIn: _____

Für die ausführende Firma: _____

Abbildung 36: Blatt 1 von 4 des Abnahmeprotokolls,
http://komfortlüftung.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/Abnahmeprotokoll_Komfortlueftung_EFH_V_1.0_01.pdf

7.1 Einregulierung Luftströme

Die Einregulierung ist seitens der beauftragten Fachfirma schriftlich zu protokollieren. Von externer Stelle ist diese Einregulierung unbedingt stichprobenartig zu überprüfen, da Prüfprotokolle erfahrungsgemäß nicht immer mit den gemessenen Luftmengen übereinstimmen und fallweise im Nachhinein der Nutzer für ev. Fehleinstellungen verantwortlich gemacht wird. http://www.e-sieben.at/de/download/Endbericht_PH_Akademie.pdf

Die Einregulierung erfolgt vor der Übergabe an die Bewohner.

Ablauf:

- Volumenstromstufung bzw. -bereich an der Gerätesteuerung einstellen
- Basis ist die tatsächliche Belegung der Wohnung (kann von Auslegung abweichen)
- Volumenstromsollwerte für die einzelnen Räume gemäß tatsächlicher Belegung festlegen
- Inbetriebnahme mit Betriebsluftvolumenstrom
- Einregulierung der Luftdurchlässe bei möglichst weiter Öffnung beginnen
- Alle Innentüren schließen!
- Nach 2 bis 4 Messdurchläufen Ventileinstellungen notieren und gegen unbeabsichtigtes Verstellen sichern

7.1.1 Grundreinigung

Grundsätzlich sollte ein Lüftungssystem in der Bauphase verschlossen sein, eine Grundreinigung der Anlage vor Inbetriebnahme kann gegebenenfalls aber erforderlich sein, wenn die Reinhaltung der Anlagenteile nicht lückenlos möglich war.

8 Information bei Übergabe

Die Information an die Nutzer der Anlage betrifft Betrieb und Wartung, sowie das Verhalten im Brandfall, siehe auch Broschüre Anleitung zur Werterhaltung Ihrer Immobilie (WKO, S. 14, 15).

Einige Punkte sind bereits im Abnahmeprotokoll Komfortlüftung gelistet (Einweisung - Erklärung Funktionsweise Filterwechsel, Dokumentation Verlegeplan, Serviceheft).

8.1 Betriebszeiten

Lüftungsanlagen sind üblicherweise für ganzjährigen Betrieb vorgesehen.

- Lüftungsanlage jedenfalls auch im Sommer betreiben, wenn die Wohnung innenliegende Bäder, Toiletten oder Küchen hat, das Gebäude über einen Erdreich-Wärmetauscher verfügt und dieser zur Vermeidung sommerlicher Überwärmung beitragen soll, spezielle Pollenfilter eingesetzt werden, um Allergiesymptome zu lindern.
- Wenn ein Ausschalten der Anlage im Sommer erfolgt, ist dafür zu sorgen, dass ausreichend gelüftet wird und keine Verunreinigungen in die Anlage geraten.

8.2 Die richtige Frischluftmenge

Die Voreinstellung der Frischluftmenge entspricht dem Bedarf bei Normalnutzung. Weicht die Nutzung der Wohnung von der Normalnutzung ab, so kann die Luftmenge am Bedienelement der Lüftungsanlage angepasst werden:

- Bei mehrstündiger oder längerer Abwesenheit sollte die Lüftung auf niedrigster Stufe betrieben werden.
- Die voreingestellte Luftmenge sollte nur kurzzeitig – etwa wenn viele Gäste im Haus sind – erhöht werden. Ein zu hoch eingestellter Luftaustausch der Lüftungsanlage kann im Winter dazu führen, dass die Luftfeuchtigkeit unter 30 % fällt, was als unangenehm empfunden werden kann.

Zuluft- und Abluftventile immer freihalten. Einstellungen der Lüftungsventile nicht verändern.

8.3 Überströmöffnungen

Um den Luftaustausch zwischen den Abluftzonen (Küche, Bad, WC) und den Zuluftträumen zu gewährleisten, gibt es Überströmöffnungen an den Türen/am Türstock/unter dem Türblatt. Diese Überströmöffnungen dürfen nicht geschlossen werden (z.B. keine Teppiche im Türspalt)! Die Lage und Größe der Überströmöffnungen ist vom Lüftungsplaner anzugeben und es sind diese unbedingt bei der Inbetriebnahme der Lüftung zu kontrollieren.

8.4 Wäschetrockner

In Gebäuden mit Lüftungsanlagen sollten nur Kondensations-Wäschetrockner verwendet werden, da Abluftgeräte durch den notwendigen Außenluftdurchlass eine unnötige Undichtigkeit in der Gebäudehülle darstellen und erhöhte Energieverluste verursachen. Wenn gesonderte Wasch- oder Trockenräume vorhanden sind, kann auch der Einsatz eines Luftentfeuchters eine wirtschaftliche und effiziente Alternative zum Wäschetrockner darstellen. In der kalten Jahreszeit kann das Aufstellen

von Wäscheständern im (belüfteten) Wohnbereich dazu beitragen, die Luftfeuchtigkeit auf das richtige Maß zu erhöhen, sodass der Einsatz von Wäschetrocknern nicht notwendig ist.

8.5 Dunstabzugshaube

In Gebäuden mit Lüftungsanlage ist es laut ÖNORM H 6038 nicht zulässig, die Dunstabzugshaube an das Abluftsystem anzuschließen. Eine direkte Rohrdurchführung von der Dunstabzugshaube nach außen ist nicht sinnvoll, da sie zu hohen Wärmeverlusten führt. Dunstabzugshauben sind daher im Umluftbetrieb einzusetzen. Auf diese Weise bleiben die Kochfette im Filter der Dunstabzugshaube, während die Gerüche über die Lüftungsanlage abgeführt werden.

Die Filter der Dunstabzugshaube sind regelmäßig gemäß Herstellerangaben zu wechseln.

8.6 Feuerstätten

Es ist zu prüfen, ob die Feuerstätte als raumluftunabhängig gekennzeichnet ist. Ein externer Verbrennungsluftanschluss ist kein alleiniges Merkmal eines raumluftunabhängigen Gerätes. Im Zweifelsfall ist ein Sachverständiger beizuziehen.

Achtung! Ein am Ofen vorhandener Anschluss für eine externe Verbrennungsluftzuführung ist kein alleiniges Merkmal eines raumluftunabhängigen Gerätes!

Eine Feuerstelle gilt als raumluftunabhängig, wenn sie:

1. über eine eigene Luftzufuhr verfügt und
2. als „dicht“ bzw. „raumluftunabhängig“ geprüft ist.

Raumluftabhängige Feuerstätten dürfen in Räumen mit raumlufttechnischen Anlagen nur dann aufgestellt werden, wenn ein positives Gutachten durch einen Sachverständigen vorliegt. Zusätzlich muss eine Sicherheitseinrichtung installiert werden, welche die Wohnraumlüftung bei Bildung von Unterdruck im Aufstellungsraum ausschaltet. Um die Unbedenklichkeit der Kohlenmonoxid-Konzentration in der Raumluft zu gewährleisten, sollte die Raumluft durch besondere Sicherheitseinrichtungen (z.B. CO-Warngerät) überwacht werden.

Der Kunde muss informiert werden, dass bei einem nachträglichen Einbau einer Feuerstelle raumluftunabhängige Luftzufuhr unbedingt erforderlich ist.

8.7 Wartung

Die regelmäßige Wartung ist Voraussetzung für ein einwandfreies Funktionieren und Hygiene. Je nach Anlage sind Filter, Ventilatoren, Zu- und Abluftöffnungen zu warten.

Im Wärmerückgewinnungsaggregat sind zwei Filter integriert: einer filtert die Außenluft vor dem Eintritt ins Gerät, der andere filtert die in Bad, WC und Küche abgesaugte Abluft.

Notwendige Filterwechsel für beide Filter werden entweder automatisch im Bedienungsdisplay der Lüftungsanlage angezeigt oder sollten regelmäßig durchgeführt werden.

Filterwechsel vorzeigen!

Bezeichnung der zu verwendenden Filter: ...

Bezugsquelle für die Filter: ...

Intervall des Filtertausches: ...

Die **Außenluftfilter** tragen zur Verbesserung der Innenraumluft bei und sollen im Allgemeinen die Qualität F 7 nach DIN EN 779 haben, wenn das Gebäude über keinen Erdreichwärmetauscher mit Vorfilter verfügt. Wenn ein Erdreichwärmetauscher mit Vorfilter vorhanden ist, dann ist die Filterklasse darauf abgestimmt. Der Vorfilter muss auch regelmäßig getauscht werden.

Abluftfilter schützen die Anlage vor Ablagerungen, Qualität G4 nach DIN EN 779.

Wann muss das **Rohrnetz gereinigt** werden?

Im Zuge des mindestens einmal jährlichen Filterwechsels sollten die peripheren Anlagenteile auf Verschmutzung oder Beschädigung überprüft werden. Mindestens alle 5 Jahre sollte eine stichprobenartige Inspektion aller Luftleitungsabschnitte (Außenluft, Zuluft, Abluft, Fortluft) erfolgen. Hygienisch kritischere Anlagenteile und Komponenten (Register von Sole-Wärmetauscher) müssen mindestens jährlich inspiziert und gegebenenfalls gereinigt werden.

Die **Dokumentation**, die dem Kunden übergeben wird, sollte folgende Punkte beinhalten:

- Wartungs- und Reinigungsanweisungen mit Zeitintervallen für die Wartungsfirma
- Liste mit Beschaffungsadressen (Filter, Ersatzteile, Sachverständige, Reinigungsfirmen)
- Reinigungskostenkalkulation anhand eines verbindlichen Angebotes einer Reinigungsfirma oder Erfahrungswerten ähnlicher Anlagen
- Betriebs-, Wartungs- und Reinigungsanleitung für die Nutzer

8.8 Fenster

Die Empfehlung der Fensterhersteller lautet allgemein, die Beschläge regelmäßig einstellen zu lassen. Aufgrund des hohen Gewichts von großen Fenstern mit Dreifachverglasung und des hohen Anspruchs an die Luftdichtheit der Gebäudehülle ist dieser Empfehlung nachzukommen. http://download.nachhaltigwirtschaften.at/hdz_pdf/berichte/endbericht_1162_passivhaus_der_zukunft_akademie.pdf

Ist bei Gebäuden mit Lüftungsanlagen eine Fensterlüftung notwendig?

Auch in Gebäuden mit Lüftungsanlage ist das Öffnen der Fenster jederzeit problemlos möglich.

In folgenden Fällen ist auch in Gebäuden mit Lüftungsanlagen eine Stoßlüftung über geöffnete Fenster anzuraten, bei:

- Neueinzug in die Wohnung (Schadstoffemissionen neuer Möbel, Textilien etc.)
- Geruchsentwicklung beim Kochen (Anbrennen von Speisen etc.)
- Verbrennen von Bioethanol in speziellen Zimmeröfen
- Tabakrauch
- rußenden Kerzen
- regelmäßigem Aufenthalt von Tieren

Außerhalb der Heizperiode ist auch das Passivhaus wie jedes „konventionelle Gebäude“ zu bewohnen, d.h. überschüssige Wärme muss über Fensterlüftung abgeführt werden.

8.9 Mit einer Lüftungsanlage im Sommer kühlen?

Wird eine aktive Kühlung gewünscht, kann eine Lüftungsanlage diese unterstützen, größere Kühllasten können von Wohnraumlüftungen ohne Wärmepumpen nicht abgedeckt werden. Kombigeräte können grundsätzlich auch zur Kühlung im Sommer verwendet werden, und es sind die durch eine Wohnraumlüftung abdeckbaren Kühllasten in Verbindung mit anderen Maßnahmen (thermische Bauteilaktivierung, gute Beschattung, vernünftiger Glasflächenanteil) durchaus geeignet, Wohngebäude (aber auch Dachgeschoßwohnungen) behaglich zu konditionieren, was dieses System im gehobenen Eigentumsbereich als Variante zu reinen Split-Klimaanlagen durchaus attraktiv macht.

Grundsätzlich sind aber laut OIB RL6 Wohngebäude in Österreich sommertauglich auszuführen, sodass keine aktive Kühlung notwendig ist.

9 Entwicklung und Marktsituation

Die technische Entwicklung von Lüftungsanlagen reicht etwa 60 Jahre zurück und steht mit den gestiegenen Anforderungen an den Komfort und die Energieeffizienz in engem Zusammenhang. Unkontrollierter Luftwechsel, Zugerscheinungen und hohe Energieverluste durch undichte Gebäude sind heute nicht mehr Stand der Technik. Mit zunehmender Dichtigkeit der Bauteile konzipierte man zur Vermeidung von Schäden am Gebäude (z.B. Schimmelbildung) erste Lüftungsanlagen – beginnend mit der Einzelraumlüftung bis hin zu ersten Klimaanlagen. Nicht zuletzt die Verwendung von problematischen Baustoffen brachte zunehmend das Thema Lufthygiene in die Diskussion ein.

Mit der Entwicklung von Niedrigstenergie- und Passivhäusern sind Lüftungsanlagen zu einem Standard geworden. Dementsprechend werden Anlagen zur kontrollierten Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung auch als Komfortlüftung bezeichnet. Diese gehen in ihren Qualitätsanforderungen über die Mindestanforderungen der entsprechenden ÖNORMen hinaus.

9.1 Marktüberblick

9.1.1 Hersteller

Einen Überblick über Lüftungsgeräte bietet [komfortluftung.at](http://www.komfortluftung.at). Hier finden Sie neben Hersteller und Gerätebezeichnung auch Angaben zum Wärmerückgewinnungsgrad und zur elektrischen Leistungsaufnahme.

http://www.xn--komfortluftung-3ob.at/fileadmin/komfortlueftung/EFH/Ueberblick_Lueftungsgeraete_komfortlueftung_at_V_2.6_mit_WBF_Tirol.pdf

9.1.2 Prüfung und Zertifizierung von Lüftungsgeräten

Prüfprotokolle und Zertifizierungen von Lüftungsgeräten sind für die Planung, Gerätefreigabe und für die Energieausweisberechnung relevant. Es gibt allerdings unterschiedliche Prüfmethode, beachten Sie daher die jeweiligen Anforderungen.

1. EN 13141-7: Lüftung von Gebäuden - Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen - Teil 7: Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten (einschließlich Wärmerückgewinnung) für mechanische Lüftungsanlagen in Wohneinheiten (Wohnung oder Einfamilienhaus)

2. PHI-Messreglement: Das Passivhaus Institut zertifiziert Geräte, die für den Einsatz in Passivhäusern geeignet sind. Die auf diese Weise bestimmten effektiven Wärmebereitstellungsgrade fallen regelmäßig geringer aus als z.B. nach dem DIBt-Reglement bestimmte Werte, ein direkter Vergleich ist aufgrund der unterschiedlichen Verfahren der Prüfung und Auswertung nicht möglich.

www.passiv.de

3. DiBt-Reglement: Die meisten Geräte wurden bisher nach dem deutschen DIBt Prüfreglement geprüft und in der TZWL-Liste veröffentlicht. Es werden im Unterschied zu PHI keine Schalleistungen angegeben, die zulässigen Leckageraten sind höher.

Quelle: TZWL – Bulletin, Liste für Wohnungslüftungsgeräte mit und ohne Wärmerückgewinnung Nr.11



9.1.3 Planung und Installation

Zertifizierte Komfortlüftungstechniker

Ein mögliches Kriterium für die Auswahl von Fachpartnern ist der Nachweis von Referenzanlagen oder der Nachweis von einschlägigen Weiterbildungen wie die Personenzertifizierung mit anerkanntem Zertifikat des Austrian Institute of Technology AIT. Empfehlenswert, da die Anforderungen an hochwertige Lüftungsanlagen nur von entsprechend ausgebildetem Fachpersonal erfüllt werden können.

<http://www.ait.ac.at/research-services/research-services-energy/training-education/zertifizierter-komfortlueftungstechniker/zertifizierung/>

9.1.4 Wartung

Wartungsverträge bieten an (Kurzrecherche 17&4):

http://www.proluft.at/lueftung_p--reinigung.html http://www.hlr.co.at/wordpress/?page_id=251

<http://www.decon.pro/lufung-klima/> http://www.goldgruber.cc/reinigung-lueftungsanlage_83.htm?gclid=CLHM6Z-biboCFY7HtAod3nEAug <http://www.lueftungs-technik.at/befunde.html>

Leitfaden der firma maico: http://www.geht-doch.at/fileadmin/Bibliothek/broschueren/maico_kwl-leitfaden.pdf

Für MFH:

http://www.komfortlueftung.at/fileadmin/komfortlueftung/MFH/08_Thaler_Andreas_DA_ano.pdf

http://www.hausderzukunft.at/hdz_pdf/endbericht_1202_reduktion_wartungskosten.pdf

Normen: <http://www.bdb.at/Service/NormenDetail?id=264335>

<http://www.bdb.at/Service/NormenDetail?id=267350>

<http://www.bdb.at/Service/NormenDetail?id=153393>

<http://www.bdb.at/Service/NormenDetail?id=216746>

9.2 Richtpreise und Förderung

In der **einfachen Ausführung** kostet ein reines Abluftsystem ohne Wärmerückgewinnung **circa 12 - 15 €/m²**.

Hochwertige Lüftungsanlagen für Wohngebäude

Die Kosten für eine **energieeffiziente Lüftungsanlage** mit Wärmerückgewinnung belaufen sich im großvolumigen Wohnbau auf **ca. 40 - 70 €/m² Nutzfläche**.

Bei einem Einfamilienhaus kann man mit einem Preis von **7000 – 10.000 € (excl. Mwst)** rechnen.

<http://www.heizungsfinder.de/heizung/wohnraumlueftung/kosten>

Wärmeverteilung	Baukosten	Wartung	Instandhaltung
Wärmeverteilung für Radiatoren (inkl. Radiatoren)	30 €/m ² BGF	-	-
Wärmeverteilung und 1 Radiator pro Whg	10 €/m ² BGF	-	-
kontrollierte Wohnraumlüftung			
Luftleitungen für zentrale kontrollierte Wohnraumlüftung	40 €/m ² BGF	-	-
Luftleitungen für zentrale kontrollierte Wohnraumlüftung mit Zuluftbeheizung (Heizregister in jeder Whg)	45 €/m ² BGF	-	-
Lüftungszentrale mit Wärmerückgewinnung (selbes Gerät auch bei zuluftbeheizt)	15 €/m ² BGF	0,9 €/m ² a	0,2 €/m ² a
HEIZUNG (Preise gültig im Leistungsbereich zwischen 40 und 80 kW)			
Fernwärme: Übergabestation und Anbindung	100 €/kW	150 €/a	150 €/a
Luftdichtheit			
n50 = 1 1/h	3 €/m ² BGF	-	-
n50 = 0,6 1/h	5 €/m ² BGF	-	-
n50 = 0,2 1/h	6 €/m ² BGF	-	-

Abbildung 37: Kosten von Komponenten, Quelle: Fachseminar im Projekt InnoCost, e7, Haus der Zukunft plus, 2013

10 Erkenntnisse aus der Praxis anhand von Bestandsanlagen

Im folgenden Abschnitt werden anhand von Praxisbeispielen bestehender kontrollierter Wohnraumlüftungen häufige Fehler und Mängel aufgezeigt. Zur Vermeidung wurden einfache Regeln und Grundsätze aufgestellt (eingerahmt).

10.1 Beispiel 1 (Anlage für mehrere Büroräume)

Im vorliegenden Beispiel 1 wurden das Gerät und die peripheren Komponenten im nicht konditionierten Dachboden situiert. Außenluftseitig ist ein Sole-Register für die Temperierung der Außenluft eingebunden. Die Sole wird über einen Plattenwärmetauscher mit Grundwasser temperiert. Neben der Frostfreihaltung wurde die Anlage auch für die Kühlung und Entfeuchtung der Zuluft konzipiert. Diese Erwartungen konnten jedoch nicht erfüllt werden, da die Anlage einige konzeptionelle und technische Mängel aufweist.



Abbildung 38: Lüftungsinstallation im nicht konditionierten Dachboden (Leitzinger, 2013)



Abbildung 39: Heizregister statt Kühlregister verbaut – fehlender Kondensatablauf (Leitzinger, 2013)



Abbildung 40: Gerätinnenseite mit Plattenwärmetauscher und störanfälliger Bypassklappe (Leitzinger, 2013)



Abbildung 41: offensichtlich zu klein dimensionierter Plattenwärmeübertrager Grundwasser - Sole (Leitzinger, 2013)

10.1.1 Grenzen einer Komfortlüftung erkennen:

Mit kontrollierten Wohnraumlüftungen können keine Kühllasten abgeführt werden!

Die Zuluft darf aufgrund von Kondensationsvermeidung der Zuluftleitungen nicht unter 17 °C abgekühlt werden. Liegt die Zulufttemperatur nur wenige Grad unter der Raumtemperatur, kann trotzdem keine Kühlleistung generiert werden, da die Zuluft mit Feuchtigkeit gesättigt ist und daher noch einen höheren Enthalpiegehalt aufweist (heiß-schwüle Außenluft wurde bis oder unter den Kondensationspunkt abgekühlt). Auch eine Erhöhung des Luftvolumenstroms führt nicht zu einer Leistungssteigerung. Diese Leistungslimitierung gilt auch für Geräte mit aktiver Kühlung über einen reversierbaren Wärmepumpenkreislauf. Auch bei fachgerechter Ausführung der Anlage kann keine Kühlung der Büroräume realisiert werden.

- ➔ Kühlung und/oder Entfeuchtung muss durch ein separates System erfolgen. Zuerst passive Maßnahmen (Beschattung, Minimierung innerer Lasten) setzen. Falls erforderlich, energieeffiziente Systeme mit ausreichender Leistung wählen.

10.1.2 Vermeidung von Transmissionsverlusten

Der Einfluss der Situierung des Gerätes inklusive der Luftleitungen auf die thermische Effizienz wird völlig unterschätzt. Die großen Oberflächen von luftführenden Bauteilen können die Energieeffizienz der Anlage zum Kippen bringen und den thermischen Komfort negativ beeinflussen. Im konkreten Fall fehlte zum Teil die Dämmung der Luftleitungen. Außerdem wurde diese im Kondensationsbereich mit ungeeignetem Material (nicht feuchtebeständig) ausgeführt. Die hohen

Sommertemperaturen am Dachboden führten zu einem deutlichen Effizienzverlust sowohl im Winter als auch im Sommer. Zusätzlich war die Ansaugung der Außenluft über Dach für den Kühlfall sehr ungünstig gewählt.

Lüftungsgeräte sind in temperierten Räumen immer möglichst nahe an den Außendurchführungen der Luftleitungen zu situieren!

- Das Gerät sollte innerhalb der konditionierten Hülle platziert werden. Luftleitungen mit hohen Temperaturunterschieden zur Umgebung müssen möglichst kurz gehalten und mit geeignetem Dämmmaterial in ausreichender Dämmstärke versehen werden. Für längere Luftleitungen und Formstücke nimmt der Dämmaufwand überproportional zu.
- Es sind Luftleitungssysteme aus geschäumtem Kunststoff erhältlich, die aufgrund ihrer geringen Dämmstärke nicht ausreichend für den Kondensationsschutz sind. Die erforderliche Dämmstärke und die erforderliche Dampfdiffusionsdichtheit der Materialien sind zu berücksichtigen.



Abbildung 42: Kondensatbildung an einer geschäumten Luftleitung in einer Reihenhausanlage (Leitzinger, 2013)

- Für flexible Luftleitungen gibt es keine wärmebrückenfreie, geschlossenzellige Dämmung. Aus diesem Grund sind flexible Anschlüsse für Außenluft- und Fortluftleitungen nicht geeignet.



Abbildung 43: undämmbare hochflexible Außenluft- und Fortluftleitungen (links) in einem engen Haustechnikschacht in einer kleinen Wohnhausanlage (Leitzinger, 2013)



Abbildung 44: hochflexible, undämmbare Außenluft- und Fortluftleitungen in einem Einfamilienhaus (Leitzinger, 2013)

Für Außenluft- und Fortluftleitungen sind nur starre Rohrleitungen zu verwenden, die die Möglichkeit bieten, wärmebrückenfreie, dampfdiffusionsdichte Dämmung in ausreichender Stärke aufbringen zu können!

- ➔ Im Neubau ist ein Trend zur Aufstellung der Geräte in Wohngeschoßen erkennbar. Geräte mit niedriger Schallabstrahlung des Gehäuses können problemlos in Technikräume, Abstellräume und untergeordnete Bereichen innerhalb der Wohnung integriert werden. Die Wartung ist in solchen Fällen eher gesichert, als wenn das Gerät in einem abseits gelegenen Kellerraum versteckt ist.

Der Platzbedarf für das Lüftungsgerät ist inklusive peripherer Komponenten (Schalldämpfer, Wärmedämmung, Kondensatablauf, eventuelle Auskreuzung von Luftleitungen, Wartung und Ausbau von Komponenten etc.) zu dimensionieren!

10.1.3 Falsche Komponentenwahl

Für den Kühlfall muss das Register über eine Tropfwanne und einen Kondensatablauf verfügen. Bei Verwendung eines Heizregisters, bei dem das Kondensat in der Anlage stehen bleibt, ist mit Hygieneproblemen zu rechnen.

- Für Sole-Register dürfen ausschließlich Kühlregister mit Tropfwanne und Kondensatabfluss zum Einsatz kommen, die auch über eine Wartungsöffnung verfügen, um eine regelmäßige Reinigung von Register und Tropftasse durchführen zu können. Der Kondensatabfluss muss über eine Rücksaugung verfügen.

Für Sole-Register sind ausschließlich Kühlregister mit Tropfwanne zu verwenden, die über einen ausreichend großen Revisionszugang für die notwendige regelmäßige Inspektion bzw. Reinigung verfügen!

Die geschlossenzellige Dämmung muss in diesem Bereich abnehmbar sein!

10.1.4 Fehlende Störungsüberwachung für Bypassklappen

Die Steuerung von Bypassklappen zur Umgehung der Wärmerückgewinnung bei Vorschaltung eines Sole-Wärmetauschers hat entsprechend der Anforderung Sommerfall/Winterfall bzw. Kühlbedarf/Frostschutzbedarf zu erfolgen. Dabei sind verschiedene Temperaturparameter (Raumtemperatur, Jahreszeit, Fortlufttemperatur etc.) zu berücksichtigen. Die Ermittlung der korrekten Einstellwerte ist komplex, die Messunsicherheit und Störanfälligkeit sind hoch. In mehreren Praxisfällen, sowie auch im vorliegenden Fall, wurde die Störung der Klappe nicht bemerkt, da es im Regelfall für diese Fehlfunktion keine Sensorik und Logik gibt, die diese auswertet. So kann es passieren, dass die Bypassklappe im Sommer und Winter zur falschen Zeit betätigt wird. Bei einigen Anlagen wurde bei einer routinemäßigen Funktionsprüfung festgestellt, dass die Bypassklappen nicht mehr vollständig schließen. Dadurch sank die Wärmerückgewinnung im Winter deutlich ab.

Sole-Vorwärm-/Kühlsysteme in Verbindung mit Bypassklappen sollten nur eingesetzt werden, wenn eine Störüberwachung des Systems gewährleistet werden kann!

Das Kosten-Nutzen-Verhältnis von Sole-Systemen bei reinen Lüftungsanlagen (ohne integrierte Wärmepumpen) sollte kritisch hinterfragt werden!

10.2 Beispiel 2 (Anlage für ein Zweifamilienhaus)

Bei diesem Objekt wurde ein Lüftungssystem für zwei unabhängige Wohneinheiten ausgeführt. Der in einer Wohneinheit im EG befindliche Technikraum wurde für die Installation des Gerätes und der Verteilkästen („Spaghettisystem“) verwendet. Die beiden Wohneinheiten verfügen über zahlreiche Räume, eine große Wohnfläche und eine niedrige Belegungsichte.

10.2.1 Getrennte Steuerbarkeit einzelner Wohneinheiten

Eine Grundanforderung betrifft die unabhängige Steuerbarkeit bzw. Regelbarkeit einzelner Wohneinheiten. In diesem Fall wären zwei getrennte Lüftungssysteme zu konzipieren gewesen.

Jede einzelne Nutzungseinheit muss getrennt steuerbar sein, ohne dass das den Volumenstrom in anderen Nutzungseinheiten beeinflusst!

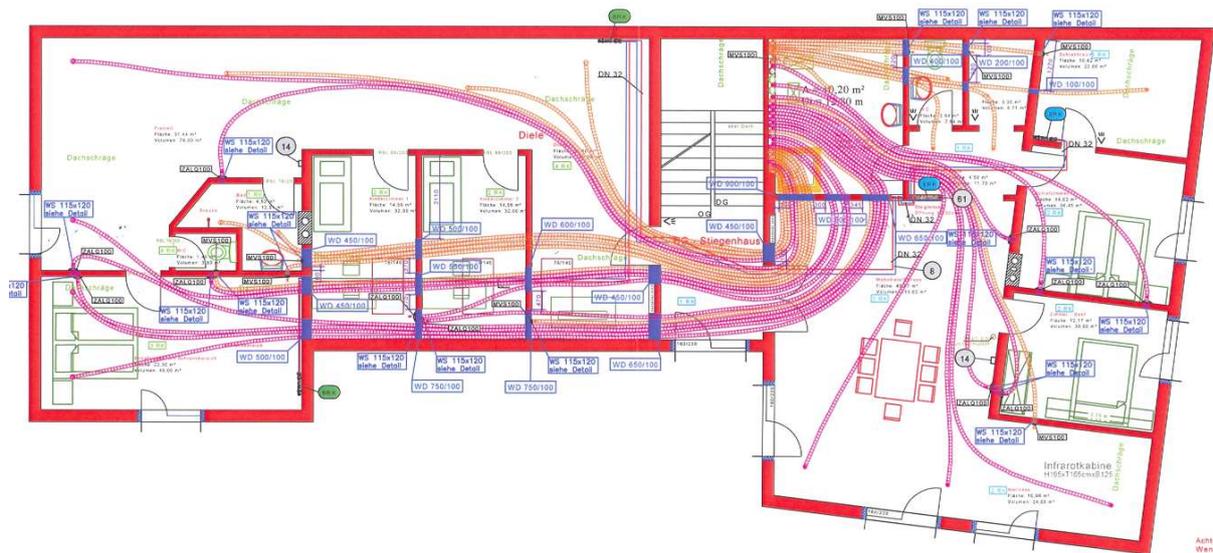


Abbildung 45: ungünstig konzeptionierte „Spaghettiverrohrung“ (Leitzinger, 2013)



Abbildung 46: große Schlauchbündel nach Verteilbox (Leitzinger, 2013)

10.2.2 Ungünstige Anordnung der Luftverteilkästen

Durch die Anordnung der Verteilkästen für Zuluft und Abluft in einem nicht zentral gelegenen Technikraum für beide Wohnungen ergaben sich beträchtliche Gesamtröhlängen. Insgesamt beträgt die Gesamtlänge aller Luftleitungen ca. 900 (!) m. Neben den erheblichen Investitionskosten für Material und Installation ergaben sich sehr unterschiedliche Luftleitungslängen der flexiblen Rohre. Die längste Leitung war 37 m, die kürzeste nur 6 m lang. Die großen Druckverlustunterschiede ermöglichen es nicht mehr, die Volumenströme über die Durchlässe allein abzugleichen, ohne ein akustisches Problem an den Durchlässen der kurzen Leitungen zu verursachen. Die am weitesten weggelegenen Schlafräume erhalten bei dieser Konstellation zu wenig Zuluft.

Die Reinigung dieser Systeme ist mit erheblichem zeitlichen Aufwand und Kosten verbunden. Die Reinigbarkeit von Luftleitungen über 25 m mit engen Biegeradien ist laut Auskunft von Fachfirmen äußerst fraglich. Wenn von beiden Seiten gereinigt werden muss, findet eine Staubverschleppung in den bereits gereinigten Abschnitt statt.

Für die einfache Abgleichbarkeit sind möglichst gleich lange Luftleitungen vorzusehen!

Die Luftverteilkästen sind möglichst zentral zu den Räumen und geschoßweise zu platzieren!

Die einfache Zugänglichkeit und Öffnbarkeit der Luftverteiler muss gewährleistet sein!

Eine kostengünstige Reinigbarkeit kann nur mit kurzen Leitungslängen erzielt werden!

10.2.3 Nichtbeachtung der Mehrfachnutzung der Luft

Im gegenständlichen Beispiel betrug der konzipierte Gesamtvolumenstrom für beide Wohneinheiten ca. 600 m³/h für 6 Personen, wobei vorerst nur jeweils 2 Personen in den beiden Nutzungseinheiten wohnten. Der personenspezifische Volumenstrom bezogen auf die Dimensionierung beträgt damit 100 m³/(h·Person). Dieser extrem hohe Wert ist einerseits auf die vielen Räumlichkeiten im Haus, andererseits auch auf die Missachtung der Luftführung zurückzuführen, d.h. Vorräume werden hier ebenfalls mit Zuluft oder Abluft versorgt. Wohnzimmer erhalten einen großen zusätzlichen Zuluftvolumenstrom, obwohl diese gemäß der erweiterten Mehrfachnutzung der Luft als Überströmräume nutzbar sind. Durch Optimierung der Luftführung kann eine Reduktion der Luftvolumenströme auf 150 m³/h pro Wohneinheit erfolgen. In diesem Beispiel mit sehr hohen personenspezifischen Luftvolumenströmen ist der Einsatz einer wirksamen Maßnahme zur Anhebung der Raumluftfeuchte unumgänglich (z.B. Feuchterückgewinnung oder Befeuchtung).

Die (erweiterte) Mehrfachnutzung der Luft zur Optimierung des Gesamtvolumenstroms gemäß ÖNORM H 6038 ist unbedingt anzuwenden!

11 Musterbeispiel Gerätefreigabe (Schöberl & Pöll)

In diesem Kapitel wird anhand eines realen Projekts genau beschrieben, wie der ambitionierte Baumeister erkennen kann, ob gelieferte Gerätebeschreibungen und Planungen geeignet sind, das Erreichen festgelegter energetischer Anforderungen (für Passivhauslüftungsanlagen siehe Kapitel 12.2.1) zu ermöglichen. Zusätzlich werden im Beispiel die freigegebenen Planwerte mit Messwerten verglichen.

11.1 Freigabeprozess aus energetischer Sicht für eine umgesetzte Passivhausanlage

11.1.1 Kurzbeschreibung des Objekts und der Anlage

Bei dem in den folgenden Kapiteln beschriebenen Beispielprojekt handelt es sich um eine realisierte Passivhauswohnanlage in Österreich im massiven Neubau mit 13 Mietwohnungen. Die thermische Hülle wurde in Passivhausqualität ausgeführt. Die Heizung erfolgt über dezentrale Heizregister per Zuluft. Das zentrale Lüftungszentralgerät mit Wärmerückgewinnung ist im Untergeschoß des Hauses situiert. Das eingesetzte Lüftungsgerät weist eine Passivhaus Institut Zertifizierung vor:

Zertifikat

Passivhaus geeignete Komponente
Für kühl-gemäßigtes Klima, gültig bis 31.12.2012

Kategorie:
Hersteller:
Produkt:

Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:

Passivhaus Behaglichkeitskriterium	$\theta_{Zuluft} \geq 16,5 \text{ °C}$ bei $\theta_{Außenluft} = -10 \text{ °C}$
Wärmebereitstellungsgrad	$\eta_{WRG,eff} \geq 75\%$
Elektroeffizienz	$P_{el} \leq 0,45 \text{ Wh/m}^3$
Leistungszahl	≥ 10
Dichtheit	Der interne und externe Leckluftstrom unterschreitet 3% des Nennvolumenstromes.
Abgleich und Regelbarkeit	Balanceeinstellung möglich: ja Automatische Volumenstrombalance: ja
Schallschutz	Bei Großgeräten wird von einer Aufstellung im Technikraum ausgegangen. Die Ergebnisse der Schallmessung sind der Anlage zum Zertifikat zu entnehmen.
Raumlufthygiene	Außenluftfilter F7 Abluftfilter G4
Frostschutz	Frostschutz erforderlich, empfohlene Strategien siehe Zertifikatsanlage

1) Die tatsächlich verfügbare externe Pressung mit eingebauten Filtern beträgt **223 Pa**.
2) Die tatsächlich verfügbare externe Pressung mit eingebauten Filtern beträgt **194 Pa**.
Zusätzliche Geräteeinbauten wie z.B. Heizregister verringern die verfügbare externe Pressung entsprechend.
Weitere Informationen siehe Anlage zum Zertifikat.

www.passiv.de

Passivhaus Institut
Dr. Wolfgang Feist
64283 Darmstadt
GERMANY

Einsatzbereich
950 – 1800 m³/h
bei externer
Pressung von
259 Pa ¹⁾
(Nichtwohnbau)

Einsatzbereich
950 - 2200 m³/h bei
externer Pressung
von 236 Pa ²⁾
(Wohnbau)

$\eta_{WRG,eff}$ **84%**
(Nichtwohnbau)

$\eta_{WRG,eff}$ **82%**
(Wohnbau)

Elektroeffizienz
0,41 Wh/m³

Leistungszahl
10,3

PASSIVHAUS
geeignete
Komponente
Dr. Wolfgang Feist

Abbildung 47: Deckblatt Zertifizierung Großgerät Lüftungsanlage Passivhaus Institut [PHI13b]

Damit ist nicht automatisch gesichert, dass diese Anlage in jedes Gebäude eingebaut werden kann und die auf der Zertifizierung angegebenen Werte erreicht werden. Der Einsatzbereich für Volumenstrom und Pressung bzw. Druck müssen unbedingt berücksichtigt werden. In dem Hochwertige Lüftungsanlagen für Wohngebäude

angegebenen Einsatzbereich erreicht diese Anlage einen SFP von $0,41 \text{ Wh/m}^3$. Bei der Pressung muss berücksichtigt werden, ob der Wert für den Einsatzbereich mit oder ohne eingebauten Filter verwendet werden muss.

11.1.2 Benötigte Unterlagen

Für eine energetische Bewertung der Lüftungsanlage müssen folgende Unterlagen vom Haustechnikplaner/Ausführenden übermittelt werden (siehe auch Checkliste ...):

- Auslegung der Lüftungsanlage (üblicherweise vom Hersteller des Zentralgeräts berechnet) mit folgenden Angaben:
 - Volumenstrom
 - Einbauteile im Zentralgerät inkl. der zugehörigen Druckverluste (z.B. Filter, Klappen usw.)
 - Auslegung des Wärmetauschers mit Angabe der Leistung und der zu- und abluftseitigen Wärmerückgewinnung in % bei -10 °C (für Behaglichkeitskriterium Passivhaus Institut), trocken d.h. mit einer relativen Luftfeuchte der Abluft unter 10 %, da die Kondensation das Ergebnis der Berechnung beeinflusst. Dies bedeutet nicht, dass 10 % relative Luftfeuchte tatsächlich im realen Betrieb auftreten.
 - Ventilatorauslegung mit Angabe Volumenstrom, Gesamtdruckverlust, Gesamtwirkungsgrad, Leistungsaufnahme Ventilator und spezifischer Stromverbrauch in Wh/m^3 oder $\text{W}/(\text{m}^3/\text{s})$
- ausführliche und nachvollziehbare Druckverlustberechnung des kritischen Strangs für die Abluft und die Zuluft getrennt inkl. der zugehörigen Datenblätter aller im kritischen Strang verbauten Komponenten (Ventile, Brandschutzklappen usw.) mit Angabe des Druckverlustes bei unterschiedlichen Volumenströmen;
- Angaben zum wohnungsweisen Raumregelgerät (falls vorhanden)
 - Datenblatt mit Abbildung
 - Angabe über die zu den einzelnen Lüftungsstufen gehörigen Luftwechsel (in Prozent des Auslegungsvolumenstroms)
 - Welche Lüftungsstufe am Raumregelgerät bezieht sich auf den Volumenstrom in der Ventilatorauslegung/Geräteauslegung? (üblich: Betriebsvolumenstrom=mittel; Auslegungsvolumenstrom/Dimensionierungsvolumenstrom = max; minimaler Volumenstrom lt. Auslegung = min)

11.1.3 Prüfung Volumenstrom

Folgende zentrale Aspekte den Volumenstrom betreffend müssen vom/von der BaumeisterIn im Zuge der Bewertung der Lüftungsanlage überprüft werden:

- Auf welchen Volumenstrom wurde die Anlage ausgelegt?
- Mit welchem Volumenstrom werden die Berechnungen und Nachweise durchgeführt (Berechnung Druckverluste, Elektroeffizienz SFP, Wärmerückgewinnung)?

Die Berechnung des Auslegungsvolumenstroms bzw. Dimensionierungsvolumenstrom erfolgt nach ÖNORM H 6038 [ONO14].

Der Auslegungsvolumenstrom ist der maximale Volumenstrom, wenn alle Mieter auf ihrem Raumregelgerät auf die maximale Stufe einstellen bzw. bei maximaler Belegung der Wohnung. Dies ist jedoch kein üblicher Fall, deswegen wird bei der Bewertung der Wärmerückgewinnung und der

Stromeffizienz der Betriebsvolumenstrom (angepasst auf die reale Nutzung) verwendet. Dieser kann näherungsweise mit 70 % des Auslegungsvolumenstroms angenommen werden.

Bei Vorlage aller notwendigen Unterlagen sind folgende Schritte zur Überprüfung des Volumenstroms notwendig:

1. Schritt: Überprüfung, ob in allen Unterlagen derselbe Volumenstrom verwendet wurde.

Beispielprojekt: Der Volumenstrom wurde in folgenden Unterlagen überprüft (1.785 m³/h):

Gehäusedaten			
Paneel aussen	verzinkt beschichtet RAL 9010	Isolierung	Steinwolle - 30,00 kg/m³
Paneel innen	verzinkt	Paneeldicke	50,0 mm
Paneel innen Boden	verzinkt		
Ecken	verzinkt		
Profile	verzinkt		
Einheit Daten			
Zuluft		Abluft	
Baugröße	3200	Baugröße	
Luftmenge [m ³ /h]	1.785	Luftmenge [m ³ /h]	1.785
Ext. Druckverlust [Pa]	350	Ext. Druckverlust [Pa]	350

Abbildung 48: Auslegungsunterlage, Deckblatt, Lüftungsgerät, Beispielprojekt

Plattentauscher			
Typ			
<u>Heizmodus</u>			
Zuluft Temperatur/Feuchtigkeit [°C]/[%]			
Ansaug	0,00/35,0	Austritt	17,80/10,5
Abluft Temperatur/Feuchtigkeit [°C]/[%]			
Ansaug	21,00/50,0	Austritt	8,80/78,3
Wirkungsgrad [%]			
Temperatur	82,1	Feucht	84,6
Leistung [kW]			
Sensibel	10,33	Total	10,65
Kondensate [kg/h]			
	4,73		
Druckabfall [Pa]			
Zuluft	105	Abluft	129
Luftmenge [m ³ /h]			
Zuluft	1.785	Abluft	1.785

Abbildung 49: Auslegungsunterlage, Berechnung Wärmerückgewinnung, Lüftungsgerät Beispielprojekt

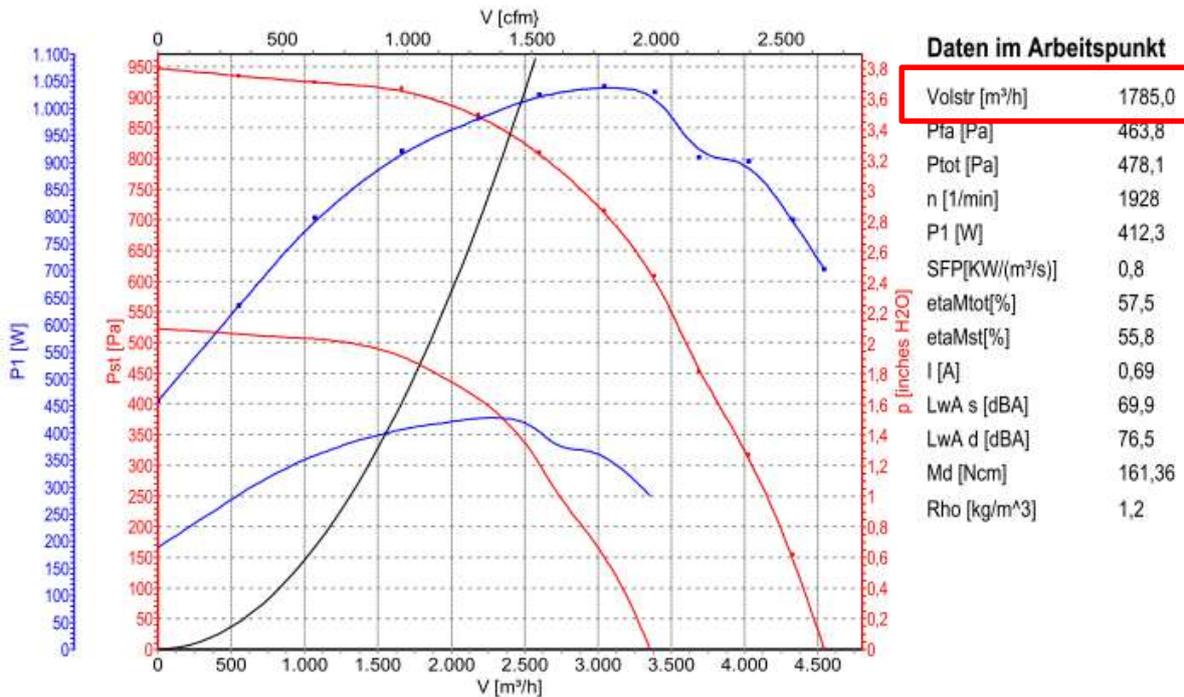


Abbildung 50: Ventilatorauslegung zur Berechnung der Leistungsaufnahme SFP, Lüftungsgerät Beispielprojekt

TS	V	A	a	b	dlg	w	Pd	P	Pg	Teil	Zeta	L	R	R*	Z	dpg	dpv
Nr.	[m³/h]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Nr.		[m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
104	950	0,090	300	300	331,7	2,9	5,2	225,	231,0	104							
										--	0,07	0,4	0,33	0,13	0,32	-	0,3
105	1785	0,180	300	600	463,6	2,8	4,6	226,	231,3	105							
										--	1,00	0,3	0,20	0,06	4,55	-	4,6
106	1785	0,180	600	300	463,6	2,8	4,6	231,	235,9	106							
										Schalldämpfer		-	-	-	25,0	25,0	
107	1785	0,180	300	600	463,6	2,8	4,6	256,	260,9	107							
										--	1,00	0,3	0,20	0,06	4,55	-	4,6
108	1785	0,180	300	600	463,6	2,8	4,6	260,	265,5	108							
										KG	-	0,5	0,20	0,10	-	-	0,1
109	1785	0,180	600	300	463,6	2,8	4,6	261,	265,5	109							
										UE	0,05	0,1	0,20	0,02	0,20	-	0,2
110	1785	0,191	300	638	477,0	2,6	4,0	261,	265,8	110							
										--	1,00	0,3	0,17	0,05	4,03	-	4,0
111	1785	0,191	300	638	477,0	2,6	4,0	265,	269,8	111							

Abbildung 51: Druckverlustberechnung, Bereich direkt nach Zentralgerät, Lüftungsgerät Beispielprojekt

In allen Unterlagen wurde derselbe Volumenstrom von 1.785 m³/h, in diesem Fall der Betriebsvolumenstrom, verwendet.

2. Schritt: Überprüfung, ob der Volumenstrom dem angegebenen Volumenstrombereich laut evtl. vorhandenen Zertifikaten z.B. Passivhaus Institut, entspricht.

Beispielprojekt: Der angegebene Volumenstrom von 1.785 m³/h liegt im Bereich des Passivhaus-Zertifikats:

Zertifikat

Passivhaus geeignete Komponente

Für kühl-gemäßigtes Klima, gültig bis 31.12.2012

Kategorie:

Hersteller:

Produkt:

Folgende Kriterien wurden für die Zuerkennung des Zertifikates geprüft:

Passivhaus Behaglichkeitskriterium	$\theta_{\text{Zuluft}} \geq 16,5 \text{ °C}$ bei $\theta_{\text{Außenluft}} = -10 \text{ °C}$
Wärmebereitstellungsgrad	$\eta_{\text{WRG,eff}} \geq 75\%$
Elektroeffizienz	$P_{\text{el}} \leq 0,45 \text{ Wh/m}^3$

Passivhaus Institut
Dr. Wolfgang Feist
64283 Darmstadt
GERMANY

Einsatzbereich
950 – 1800 m³/h
bei externer
Pressung von
259 Pa ¹⁾
(Nichtwohnbau)

Einsatzbereich
950 - 2200 m³/h bei
externer Pressung
von 236 Pa ²⁾
(Wohnbau)

Abbildung 52: Deckblatt Zertifizierung Lüftungsanlage aus dem Beispielprojekt [PHI13b]

3. Schritt: Nachfrage bei Haustechnikplaner, welcher Lüftungsstufe der angegebene Volumenstrom entspricht. Dies ist vor allem für die Überprüfung der Elektroeffizienz wichtig.

Beispielprojekt: Vom Haustechnik-Planungsteam wurde mitgeteilt, dass sich der angegebene Luftvolumenstrom von 1.785 m³/h auf den Betriebsvolumenstrom, sprich mittlere Stufe, bezieht. Laut ÖNORM H 6038 [ONO14] sollte für den abgesenkten Betrieb bei Abwesenheit der NutzerInnen ein 0,15-facher Raumlufwechsel bezogen auf die Nutzfläche der Wohnung nicht unterschritten werden. Für den Betriebsvolumenstrom (mittlere Stufe) gibt es genaue Vorgaben in der ÖNORM H 6038.

11.1.4 Prüfung Druckverluste

Die Prüfung der Druckverluste ist der zentrale Punkt in der Gerätefreigabe. Durch diese Überprüfung wird sichergestellt, dass der maximale Druckverlust laut Gerätezertifikat eingehalten wird und, dass der Stromverbrauch durch die Druckverluste nicht die Grenzwerte übersteigt.

Die Überprüfung betrifft die angeforderte **Druckverlustberechnung** für Zu- und Abluft getrennt und alle zugehörigen Datenblätter der Einbauten. Jede eingebaute Komponente im Leitungsnetz muss überprüft werden. Die Unterlagen müssen so früh wie möglich angefordert werden, um sicherzustellen, dass noch Änderungen bei einzelnen Komponenten möglich sind. Ist das Leitungsnetz schon fertiggestellt, sind diese Änderungen oft nicht mehr möglich.

Schritt 1: Überprüfung der Druckverluste anhand der Datenblätter

Beispielprojekt: Wie in den vorherigen Kapiteln beschrieben, wird bei der Druckverlustberechnung der korrekte Volumenstrom überprüft. Die Überprüfung der Druckverluste anhand der Datenblätter wird exemplarisch anhand der Berechnung für die Zuluft gezeigt. Für die Abluft erfolgt diese Überprüfung auf demselben Weg, es muss sichergestellt werden, dass Zu- und Abluft getrennt voneinander berechnet und ausgewiesen sind. Die Druckverluste für die Abluft sind in den meisten Fällen niedriger als die der Zuluft.

Weitwürfdüse: 10 Pa (auf die richtige Öffnungsbreite muss geachtet werden)

Berechnung:

TS	V	A	a	b	dlg	w	Pd	P	Pg	Teil	Zeta	L	R	R' ^I	Z	dpg	dpv
Nr.	[m ³ /h]	[m ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Nr.		[m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
1	35	0,031	-	-	200,0	0,3	0,1	9,9	10,0	Weitwürfdüse	-	-	-	-	10,0	10,0	

Abbildung 53: Druckverlustberechnung, Auszug, externe Druckverluste, Lüftungsgerät Beispielprojekt

Datenblatt:

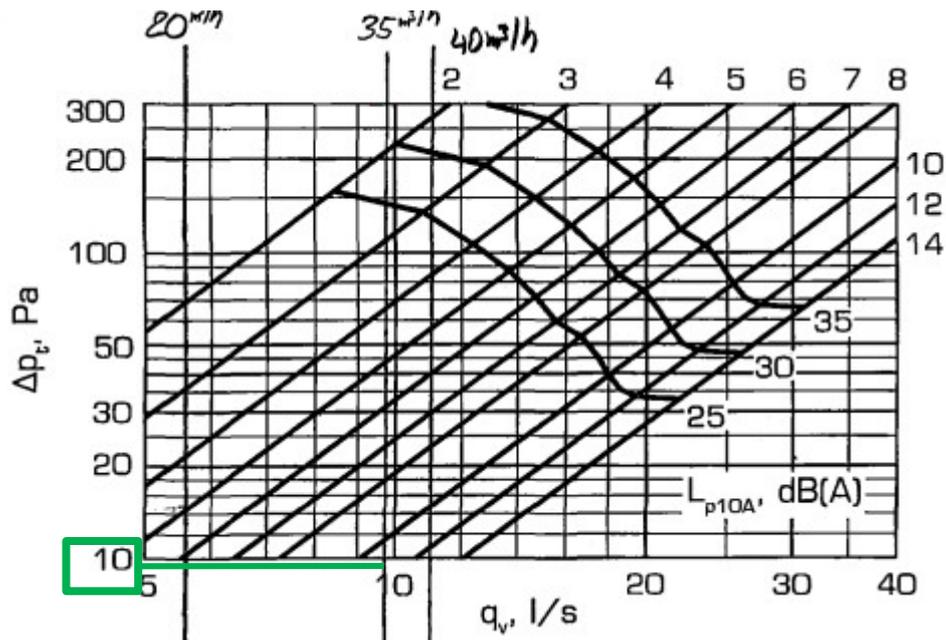


Abbildung 54: Datenblatt Weitwürfdüse, Lüftungsgerät Beispielprojekt (Quelle: J. Pichler GmbH)

Feuerschutzabschluss FLI-VE90/ST: 2 Pa

Berechnung:

TS	V	A	a	b	dlg	w	Pd	P	Pg	Teil	Zeta	L	R	R' ^I	Z	dpg	dpv
Nr.	[m ³ /h]	[m ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Nr.		[m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
27	145	0,020	-	-	160,0	2,0	2,4	67,3	69,7	runde BSK	-	-	-	-	2,0	2,0	

Abbildung 55: Druckverlustberechnung, Auszug, externe Druckverluste, Lüftungsgerät Beispielprojekt

Datenblatt:

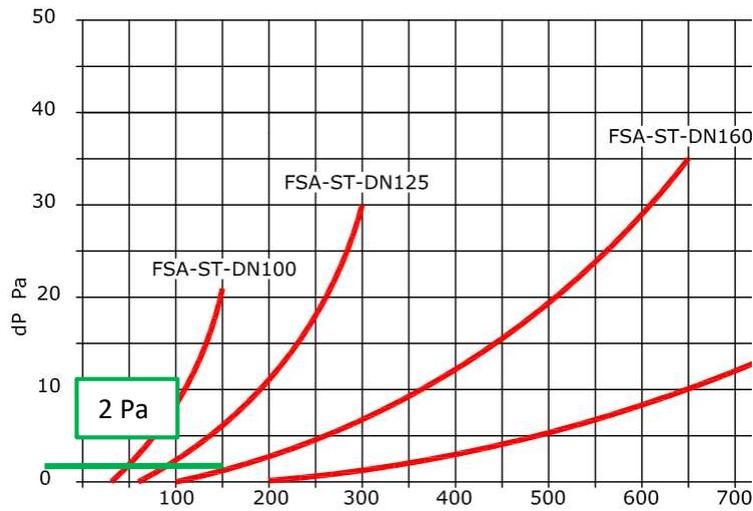


Abbildung 56: Datenblatt Feuerschutzabschluss, Lüftungsgerät Beispielprojekt (Quelle: AIR FIRE TECH Brandschutzsysteme GmbH)

Kaltrauchsperr LRK-M: 20 Pa

Berechnung:

TS	V	A	a	b	dlg	w	Pd	P	Pg	Teil	Zeta	L	R	R'	Z	dpg	dpv
Nr.	[m³/h]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Nr.		[m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
29	145	0,020	-	-	160,0	2,0	2,4	87,4	89,8	runde BSK	-	-	-	-	20,0	20,0	

Abbildung 57: Druckverlustberechnung, Auszug, externe Druckverluste, Lüftungsgerät Beispielprojekt

Datenblatt:

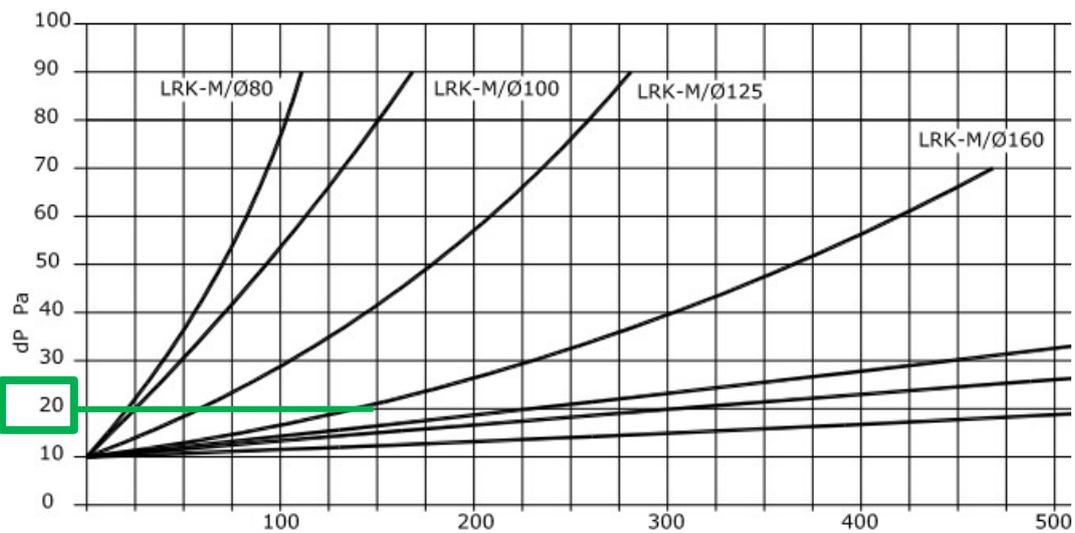


Abbildung 58: Datenblatt Kaltrauchsperr, Lüftungsgerät Beispielprojekt (Quelle: AIR FIRE TECH Brandschutzsysteme GmbH)

Volumenstromregler (bei geöffneter Klappenstellung): 30 Pa

Berechnung:

TS	V	A	a	b	dlg	w	Pd	P	Pg	Teil	Zeta	L	R	R' ^I	Z	dpg	dpv
Nr.	[m ³ /h]	[m ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Nr.		[m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
										Vol.stromregler, var.,	-	-	-	-	30,0	30,0	
46	145	0,012	-	-	125,0	3,3	6,5	128,	135,2	46							

Abbildung 59: Druckverlustberechnung, Auszug, externe Druckverluste, Lüftungsgerät Beispielprojekt

Datenblatt:

DRUCKVERLUST BEI GEÖFFNETER KLAPPENSTELLUNG

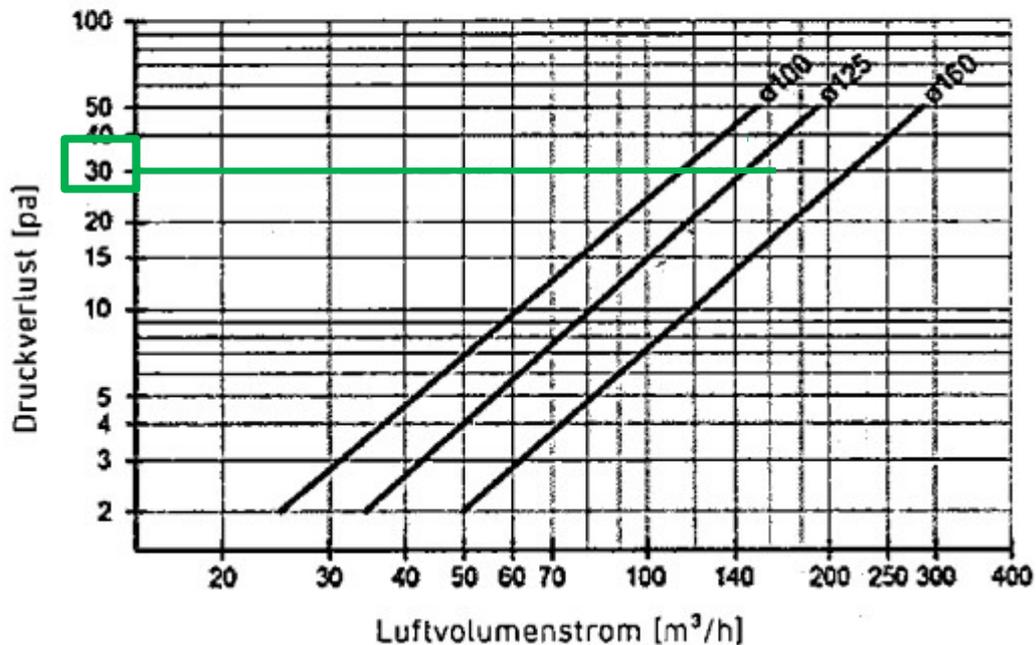


Abbildung 60: Datenblatt Volumenstromregler, Lüftungsgerät Beispielprojekt (Quelle: J. Pichler GmbH)

Heizregister: 11 Pa

Berechnung:

TS	V	A	a	b	dlg	w	Pd	P	Pg	Teil	Zeta	L	R	R' ^I	Z	dpg	dpv
Nr.	[m ³ /h]	[m ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Nr.		[m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
										KE-Erhitzer	-	-	-	-	11,0	11,0	
40	145	0,031	-	-	200,0	1,3	1,0	103,	104,5	40							

Abbildung 61: Druckverlustberechnung, Auszug, externe Druckverluste, Lüftungsgerät Beispielprojekt

Datenblatt:

Position: 3

HEIZREGISTER in CU/Alu-Ausführung

geeignet für Kanaleinbau samt Rahmen und Flansche aus verz. Stahlblech.

TECHNISCHE DATEN

Luftmenge

145 m³/h

Luft Eintritt

15 °C

Luftaustritt

50 °C

Luftseitiger Druckverlust

11 Pa

Abbildung 62: Datenblatt Heizregister, Lüftungsgerät Beispielprojekt (Quelle: J. Pichler GmbH)

In den gezeigten Beispielen stimmen Datenblätter und Druckverlustberechnung überein. Sollten jedoch Unklarheiten oder Abweichungen auftauchen, muss der Haustechnikplaner kontaktiert werden. Wird mit den berechneten Druckverlusten die geforderte Stromaufnahme, z.B. SFP 0,45 Wh/m³, nicht erreicht, muss der Haustechnikplaner die Planung optimieren, Komponenten austauschen und Leitungswege verkürzen. Eine neue Berechnung muss dann anhand aller Datenblätter neu überprüft werden.

Schritt 2: Optimierung der Leitungsführung (optional)

Beispielprojekt: Die Leitungsführung hat einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf die externen Druckverluste: Länge der Leitungswege, wie viele Brandabschnitte werden durchdrungen usw.

Anhand des Beispielprojekts wird gezeigt, wo noch Optimierungspotenzial gelegen hätte. In dem folgenden Auszug der Druckverlustberechnung sind insgesamt 4 Kaltrauchsperrern bzw. Feuerschutzabschlüsse mit insgesamt 67 Pa eingebaut. Ob die Leitungsführung noch optimiert werden kann und weniger Brandabschnitte durchdrungen werden könnten, muss anhand eines Lüftungsplanes bzw. gemeinsam mit dem Haustechniker geprüft werden.

TS	V	A	a	b	dlg	w	Pd	P	Pg	Teil	Zeta	L	R	R*I	Z	dpg	dpv
Nr.	[m³/h]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Nr.		[m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
11	55	0,008	-	-	100,0	1,9	2,3	12,6	14,8	11							
										WFR	-	0,3	0,71	0,24	-	-	0,2
12	55	0,008	-	-	100,0	1,9	2,3	12,8	15,1	12							
										runde BSK	-	-	-	-	10,0	10,0	
13	55	0,008	-	-	100,0	1,9	2,3	22,8	25,1	13							
										BG	0,24	0,1	0,71	0,10	0,54	-	0,5
14	55	0,008	-	-	100,0	1,9	2,3	23,3	25,6	14							
										WFR	-	0,5	0,71	0,35	-	-	0,4
15	55	0,008	-	-	100,0	1,9	2,3	23,7	26,0	15							
										WFR	-	2,5	0,71	1,77	-	-	1,8
16	55	0,008	-	-	100,0	1,9	2,3	25,5	27,7	16							
										BG	0,24	0,1	0,71	0,10	0,54	-	0,5
17	55	0,008	-	-	100,0	1,9	2,3	26,0	28,3	17							
										runde BSK	-	-	-	-	35,0	35,0	
18	55	0,008	-	-	100,0	1,9	2,3	61,0	63,3	18							
										WFR	-	0,3	0,71	0,19	-	-	0,2

Abbildung 63: Druckverlustberechnung, Auszug, externe Druckverluste Zuluft, Optimierungspotenzial, Lüftungsgerät Beispielprojekt

TS	V	A	a	b	dlg	w	Pd	P	Pg	Teil	Zeta	L	R	R'	Z	dpg	dpv	
Nr.	[m³/h]	[m²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Nr.		[m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	
26	145	0,020	-	-	160,0	2,0	2,4	65,3	67,7	26								
									runde BSK		-	-	-	-	2,0	2,0		
27	145	0,020	-	-	160,0	2,0	2,4	67,3	69,7	27								
									WFR		-	0,2	0,41	0,07	-	-	-	0,1
28	145	0,020	-	-	160,0	2,0	2,4	67,4	69,8	28								
									runde BSK		-	-	-	-	20,0	20,0		
29	145	0,020	-	-	160,0	2,0	2,4	87,4	89,8	29								
									RZ		0,09	0,5	0,41	0,21	0,61	-	0,6	
30	145	0,012	-	-	125,0	3,3	6,5	83,9	90,4	30								
									BS		0,08	0,0	1,38	0,05	0,52	-	0,5	
31	145	0,012	-	-	125,0	3,3	6,5	84,4	90,9	31								

Abbildung 64: Druckverlustberechnung, Auszug, externe Druckverluste Zuluft, Optimierungspotenzial, Lüftungsgerät Beispielprojekt

Schritt 3: Optimierung von Einzelkomponenten (optional)

Erscheinen bei der Überprüfung Einzeldruckverluste von Komponenten zu hoch, müssen diese Komponenten durch den/die Haustechnikplaner optimiert werden. Der Baumeister kann dabei Hinweise geben. Die Optimierung von Einzelkomponenten ist aufgrund der Vielzahl an Produkten am Markt nicht immer einfach. Aus diesem Grund kann die folgende Tabelle verwendet werden, welche Richtwerte für interne und externe Druckverluste enthält:

Tabelle 8: Richtwerte externe und interne Druckverluste, Zuluft [KOM13c]

Druckverluste Außenluft - Zuluft:

Bauteil	Intern [Pa]	Extern [Pa]
Außenluftansaugung + Luftleitung	--	10
Geräteklappe mit Motor	5	--
Filter (rein)	20	--
Wärmetauscher für Vereisungsschutz	5	--
(Platten) Wärmetauscher	80	--
Geräteschalldämpfer	--	6
Brandschutzklappe Zentralbereich	--	6
Luftleitungssystem Zentralbereiche	--	40
Brandschutzklappe Wohnung	--	3
Volumenstromregelung Wohnung	--	30
Schalldämpfer Wohnung	--	3
Luftleitungssystem in der Wohnung	--	25
Luftauslass	--	10
Summe	110	131
Sonstiger interner Druckverlust	30	--
Gesamt (intern und extern)		271

Tabelle 9: Richtwerte externe und interne Druckverluste, Abluft [KOM13c]

Druckverluste Abluft - Fortluft:

Bauteil	Intern [Pa]	Extern [Pa]
Luftreinlass	--	10
Luftleitungssystem Wohnung	--	15
Schalldämpfer Wohnung	--	3
Volumenstromregelung Wohnung	--	30
Brandschutzklappe Wohnung	--	3
Luftleitungssystem Zentralbereiche	--	40
Brandschutzklappe Zentralbereich	--	6
Geräteschalldämpfer	--	(6)
Filter (rein)	15	--
(Platten) Wärmetauscher	80	--
Geräteklappe mit Motor	5	--
Luftleitung + Fortluftauslass	--	5
Summe	100	113
Sonstiger interner Druckverlust	30	--
Gesamt (intern und extern)	243	

Erscheinen die Druckverluste einer Einzelkomponenten zu hoch, können auch in Eigenrecherche Hersteller dieser Komponente ausgemacht und anhand der verfügbaren Datenblätter im Internet Vergleiche gezogen werden.

11.1.5 Prüfung Strombedarf

Der Strombedarf der Lüftungsanlage ergibt sich zum größten Teil aus dem Strombedarf für die Luftförderung bzw. für die Ventilatoren. Einen Bruchteil des Bedarfs machen zusätzliche elektronische Komponenten im Gerät wie z.B. Steuerungen für Klappen und dergleichen aus. Der Bedarf des Schaltkastens oder anderer externer Stromverbraucher sind nicht in dem Passivhaus Institut Zielwert $SFP \leq 0,45 \text{ Wh/m}^3$ enthalten.

Die neu erschienene ÖNORM H 6038 gibt dieselbe Forderung wie das Passivhaus Institut vor:

„Bei Betrieb der Lüftungsanlage ist für die Luftförderung einschließlich der Wärmerückgewinnung beim Betriebs-Luftvolumenstrom und den dabei auftretenden Druckverlusten für die spezifische elektrische Leistungsaufnahme des gesamten Lüftungsgerätes ein Wert von höchstens $0,45 \text{ W}/(\text{m}^3 \cdot \text{h})$ einzuhalten.“ [ONO14]

Üblicherweise gibt es einen Zu- und einen Abluftventilator. Der Stromverbrauch der Lüftungsanlage wird wesentlich von den Druckverlusten im System beeinflusst, welche vom Ventilator überwunden werden müssen. Dabei wird wie folgt unterschieden:

- externer Druckverlust: Druckverluste des Leitungssystems inkl. aller Einbauten (z.B. Brandschutzklappen, Luftauslässe, Volumenstromregler usw. exkl. Einbauten im Zentralgerät)
- interner Druckverlust: Druckverluste im Zentralgerät (z.B. Wärmetauscher, Filter, Klappen usw.)

Die spezifische Ventilatorleistung SFP sagt aus, wieviel Watt pro 1 m^3 geförderter Luft vom Ventilator aufgenommen wird. Die folgenden Formeln zur Berechnung des SFP sind zentral bei der Freigabe von Lüftungsanlagen (entnommen aus [ONO08]):

$$P_{SFP} = \frac{P}{q_v} = \frac{\Delta p}{\eta_{tot} * 3600}$$

P_{SFP} spezifische Ventilatorleistung in Wh/m^3

P	elektrische Wirkleistung des Ventilatormotors in W
q_v	Luftvolumenstrom in m ³ /h
Δp	Gesamtdruckverlust (intern und extern) in Pa
η_{tot}	Gesamtwirkungsgrad von Ventilator, Motor und Antrieb in eingebautem Zustand

Schritt 1: Entsprechen die Druckverluste, welche zur Berechnung der spezifischen Ventilatorleistung verwendet wurden, jenen aus der Druckverlustberechnung?

Beispielprojekt: Ob die Druckverluste richtig eingesetzt worden sind, wurde anhand der Druckverlustberechnung und der Ventilatorauslegung zur Berechnung der spezifischen Ventilatorleistung überprüft (Beispiel für Zuluft).

Der gesamte externe Druckverlust ist in der Druckverlustberechnung zu finden:

TS	V	A	a	b	dlg	w	Pd	P	Pg	Teil	Zeta	L	R	R*I	Z	dpg	dpv
Nr.	[m ³ /h]	[m ²]	[mm]	[mm]	[mm]	[m/s]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	Nr.		[m]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	[Pa]	[Pa]
										--	1,00	0,3	0,20	0,06	4,55	-	4,6
108	1785	0,180	300	600	463,6	2,8	4,6	260,	265,5	108							
										KG	-	0,5	0,20	0,10	-	-	0,1
109	1785	0,180	600	300	463,6	2,8	4,6	261,	265,5	109							
										UE	0,05	0,1	0,20	0,02	0,20	-	0,2
110	1785	0,191	300	638	477,0	2,6	4,0	261,	265,8	110							
										--	1,00	0,3	0,17	0,05	4,03	-	4,0
111	1785	0,191	300	638	477,0	2,6	4,0	265,	269,8	111							

Abbildung 65: Druckverlustberechnung, Bereich direkt nach Zentralgerät, gesamte externe Druckverluste, Lüftungsgerät Beispielprojekt

Die internen Druckverluste müssen aus der Geräteauslegung rückgerechnet werden:

Ventilator, freilaufendes Rad				
Typ				
Anzahl Ventilatoren	1			
Druckabfall [Pa]				
Extern_	350	Dyn._	12	Summe 535
Schalleistung [dB(A)]	80,9			
Drehzahl [1/m]	2.145			
Wellenleistung [kW]	0,44			
Aufgenommene Leistung [kW]	0,57			
Wirkungsgrad [%]	69,47			

Abbildung 66: Auslegungsunterlage, Ventilatorckenndaten, Lüftungsgerät, Beispielprojekt

Der Gesamtdruckverlust in der obigen Abbildung entspricht nicht dem optimierten Gesamtdruckverlust von 478,1 Pa, da diese Auslegung mit einem Gesamtdruckverlust von 535 Pa zu einem früheren Zeitpunkt gemacht wurde. Da in weiterer Folge des Projekts nur die externen Druckverluste optimiert wurden und nicht die internen, kann aus dieser Auslegung der interne Druckverlust mit vernachlässigbarem Fehler abgeleitet werden. Prinzipiell sollten bei Unstimmigkeiten neue Unterlagen angefordert werden.

$$535Pa - 350Pa = 185Pa(\text{interner Druckverlust inkl. dynamischer Anteil})$$

Nun kann daraus der gesamte optimierte Druckverlust gebildet werden:

$$184\text{Pa} + 269,8\text{Pa} = 453,8\text{Pa}(\text{Gesamtdruckverlustinkl dynamischer Anteil})$$

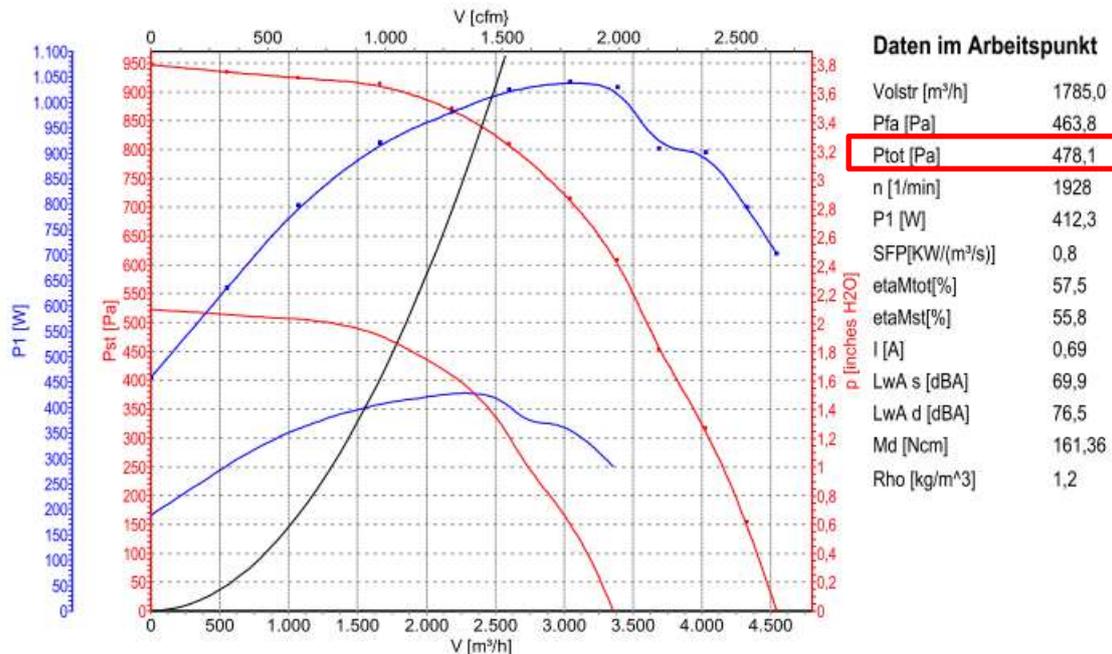


Abbildung 67: Ventilatorauslegung ZULUFT zur Berechnung der Stromaufnahme SFP, Druckverluste gesamt (intern plus extern), Lüftungsgerät Beispielprojekt

Ziel dieser Überlegungen ist es, den gesamten Druckverlust von 478,1 Pa nachzuweisen oder knapp darunter zu bleiben. Die rückgerechneten Druckverluste ergeben 454,8 Pa. In der letztgültigen Auslegung wurde mit einem etwas höheren Gesamtdruckverlust gerechnet (478,1 Pa), somit liegt die Berechnung auf der sicheren Seite. In Schritt 3 wird mit diesem Wert weiter gerechnet.

Sind die Druckverluste nicht nachvollziehbar, ist eine Rücksprache mit dem Haustechnikplaner unbedingt erforderlich.

Schritt 2: Überprüfung, ob die spezifische Ventilatorleistung dem Passivhaus Institut Zielwert von $SFP \leq 0,45 \text{ Wh/m}^3$ entspricht:

Beispielprojekt: Im Folgenden werden die Schritte des Optimierungsprozesses hinsichtlich Strombedarfs dokumentiert. Basis dafür waren die Auslegungsunterlagen und Ventilatorauslegungen.

Am Beginn des Optimierungsprozesses wurden für Zu- und Abluft vereinfacht dieselben Druckverluste angesetzt, was jedoch in der Praxis nicht zutrifft. Abluftseitig gibt es in der Regel weniger Einbauten und dadurch auch geringere Druckverluste.

Ventilator, freilaufendes Rad				dp = 0 Pa	
Typ				Motorgröße	112
Anzahl Ventilatoren	1			Wirkungsgrad Klasse	-
Druckabfall [Pa]				Schutz	IP54
Extern_ 350 Dyn._		12	Summe	Isolationsklasse	F
				Leistung [kW]	0,99
Schalleistung [dB(A)]	80,9			Drehzahl [1/m]	2.580
Drehzahl [1/m]	2.145			Strom [A]	1,70
Wellenleistung [kW]	0,44			Spannung [V]	3x400 / 50
Aufgenommene Leistung [kW]	0,57				
Wirkungsgrad [%]	69,47				

Abbildung 68: Auslegungsunterlage, Ventilatorckenndaten, Lüftungsgerät, Beispielprojekt

Mit dem angegebenen Betriebsvolumenstrom von 1.785 m³/h ergeben sich folgende Werte (Berechnung über aufgenommene Leistung):

$$P_{SFP} = \frac{P}{q_v} = \frac{570W}{1.785m^3/h} = 0,32 Wh/m^3$$

Bei zwei Ventilatoren ergibt sich somit ein gesamter SFP von 0,64 Wh/m³ > 0,45 Wh/m³, der Zielwert ist nicht erfüllt. Ist die Leistungsaufnahme bei den beiden Ventilatoren nicht gleich groß wie in diesem Fall, so muss jeder Ventilator einzeln berechnet und dann summiert werden.

Berechnung über Wirkungsgrad:

$$P_{SFP} = \frac{\Delta p}{\eta_{tot} * 3600} = \frac{535Pa}{0,6947 * 3600} = 0,21 Wh/m^3$$

Bei der Berechnung über den Wirkungsgrad ergibt sich ein anderer Wert als bei der obigen Berechnung. Dies lässt darauf schließen, dass nicht der Gesamtwirkungsgrad angegeben ist, sondern beispielsweise nur der Motorwirkungsgrad oder das Wirkungsgradmaximum des Ventilators und somit nicht für die Berechnung verwendet werden darf.

Nachdem die Druckverluste optimiert und die Druckverluste des Abluftstrangs berechnet worden waren, wurden folgende Unterlagen zur Bewertung des Strombedarfs übermittelt und geprüft:

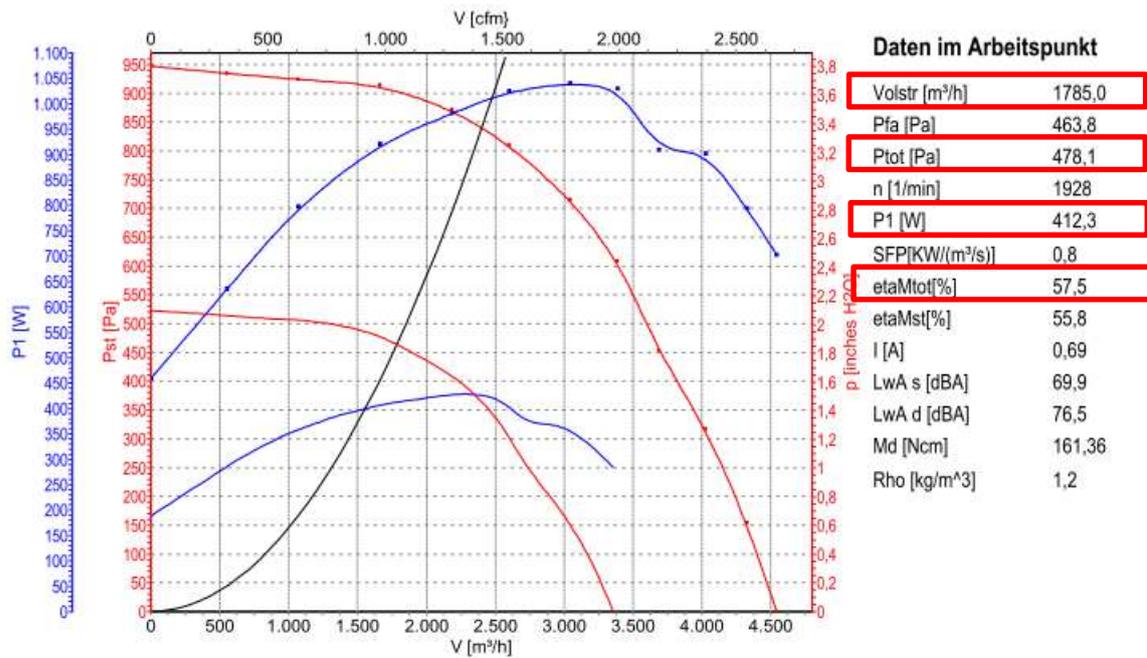


Abbildung 69: Ventilatorauslegung ZULUFT zur Berechnung der Leistungsaufnahme SFP, Lüftungsgerät Beispielprojekt

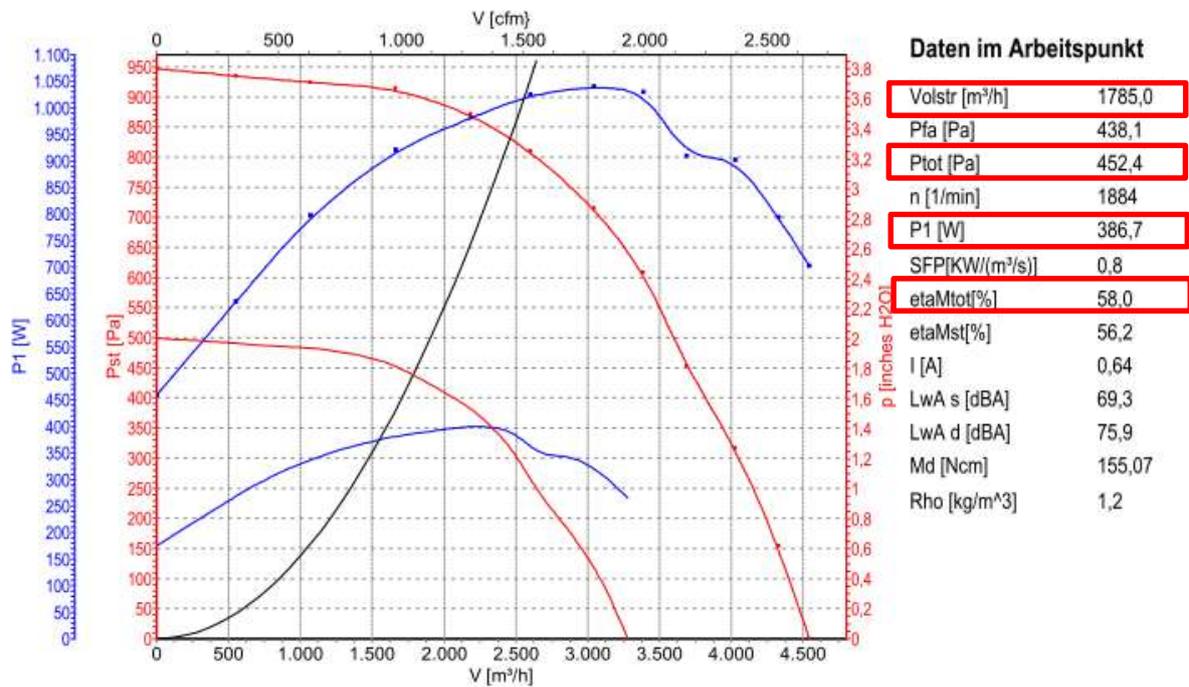


Abbildung 70: Ventilatorauslegung ABLUFT zur Berechnung der Leistungsaufnahme SFP, Lüftungsgerät Beispielprojekt

Zuluftventilator:

$$P_{SFP,Zuluft} = \frac{P}{q_v} = \frac{412,3W}{1.785m^3/h} = 0,231 Wh/m^3$$

$$P_{SFP,Zuluft} = \frac{\Delta p}{\eta_{tot} * 3600} = \frac{478,1Pa}{0,575 * 3600} = 0,231 Wh/m^3$$

Abluftventilator:

$$P_{SFP,Abluft} = \frac{P}{q_v} = \frac{386,7W}{1.785m^3/h} = 0,216 Wh/m^3$$

$$P_{SFP,Abluft} = \frac{\Delta p}{\eta_{tot} * 3600} = \frac{452,4Pa}{0,580 * 3600} = 0,216 Wh/m^3$$

Die gesamte Leistungsaufnahme bei 1.785 m³/h beträgt 799 W. In Summe ergibt sich ein SFP von 0,447 Wh/m³ ≤ 0,45 Wh/m³, der Zielwert ist erreicht.

Wenn die spezifische Ventilatorleistung SFP auf einen anderen Volumenstrom umgerechnet werden muss, können folgende Formeln verwendet werden. Im Teillastbetrieb ist nicht nur der Volumenstrom und die Druckdifferenz kleiner, sondern auch der Wirkungsgrad. Mit der Annahme, dass der Wirkungsgrad mit der Wurzel des Luftvolumenstromverhältnisses abnimmt, gilt [SIA07]:

$$P_{SFP,Teillast} = \left(\frac{q_{v,Teillast}}{q_v} \right)^{1,5} \cdot P_{SFP}$$

P_{SFP} spezifische Ventilatorleistung in Wh/m³

$P_{SFP,Teillast}$ spezifische Ventilatorleistung bei Teillastbetrieb in Wh/m³

q_v Luftvolumenstrom in m³/h

$q_{v,Teillast}$ Luftvolumenstrom bei Teillastbetrieb in m³/h

Schritt 3 (optional): Überprüfung des SFP bei anderen Luftvolumenströmen

Beispielprojekt: Werden die zur Berechnung notwendigen Werte nicht wie in Schritt 1 für den Betriebsvolumenstrom (ca. 70 %) sondern für einen anderen Volumenstrom z.B. den Auslegungsvolumenstrom (100 %), muss dieser SFP-Wert auf den Teillastbetrieb umgerechnet werden. Der Teillastbetrieb bei 70 % ist ein projektspezifischer Wert.

Beispiel:

- Auslegungsvolumenstrom/Dimensionierungsvolumenstrom ((100 %) = 2.550 m³/h
- Gesamtleistungsaufnahme beider Ventilatoren: 1.946 W
- SFP_{100%}=0,763 Wh/m³

Gesucht: SFP bei 70 % des Volumenstroms (Betriebsvolumenstrom = 0,7*2.550 m³/h=1.785 m³/h)

$$P_{SFP,Teillast} = \left(\frac{q_{v,Teillast}}{q_v} \right)^{1,5} \cdot P_{SFP} = \left(\frac{0,7 \cdot 2.550 m^3/h}{2.550 m^3/h} \right)^{1,5} \cdot 0,763 Wh/m^3 = 0,447 Wh/m^3$$

In der Lüftungstechnik werden sowohl Ventilatoren mit EC- als auch mit AC-Motoren eingesetzt. Ventilatoren mit AC Motor sind auf einen bestimmten Betriebspunkt ausgelegt und arbeiten in diesem schmalen Volumenstrombereich effizient. Außerhalb dieses Bereichs fällt die Effizienz dieser Motoren jedoch im Regelfall stark ab. AC-Motoren können weiters nur in Stufen und nicht stufenlos geregelt werden. Ventilatoren mit EC-Motor weisen keinen derartigen Abfall der Effizienz außerhalb ihres Betriebspunkts auf, haben eine aufgrund ihrer Bauweise höhere Effizienz als AC-Motoren und können stufenlos geregelt werden. [EBM13]

Für Lüftungsanlagen in (Passiv)-Wohnhausanlagen stellen somit Ventilatoren mit EC-Motor die effizientere Wahl dar, da sich die Anfrage an mehr oder weniger Luft bei vielen Wohnungen laufend ändert und im Teillastbetrieb mit EC-Motor mehr Energie eingespart werden kann. Dies sollte im Zuge der Prüfung der Unterlagen beachtet bzw. nachgefragt werden.

11.1.6 Prüfung Wärmerückgewinnung und Behaglichkeit

Die Leistung des Wärmetauschers ist von seiner Übertragungsfläche- bzw. länge abhängig und mit welcher Geschwindigkeit die Luft über den Wärmetauscher geleitet wird. Ein sehr hoher Volumenstrom mit hohen Luftgeschwindigkeiten kann den Wert der Wärmerückgewinnung verringern.

Bei der Überprüfung der Angaben zur Wärmerückgewinnung geht es in erster Linie darum, festzustellen, ob der zu- oder fortluftseitige Temperaturänderungsgrad (siehe, ÖNORM EN 308 [ONO97]) angegeben wird und ob die Komfortparameter (Zulufttemperaturen am Zuluftstutzen direkt am Gerät > 16,5 °C bei -10 °C Außentemperatur) eingehalten werden. Für die meisten Projekte (Lüftungsanlage innerhalb der thermischen Hülle) ist der fortluftseitige Temperaturänderungsgrad maßgebend, wobei laut Norm im Regelfall der zuluftseitige angegeben wird.

Die Berechnung der zu- und abluftseitigen Temperaturänderungsgrade erfolgt nach folgender Formel [ONO97]:

$$\eta_i = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \quad \text{zuluftseitige(s) Rückwärmzahl / Temperaturänderungsgrad}$$

$$\eta_i = \frac{t_{11} - t_{12}}{t_{11} - t_{21}} \quad \text{fortluftseitige(s) Rückwärmzahl / Temperaturänderungsgrad}$$

- t₂₂ Zulufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher
- t₂₁ Außenlufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
- t₁₁ Ablufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
- t₁₂ Fortlufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher

Abbildung 71: Formel für Rückwärmzahl nach EN 308 (Quelle: [ONO97] in [KAP10])

Schritt 1: Überprüfung der angegebenen Werte für die Wärmerückgewinnung

Beispielprojekt: In den Auslegungsunterlagen der Lüftungsanlage sind die Daten für Wärmetauscher (Gegenstromwärmetauscher) angeführt:

Plattentauscher			
Typ	GS 110/700-900		
<u>Heizmodus</u>			
Zuluft Temperatur/Feuchtigkeit [°C]/[%]			
Ansaug	0,00/35,0	Austritt	17,80/10,5
Abluft Temperatur/Feuchtigkeit [°C]/[%]			
Ansaug	21,00/50,0	Austritt	8,80/78,3
Wirkungsgrad [%]			
Temperatur	82,1	Feucht	84,6
Leistung [kW]			
Sensibel	10,33	Total	10,65
Kondensate [kg/h]			
	4,73		
Druckabfall [Pa]			
Zuluft	105	Abluft	129
Luftmenge [m³/h]			
Zuluft	1.785	Abluft	1.785

Abbildung 72: Auslegungsunterlage, Daten für die Wärmerückgewinnung, Lüftungsgerät, Beispielprojekt

Zuluftseitige Rückwärmezahl:

$$\eta_{t,Zu} = \frac{17,8 - 0}{21 - 0} = 84,8\%$$

Abluftseitige Rückwärmezahl:

$$\eta_{t,Ab} = \frac{21 - 8,8}{21 - 0} = 58,1\%$$

Die Ergebnisse aufgrund der Temperaturen aus den Auslegungsunterlagen weichen teilweise stark von der Angabe von 82,1 % ab. Dies ist darauf zurückzuführen, dass der Temperaturänderungsgrad mittels Auslegungstool nicht trocken (ohne Kondensation) berechnet wurde. Um dies zu verifizieren, kann auf zwei Arten vorgegangen werden:

- Nachforderung der Unterlagen für einen trockenen Temperaturänderungsgrad
- Nachrechnung des Wärmetausches mithilfe der Auslegungstools der Hersteller

In diesem Fall wurde Variante 2 gewählt und der Wärmetauscher mithilfe der verfügbaren Programme des Herstellers von, in diesem Fall Klingenburg, nachgerechnet. Die Firma lässt sich über die Kurzbezeichnung des Wärmetauschers und einer Internetsuchmaschine herausfinden (GS 110). Das Programm kann telefonisch oder per E-Mail von Klingenburg angefordert werden.

Luftaustritt		Zuluft	Abluft
Standardvolumen		1785	1785 m³/h
Betriebsvolumen		1657	1792 m³/h
Temperatur		0	21 °C
relative Feuchte		35	50 %
absolute Feuchte		1,32	7,73 g/kg
Feuchtkugeltemperatur		-3,6	14,5 °C
Enthalpie		3,3	40,8 kJ/kg
Anströmgeschwindigkeit		1,02	1,10 m/s
Druckverlust		105	129 Pa
Rückwärmezahl trocken		82,1	81,7 %
Rückwärmezahl feucht		84,6	58,0 %
Wärmeleistung trocken		10,33	-10,33 kW
Wärmeleistung feucht		10,65	-10,65 kW
Kondensatmenge			-2,23 g/kg -4,73 kg/h

Typ	GS 110
Paketbreite	700 mm
Typ: GS 110 / 700	
Länge	1182 mm
Höhe	957 mm
Breite	700 mm
Gewicht	73,1 kg

Abbildung 73: Auslegungstool Klingenburg – Ergebnis der Berechnung, Lüftungsgerät, Beispielprojekt (Quelle: KLINGENBURG GmbH, Eingabe der Daten: Schöberl & Pöll GmbH)

Das Ergebnis zeigt, dass die Temperaturdaten aus den Auslegungsunterlagen zur Kondensation führen (Rückwärmezahl feucht aus Klingenburg Programm entspricht Berechnung oben) und, dass die trockene abluftseitige Rückwärmezahl 81,7 % beträgt. Die Forderung des Passivhaus Instituts mit $\eta_{WRG,eff} \geq 75 \%$ ist somit auf jeden Fall erfüllt, da diese Anforderung auch die Abwärme der Ventilatoren enthält. Dies ist bei der obigen Berechnung nicht der Fall.

Der Wärmebereitstellungsgrad laut PHI wird im Labor bestimmt. Soll jedoch abgeschätzt werden, wie hoch der Wärmebereitstellungsgrad (inkl. Abwärme der Ventilatoren) ist, kann die folgende Formel verwendet werden:

$$\eta_{WRG,eff} = \frac{\vartheta_{Ab} - \vartheta_{Fo} + \frac{P_{el}}{\dot{m} * c_p}}{\vartheta_{Ab} - \vartheta_{Au}}$$

- ϑ_{Ab} Ablufttemperatur in °C
- ϑ_{Fo} Fortlufttemperatur in °C
- ϑ_{Au} Außenlufttemperatur in °C
- P_{el} Leistungsaufnahme der vorhandenen Ventilatoren in kW
- \dot{m} Massenstrom in kg/s (Volumenstrom multipliziert mit Luftdichte mit näherungsweise $\rho_{Luft} = 1,2 \text{ kg/m}^3$)
- c_p spezifische Wärmekapazität der Luft, $c_p = 1,006 \text{ K J/(kg.K)}$

Für diese Formel müssen die Prozessdaten aus dem Klingenburgtool eingegeben werden, bei denen keine Kondensation auftritt, dazu wird die relative Feuchte der Abluft verringert, bis das Ergebnis für „Rückwärmezahl trocken“ und „Rückwärmezahl feucht“ gleich ist. Es ist darauf zu achten, dass bei zu geringen Luftgeschwindigkeiten (ab unter 0,5 m/s) die Geräteauslegungssoftware keine Garantiedaten mehr liefert und dann mit dem Hersteller Rücksprache zu halten ist und ggf. die Wärmerückgewinnung neu dimensioniert werden muss.

Luftaustritt		Zuluft	Abluft
Standardvolumen		1785	1785 m³/h
Betriebsvolumen		1659	1788 m³/h
Temperatur		0	21 °C
relative Feuchte		80	30 %
absolute Feuchte		3,02	4,61 g/kg
Feuchtkugeltemperatur		-1,1	11,5 °C
Enthalpie		7,5	32,9 kJ/kg
Anströmgeschwindigkeit		0,79	0,85 m/s
Druckverlust		74	82 Pa
Luftaustritt			
Betriebsvolumen		1765	1682 m³/h
Temperatur		17,5	3,5 °C
relative Feuchte		24,5	94,7 %
absolute Feuchte		3,02	4,61 g/kg
Feuchtkugeltemperatur		8,2	3,2 °C
Enthalpie		25,2	15,1 kJ/kg

Typ: GS 110 / 900
 Länge: 1182 mm
 Höhe: 957 mm
 Breite: 900 mm
 Gewicht: 92,6 kg

Luftaustritt | Prozessdaten

Abbildung 74: Auslegungstool Klingenburg – Ergebnis der Berechnung ohne Kondensation, Lüftungsgerät, Beispielprojekt (Quelle: KLINGENBURG GmbH, Eingabe der Daten: Schöberl & Pöll GmbH)

Laut Passivhaus Institut gilt die Konvention, dass die Abwärme beider Ventilatoren unabhängig von ihrer Position mitberücksichtigt wird.

$$\eta_{WRG,eff} = \frac{21 - 3,5 + \frac{0,799}{1,2 * (1.785/3600) * 1,006}}{21 - 0} = 89,7\%$$

An dieser Formel ist die Gegensätzlichkeit erkennbar: werden ineffiziente Ventilatoren eingesetzt, wird der effektive Wärmebereitstellungsgrad noch besser. Natürlich steigt gleichzeitig der Stromverbrauch. Aus diesem Grund hat das Passivhaus Institut die maximale spezifische Ventilatorleistung SFP auf 0,45 Wh/m³ begrenzt.

Schritt 2: Überprüfung, ob die Komfortparameter laut Passivhaus Institut eingehalten werden

Beispielprojekt: Bei einer Außentemperatur von -10 °C dürfen laut Passivhaus Institut 16,5 °C am Zuluftstutzen (direkt am Geräteauslass nach Wärmetauscher) nicht unterschritten werden. Ein aktiver Frostschutz darf dabei berücksichtigt werden. Für das eingesetzte Gerät im Beispielprojekt steht folgender Satz im Zertifikat:

Passivhaus – Behaglichkeitskriterium
 Eine minimale Zulufttemperatur von 16,5 °C wird bei einer Außenlufttemperatur von ca. -10 °C nur eingehalten, wenn das Gerät, dem gewählten Frostschutz entsprechend, mit einem Vor- oder Nachheizregister ausgerüstet wird. Das Gerät verfügt über entsprechende Regelalgorithmen.

Abbildung 75: Auszug Behaglichkeitskriterium Zertifizierung Lüftungsanlage Beispielprojekt, Passivhaus Institut [PHI13b]

Laut übermittelten Unterlagen ist ein Vorheizregister vorgesehen, welches bei einem Volumenstrom von 1.785 m³/h die Außenlufttemperatur von -15 °C auf 6,91 °C hebt:

	Luftstrom (m³/h)	Luftdruckabfall (Pa)	Eintritts temp. (°C)	Austrittsluft temp. (°C)
0	1,785.00	29,68	-15	6,91

Abbildung 76: Auslegung Vorheizregister, Lüftungsgerät, Beispielprojekt

Diese erzielte Austrittstemperatur von 6,91 °C wird in der Software als Außenlufttemperatur eingesetzt:

KLINGENBURG GS - Gegenstrom-Plattenwärmetauscher

Luftstrom	Zuluft	Abluft
Standardvolumen	1785	1785 m³/h
Betriebsvolumen	1703	1788 m³/h
Temperatur	6,91	21 °C
relative Feuchte	80	30 %
absolute Feuchte	4,93	4,61 g/kg
Feuchtkugeltemperatur	5,4	11,5 °C
Enthalpie	19,3	32,9 kJ/kg
Anströmgeschwindigkeit	0,81	0,85 m/s
Druckverlust	77	82 Pa

Luftstrom	Zuluft	Abluft
Betriebsvolumen	1774	1717 m³/h
Temperatur	18,6	9,3 °C
relative Feuchte	37,1	63,7 %
absolute Feuchte	4,93	4,61 g/kg
Feuchtkugeltemperatur	10,8	6,2 °C
Enthalpie	31,2	21,0 kJ/kg

Typ: **GS 110 / 900**
 Paketbreite: 900 mm
 Länge: 1182 mm
 Höhe: 957 mm
 Breite: 900 mm
 Gewicht: 92,6 kg

Vorauswahl | Berechnen | Diagramm | Datenblatt | Produktbeschreibung

Abbildung 77: Auslegungstool Klingenburg – Ergebnis der Berechnung bei einer Außenlufttemperatur von 6,91 °C, Lüftungsgerät, Beispielprojekt (Quelle: KLINGENBURG GmbH, Eingabe der Daten: Schöberl & Pöll GmbH)

Die Berechnung ergibt eine Zulufttemperatur direkt nach dem Wärmetauscher von $18,6\text{ °C} > 16,5\text{ °C}$, das Kriterium ist somit auf der sicheren Seite liegend erfüllt, da es mit -15 °C nachgewiesen wurde. Zusätzlich gibt es eine Luftheizung mit dezentralen Vorheizregistern.

11.1.7 Prüfung Auslegungsblatt der Lüftungsanlage

Die Auslegung der Lüftungsanlage enthält alle Daten zum Gerät (alle Einbauten, Ventilatoren, Wärmerückgewinnung und deren Daten) und die internen und externen Druckverluste. Bei der Prüfung der Auslegungsunterlagen muss hinsichtlich Plausibilität und Kompatibilität mit den restlichen Unterlagen geprüft werden.

Werden wichtige Komponenten im Zuge des Optimierungsprozesses ausgetauscht, müssen auch die Auslegungsunterlagen neu angefordert werden.

Schritt 1: Prüfung der Auslegungsunterlagen auf Plausibilität

Beispielprojekt: Die Auslegungsunterlagen im Beispielprojekt wurden auf folgende Punkte überprüft (Punkte aus den vorherigen Kapiteln werden der Vollständigkeit halber noch einmal angeführt)

- Volumenstrom korrekt?
- Druckverluste extern richtig aus Druckverlustberechnung angesetzt?
- Wärmerückgewinnung und Strombedarf bei richtigem Volumenstrom gerechnet?

Weitere wichtige Punkte:

- Hülle des Geräts gedämmt? Zielwert für Dämmung laut [KOM13c] – $1\text{ W/m}^2\text{K}$ (35 mm Dämmung), Zielwert $0,5\text{ W/m}^2\text{K}$ (80 mm) bei $\lambda = 0,04\text{ W/mK}$

Gehäusedaten			
Paneel aussen	verzinkt beschichtet	RAL 9010	Isolierung Steinwolle - 30,00 kg/m³
Paneel innen	verzinkt		Paneeldicke 50,0 mm
Paneel innen Boden	verzinkt		
Ecken	verzinkt		
Profile	verzinkt		

Abbildung 78: Auslegungsunterlage, Lüftungsgerät, Beispielprojekt

- Druckverluste der Einbauteile (interne Druckverluste für Filter usw.): Filter haben aufgrund ihrer Bauweise längere oder kürzere Filterstandzeiten. Ist die Bautiefe sehr hoch, steht mehr Filterfläche zur Verfügung und der Filter muss weniger oft getauscht werden. Dazu muss der/die HaustechnikplanerIn Filter für den üblichen Betrieb vorschlagen. In diesem Fall erscheinen die Druckverluste bei dem F7-Filter etwas zu hoch, da es die Standardfilter des Geräteherstellers sind. Bei einem Filterhersteller könnte nachgefragt werden, ob es hier eine bessere Alternative gibt. Nach dem ersten Filtertausch könnten andere Filter verwendet werden. In der Zuluft sollte zumindest ein F7 Filter und in der Abluft ein G4 Filter vorhanden sein.

Flachfilter				dp = 68 Pa		
Klasse	F7					
Druckabfall [Pa]						
Unbestäubt	35	Bestäubt	100	Durchschnitt	67,5	
Filterlänge [mm]	92,0					
Filterfläche [m ²]	12,6					
Luftgeschwindigkeit [m/s]	0,97					

Abbildung 79: Auslegungsunterlage, Filter Zuluft, Lüftungsgerät, Beispielprojekt

Flachfilter				dp = 68 Pa	
Klasse	F7				
Druckabfall [Pa]					
Unbestäubt	35	Bestäubt	100	Durchschnitt	67,5
Filterlänge [mm]	92,0				
Filterfläche [m²]	12,6				
Luftgeschwindigkeit [m/s]	0,97				

Abbildung 80: Auslegungsunterlage, Filter Abluft, Lüftungsgerät, Beispielprojekt

[KOM13c] gibt Richtwerte für externe und interne Druckverluste für zentrale Lüftungsanlagen in Mehrfamilienhäusern an (siehe auch Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

- Schallabstrahlung des Geräts im Aufstellungsraum kritisch?

Schalldaten									
Oktavband Schalleistungspegel [dB]									
Frequenz [Hz]	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Summe [dB(A)]
Gehäuse	59,0	57,5	60,6	53,5	55,0	43,8	37,5	29,6	58,0
Ansaug	59,3	56,9	61,0	57,9	49,7	45,1	45,6	45,6	58,4
Austritt	68,0	66,5	79,6	72,5	75,0	73,8	69,5	65,6	79,9

Abbildung 81: Auslegungsunterlage, Schalleistungspegel, Lüftungsgerät, Beispielprojekt

Im Passivhaus Institut Zertifikat [PHI13b] ist Folgendes festgehalten:

Schallschutz

Bei Großgeräten kann von einer Aufstellung in einem Technikraum ausgegangen werden, dessen Grenzwerte den jeweils gültigen Normen im Anwendungsfall entsprechen. Bei der Schalltechnischen Prüfung des Gerätes wurden bei einem Volumenstrom von **1800 / 2200 m³/h** (Anforderungen Nichtwohnbau / Wohnbau) folgende Schallpegel messtechnisch bestimmt:

Geräteschall [dB(A)]	Kanalschall AU [dB(A)]	Kanalschall ZU [dB(A)]	Kanalschall AB [dB(A)]	Kanalschall FO [dB(A)]
62,3 / 60,6	57,3 / 59,9	80,3 / 82,9	59,7 / 62,5	80,5 / 82,9

Zur Einhaltung der Schallpegel in den Zuluft- und Ablufträumen, sowie außenluft- und fortluftseitig müssen auf Basis der gemessenen Schalleistungspegel projektspezifisch Schalldämpfer ausgelegt werden.

Abbildung 82: Auszug Zertifizierung Lüftungsanlage Beispielprojekt Passivhaus Institut [PHI13b]

Komfortlüftung.at gibt Richtwerte und Hinweise für die Schallabstrahlung des Geräts:

Qualitätskriterium 20 (M)	Anforderung
<p>Leises Lüftungsgerät beim Betriebsluftvolumenstrom</p> <p>*Damit kann in einem typischen Abstellraum ein Schalldruckpegel von unter 35 dB(A) eingehalten werden (Achtung nur für Gehäuseabstrahlung). Für die Erreichung des geforderten Gesamtschallpegels nach Kriterium 4 (inkl. dem im Abstellraum vorhandenen Abluftdurchlass) ist normalerweise ein entsprechender schallgedämmter Einbau vorzusehen.</p>	<p>a) Dezentral: A-bewerteter Schalleistungspegel (L_{WA}) des Gerätes bei 100 Pa Druckdifferenz gegenüber der Umgebung von max. 38 dB(A) bei Aufstellung im Wohnungsverband*</p> <p>b) A-Bewerteter Schalleistungspegel (L_{WA}) des Gerätes bei 100 Pa in Zu- bzw. Abluftleitung max. 55 dB(A) (Nur als Empfehlung, da diese Schallbelastung mit Schalldämpfern ausgeglichen werden kann.)</p> <p>Zentral: Keine Anforderung – Schalltechnische Auswirkungen der Lüftungszentrale auf angrenzende Räume bzw. Außenbereiche beachten</p>

Abbildung 83: Auszug 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen – Mehrfamilienhaus (MFH), Kriterium 20 (M) [KOM13c]

Diese unterschiedlichen Punkte betreffend zentrale und dezentrale Geräte sollten bei der Bewertung des Schallpegels berücksichtigt werden. Für den Schallschutz muss projektspezifisch entschieden werden, ob und welche Schallschutzmaßnahmen notwendig sind. Es muss geklärt werden, wie Nebenräume zum Aufstellungsraum der Lüftungsanlage genutzt werden.

11.1.8 Verfassung des Freigabe-Mails

Das Freigabe-Mail ist der letzte Schritt im Freigabeprozess und erteilt die Freigabe bzw. keine Freigabe für die Ausführung der Lüftungsanlage. Das Freigabe-Mail sollte folgende Inhalte haben:

- Grundlage für die Freigabe (Unterlagen, Datum des Erhalts)
- Darstellung der durchgeführten Arbeiten und Überprüfungen
- Ergebnis der Überprüfung
- ergänzende Anmerkungen und Hinweise
- Einschränkung auf Freigabe aus energetischer Sicht

Vorschlag für das Freigabe-Mail:

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir haben die Lüftungsanlage XYZ aus Sicht des Passivhauses (Energieeffizienz) geprüft (ergänzte Unterlagen erhalten am ...) und können diese freigeben. Grundlage für die Freigabe ist, dass die Anlage XYZ bei Mittelstellung am Raumbediengerät einen Betriebsvolumenstrom von 1.785 m³/h aufweist.

Folgende Arbeiten wurden durchgeführt:

- Überprüfung der Druckverlustberechnung aus energetischer Sicht und Vergleich mit den Datenblättern
- Überprüfung der Auslegung der Anlage XYZ hinsichtlich Energieeffizienz (SFP, Wärmerückgewinnung, Druckverluste) und Komfortparameter

Ergebnisse der Überprüfung aus energetischer Sicht:

- SFP: 0,447 Wh/m³ bei Betriebsvolumenstrom (Mittelstellung)
- Rückwärmezahl trocken: 81,7 %

- Komfortparameter laut PHI: 16,5 °C Zulufttemperatur bei -10 °C sind erfüllt. (18,6 °C Zulufttemperatur bei -15 °C Außentemperatur inkl. aktiver Frostfreihaltung)

Anmerkungen:

- Bei der Einregulierung ist darauf zu achten, dass die Ventile am kritischen Strang entsprechend der Planung eingestellt werden (Spaltbreiten).
- Die im Freigabeprozess durchgeführten Optimierungen der Komponenten und der Anlage müssen bei der Abnahme überprüft werden.
-

Die Freigabe bezieht sich auf die energetischen Kriterien aus Sicht des Passivhauses. Dies ist keine Freigabe aus technischer Sicht für die Luftmengen, Schemata und für die Komponenten und deren Funktionstüchtigkeit und Eignung.

11.2 Messergebnisse

11.2.1 Messergebnisse der freigegebenen Lüftungsanlagen und Gegenüberstellung mit Planwerten

Für die Lüftungsanlage aus dem Passivhaus-Beispielprojekt (Kapitel 11.1) wurde nach Fertigstellung eine Stromverbrauchsmessung und Volumenstrommessung durchgeführt.

Messung Stromaufnahme:

Die Strom- und Spannungsmessungen wurden vorgenommen mit dem Messgerät

- VOLT CRAFT Stromzange VC-521.
- Genauigkeit der Strommessung: $\pm(3\% + 0,12A)$
- Genauigkeit der Spannungsmessung: $\pm(2,5\% + 0,8V)$

Gemessen wurden die Stromaufnahme an jeder der drei Drehstromphasen, zu Kontrollzwecken auch am Nullleiter, sowie die Spannung zwischen den Phasen. Die Strommessung erfolgte für alle 4 Ventilatorstufen bei manueller Regelung der Anlage.

Messung Volumenstrom

Die Strömungsgeschwindigkeit wurde in allen vier Luftkanälen gemessen. Die Messung erfolgte mit Hitzedrahtsonde. Für jeden Kanal wurden mehrere Messpunkte in einem Gitternetz gemessen (3x3 bei rechteckigen Querschnitten, 5 bei runden Querschnitten). Aus allen Messungen wurde der arithmetische Mittelwert zur Berechnung des Volumenstroms verwendet.

Messergebnisse:

- Volumenstrom: 1.894 m³/h
- Stromaufnahme Ventilatoren: 807 W
- SFP (specific fan power): 0,43 Wh/m³ < 0,45 Wh/m³

Die Anforderungen aus der Freigabe und aus dem Passivhaus Institut-Zertifikat wurden auch in der Realität erfüllt und zeigt, dass der oben beschriebene Weg zur Freigabe von Lüftungsanlage zu realistischen Ergebnisse führt.

12 Glossar: Begriffe, Bezeichnungen, Standards

12.1 Glossar der Bezeichnungen, die im Handbuch verwendet werden.

Abluft: die aus einem Raum abgeführte Luft

Ausatemluft: hat etwa 35 °C, 95 % relative Feuchte, 4 % CO₂

Behaglichkeit: Definiert (nach EN ISO 7730) einen Temperatur- und Luftfeuchtebereich, in dem sich der Mensch am wohlsten fühlt.

Brandschutzklappen: verhindern eine Brandausbreitung über Luftdurchtrittsöffnungen zwischen Brandabschnitten. Sie bestehen aus brandbeständigen Gehäusen, in welchen brandbeständige Klappen angeordnet sind, die bei Lufttemperaturen um +72 °C selbsttätig schließen.

Zuluft: die den Aufenthaltsräumen zuzuführende, aufbereitete (temperierte, gefilterte) Außenluft

Fortluft: die bereits für die Wärmerückgewinnung genutzte und ins Freie abzuführende Abluft

Filter: Zuluftfilter verhindert Verschmutzung des Zuluftsystems und schützt die Nutzer (Abscheidung von Staub und Pollen)

Abluftfilter schützt die Anlage bzw. das Gerät vor Hausstaub.

Tabelle 2.4 Einteilung Filterklassen [13]

von grob	nach fein	Name
G1	G4	Grobstaubfilter
F5	F9	Feinstaubfilter
H10	H14	Schwebstofffilter
U15	U16	

Filterklassen [13] k:a Leitfaden Audit

Effektiver Wärmebereitstellungsgrad (fortluftseitig nach PHI): bilanziert die für das Gebäude bereitgestellte Energie. Darin enthalten ist nicht nur der Anteil der Wärmerückgewinnung, sondern auch der Energieeintrag durch Ventilatoren. Der vom Passivhausinstitut als „effektiver trockener Wärmebereitstellungsgrad“ bezeichnete Wert ist nicht ident mit dem als „Wärmebereitstellungsgrad“ bezeichneten Wert des DIBt (z.B. TZWL-Prüfungswerte).

Temperaturverhältnis (fortluftseitig nach ÖNORM EN 13141-7): bilanziert die für das Gebäude bereitgestellte Energie durch die Wärmerückgewinnung ohne den Energieanteil der Ventilatoren. Das fortluftseitige Temperaturverhältnis wird für die Berechnung der Lüftungswärmeverluste im Energieausweis verwendet.

SFP Specific fan power: Der SFP-Wert ist ein Maß für die Stromeffizienz der Luftförderung eines Lüftungssystems. In der ÖNORM H 5057 werden Mindestanforderungen an die Stromeffizienz in Abhängigkeit der Einsatzbereiche gestellt.

Tabelle 2 — Spezifische Leistungsaufnahme P_{SFP} in Anlehnung an ÖNORM EN 13779

	Spezifische Leistungsaufnahme P_{SFP} in Ws/m^3		
	Zuluft, Vollklima	Zuluft, Lüftungsanlage	Abluft
Raumeinzelgeräte	< 500	< 500	< 500
Einfamilienhäuser, dezentral versorgte Mehrfamilienhäuser	≥ 500 bis 750	≥ 500 bis 750	≥ 500 bis 750
Mehrfamilienhäuser	> 1 250 bis 2 000	> 750 bis 1 250	> 750 bis 1 250
Nicht-Wohngebäude ≤ 15 000 m ² BGF	> 3 000 bis 4 500	> 2 000 bis 3 000	> 2 000 bis 3 000
Nicht-Wohngebäude > 15 000 m ² BGF	> 4 500	> 3 000 bis 4 500	> 3 000 bis 4 500

Druckverlust: Ein geringer Druckverlust der Luftströmung ist Voraussetzung für einen leisen Betrieb und einen geringen Strombedarf der Komfortlüftung. Der gesamte Druckverlust setzt sich zusammen aus:

Druckverlust des Luftleitungssystems (externer Druckverlust)

Druckverlust des Lüftungsgerätes (interner Druckverlust bei reinen Filtern)

Zusätzlicher Druckverlust durch die Filterverschmutzung

Frostschutz: ermöglicht einen durchgängigen Betrieb der Lüftungsanlage auch bei Außentemperaturen unter 0 °C ohne störenden Einfluss von Eisbildung im Wärmetauscher.

Brandschutzklappen und Feuerschutzabschlüsse: Ihre Aufgabe besteht darin, eine Brandausbreitung über Luftleitungen zwischen Brandabschnitten zu verhindern. Sie enthalten brandbeständige Klappen, die bei Lufttemperaturen um +70 °C selbsttätig schließen.

Kaltrauchsperr: Bei Temperaturen unterhalb von 70 °C bieten Brandschutzklappen keinen Schutz vor „kaltem“ Brandrauch. Zusätzliche Kaltrauchsperr verschließen die Luftleitungen sofort, wenn die Ventilatoren stillstehen.

Komfortlüftung: Eine Komfortlüftung ist eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung. Ihre Qualitätskriterien gehen teilweise deutlich über die Mindestanforderungen der ÖNORM an eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung hinaus. Damit soll den Ansprüchen an Komfort und Energieeffizienz Rechnung getragen werden.

Luftwechselrate: Häufigkeit des Luftwechsels in einer Stunde. 1-fache Luftwechselrate bedeutet, dass die gesamte Luftmenge im Raum ein Mal pro Stunde "erneuert" wird.

Typenschild: ist auf jedem Motor zu finden und beinhaltet alle wichtigen Informationen über die Maschine.

Volumenstromregler: kommen zum Einsatz, um für einzelne Zonen (Wohneinheit) den Volumenstrom für Zuluft und Abluft auf vorgegebene Sollwerte unabhängig von Druckänderungen im Luftleitungsnetz regeln zu können.

Bauteil-kurzbez.	Sinnbild	Bezeichnung	Anmerkung	Bauteil-kurzbez.	Sinnbild	Bezeichnung	Anmerkung
AUL		Außenluft	Kennfarbe: grün	LB#		Brandschutzklappe	mit Stellungsanzeige
ZUL		Zuluft	Kennfarbe: blau	YL#		Regulier- und Absperklappe mit Stellmotor	
ABL		Abluft	Kennfarbe: gelb	LF#		Luftfilter	
UML		Umluft, Fortluft	Kennfarbe: orange	LD#		Luftschalldämpfer	
FOL		Umluft, Fortluft	Kennfarbe: braun	LH#		Lufterhitzer	
LE#		Lufteinlass mit Witterschutzgitter		LK#		Luftkühler	
LA#		Luftaustlass mit Witterschutzgitter		LT#		Wärmeaustauscher für Wärmerückgewinnung	
LA#		Luftaustlass innerhalb eines Raumes		LW#		Luftbefeuchter	
LE#		Lufteinlass innerhalb eines Raumes		ML#		Ventilator mit Antriebmotor	
LR#		Luftregulier- und Absperklappe	für Handbetätigung mit Feststellvorrichtung	LT#		Rotationswärmeaustauscher	
LT##		Plattenwärmeaustauscher					

[16] Pech, Jens „Baukonstruktionen Band 16 Lüftung - Sanitär“ ISBN 3-211-25252-5 Springer Wien New York

12.2 Standards

12.2.1 Passivhaus

Der Passivhaus Standard wird vom Passivhaus Institut definiert. Die Auslegung gemäß PHPP-Tabellenblatt Lüftung ist Teil der erforderlichen Dimensionierung mittels PHPP-Programms.

Soll die Lüftungsanlage auch die Funktion der alleinigen Raumheizung übernehmen?

- Es ist die Grundsatzentscheidung zu treffen, ob die Wohnräume auch ausschließlich über die Lüftungsanlage beheizt werden sollen, oder ob ein separates Wärmeabgabesystem (z.B. über wassergeführte Flächenheizungen oder auch Radiatoren) vorgesehen wird, oder eventuell eine Kombination beider Lösungen.
- Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass Lüftungsanlagen tunlichst auf den hygienisch erforderlichen (Mindest-)Luftwechsel zu dimensionieren sind. Basis ist der hygienische Frischluftbedarf von 30 m³/h je Person. Eine entsprechende Lüftungs- und heizungstechnische Berechnung ist jedenfalls nötig und deren Vorlage in der Ausschreibung ausdrücklich zu verlangen.
- Bei zusätzlicher Luftheizung über die Lüftungsanlage: Bei beiden Lüftungsvarianten ist bei der Bemessung der Luftmengen zu berücksichtigen, dass leerstehende (unbeheizte) Wohnungen Einfluss auf die Heizerfordernis der Nachbarwohnungen haben. Besonders die Transmissionswärmeverluste über die Decken schlagen sich nennenswert zu Buche.
- Druckverlustberechnung der gesamten Lüftungsanlage ist vorzulegen. Druckverlustberechnung inkl. aller Einbauten
- Hinsichtlich Brandschutz sind jedenfalls Überlegungen und eine detaillierte Planung erforderlich; Brandschutzvorkehrungen können nennenswert kostenwirksam werden.
- Sowohl bei zentralen als auch bei dezentralen Anlagen kann der Brandschutz je nach Leitungsführung durch Brandschutzklappen wartungsaufwändig sein.

12.2.2 klimaaktiv Standard

Bei den klimaaktiv Gebäudestandards handelt es sich um ein frei verfügbares österreichisches Gebäudebewertungssystem mit Schwerpunkten im Bereich Energie, Gesundheit und Bauökologie. Die Deklaration eines Gebäudes erfolgt online, die entsprechenden Nachweise werden hochgeladen. www.bauen-sanieren.klimaaktiv.at



Für Lüftungsanlagen sind im Kriterienkatalog „Neubau“ folgende Anforderungen und Nachweise vorgesehen.

Kriterium B. 2. 1. Komfortlüftung energieeffizient

- Auslegung nach Bedarf: PHPP-Pflichtblatt Lüftung, Arbeitsblatt Planung oder gleichwertig
- Einregulierung: PHPP-Pflichtblatt Lüftung, Arbeitsblatt Einregulierung oder gleichwertig
- Nachweis luftmengenspezifische Leistungsaufnahme und Wärmebereitstellungsgrad

Der Nachweis der luftmengenspezifischen elektrischen Leistungsaufnahme erfolgt durch Zertifikate. Die Prüfung am Messstand ist bei einer externen Pressung von 100 Pa durchzuführen. Nachzuweisen ist die Leistungsaufnahme inkl. Steuerung und ohne Frostschutzheizung.

Nachweis der Anforderungen an den Wärmebereitstellungsgrad durch Prüfzeugnis oder Zertifikat, z.B. PHI, EN 13141-7 oder DiBt. Die Anforderungen gelten gleichermaßen für gebäudezentrale, semizentrale, wohnungsweise und dezentrale (raumweise) Geräte.

Zertifizierte Lüftungsanlagen zu finden u.a. auf www.passiv.de sowie auf www.energie-plattform.ch. Eine Liste mit technischen Daten von Lüftungsanlagen findet sich unter www.komfortlüftung.at.

Kriterium D. 2. 1. Komfortlüftung mit Wärmerückgewinnung optimiert

Um eine einwandfreie Funktion und eine hohe Nutzerakzeptanz zu sichern, sind die folgenden Anforderungen zu erfüllen:

- Schalldruckpegel in Wohnräumen, Bädern und Küchen - bei Auslegungsvolumenstrom: max. 25 dB(A). In Schlaf- und Kinderzimmer max. 23 dB(A).
- gut zugängliche, ohne Werkzeug wechselbare Filter, automat. Anzeige Filterwechsel
- Außenluftfilter mindestens F 7 nach DIN EN 779, Abluftfilter mindestens G4 nach DIN EN 779
- Die Zulufttemperatur sollte mindestens 17 °C betragen.
- Die Luftgeschwindigkeit sollte im Aufenthaltsbereich 0,1 m/s nicht überschreiten.
- Um zu hohe Druckverluste zu vermeiden, sollten möglichst runde, glatte Luftleitungen verwendet werden, die einfach zu reinigen sind. Außerdem sollten die Leitungen so kurz als möglich ausgeführt werden.
- Rohrleitungen, die kalte oder erwärmte Luft führen, sind zu dämmen.
- Die Anlage kann in mindestens drei Stufen an den Bedarf angepasst werden.
- Hinweis an Nutzer, dass evtl. Dunstabzug nur im Umluftbetrieb verwendet werden soll
- Hinweis an Nutzer, dass ggf. nur Kondensationswäschetrockner eingesetzt werden dürfen
- Hinweis an Nutzer, dass Heizanlagen und Feuerstätten innerhalb der luftdichten Hülle nur raumluftunabhängig betrieben werden können
- Gerät verfügt über Bypass zur Umgehung der Wärmerückgewinnung im Sommer
- Außenluftansaugung in min. 1,5 m Höhe und mit ausreichendem Abstand zu Parkplätzen und Müll-Lagerplätzen sowie ausreichend Abstand zur Fortluft-Ausblausung.
- Disbalance zwischen Außenluft- und Fortluftmassenstrom dauerhaft $\leq 10\%$

Zusätzliche Informationen zur Planung von Komfortlüftungen sind im Merkblatt Komfortlüftung zu finden (www.klimaaktiv.at/qualitaetslinien)

Des Weiteren wird empfohlen, die 16 Bestellkriterien bzw. die 55 Qualitätskriterien zu berücksichtigen [komfortlüftung; komfortlüftung 2].

12.2.3 Qualitätskriterien Komfortlüftung.at

Die Verbreitung von Komfortlüftungen ist das Ziel des gemeinnützigen Vereins "komfortlüftung.at". Gesunde, frische Luft in Wohnungen, Schulen, Kindergärten und Büros erhöht nicht nur das Wohlbefinden, sondern steigert auch die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Menschen. Die Weitergabe von Informationen über Energieersparnis und die ökologischen Vorteile einer Komfortlüftung gegenüber einer Fensterlüftung sind weitere wesentliche Aufgaben des Vereins.

Vereinsmitglieder sind die Forschungsinstitute AIT, AEE INTEC und IBO, Energieagenturen der Bundesländer sowie Einzelpersonen (Technische Büros). Der Verein betreibt die Internetplattform www.komfortlüftung.at mit Informationen für Laien und Professionisten, insbesondere Checklisten mit Qualitätskriterien für die Planung, Einholung von Angeboten und Abnahmen.

12.2.4 RLT-Richtlinien, Deutschland

In Deutschland gibt der Herstellerverband für Raumluftechnische Geräte die RLT-Richtlinien [RLT13a] heraus. Die „Richtlinie 01“ [RLT13b] beinhaltet alle relevanten Normen und fasst deren Kriterien und Richtwerte zusammen:

- Energieeffizienzklassen
 - Spezifische Ventilatorleistung (SFP)
 - Energieeffizienzklassen A+, A und B
- Anforderungen an RLT-Geräte
 - Gehäuse
 - Luftanschlüsse bzw. Luftöffnungen
 - Klappen und Mischeinheit
 - Filtereinheit
 - Lufterwärmer- und Luftkühlereinheit
 - Schalldämpfereinheit
 - Befeuchtereinheit
 - Ventilatereinheit
 - Zusätzliche Ausrüstung und Dokumentation

Auszug aus Kapitel 5 der Richtlinie 01 [RLT13b]:

5. Anforderungen an RLT-Geräte

5.1 Gehäuse

Tabelle 1: Allgemeine Anforderungen

Nr.	Anforderungen	Norm	begleitende Norm
Oberflächen und Materialien			
01	Wandaufbau doppelschalig mit dazwischen liegender Isolierung (auch bei isoliertem Rahmen).	DIN EN 13053-6.2	VDI 3803/1-5.1 DIN EN 13779-A.7
02	Einpassung der Wärmedämmung ohne Zwischenräume.	RLT 01	
03	Die Verwendung von einschaligen Kunststoffpaneelen im luftführenden Bereich, z.B. an Wärmeübertragern ist aufgrund Brandlast und Hygiene nicht zulässig.	RLT 01	
04	Isoliermaterial nicht brennbar, Baustoffklasse A1 oder A2-s1 d0. Ausnahme: Brenn- bare Materialien Baustoffklasse A2, B, C-s3 d2 sind zulässig, wenn Gerät zu Raum über Brand- und Rauchschutzklappe getrennt wird. Bei Beschichtungen Dicke $\leq 0,5$ mm Materialien E-d2 zulässig.	DIN EN 1886-10 DIN EN 13501/1	VDI 3803/1-5.1
05	Minimierung der brennbaren Werkstoffe ¹⁾ .	DIN EN 1886-10	VDI 3803/1-4.4.1
06	Abriebfeste, emissions- und geruchsfreie, mikrobiell nicht verstoffwechselbare	DIN EN 13053-6.2	VDI 3803/1-5.1

Abbildung 84: Auszug RLT Richtlinie 01 [RLT13b]

12.2.5 Prüfrelements für Lüftungsanlagen

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Normen und Reglements für die Prüfung von Lüftungsanlagen hinsichtlich Effizienzkriterien aufgelistet und kurz beschrieben.

ÖNORM EN 13141-7

Die ÖNORM EN 13141-7 [ONO10] regelt die Laborprüfungen und Anforderungen an mechanische Lüftungsanlagen in Einfamilienhäusern und Wohnungen. Zentrale Großgeräte sind somit nicht in dieser Norm erfasst.

Diese ÖNORM enthält folgende Prüfverfahren [ONO10]:

- Leistungsprüfung der thermischen Eigenschaften
 - innere und äußere Undichtheiten
 - Luftvolumenstrom-/Druck-Kennlinie
 - Filter-Bypassleckage
 - Temperaturverhältnis (Wärmerückgewinnung)
 - Feuchteverhältnis (Feuchterückgewinnung)
 - Leistung der Wärmepumpe
 - kombinierte Leistung von Wärmepumpe und Luft-Luft-Wärmeübertrager
- Leistungsprüfung akustischer Eigenschaften
 - Geräuschabstrahlung durch das Gehäuse des Geräts
 - Schalleistungspegel in Luftleitungsanschlüssen des Geräts
- Elektrische Leistungsaufnahme

Im Weiteren wird kurz das Prüfverfahren für die Wärmerückgewinnung (Bestimmung des Temperaturverhältnisses) aus der ÖNORM EN 13141-7 beschrieben [ONO10]:

Die Berechnung des zu- und fortluftseitigen Temperaturverhältnisses in der ÖNORM EN 13141-7 ähnelt der Berechnung des Temperaturänderungsgrades in der ÖNORM EN 308 [ONO97], zusätzlich wird der Wert um das Massenstromverhältnis korrigiert. Die Prüfung wird trocken ausgeführt, d.h. es kommt zu keiner Kondensation im Wärmetauscher.

$$\text{Temperaturverhältnis auf der Zuluftseite } \eta_{\theta, \text{su}} = \frac{\theta_{22} - \theta_{21}}{\theta_{11} - \theta_{21}} \cdot \frac{q_{m22}}{q_{m11}}$$

$$\text{Temperaturverhältnis auf der Fortluftseite } \eta_{\theta, \text{ex}} = \frac{\theta_{11} - \theta_{12}}{\theta_{11} - \theta_{21}} \cdot \frac{q_{m12}}{q_{m21}}$$

$\eta_{\theta,ex}$	Temperaturverhältnis des Geräts auf der Fortluftseite
$\eta_{\theta,su}$	Temperaturverhältnis des Geräts auf der Zuluftseite
θ_{22}	Zulufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher
θ_{21}	Außenlufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
θ_{11}	Ablufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
θ_{12}	Fortlufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher
q_{m22}	zuluftseitiger Massenstrom
q_{m11}	ablufseitiger Massenstrom
q_{m12}	fortluftseitiger Massenstrom
q_{m21}	außenluftseitiger Massenstrom

Abbildung 85: Formel für Temperaturverhältnis nach ÖNORM EN 13141-7 (Quelle: Formel [ONO10], Zeichenerklärung [KAP10])

Passivhaus Institut-Prüfreglement

Das Passivhaus-Prüfreglement sieht Prüfkriterien für Groß- (>600 m³/h) und Kleingeräte (<600 m³/h) vor.

Im Folgenden wird das Prüfreglement des Passivhaus Instituts für Großgeräte (>600 m³/h) erläutert (Beschreibungen entnommen aus [PHI13c] und [PHI13b]):

- Es werden nur die Mindestbestandteile einer Lüftungsanlage geprüft (Gehäuse, Wärmeüberträger, Ventilatoren).
- Bei vorgegebener Druckerhöhung des Ventilators (externer Pressung), auszugsweise in folgender Tabelle in Abhängigkeit der Volumenstromklasse dargestellt, wird der minimale und maximale Volumenstrom bestimmt, bei dem die spezifische elektrische Leistungsaufnahme des RLT-Gerätes 0,45 Wh/m³ bzw. 1640 Ws/m³ gerade noch eingehalten wird. Die so ermittelten Grenzwerte bilden den Einsatzbereich des Gerätes.

Tabelle 10: Anforderungen an die externe Pressung (bezogen auf Kerngerät aus Gehäuse, Ventilator und Wärmerückgewinnung) [PHI13c]

Zuluftvolumenstrom [m ³ /h]	externe Pressung [Pa]	
	Anforderung Nichtwohnbau	Anforderung Wohnbau
bis 600 m³/h	190	155
bis 1000 m³/h	222	187
bis 1500 m³/h	247	212
bis 2000 m³/h	265	230
bis 3000 m³/h	290	
bis 4000 m³/h	308	
bis 5000 m³/h	322	
bis 10000 m³/h	365	

Bei der externen Pressung wird zwischen Anforderungen Wohnbau und Nichtwohnbau unterschieden, wobei davon ausgegangen wird, dass die Kanalnetze im Wohnbau durch kürzere Wege und geringere Brandschutzanforderungen kleinere Druckverluste aufweisen. Sind zur Prüfung außer dem Wärmeüberträger noch andere Komponenten im Gerät installiert, so können diese bis zu einem festgelegten Maximalwert von der externen Pressung abgezogen werden. Für Filter beträgt der maximale Abzugswert beispielsweise 50 Pa. Liegt der tatsächliche Filterdruckverlust darunter, kann dieser Wert in Abzug gebracht werden.

- Der effektive trockene Wärmbereitstellungsgrad für die Zertifizierung wird am Laborprüfstand mit balancierten Massenströmen auf der Außen-/Fortluftseite gemessen. Die Abwärme der Ventilatoren wird dabei ebenfalls berücksichtigt. Dabei darf ein $\eta_{WRG,eff}$ von 75 % nicht unterschritten werden.

$$\eta_{WRG,eff} = \frac{\vartheta_{Ab} - \vartheta_{Fo} + \frac{P_{el}}{\dot{m} * c_p}}{\vartheta_{Ab} - \vartheta_{Au}}$$

ϑ_{Ab}	Ablufttemperatur in °C
ϑ_{Fo}	Fortlufttemperatur in °C
ϑ_{Au}	Außenlufttemperatur in °C
P_{el}	Leistungsaufnahme der vorhandenen Ventilatoren in kW
\dot{m}	Massenstrom in kg/s (Volumenstrom multipliziert mit Luftdichte mit näherungsweise $\rho_{Luft} = 1,2 \text{ kg/m}^3$)
c_p	spezifische Wärmekapazität der Luft, $c_p = 1,006 \text{ K J/(kg.K)}$

Weitere Überprüfungen für das Zertifikat:

- Behaglichkeitskriterium: Die Zulufttemperaturen am Zuluftstutzen (direkt nach Gerät) dürfen 16,5 °C bei -10 °C Außentemperatur nicht unterschreiten (aktive Frostfreihaltung darf berücksichtigt werden).
- Leistungszahl ≥ 10 (berechnet aus Wärmebereitstellungsgrad, Stromaufnahme und Standardklimadatensatz)
- interne und externe Leckage $\leq 3 \%$ des mittleren Volumenstroms im Einsatzbereich
- Abgleich und Regelbarkeit: Balanceabgleich der Ventilatoren muss möglich sein
- Schallschutz – Schallpegel werden messtechnisch bestimmt, Anforderungen sind in den jeweiligen Normen zu finden
- Raumlufthygiene: Außenluftfilter mind. F7, Abluftfilter mind. G4
- Frostschutz: bei -15 °C Außentemperatur muss das Zufrieren des Wärmeübertragers und eines ggf. vorhandenen hydraulischen Nachheizregisters ausgeschlossen werden können, keine Außenluftunterbrechungsschaltung

Eine Datenbank mit vom Passivhaus Institut zertifizierten Klein- und Großlüftungsgeräten ist unter <http://www.passiv.de/komponentendatenbank/de-DE> [PHI13b] abrufbar.

Die Zertifizierung von Kleingeräten (<600 m³/h) ist sehr an diese der Großgeräte angelehnt, die Prüfbedingungen sind unter www.passiv.de -> Zertifizierung ->Komponenten -> Kriterien zur Zertifizierung -> Lüftungsgeräte (Luftleistung bis 600m³/h) downloadbar [PHI13a].

ÖNORM EN 308

In der ÖNORM EN 308 [ONO97] sind die Prüfbedingungen der Leistungskriterien von Luft-Luft-Wärmerückgewinnungsanlagen beschrieben. Dieses Prüfverfahren wird meist für den Wärmetauscher in zentralen Lüftungsgeräten herangezogen. Folgende Prüfverfahren werden in dieser Norm beschrieben:

- Außenleckage
- Innenleckage der Abluft zur Zuluft
- Temperatur- und Feuchteänderungsgrade (Rückwärmezahl, Feuchterückzahl)
- Druckabfall zwischen Ab- und Zuluftseite

Dabei wird der Wert für die Wärmerückgewinnung als Rückwärmezahl bzw. Temperaturänderungsgrad beschrieben und bezieht sich nur auf den Wärmetauscher als Komponente in einem Gehäuse mit den notwendigen lufttechnischen Anschlüssen und nicht im Verbund mit anderen Lüftungskomponenten. Der Einfluss von anderen wärmeabgebenden Komponenten muss für die Prüfung rechnerisch korrigiert werden.

$$\eta_t = \frac{t_{22} - t_{21}}{t_{11} - t_{21}} \quad \text{zuluftseitige(Rückwärmezahl / Temperaturänderungsgrad)}$$

$$\eta_t = \frac{t_{11} - t_{12}}{t_{11} - t_{21}} \quad \text{fortluftseitige(Rückwärmezahl / Temperaturänderungsgrad)}$$

t_{22}	Zulufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher
t_{21}	Außenlufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
t_{11}	Ablufttemperatur beim Eintritt in den Wärmetauscher
t_{12}	Fortlufttemperatur beim Austritt aus dem Wärmetauscher

Abbildung 86: Formel für Rückwärmezahl nach EN 308 (Quelle: [ONO97] in [KAP10])

Bei der Messung werden die Massenströme für Zu- und Abluft abgeglichen. Bei der Prüfung kann eine Kondensation ausgeschlossen oder herbeigeführt werden. Bei trockener Messung, geringer Leckage und einer Überdämmung des Gehäuses können nur sehr geringe Abweichungen zwischen fort- und zuluftseitiger Rückwärmezahl auftreten. Üblicherweise wird nur der zuluftseitige Wert angegeben. [KAP10]

Für Großgeräte ist die Rückwärmezahl nach ÖNORM EN 308 die maßgebende Größe für die Effizienz des Wärmetauschers und sollte somit immer eingefordert werden.

DIBt-TZWL Prüfrelement

Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) zieht zur Beurteilung der thermodynamischen Effizienz (Wärmebereitstellungsgrad, elektrisches Wirkverhältnis des Wohnungslüftungsgerätes) die Prüfungsergebnisse des Europäischen Testzentrums für Wohnungslüftungsgeräte (TZWL) heran. Dabei werden die thermodynamischen Betriebsbedingungen so simuliert, wie sie im praktischen Betrieb während einer Heizperiode auftreten [TZW13].

- **Wärmebereitstellungsgrad:** Der Wärmebereitstellungsgrad gibt an, wieviel Prozent Energie (einschließlich Ventilatorstromverbrauch) ein Wohnungslüftungsgerät von der aus der Abluft zurückgewonnenen Energie über die Zuluft wieder bereitstellen kann. Je höher der Wärmebereitstellungsgrad ist, desto stärker reduziert dies den Verbrauch zusätzlicher Energie zur Wärmeversorgung von Wohngebäuden. [TZW13].

- **Elektrisches Wirkverhältnis des Wohnungslüftungsgerätes:** Das elektrische Wirkverhältnis gibt an, wieviel Wärme ein Gerät im Verhältnis zu der zu seinem Betrieb erforderlichen elektrischen Energieaufnahme bereitstellt. Elektrische Wirkverhältnisse von weit über 20 sind keine Seltenheit mehr. Dies bedeutet, dass pro 20 kWh bereitgestellter Wärme 1 kWh elektrische Energie verbraucht wird. [TZW13].

Da bei dem Testverfahren die abluftseitige Kondensation nicht ausgeschlossen wird und ein positiver Transmissionseinfluss durch das Gerätegehäuse erfolgt, werden bei Messungen deutlich höhere Wirkungsgrade als bei anderen Prüfreglements, wo die Prüfung auf die Abluftseite bezogen ist und keine Kondensation auftritt (z.B. ÖNORM EN 308 [ONO97], Passivhaus Institut Zertifizierung [PHI13a], EN 13141-7 [ONO10]), erzielt. [KAP10]

Ist das Lüftungsgerät innerhalb der thermischen Hülle situiert, dann sind durch verschiedenste Effekte (Kondensation, Transmissionsverluste, Leckage usw. siehe [KAP10] große Einflüsse auf einen zuluftseitigen Wirkungsgrad möglich. Aus diesem Grund sollte immer unterschieden werden, ob der Wirkungsgrad auf die Fortluftseite oder Zuluftseite bezogen wird (siehe auch vorgeschlagene Abschlagswerte am Ende des Kapitels).

Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Prüfweisen von dezentralen Geräten gibt die Plattform www.komfortlüftung.at folgenden wichtigen Hinweis zur Vergleichbarkeit der Werte für dezentrale Geräte:

„Neue Lüftungsgeräte verfügen über eine Prüfung nach der ÖNORM EN 13141-7. Geräte mit einer Prüfung des Passivhausinstitutes können mit einem Abschlag von -5 % und Prüfungen nach DIBt (z.B. TZWL) mit einem Abschlag von -14 % grob umgerechnet werden. In der nachfolgenden Tabelle sind die empfohlenen Mindest- und Zielwerte für die verschiedenen Prüfungen aufgelistet.“ [KOM13]

Wärmetauscher: Prüfung und Kennwerte

Prüfreglement	Kennwert (ohne Kondensat)	Empfohlener Mindestwert	Zielwert
ÖNORM EN 13141-7	Fortluft-Temperaturverhältnis	> 70 %	> 75 %
Passivhausinstitut (PHI)	Wärmebereitstellungsgrad	> 75 %	> 80 %
DIBt-TZWL	Wärmebereitstellungsgrad	> 84 %	> 89 %

Tabelle 11: Wärmetauscher: Empfehlungen und Zielwerte für dezentrale Geräte [KOM13]

Zielkennwerte für Passivhausanlagen – Basis für die Freigabe

Die zentralen Anforderungen für den Freigabeprozess für Lüftungsanlagen sind in den Passivhaus Institut Prüfkriterien für Großgeräte enthalten (Auszug aus [PHI13b]):

Elektroeffizienz – spezifischer Ventilatorverbrauch inkl. Steuerung $SFP \leq 0,45 \text{ Wh/m}^3$ (Stromverbrauch $0,45 \text{ W pro geförderten } 1 \text{ m}^3/\text{h}$) bei Betriebsvolumenstrom

Wärmebereitstellungsgrad $\eta_{WRG,eff} \geq 75 \%$ (Hinweis: beinhaltet die Abwärme der Ventilatoren)

Die Zulufttemperaturen am Zuluftstutzen (direkt am Gerät) dürfen $16,5 \text{ °C}$ bei -10 °C Außentemperatur nicht unterschreiten. (aktiver Frostschutz darf berücksichtigt werden)

Wichtig ist die Unterscheidung der unterschiedlichen Volumenströme:

- Auslegungsvolumenstrom – maximal möglicher Volumenstrom des Lüftungsgeräts, alle Bewohner schalten auf die maximale Stufe an ihrem Raumregelgerät
- Betriebsvolumenstrom – Volumenstrom im üblichen Gebrauch, alle Bewohner schalten auf die mittlere Stufe an ihrem Raumregelgerät, oft liegt dieser Volumenstrom bei ca. 70 % des Auslegungsvolumenstroms

- Abwesenheitsvolumenstrom – Volumenstrom bei Abwesenheit, alle Bewohner schalten auf die minimale Stufe an ihrem Raumregelgeräte

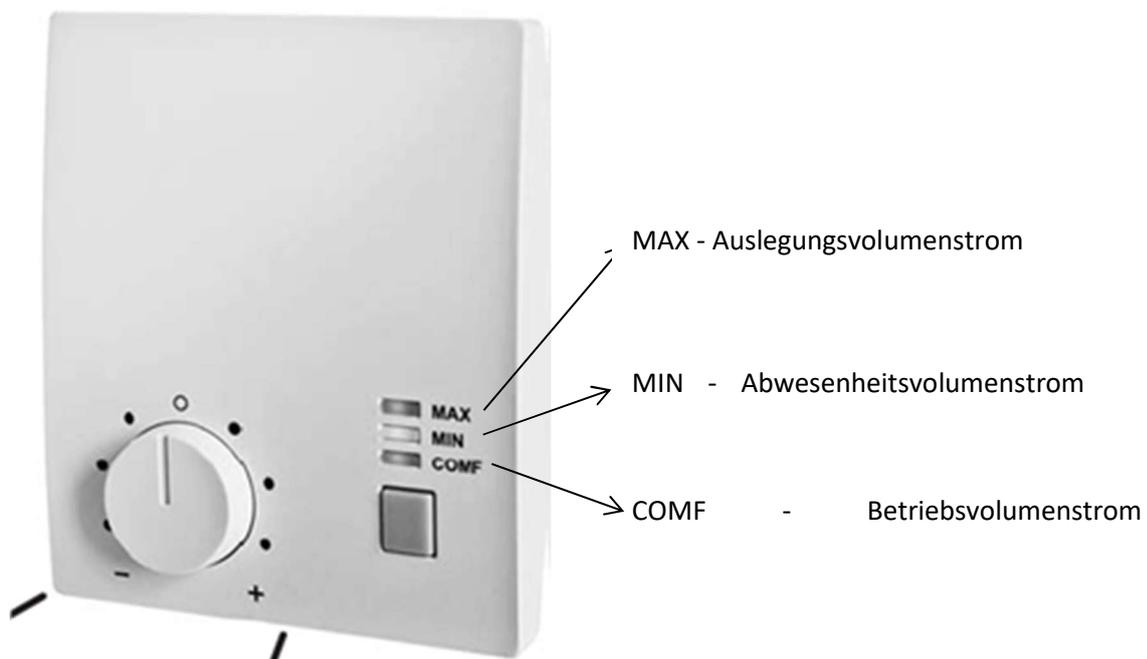


Abbildung 87: Raumregelgerät mit Bezeichnung des zugehörigen Volumenstroms (Quelle: BELIMO Automation Handelsgesellschaft m.b.H. bearbeitet von Schöberl & Pöll GmbH)

13 Literaturverzeichnis

bauXund Forschung und Beratung GmbH, 2013. *Checkliste für Lüftungsplaner und Ausführende (ZuKoLü)*. Wien: s.n.

Douschan, H. et al., 2013. *Handbuch für Passivhaus-HandwerkerInnen*. s.l.:s.n.

Greml, A., 2010. *Komfortlüftung Nr 17 Luftleitungen und deren Dämmung*. s.l.:Komfortlüftung.at.

Greml, A., 2010. *Komfortlüftungsinfo Nr. 13 Sternverrohrung oder Abzweiger - Quell- oder Induktionslüftung*, s.l.: komfortlüftung.at.

Greml, A., 2013. *Frostschutz bei (zentralen) Komfortlüftungen*. Innsbruck: s.n.

Greml, A., 2013. *Komfortlüftung gesund & energieeffizient*. s.l.:s.n.

Leitzinger, W., 2011. *Planungsleitfaden für Wohnungslüftungen im Mehrfamilienhaus*. s.l.:komfortlüftung.at.

Leitzinger, W., 2013. *Fragen und Antworten zum Thema Reinhaltung und Reinigbarkeit*. Workshop-Low_Vent Innsbruck: s.n.

Michael, K., kein Datum *netec Energietechnik*. [Online]

Available at: www.sole-ewt.de

[Zugriff am 16.01.2014].

Verein komfortlüftung.at, 2013. *www.komfortlüftung.at*. [Online]

[Zugriff am 16.01.2014].

[EBM13] Homepage EBM Papst – Gegenüberstellung EC und AC Motor,

http://www.ebmpapst.com.au/en/ec_technology/ec_fans_and_motors/ec-technology_special.html,

aufgerufen am 23.9.2013

[KAP10] Kapferer, R., Greml, A., Leitzinger W. et. al.: Evaluierung von zentralen bzw. semizentralen Wohnraumlüftungen im Mehrfamilienhausbereich und Erstellung von Qualitätskriterien bzw. eines Planungsleitfadens. Energie der Zukunft Endbericht, 2010

[KOM13] Homepage www.komfortlüftung.at, Broschüre Komfortlüftung Einfamilienhäuser

http://www.komfortlüftung.at/fileadmin/komfortlueftung/ET_Broschuere_Komfortlueftung_lang_012013.pdf,

aufgerufen am 24.9.2013

[KOM13b] Homepage Verein Komfortlüftung, www.komfortlüftung.at, aufgerufen am 27.9.2013

[KOM13c] Homepage www.komfortlüftung.at, 60 Qualitätskriterien für Komfortlüftungen – Mehrfamilienhaus (MFH)

http://www.komfortlüftung.at/fileadmin/komfortlueftung/MFH/60_QK_Komfortlueftung_MFH_V_1.4_Februar_2011_mit_Erlaeuterungen.pdf, aufgerufen am 27.9.2013

[ONO97] ÖNORM EN 308: „Wärmeaustauscher - Prüfverfahren zur Bestimmung der Leistungskriterien von Luft/Luft- und Luft/Abgas-Wärmerückgewinnungsanlagen“, Ausgabe 1997-06-01, Österreichisches Normungsinstitut, Wien 1997

[ONO14] ÖNORM H 6038: „Lüftungstechnische Anlagen – Kontrollierte mechanische Be- und Entlüftung von Wohnungen mit Wärmerückgewinnung Planung, Ausführung, Prüfung, Inbetriebnahme, Betrieb und Wartung“, Ausgabe 2014-02-15, Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2014

[ONO08] ÖNORM EN 13779: „Lüftung von Nichtwohngebäuden — Allgemeine Grundlagen und Anforderungen für Lüftungs- und Klimaanlage und Raumkühlsysteme“, Ausgabe 2008-01-01, Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2008

[ONO10] ÖNORM EN 13141-7: „Lüftung von Gebäuden — Leistungsprüfungen von Bauteilen/Produkten für die Lüftung von Wohnungen Teil 7: Leistungsprüfung von mechanischen Zuluft- und Ablufteinheiten (einschließlich Wärmerückgewinnung) für mechanische Lüftungsanlagen in Wohneinheiten (Wohnung oder Einfamilienhaus)“ Ausgabe 2010-12-15, Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2010

[PHI13a] Homepage Passivhaus Institut – Zertifizierungskriterien für kleine Lüftungsgeräte < 600 m³/h,

http://passiv.de/downloads/03_pruefverfahren_fuer_kleine_geraete_de.pdf, aufgerufen am 24.9.2013

[PHI13b] Homepage Passivhaus Institut – Komponentendatenbank,
<http://www.passiv.de/komponentendatenbank/de-DE>, aufgerufen am 12.7.2013

[PHI13c] Homepage Passivhaus Institut – Vorstellung Zertifizierungsverfahren Großgeräte
http://www.passiv.de/downloads/03_vorstellung_zertifizierungsverfahren_grossgeraete.pdf, aufgerufen am 01.8.2013

[RLT13a] Homepage Herstellerverband RLT-Geräte e.V., Richtlinien, http://www.rlt-geraete.de/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=957, aufgerufen am 27.9.2013

[RLT13b] RLT Richtlinie 01 - Allgemeine Anforderungen an Raumluftechnische Geräte, Ausgabe Juli 2013,
Herausgeber: Herstellerverband Raumluftechnische Geräte e. V., Bietigheim-Bissingen 2013

[SIA07] SIA 382/1: „Lüftungs- und Klimaanlage –Allgemeine Grundlagen und Anforderungen“, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein, Zürich 2007

[TZW13] Homepage TZWI –Prüfverfahren des TZWI – Thermodynamische Prüfung,
<http://www.tzwl.de/pruefungvonwohnungslueftungsgeraeten/pruefverfahren-tzwl>, aufgerufen am 24.9.2013