



Fensterlüfter

Literaturstudie, Marktstudie und
Thermische Simulationen

Schlussbericht

IMPRESSUM

Auftraggeberin:

Stadt Zürich,
Amt für Hochbauten,
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21
8021 Zürich

Bearbeitung:

Caroline Hoffmann, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz
Caroline.Hoffmann@fhnw.ch

Projektleitung:

Franz Sprecher
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amt für Hochbauten

Projektteam:

Prof. Dr. Achim Geissler, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz
Dr. Caroline Hoffmann, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz
Prof. Heinrich Huber, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz

Quelle für Titelbild: Renson

Download als pdf von
www.stadt-zuerich.ch/egt

-> Projekte realisiert

Zürich, Dezember 2014

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	4
2	Projektübersicht	6
2.1	Projektkontext.....	6
2.2	Grundlagen und Abgrenzungen.....	7
3	Literaturstudie	9
3.1	Vorgehen.....	9
3.2	Normen, Richtlinien und Empfehlungen.....	9
3.3	Themenbezogene Literaturstudie	14
4	Marktstudie	19
4.1	Thematische Übersicht.....	19
4.2	Tabellenübersicht	24
5	Thermische Simulationen	25
5.1	Ausgangslage und Fragestellungen	25
5.2	Auswertung	28
5.3	Ergebnisse Simulation.....	29
5.4	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse (alle Varianten)	37
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen.....	40
6.1	Hinweise für Revision SIA 2023	41
7	Anhang: Berechnungen für Kap. 3 Literaturstudie.....	42
8	Anhang: Übersichtstabelle Fensterlüfter	45
9	Anhang: Simulationen.....	48
9.1	Alle Ergebnisse Simulationen	48
9.2	Randbedingungen Simulationsberechnungen	53
10	Anhang: Literaturverzeichnis	61
11	Anhang: Kurzanleitung zur Verwendung von Fensterlüftern	Fehler! Textmarke nicht definiert.

1 Zusammenfassung

In diesem Projekt geht es um Fensterlüfter ohne Wärmerückgewinnung (WRG) in Wohnungen, in denen eine Querlüftung möglich ist. Der nachfolgende Text fasst die wichtigsten Erkenntnisse zusammen.

Literaturstudie

Dieses Kapitel konzentriert sich auf die Auswertung der entsprechenden Normen und Richtlinien (CH, D) und auf die vorhandene Literatur zum Thema Fensterlüfter. Bei den Normen liegt der Schwerpunkt der Auswertung auf Fragen zum vorgeschriebenen Mindestluftwechsel für Personen und Feuchteschutz, sowie auf Hinweise zur Gebäudesanierung im Zusammenhang mit Lüftungskomponenten, die sich auf Fensterlüfter übertragen lassen. Sowohl SIA 180:2014 als auch DIN 1946-6:2009-5 empfehlen bzw. geben einen minimalen Aussenvolumenstrom für den Feuchteschutz vor. Dieser liegt für eine Beispielwohnung mit 100 m² Wohnfläche bei der DIN 1946-6 mit 0.38 m³/(h·m²) im unteren Drittel des in SIA 180:2014 mit 0.22 - 0.74 m³/(h·m²) angegebenen anzustrebenden Bereichs. Gerade bei Gebäudesanierungen mit Fensterersatz ist die Gewährleistung eines solchen Minimalluftwechsels sehr sinnvoll. Speziell zur Gebäudesanierung finden sich in DIN 1946-6 Aussagen dazu, wann Lüftungstechnische Massnahmen ergriffen werden müssen und welche Anforderungen die Aussenluftdurchlässe erfüllen müssen. In den übrigen Normen und Richtlinien finden sich Hinweise zur Dimensionierung und zum Schallschutz, die sich auf Fensterlüfter übertragen lassen.

Die vorhandene Literatur zum Thema Fensterlüfter gibt Hinweise zur Planung und Platzierung von Fensterlüftern.

Marktstudie

Es gibt ein breites Angebot an Fensterlüftern. Die (nicht abschliessende) Marktübersicht umfasst 20 Hersteller mit 50 Produkten. Die Firmen kommen hauptsächlich aus Deutschland, einige wenige aus Frankreich, Belgien, Liechtenstein und Österreich.

Bei einer Druckdifferenz zwischen 2 und 10 Pa ist der mit Falzlüftern erreichbare Luftdurchlass in der Regel mit Werten zwischen 2 - 6 m³/h tiefer als jener von Aufsatzelementen, der zwischen 4 - 60 m³/h liegen kann. Wenige Fensterlüfter besitzen einen Filter. Die meisten Fensterlüfter funktionieren nach dem Druckdifferenzprinzip. Empfehlenswert ist hier eine zusätzliche Sturmsicherung, die zu grosse Volumenströme verhindert. Nur wenige Produkte arbeiten feuchtegeführt. Mit einigen Fensterlüftern ist die Nachrüstung vorhandener Fenster möglich. Dies ist dann interessant wenn z. B. nach einem erfolgten Fensteraustausch im Nachhinein Schimmelprobleme auftreten.

Thermische Simulationen

Ziel der Simulationen ist es, anhand von einer typischen Wohnung in einem Mehrfamilienhaus (MFH) die Wirkung von Fensterlüftern zu untersuchen. Dabei wird von einem ungedämmten Gebäude ausgegangen, in welches als Sanierungsmassnahme neue, dichte Fenster eingebaut werden. Es werden drei Typen von Fensterlüftern mit unterschiedlichen Luftwechseln untersucht. Das Lüftungskonzept der Wohnung setzt sich aus den Fensterlüftern (pro Fenster ein Fensterlüfter) als permanente Zuluftöffnung, einer morgendlichen 5-minütigen Stosslüftung über die Fenster, sowie Abluftventilatoren in Küche und Bad (zeitweise betrieben) zusammen. Tagsüber sind die Zimmertüren geöffnet, nachts bei geschlossenen Türen stehen 7 mm breite Schlitze als Überströmöffnungen unter den Türen zur Verfügung. Um mit den Ergebnissen auf der sicheren, d.h. ungünstigen Seite zu sein, wird eine Wohnung im EG in windgeschützter Lage untersucht (städtischer Bebauungskontext). Die Hauptfassade ist zur windstarken Seite orientiert (Südwest).

Der über die Fensterlüfter erzeugte Luftwechsel wird mit dem theoretisch erforderlichen Feuchteschutzluftwechsel gem. SIA 180:2014 auf Tagesbasis verglichen. Aus den Simulationen lassen sich die folgenden Erkenntnisse ableiten:

Feuchteschutzluftwechsel:

Fensterlüfter können selten alleine den Feuchteschutzluftwechsel garantieren. In Kombination mit Abluftventilatoren in Küche und Bad ist eine Deckung möglich, allerdings müssen Fensterlüfter mit einem genügend grossen Luftdurchlass (z. B. bei 2 Pa 14.5 m³/h) eingesetzt werden. Hier entsteht ein Konflikt mit dem thermischen Komfort (es sei denn, es werden pro Raum z. B. mehrere kleine Falzlüfter eingesetzt).

In Erdgeschosswohnungen im städtischen Kontext (z. B. Hofsituation) ist der Einsatz kritisch zu hinterfragen, da hier selbst Fensterlüfter mit einem grossen Luftdurchlass und Abluftventilatoren in Bad und Küche den Feuchteschutzluftwechsel nicht decken.

Anders sieht es aus, wenn das Gebäude in windexponierter Lage (z. B. auf dem freien Feld) steht, oder wenn die Wohnung in einer höheren Etage liegt. Der Luftwechsel erhöht sich hier im Vergleich zur Erdgeschosswohnung deutlich (60 -100%). Hier können auch Fensterlüfter mit einem mittleren Luftdurchlass (z. B. bei 2 Pa 6.8 m³/h) zusammen mit Abluftventilatoren den Feuchteschutzluftwechsel gewährleisten.

Voraussetzungen für ein Funktionieren der Fensterlüfter sind eine Querlüftung innerhalb der Wohnung und tagsüber geöffnete Zimmertüren. Ein weiterer Grund spricht für geöffnete Zimmertüren: Oberflächennahe Schichten der Bauteile speichern einen Teil der Feuchtelast, welche z. B. nachts im Schlafzimmer anfällt, über Sorption ein. Entleeren sich die "Feuchtespeicher" nun im Tagesverlauf, sollte sich die Feuchte innerhalb der Wohnung verteilen können um schlussendlich abgeführt zu werden. Aus diesem Grund sind tagsüber geöffnete Zimmertüren (ausser bei Bad und Küche) auch für die Feuchteabfuhr erforderlich.

Für Wärmebrücken müssen weiterhin die in der SIA 180/1:2014 vorgegebenen f_{Rsi} -Werte eingehalten werden. Die Fensterlüfter entbinden nicht von der Pflicht, Wärmebrücken (bei allfälligen Umbaumaassnahmen) bauphysikalisch korrekt zu lösen!

Hygienischer Luftwechsel:

Der hygienische Luftwechsel ist nur in höher gelegenen Etagen mit Fensterlüftern mit mittlerem Luftdurchlass (z. B. bei 2 Pa 6.8 m³/h) zusammen mit der Fensterlüftung und den Abluftventilatoren gesichert.

Fensterlüfter in Kombination mit Abluftanlagen:

Werden Fensterlüfter in Kombination mit Abluftanlagen in Küche und Bad eingesetzt, so sind die Abluftanlagen unabhängig von den Fensterlüftern so auszulegen, dass die Empfehlungen für den Druckverlust gem. SIA 2023, Abschnitt 6.3.1 eingehalten werden. Diese Grenzwerte für den Druckverlust gelten nur für die Auslegung der Abluftanlage. Durch die Einwirkung des Windes können sich (ohne Abluftanlage) höhere Druckunterschiede ergeben, die durch eine Sturmsicherung begrenzt werden (können).

Für die Küchenabluft aber auch das Bad ist prinzipiell gesondert für Nachströmluft zu sorgen (siehe Empfehlungen SIA 2023, Abschnitt 4.3.7, ff). Dies muss bei der Auslegung berücksichtigt werden. Mit Fensterlüftern alleine ist diese Problematik in der Regel nicht zu lösen.

Heizwärmebedarf:

Wird statt der Fensterlüfter eine Zu- und Abluftanlage mit WRG eingesetzt, so lassen sich beim ungedämmten Gebäude rund 20% einsparen, beim gedämmten Gebäude sogar knapp 60%.

Kurzanleitung zur Verwendung von Fensterlüftern in der Sanierung

Dieses Dokument fasst die Erkenntnisse des Projektes zusammen und gibt Hinweise zum Einsatz von Fensterlüftern ohne Wärmerückgewinnung (WRG) in Wohnungen, in denen eine Querlüftung möglich ist.

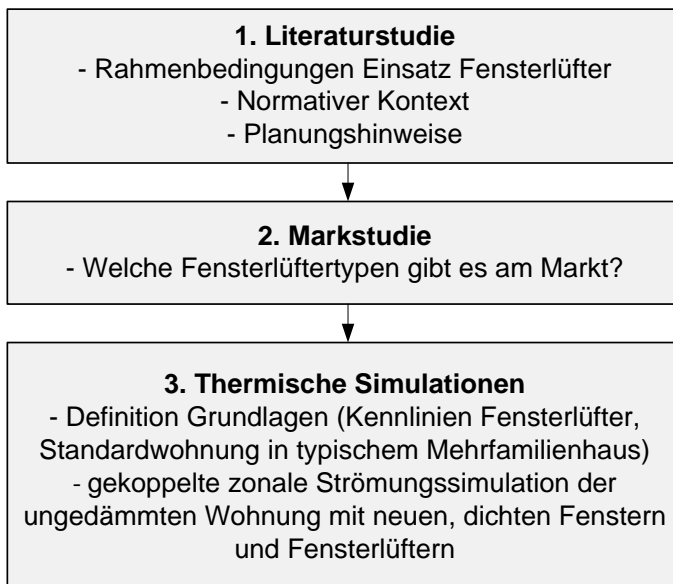
2 Projektübersicht

2.1 Projektkontext

In diesem Projekt geht es um Fensterlüfter ohne Wärmerückgewinnung (WRG) in Wohnungen, in denen eine Querlüftung möglich ist. Bei der energetischen Gebäudeerneuerung werden oftmals - wider besseres Wissen - nur die Fenster ausgetauscht. Gibt es keine Abluftanlage, sondern allenfalls eine zeitgesteuerte Badentlüftung, können mit dichteren Fenstern Feuchtigkeitsprobleme entstehen. Abhilfe wäre mit dem Einbau von Fensterlüftern möglich. Dabei entsteht einerseits die Frage, ob diese alleine den Feuchteschutzluftwechsel gewährleisten. Andererseits ist ungeklärt, wie hoch die möglichen Einsparungen sind, wenn man die Fensterlüfter mit einer Zu- und Abluftanlage mit WRG vergleicht.

Auf den Punkt gebracht: sind Fensterlüfter zu empfehlen?

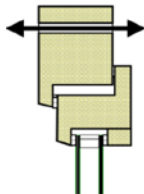

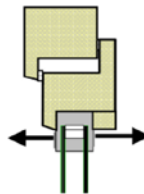

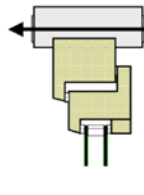

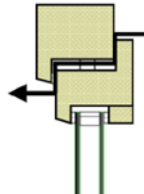

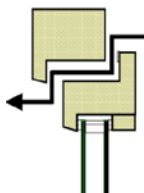

Figur 1: Thematische Bestandteile des Projektes



2.2 Grundlagen und Abgrenzungen

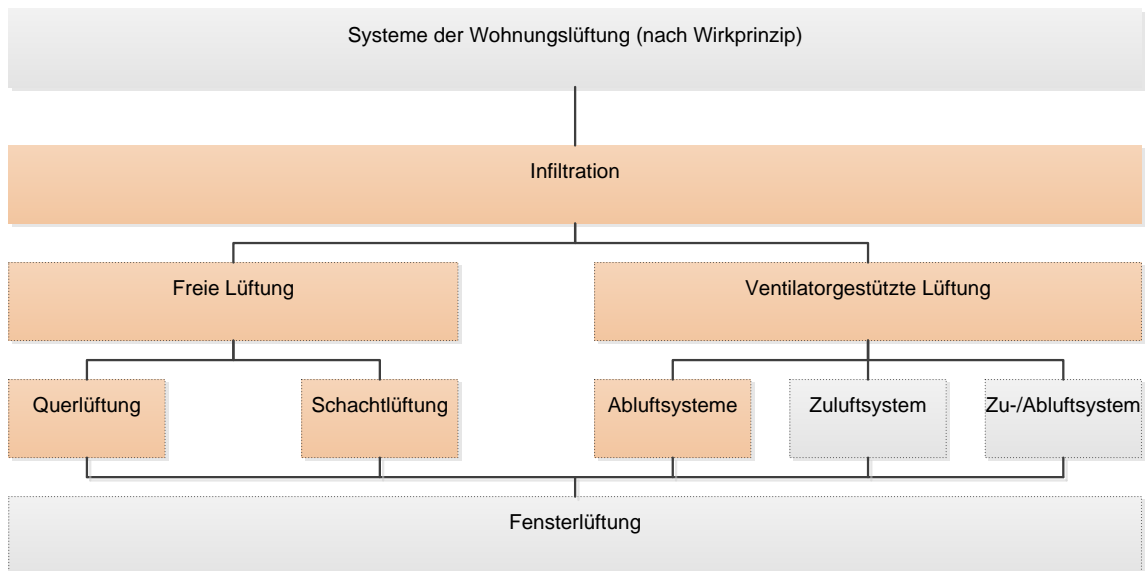
Ein Fensterlüfter ist ein "Lüftungsgerät oder -element, welches in das Fenster integriert ist oder in direktem Zusammenhang mit dem Fenster steht" [1], S. 2. Tabelle 1 zeigt die grundlegenden Fensterlüftertypen. Übergeordnet gehören Fensterlüfter in die Gruppe der Aussenluftdurchlässe.

Tabelle 1: Definitionen zum Begriff Fensterlüfter. Definitionen und Prinzip gem. [1], S. 2 ff.

Begriff	Definition	Prinzip	Beispiel
Lüftungselement	"Vorrichtung ohne ventilatorgestützten Antrieb, welche das Durchströmen von Luft ermöglicht"		
Aufsatzelement	"Lüftungsgerät oder -element, welches direkt in den Blendrahmen und/oder den Flügelrahmen"...		 Quelle: Renson
	...und/oder oberhalb des Glasfalzes des Fensters integriert ist...		 Quelle: Siegenia Aubi
	... "oder welches direkt an den Blendrahmen des Fensters (seitlich, oben oder unten) montiert werden kann."		 Quelle: Schüco
Fensterfalzlüfter	"Lüftungsgerät oder -element, welches im Fensterfalz integriert ist und/oder den Fensterfalz als Lüftungsweg nutzt."		 Quelle: REGEL-air
Beschlagsregelter Lüfter	"Lüftungsgerät oder -element, welches durch die Ausführung des Fensterfalzes in Kombination mit dem Fensterbeschlag die Lüftungseigenschaft erreicht." Manuell oder motorisch betrieben.		 Quelle: Weru

Im vorliegenden Bericht werden Lüftungslösungen nur mit Fensterlüftern und/oder mit einer einfachen Abluftanlage in Küche und Bad behandelt. Die Einordnung und Abgrenzung in der Systematik der Wohnungslüftung zeigt Figur 2. Die hier behandelten Themen sind orange gekennzeichnet.

Figur 2: Systematisierung der Wohnungslüftung nach Wirkprinzip gem. [2]



Keine Berücksichtigung finden Wohnungen mit raumluftabhängigen Feuerstätten.

3 Literaturstudie

3.1 Vorgehen

Die Literatur, welche es zum Thema Fensterlüfter gibt, wird in zwei Bereiche aufgegliedert dargestellt.

- Normen, Richtlinien und Empfehlungen
- Artikel und ähnliches: thematisch sortiert

3.2 Normen, Richtlinien und Empfehlungen

In der Schweiz gibt es folgende Normen und Empfehlungen, die auf die Belüftung von Gebäuden / Wohnbauten abzielen und für Fensterlüfter relevant sind:

- SIA 180:2014 Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden [3]
- SIA 382/1:2014 - Lüftungs- und Klimaanlage - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen [4]
- SIA 2023: Lüftung in Wohnbauten (Merkblatt) [5]
- SIA 181: Schallschutz im Hochbau [6]

In Deutschland sind dies im Wesentlichen die folgende Norm und Richtlinien

- DIN 1946-6:2009-05: Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung [2]
- ift-Richtlinie LU-01/1: Fensterlüfter, Teil 1: Leistungseigenschaften [1]
- ift-Richtlinie LU-02/1: Fensterlüfter, Teil 2: Empfehlungen für die Umsetzung von Lüftungstechnischen Massnahmen im Wohnungsbau [7]

Im Zusammenhang mit Fensterlüftern interessieren in Bezug auf Fensterlüfter folgende Fragen

- Gibt es Angaben zu einem Mindestluftwechsel, welcher bauphysikalische Feuchteschäden (Schimmel) verhindert?
- Wie hoch ist der empfohlene Mindestluftwechsel für Personen?
- Gibt es im Zusammenhang mit Lüftungskomponenten Vorschriften für die energetische Gebäudeerneuerung, die sich auf Fensterlüfter übertragen lassen?

3.2.1 Schweiz

Tabelle 2 zeigt die von den Normen vorgegebenen Aussenluftvolumenströme in der Übersicht. Weitere Aussagen, welche die eingangs erwähnten Fragestellungen behandeln, erläutert der nachstehende Text.

Tabelle 2: Wesentliche Angaben zur Lüftung aus den Schweizer Normen und dem SIA Merkblatt 2023 in Bezug auf Wohnen.

Einige Angaben beziehen sich auf eine Beispielwohnung mit Standort ZH. Diese hat eine A_{NGF} von 100 m² und eine Raumhöhe von 2.5 m. Der f_{RSI} -Wert liegt bei 0.75. Die niedrige Feuchtproduktion liegt bei 2 g/h·m², die mittlere Feuchtproduktion liegt bei 4.0 g/h·m². Dies sind keine normativen Werte. Verwendete Abkürzungen: P = Person

	Einheit	SIA 180:2014	SIA 382/1:2014	SIA 2023:2008
Minimaler Aussenluftvolumenstrom ¹ Personen	m ³ /(h·P)	Abhängig von Verunreinigungsquelle	15 (Minimum bei tiefen oder hohen Aussentemperaturen) 30 (Wohn- und Schlafräume tag)	15 (Minimum, Schlafräume) 30 (üblicher Wert)
Minimaler Aussenluftvolumenstrom Hygiene	m ³ /(h·m ²)		0.5	0.5
Minimaler Aussenluftvolumenstrom Feuchte Beispielwohnung ZH	m ³ /(h·m ²)	0.22 - 0.74 (niedrige Feuchteproduktion) 0.44 - 1.50 (mittlere Feuchteproduktion)		
Massgabe für Aussenluftvolumenstrom	-	Grösste Verunreinigungsquelle	Grösste Verunreinigungsquelle	Grösste Verunreinigungsquelle
Abluftvolumenstrom Küche	m ³ /h		40 (kontinuierlicher Betrieb) 150-600 (bedarfs-gesteuerter Betrieb)	40 (kontinuierlicher Betrieb) 150 (bedarfs-gesteuerter Betrieb)
Abluftvolumenstrom Bad / WC	m ³ /h		≥ 40 / 10-20 (kontinuierlicher Betrieb) ≥ 50 / 30 (bedarfs-gesteuerter Betrieb)	40 / 20 (kontinuierlicher Betrieb) 50 / 50 (bedarfs-gesteuerter Betrieb)
Fensterlüfter erwähnt?	-	nein	nein	nein, aber ALD
Besonderheiten	-		Grenzen der Fensterlüftung	Angaben zu ALD sind teilweise auf Fensterlüfter zu übertragen

SIA 180:2014 - Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden

Für jedes Projekt muss es ein Lüftungskonzept geben. Ob eine freie oder ventilatorgestützte Lüftung eingesetzt wird, ist dem Planer freigestellt. Die Norm gibt einen minimalen Aussenluftvolumenstrom vor, dessen Höhe sich nach der grössten Verunreinigungsquelle (wie z. B. Personen, Schadstoffe, Feuchte) richtet. Die hygienische Anforderung für Personen ergibt sich aus den Geruchs- und CO₂-Emissionen.

"Ein Lüftungsprinzip, das während der Heizperiode eine permanente Öffnung der Fenster erfordert, ist nicht zulässig" (3.2.7).

Fensterlüfter oder Lüftungsöffnungen werden nicht explizit erwähnt.

SIA 382/1:2014 - Lüftungs- und Klimaanlageanlagen - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen

In dieser Norm geht es zwar hauptsächlich um Lüftungs- und Klimaanlageanlagen, sie enthält aber auch Hinweise zur Fensterlüftung und zu reinen Zu- und Abluftanlagen.

Es wird ein - unabhängig von der Belegung der Räume - hygienisch erforderlicher Aussenluftvolumenstrom zur Grundlüftung definiert (2.2.6.6). Dieser, sowie Angaben zur üblichen Aussenluftvolumenstrom für Räume, die zum Aufenthalt von Personen bestimmt sind, und zu Räumen mit erhöhter Feuchteproduktion (Küche, Bad und WC), finden sich in Tabelle 2. Für die Auslegung der Anlage ist jeweils der grösste Luftvolumenstrom (Personen, Verdünnung von Luftverunreinigungen etc.), massgebend. Bezüglich Feuchte wird auf SIA 180 verwiesen.

¹ Die Bezugstemperatur ist nicht genannt, wir gehen von Raumlufttemperatur aus.

Die Norm geht auf die Grenzen der Fensterlüftung ein. Diese ist dann nicht zulässig, wenn der Raum kein Fenster hat und die Schadstoff- oder Lärmbelastung aussen zu hoch ist (viel befahrene Strassen), Ziffer 3.2.3.5 und Figur 5. Für die Fensterlüftung werden minimale Werte für das Verhältnis von Raumtiefe L zu Raumhöhe H definiert:

- Einseitige Lüftung $L/H \leq 2.5$
- Querlüftung $L/H \leq 5.0$

Die Norm trifft Aussagen zur Energieeffizienz von Lüftungsanlagen und zum Schallschutz, beziehungsweise verweist auf SIA 181.

SIA 2023: Lüftung in Wohnbauten (Merkblatt)

Dieses Merkblatt basiert (noch) auf der alten SIA 382/1:2007. Das Merkblatt erwähnt, dass die Fensterlüftung mit Aussenluftdurchlasselementen (z. B: Fensterlüftern) ergänzt werden kann. Die Kombination aus einer kontinuierlichen Absaugung der Abluft in Bad/WC und Küche (mit Einzelventilatoren oder einem zentralen Ventilator) und dem Nachströmen der Zuluft über Durchlasselemente wird als "Einfache Abluftanlage" bezeichnet (S. 11). Ergänzend zur SIA 382/1:2007 werden Vor- und Nachteile diskutiert und Einsatzgrenzen dargestellt (S. 14).

Die Werte für die Aussenluftstraten sind denen der SIA 382/1:2014 ähnlich, siehe Tabelle 2.

Im Abschnitt 6 werden Dimensionierungshinweise gegeben, die auf Fensterlüfter zu übertragen sind.

- Die Luftführung muss bei geschlossenen Zimmertüren funktionieren und sie darf nur über maximal zwei Überströmbereiche geführt werden.

Auch ein Konzept mit Fensterlüftern ist - wie die Fensterlüftung (6.2) - bei tiefen Räumen nur sehr begrenzt wirksam. Es werden minimale Werte für das Verhältnis von Raumtiefe zu Raumhöhe definiert (6.2.5). Beim Einsatz einfacher Abluftanlagen sollte das Gebäude eine hohe Luftdichtheit aufweisen. Dies liegt daran, dass selbst bei einer hohen Luftdichtheit der Gebäudehülle ($n_{50} \leq 1.0 \text{ h}^{-1}$) über die Ansaugung der Aussenluft bis zu einem Viertel der nachströmenden Luft über Undichtigkeiten der Gebäudehülle und nicht über die ALD in den Raum gelangt (S. 34). Hinweise zur Dimensionierung von ALD finden sich im Abschnitt 6.3.2. Diese Werte sind vermutlich zu übertragen.

Das Merkblatt trifft Aussagen zur Energieeffizienz von Lüftungsanlagen und zum Schallschutz.

SIA 181: Schallschutz im Hochbau

"Bei der bauakustischen Dimensionierung von Aussenbauteilen sind neben Wand- und Fensterbauteilen auch mögliche Schwachstellen für die Schalldämmung wie [...] Zu- und Abluftöffnungen [...] zu berücksichtigen", S. 22. Weitere Hinweise finden sich hier im Abschnitt 3.4.3, ein Rechenbeispiel im Anhang 6.2.2.

3.2.2 Deutschland

DIN 1946-6:2009-05: Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung

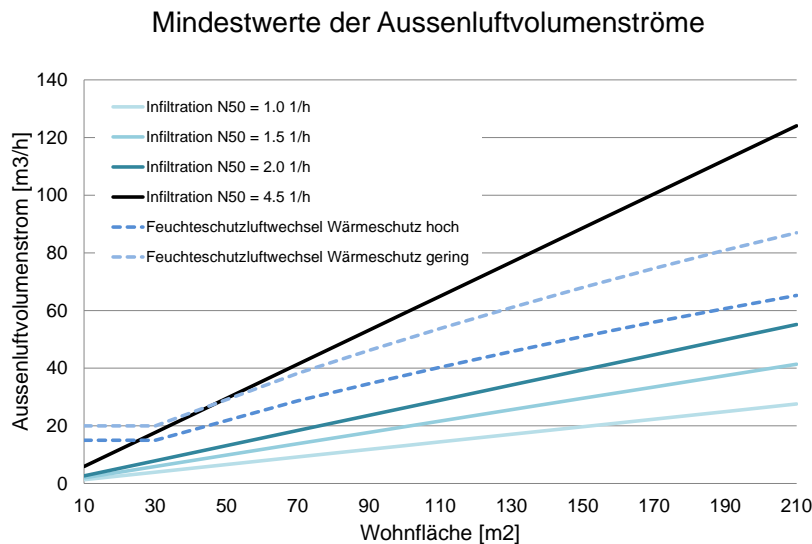
Die Norm differenziert zwischen vier Lüftungsanforderungen, welche sich in der Luftmenge unterscheiden.

- Feuchteschutzlüftung: Sie dient zur Reduktion der relativen Luftfeuchtigkeit und reduziert damit die Gefahr von Schimmelpilz. Je dichter das Gebäude ist, desto höher muss der gezielte Feuchteschutzluftwechsel sein. Der Feuchteschutzluftwechsel stellt die geringste Lüftungsanforderung dar und muss unabhängig vom Nutzer möglich sein.

- Nennlüftung: notwendige Lüftung, die zur Sicherstellung der hygienischen Mindestanforderungen und des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen dient. Die Nennlüftung kann auch durch Eingreifen des Nutzers gewährleistet werden.
- Reduzierte Lüftung: wie Nennlüftung, jedoch mit reduziertem Luftwechsel betrieben, da die abzuführende Schadstoffbelastung geringer ist (z. B. zeitweilige Abwesenheit der Nutzer). Die reduzierte Lüftung ist zum Teil nutzerunabhängig.
- Intensivlüftung: kurzfristig erhöhter Luftwechsel zum Abführen einer erhöhten Schadstoffbelastung

Mindestwerte des Feuchteschutzluftwechsels und der Infiltration in Abhängigkeit von der Wohnfläche für eine eingeschossige Wohnung zeigt Figur 3. In der Norm sind auch Angaben zu mehrgeschossigen, verbundenen Einheiten enthalten.

Figur 3: Mindestwerte für den Feuchteschutzluftwechsel und die Infiltration in Abhängigkeit von der Wohnfläche gem. DIN 1946-6.
Die Figur gilt für die folgenden Rahmenbedingungen: Eingeschossige Wohnung MFH, windschwache Gegend, Luftdichtheit $N_{50} = 1.5 \text{ h}^{-1}$



Die Norm verlangt von Neubauten und Modernisierungen ein Lüftungskonzept. Es ist nachzuweisen, ob der Feuchteschutzluftwechsel durch Infiltration gewährleistet werden kann. Ist dies nicht der Fall, sind zusätzliche Lüftungstechnische Massnahmen (= geplante Einrichtung zur freien oder ventilatorgestützten Lüftung) erforderlich.

Zur Veranschaulichung der Norm zeigt Tabelle 3 die erforderlichen Luftwechsel für eine Beispielwohnung. Hier reicht der Infiltrationsluftwechsel nicht aus um den Feuchteschutz zu gewährleisten. Mindestens die Differenz (im Beispiel $24 \text{ m}^3/\text{h}$) muss durch andere Lüftungsmassnahmen ausgeglichen werden.

Die Norm geht explizit auf "energetische Sanierungen" ein. Ein Lüftungskonzept muss gem. Abschnitt 4.1. dann erstellt werden, wenn

- bei einem MFH (bezogen auf das gesamte Gebäude) mehr als 1/3 der Fenster ausgetauscht werden.²
- bei einem EFH 1/3 der Fenster ausgetauscht und/oder mehr als 1/3 der Dachfläche gedämmt wird.

Bei energetischen Sanierungen muss also in der Regel eine Lüftungstechnische Massnahme zur Sicherstellung des Feuchteschutzluftwechsels ergriffen werden. Dies können auch Fensterlüfter

² Anmerkung: Wenn bei einer Wohnung alle Fenster ausgetauscht werden kann es sein, dass gem. Norm kein Lüftungskonzept erforderlich ist, in der betroffenen Wohnung allerdings Feuchteprobleme auftreten [8].

sein. In diesem Fall muss durch eine Blower-Door-Messung der n_{50} -Wert des Gebäudes ermittelt werden. Im verwendeten Beispiel müsste er mit Fensterlüftern bei $n_{50} = 2.5 \text{ h}^{-1}$ liegen, damit der Feuchtschutzluftwechsel gewährleistet ist.

Es werden Aussagen (7.2.2 mit freier Lüftung und 8.2.2 mit Abluftanlagen) zur Auslegung von Aussenluftdurchlasselementen gemacht, die auf Fensterlüfter zu übertragen sind. Grundsätzlich "dürfen nur manuell einstellbare und verschliessbare oder über eine geeignete Führungsgrösse selbsttätig regelnde Aussenluftdurchlässe verwendet werden", S. 53. Geeignete Führungsgrössen können der Differenzdruck zwischen innen und aussen oder die relative Raumlufftfeuchte sein.

Die Norm macht Aussagen zur Energieeffizienz von Lüftungsanlagen und zum Schallschutz.

Tabelle 3: Beispielhafte Dimensionierung der erforderlichen Luftwechsel gem. DIN 1946-6:2009-05 für eine Wohnung (alle Angaben zur Dimensionierung der Lüftung stammen aus DIN 1946-6:2009-05) Die Beispielwohnung hat eine A_{NGF} von 100 m^2 und eine Raumhöhe von 2.5 m . In der Berechnung wird von einer sanierten Wohnung in einer windschwachen (gemittelte Windgeschwindigkeit $\leq 3.3 \text{ m/s}$) Lage ausgegangen.

	Einheit	Luftwechsel	Eingehende Grössen	Bemerkungen
Infiltrationsluftwechsel Beispielwohnung	m^3/h	20	Gebäudedichtheit	
	$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$	0.20	Winddruck (windschwach / windstark) Netto Volumen Wohneinheit	
Feuchtschutzluftwechsel Beispielwohnung	m^3/h	37.5	Dämmstandard des Gebäudes (unsaniert/saniert)	
	$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$	0.38	Grundfläche Wohneinheit	
Nennluftwechsel Beispielwohnung	m^3/h	125	Dämmstandard des Gebäudes (unsaniert/saniert)	Es kann auch ein raumbezogener Luftwechsel ermittelt werden. Der höhere ist massgeblich. Ventilatorgestützte Lüftungen sind für den Fall "Nennlüftung" ohne Nutzerunterstützung auszulegen.
	$\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$	1.25	Feuchtschutzluftwechsel	
Reduzierter Luftwechsel Beispielwohnung	m^3/h $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$	87.5 0.88	Nennluftwechsel*0.7	
Intensivluftwechsel Beispielwohnung	m^3/h $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$	162.5 1.63	Nennluftwechsel*1.3	

ift-Richtlinie LU-01/1: Fensterlüfter, Teil 1: Leistungseigenschaften

Diese Richtlinie legt Verfahren zur Bestimmung der Leistungseigenschaften von Fensterlüftern fest. Sie richtet sich einerseits an Hersteller, die an einer einheitlichen Prüfung und Dokumentation von Fensterlüftern interessiert sind. Dem Fachplaner ermöglicht sie einen gesamtheitlichen Vergleich der Produkte. Die Richtlinie hat keinen normativen Charakter.

ift-Richtlinie LU-02/1: Fensterlüfter, Teil 2: Empfehlungen für die Umsetzung von lüftungstechnischen Massnahmen im Wohnungsbau

In diesem Teil der Richtlinie werden basierend auf dem Klassifizierungssystem von Teil 1 Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter gegeben. Die Richtlinie basiert auf der DIN 1946-6:2009-05, hat aber keinen normativen Charakter. Es wird ein Ablaufschema für die Auslegung von lüftungstechnischen Massnahmen mit Fensterlüftern aufgezeigt und angegeben, wann (basierend auf DIN 1946-6:2009-05) eine lüftungstechnische Massnahme ergriffen werden soll.

Tabelle 4 zeigt eine Einschätzung, ab wann eine lüftungstechnische Massnahme bei Modernisierungen notwendig ist. Dies ist vorwiegend bei Wohnungen in MFH der Fall.

Tabelle 4: Ab wann ist eine Lüftungstechnische Massnahme (LtM) bei Modernisierungen notwendig? [7], S. 4.
Windschwach = gemittelte Windgeschwindigkeit \leq 3.3 m/s
Windstark = gemittelte Windgeschwindigkeit $>$ 3.3 m/s

Nutzungseinheit	Wärmeschutzniveau	Windgebiet	Umsetzung LtM nach DIN 1946-6
Eingeschossig ($n_{50} = 1.5 \text{ h}^{-1}$) z. B. Wohnung MFH	gering	windschwach	ja
		windstark	ja
	hoch	windschwach	ja
		windstark	bis 140 m ²
Mehrgeschossig verbunden ($n_{50} = 2.0 \text{ h}^{-1}$) z. B. EFH	gering	windschwach	³ bis 80 m ²
		windstark	nein
	hoch	windschwach	nein
		windstark	nein

Mit welcher Art der Lüftung die erforderliche Lüftungsstufe zu erreichen ist, zeigt Tabelle 5. Es wird deutlich, dass alleine mit Fensterlüftern (ohne Ventilator) nur die Feuchteschutzlüftung realisierbar ist.

Tabelle 5: Zusammenhang zwischen der Lüftungsstufe und der Mindestauslegung [7], S. 5. Bei Wohnungen mit nur einer Fassadenausrichtung ist eine gesonderte Betrachtung notwendig.
* = Theoretisch möglich. Allerdings sind auf Stufe der Nennlüftung hohe Luftwechsel erforderlich, sodass Komfortprobleme entstehen können [9], S. 31.

Lüftungssystem	Art	Lüftungsstufe
Freie Lüftung	Querlüftung	Feuchteschutz
	Querlüftung	Reduzierte Lüftung
	Schachtlüftung	Reduzierte Lüftung
Ventilatorgestützte Lüftung	Abluftsystem	Nennlüftung*
	Zuluftsystem	Nennlüftung*
	Zu- / Abluftsystem	Nennlüftung*

Die Richtlinie gibt Hinweise zur vereinfachten Auslegung der Fensterlüfter bei Querlüftung als Feuchteschutzlüftung. Diese Vereinfachungen basieren auf der Berechnung einer Vielzahl unterschiedlicher Nutzungseinheiten [9]. Auch auf die Dimensionierung der Nennlüftung wird eingegangen. Dabei wird unterschieden, ob die Fensterlüfter im System als "Freie Lüftung" oder als "Ventilatorgestützte Lüftung" eingesetzt werden sollen. Bei Wohnungen mit nur einer Fassadenausrichtung ist eine vereinfachte Betrachtung nicht möglich.

Zusätzlich gibt es Hinweise für die Auslegung von Überströmelementen, Wohnungen mit fensterlosen Räumen und die Auslegung von Fensterlüftern mit einer Führungsgrösse (Feuchte oder CO₂, Druckdifferenz wird als eigene Führungsgrösse nicht erwähnt). Die Richtlinie geht auch auf die Schalldämmung gegen Aussenlärm ein (siehe Abschnitt 3.3.3).

3.3 Themenbezogene Literaturstudie

3.3.1 Feuchteschäden im Zusammenhang mit erhöhter Luftdichtheit

Abschätzungen für den Wohnungsbau in Deutschland zeigen, dass in ca. 10% der Haushalte ein problematischer Schimmelpilzbefall auftritt, der u. a. auf unzureichende Lüftungsverhältnisse zurückzuführen ist [10]: Häufig betroffen sind Altbauten mit erneuerten Fenstern ohne Dämmung der Aussenwand. Dabei tritt der Schimmelpilzbefall deutlich häufiger in Etagenwohnungen als in

³ Vermutlich gehen die Autoren von der Überlegung aus, dass in kleineren EFH mehr Personen, d. h. mehr Feuchtelasten pro m² anfallen. Dies in Kombination mit einer geringeren Infiltration führt zu einem erhöhten Lüftungsbedarf.

Einfamilienhäusern auf. Innerhalb der Wohnung sind Nachtaufenthaltsräume wie Schlaf- und Kinderzimmer am häufigsten von den Schäden betroffen.

3.3.2 Planungshinweise für den Einsatz von Fensterlüftern

Es gibt wenige Literaturquelle, die sich explizit mit Planungshinweisen für Fensterlüfter befassen. Da in einigen Quellen Aussenluftdurchlässe (ALD) behandelt werden, fassen wir nachfolgend allgemeine Hinweise zusammen, die auf Fensterlüfter übertragen werden können.

- "Die Fensterlüfter sind gleichmässig auf die Aussenwände der Nutzungseinheit aufzuteilen", [7], S. 6.
- "Pro Raum ist mindestens ein Fensterlüfter einzusetzen", [7] S. 6.
- Die eingesetzten Fensterlüfter sollten über eine Volumenstrombegrenzung verfügen [9]. Dies erhöht auch die Akzeptanz bei den Bewohnern: beim Einsatz von regulierbaren ALD in 280 Wohnungen akzeptierten 76% der Nutzer die ALD [11].
- Bei Schachtlüftungen oder ventilatorgestützten Abluftsystemen sind die Fensterlüfter als Zuluftelemente einzusetzen [7]⁴.
- Eine dichte Gebäudehülle erhöht den Anteil der ALD am Gesamt-Aussenluftvolumenstrom und verbessert damit die Regelbarkeit der eingebauten ALD [12]. Sie ist damit Voraussetzung für einen Einbau [5].

Thermischer Komfort und Platzierung von Fensterlüftern

In der Nähe von Fensterlüftern können Komfortprobleme auftreten [9]. DIN 1946-6 sieht im Zusammenhang mit ALD im Aufenthaltsbereich ein Zugluftrisiko von 20% (entspricht 20% Unzufriedenen) als vertretbar an [2], S. 23. SIA 180 sieht bei (beheizten) Gebäuden bei freier Lüftung 20% vor, bei mechanischer Lüftung 15%. Dies deckt sich mit SIA 382/1[4].⁵

Im Rahmen des Projektes ENABL [13] und einer Dissertation [11] wurden ALD hinsichtlich ihrer Auswirkung auf den thermischen Komfort untersucht. Die Erkenntnisse sind auf Fensterlüfter übertragbar und lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Vorteilhafte Positionen für ALD

- Luftstrahl wird als "Wandstrahl" zunächst wandparallel gelenkt [11], [13]
- Mehrere kleine ALD sind vorteilhafter als wenige grosse [11]
- Heizkörper unterhalb des ALD (= bessere Durchmischung der Luft), dies aber nur bei wandparalleler Lenkung des Luftstrahls, [11], [13]
- Befindet sich das ALD hinter Gardinen, so wird die kühle Luft zunächst an den Boden umgelenkt [13]
- ALD möglichst weit weg von Aufenthaltszonen [13]

Nachteilige Positionen für ALD

- Luftstrahl des ALD wird als "Freistrah" horizontal in den Raum gelenkt. Mit einem Heizkörper unter dem ALD wird die entstehende Kaltluftwalze sogar noch verstärkt [11], [13]
- Hindernisse oberhalb des ALD, z. B: Rolladenkasten, Vorhangbrett, Fenstersturz, können eine Umlenkung des (kühlen) Luftstrahls direkt in den Raum bewirken [13]

Wenn sich kein Heizkörper in der Nähe des ALD befindet, so ist der Luftvolumenstrom auf 20 m³/h zu begrenzen. Mit einem Heizkörper ist eine Luftzufuhr von bis zu 40 m³/h (bei einer konvektiven Heizleistung von 400 W) möglich [11].

⁴ Dann müssen allerdings die Empfehlungen für den Druckverlust gem. SIA 2023, Abschnitt 6.3.1 eingehalten werden.

⁵ Ziel der Planung sollte dennoch eine deutliche Unterschreitung dieser Werte sein.

Sind die ALD regelbar und richtig platziert, so können Zegerscheinungen vermieden werden. Dies zeigt eine Untersuchung von 288 Wohnungen, in denen bei regelbaren ALD "nie" oder "selten" Zegerscheinungen auftraten [11].

Brandschutz [9]:

Bei Fensterlüftern als Bestandteil des Fensters gelten die Anforderungen, welche an das Bauteil "Fenster" gestellt werden. Achtung: bei Hochhäusern können verschärfte Regeln gelten.

Luftdichtheit

DIN 1946-6 gibt für verschliessbare Aussenluftdurchlasselemente eine Luftdurchlässigkeit in geschlossenem Zustand von höchstens 5 m³/h bei einem Differenzdruck von 10 Pa vor. Da dieser Wert von den Autoren als zu wenig streng betrachtet wird, spricht sich [9] für einen verschärften Wert von 0.5 m³/(h·daPa^{2/3}) bei > 3 Vollgeschossen und von 1.5 m³/(h·daPa^{2/3}) bei < 2 Vollgeschossen aus.

Maximaler Unterdruck

Zu diesem Thema gibt es im Schweizer Normenwerk keine Aussage.

Was das Problem der Ersatzluft von Kochstellenentlüftungen angeht, so ist dies mit Fensterlüftern nicht automatisch zu lösen. Es sind ggf. weitere Massnahmen gem. SIA 2023:2008 zu treffen.

3.3.3 Luftschalldämmung

Gemäss [1] wird bei der Bewertung der Luftschalldämmung zwischen Lüftern in Kombination mit einem Fenster (z. B. Falzlüfter) und Aufsatzelementen unterschieden (siehe Tabelle 6).

Grundsätzlich schwächen Fensterlüfter die Schalldämmung der Aussenwand. Die Anforderungen der SIA 181 [6] müssen eingehalten werden. Ein Berechnungsbeispiel findet sich im Anhang (Kap. 7.1.1). Der Einsatz von Fensterlüftern an lärmbelasteten Standorten ist kritisch zu hinterfragen, bzw. frühzeitig mit den entsprechend geeigneten Produkten zu planen.

Achtung: es gibt in einigen Kantonen Subventionen für Schallschutzfenster an lärmbelasteten Strassen. Werden Fensterlüfter eingesetzt, so muss (z. B. im Kanton ZH) messtechnisch oder über ein Prüfzeugnis nachgewiesen werden, dass die Anforderungen an die Schalldämmung des Fensters auch mit Fensterlüfter eingehalten werden.

Tabelle 6: Bewertung Luftschalldämmung

	Lüfter in Kombination mit einem Fenster	Aufsatzelemente
Bezugsfläche Bewertung	innerhalb eines funktionsfähigen Fensters mit den Massen 1.23 m x 1.48 m	als separates Element
Bewertetes Schalldämmmass	$R_w(C, C_{tr})$ in dB	$R_w(C, C_{tr})$ in dB
Bezug Bewertetes Schalldämmmass	Fenstermasse	Stirnfläche Lüfter
Bewertete Norm-Schallpegeldifferenz kleiner Bauteile	-	$D_{n,e,w}(C, C_{tr})$
Kommentare	-	Wird ein (veraltetes) auf die Fensterfläche bezogenes Schalldämm-Mass $R_{w1,9}$ angegeben, so kann mit $R_{w1,9} = D_{n,e,w} - 7$ dB auf fensterunabhängige Werte umgerechnet werden.

Begriffe

$D_{n,e,w}$ als die bewertete absorptionsflächenbezogene Normschallpegeldifferenz eines Bauteils dient zur Charakterisierung kleiner Elemente wie Lüftungseinrichtungen. Bei gleicher Fläche des Prüfgegenstands ist die Luftschalldämmung eines kleinen Bauteils umso besser, je grösser der Zahlenwert der bewerteten Normschallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ ist. $D_{n,e,w}$ berücksichtigt die Fläche des Prüfgegenstandes nicht.

R_w als bewertetes Schalldämm-Mass in dB ohne Schallübertragung über flankierende Bauteile, dient zur Charakterisierung von Verglasungen, Backsteinwänden, Wandgittern usw. Je höher der Wert ist, desto besser ist die Schalldämmeigenschaft des Bauteils.

C = Spektralkorrekturwert für Rosa-Rauschen, wird zu R_w oder $D_{n,e,w}$ hinzugerechnet, wenn die Lärmquelle Wohnlärm, Eisenbahnlärm, Lärm von Kinderspielplätzen usw. ist.

C_{tr} = Spektralkorrekturwert für Verkehrslärm, wird zu R_w oder $D_{n,e,w}$ hinzugerechnet, wenn die Lärmquelle beispielsweise Stadtverkehr ist. SIA 181 verlangt stets den Nachweis mit Verkehrslärm.

Die Zahlenwerte von C und C_{tr} liegen meistens zwischen 0 und -10 dB. Das Frequenzverhalten des Bauteils ist umso günstiger, je weniger negativ der Wert von C bzw. C_{tr} ist (d.h. -1 ist besser als -3).

3.3.4 Stärken und Schwächen von Fensterlüftern

Stärken:

- Geringere Investition im Vergleich mit anderen ventilatorgestützten Lüftungslösungen. [5]
- Bei dichter Gebäudehülle ist die Lüftererneuerung bei den meisten Wetterverhältnissen definiert [5].

Schwächen:

- Kondensat in Kammern kann zu Vereisungsproblemen führen. [14]
Kommentar: Fällt das Kondensat nur im Fensterlüfter an und trocknet wieder aus, so ist Kondensat eher unproblematisch.

- Bei stark windgeschützt⁶ gelegenen Gebäuden ist die Funktionsfähigkeit eingeschränkt [14]. Für diese Gebäude muss eine sorgfältige Detailplanung (ev. Anpassung der Anzahl Fensterlüfter) erfolgen.
- Probleme mit dem thermischen Komfort im Winter infolge von Zegerscheinungen. Im Sommer kann an besonnten Fassaden stark erwärmte Aussenluft in den Raum gelangen [5]. Zur Vermeidung von Zegerscheinungen ist eine sorgfältige Positionierung erforderlich.
- Das Schalldämm-Mass der Fassade kann durch ALD verschlechtert werden [5]. Damit können die Anforderungen der SIA 181 eventuell nicht eingehalten werden.
- Eine Wärmerückgewinnung ist nicht möglich [5]

3.3.5 Energiebedarf

Der Mehrbedarf an Energie durch den Einsatz von Fensterlüftern im Vergleich zum sanierten Zustand ohne Lüftungstechnische Massnahmen wurde in keiner der vorgestellten Literaturquellen untersucht.

Eine Untersuchung für Deutschland [9] legt als Basisfall eine im Sinne der DIN 1946-6 korrekte Planung der Lüftungstechnischen Massnahmen zugrunde. Es wurden EFH und MFH untersucht. Es zeigt sich, dass der Energiebedarf der Lösungen Fensterlüftung und Abluftanlage+ALD ähnlich ist. Wesentliche Einsparungen (zwischen 28 und 31%) können erst mit einer Wärmerückgewinnung (WRG) über eine Lüftungsanlage (ohne Fensterlüfter) erreicht werden. Eine Lösung mit Einzelraumlüftungsgeräten bringt Einsparungen im Vergleich zur Fensterlüftung von 14%. Weitere Einsparungen lassen sich in allen Fällen mit einer bedarfsgeführten Regelung erzielen.

Kommentar: eine WRG über eine Wärmepumpe und das Brauchwarmwasser wurde nicht betrachtet. Diese wäre auch mit Fensterlüftern möglich.

Tabelle 7: Endenergiebedarf unterschiedlicher Lüftungsmassnahmen (Auslegung gem. Energieeinsparverordnung EnEV 2009)
ALD = Aussenluftdurchlasselement, FL = Fensterlüfter

Lüftungstechnische Massnahme EFH	Energiebedarf EFH	Lüftungstechnische Massnahme Wohnung MFH	Energiebedarf Wohnung MFH
[-]	[kWh/(m ² a)]	[-]	[kWh/(m ² a)]
Fensterlüftung	58	Feuchteschutzlüftung über FL, sonst Fensterlüftung	55
Abluftanlage und ALD	56	Abluftanlage und ALD	54
Zu- und Abluftanlage mit WRG 80%	40	Zu- und Abluftanlage mit WRG 80%	40
Einzelraumlüftungsgerät mit WRG 50% ⁷	50	Einzelraumlüftungsgerät mit WRG 50%	47

⁶ Der Begriff "windgeschützt" ist in der Normung nicht definiert. Angaben in der Literatur sind eher beschreibend. Stark geschützt bedeutet damit, z. B. eine Hinterhofsituation auf der Rückseite des Hauses und vor dem Gebäude eine sehr enge Strasse. Wenn die Wohnung dann noch in den unteren Etagen des Gebäudes liegt, würde dies als "stark windgeschützt" gelten. In den oberen Geschossen kann es wieder anders sein. Die örtlichen Windverhältnisse hängen sehr vom Mikroklima des Ortes ab.

⁷ Dieser Wert ist (noch immer) Stand der Technik. Es gibt am Markt einige Produkte mit einer höheren WRG.

4 Marktstudie

4.1 Thematische Übersicht

Viele Firmen bieten Fensterlüfter an. Die dargestellte Marktübersicht umfasst daher nicht alle erhältlichen Produkte. Sie beinhaltet 20 Hersteller und insgesamt 50 Produkte. Die Firmen stammen hauptsächlich aus Deutschland, vereinzelt aus Frankreich, Belgien, Lichtenstein und Österreich.

Die nachfolgende Übersicht und Tabelle im Anhang (Kap. 8) geben Daten wieder, welche im Internet abrufbar waren. Bei Datenlücken ist somit offen, ob die Daten auf Nachfrage hin existieren, oder nicht erfasst wurden.

4.1.1 Kategorie

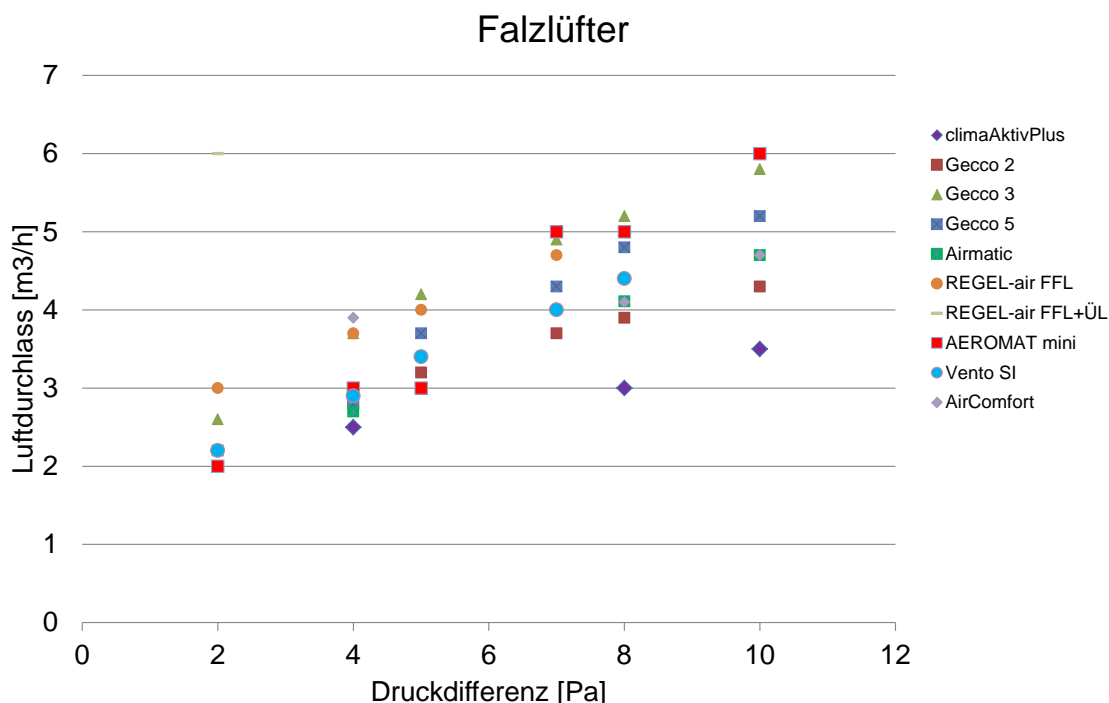
Die meisten in dieser Übersicht gezeigten Produkte (54%) gehören in den Bereich der Aufsatzelemente. Falzlüfter sind 33%, bzw. 16 Produkte.

4.1.2 Leistungsdaten Luftwechsel

Falzlüfter

Figur 4 zeigt den Luftdurchlass für Falzlüfter in Abhängigkeit von der Druckdifferenz. In der Übersichtstabelle (Kap. 8) sind 16 Falzlüfter aufgeführt, von 10 Stück sind vergleichbare Leistungsdaten verfügbar. Beim Vergleich der Daten fällt auf, dass der Luftdurchlass für Druckdifferenzen zwischen 2 und 10 Pa zwischen 2 und 6 m³/h liegt. D. h., die Luftmengen sind eher klein. Wenn ein hoher Luftwechsel gewünscht ist, dann müssen pro Raum mehrere Elemente installiert werden.

Figur 4: Leistungsdaten Falzlüfter



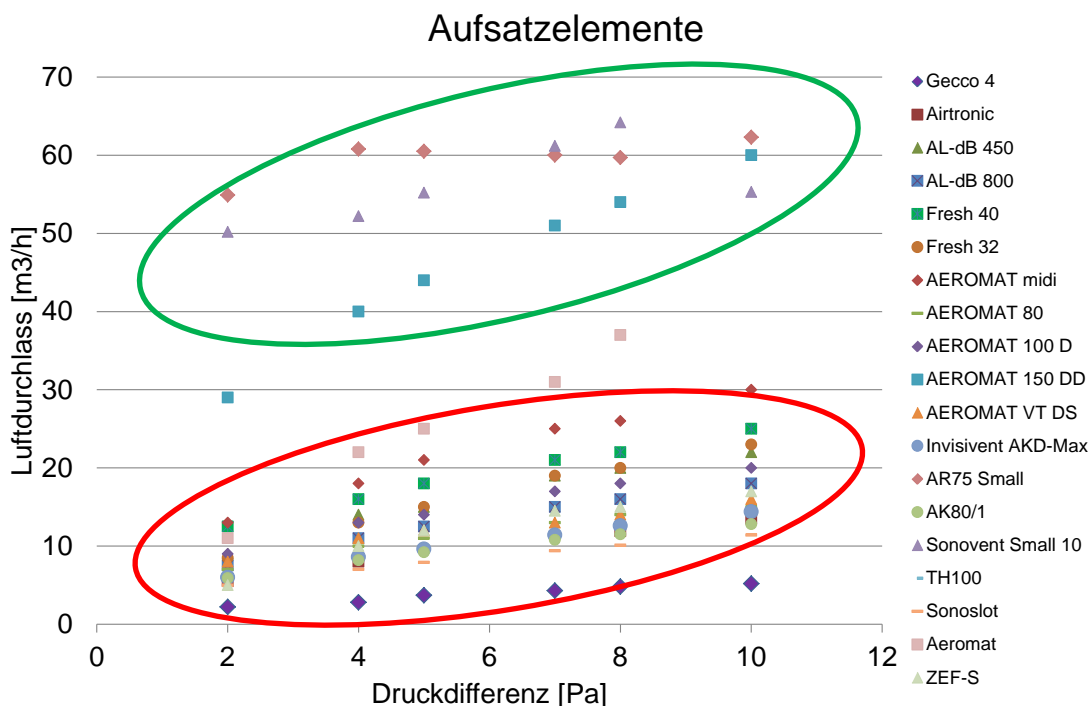
Aufsatzelemente

Bei den Aufsatzelementen sind in der Übersicht 26 Typen aufgeführt. Miteinander vergleichbare Daten sind von 20 Aufsatzlüftern vorhanden. Hier sind die Leistungsdaten weiter gestreut als bei den Falzlüftern. Insgesamt erstreckt sich die Spannweite des Luftdurchlasses für Druckdifferenzen von 2 - 10 Pa zwischen ca. 4 m³/h bis 64 m³/h. Ein Lüfter der Firma Renson, TH 100 fällt mit sehr hohen Luftmengen zwischen 102 - 228 m³/h auf, er ist auf der Grafik nicht

aufgeführt. Am unteren Ende der Skala befindet sich der Lüfter "Gecco 4", der Firma Gealan. Sein Luftdurchlass liegt für die betrachteten Druckdifferenzen zwischen ca. 2 und 5 m³/h. Insgesamt ist der Luftdurchlass von Aufsatzelementen grösser als bei den Falzlüftern.

Grob lassen sich zwei Gruppen unterscheiden. Die erste Gruppe (rote Ellipse) hat ein Spektrum zwischen 5 und 25 m³/h (ZEF-S und Fresh 40), die zweite Gruppe (grüne Ellipse) hat Leistungsdaten zwischen 29 und 65 m³/h (Aeromat 150 DD und Sonovent Small 10).

Figur 5: Leistungsdaten Aufsatzelemente. Achtung: die y-Achse ist anders skaliert als bei den Falzlüftern!



Spalllüfter und Beschlagsregelte Lüfter

Hier gibt es jeweils nur 3 bzw. 4 Produkte mit spärlichen Leistungsdaten

4.1.3 Schallschutz

Grundsätzlich gibt es viele der beschriebenen Fensterlüfter auch mit anderen, bzw. besseren als den aufgeführten, Eigenschaften. Im Zweifelsfall lohnt sich eine Anfrage beim Hersteller.

Falzlüfter

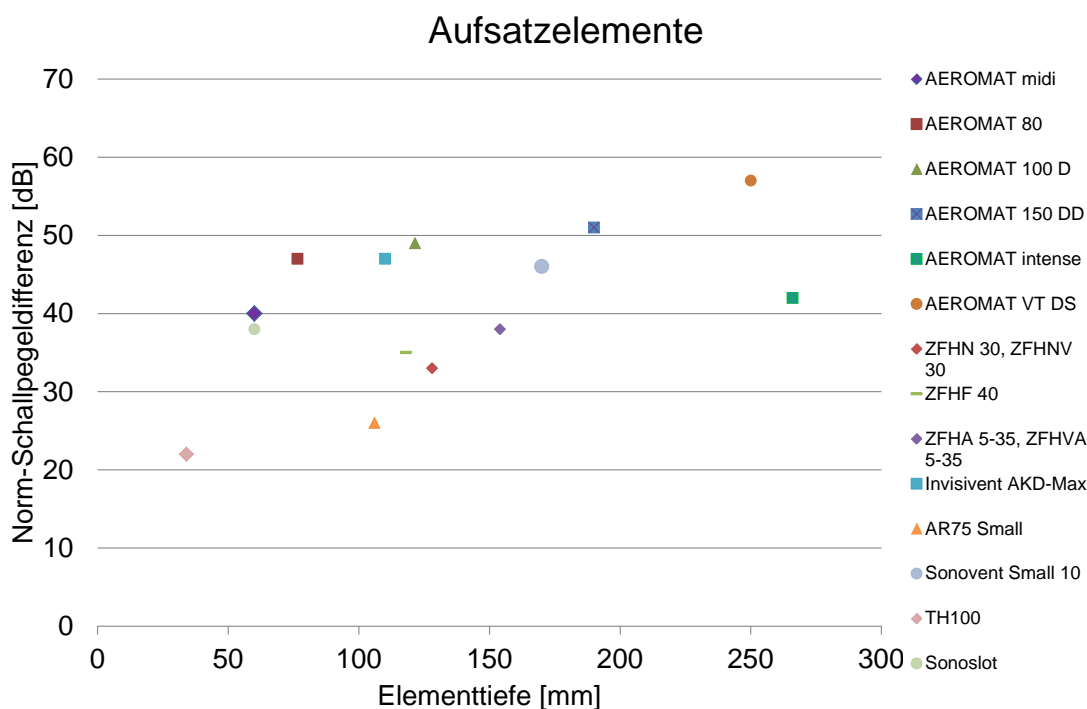
Gem. [1] wird empfohlen, für Falzlüfter das bewertete Schalldämm-Mass R_w ($C;C_{tr}$) anzugeben. C und C_{tr} bieten als Spektrum-Anpassungswerte die Möglichkeit, das Schalldämm-Mass an das vorhandene Innen- und Aussenlärmspektrum anzupassen. Leider geben nicht allzu viele Firmen Informationen zum Schalldämm-Mass. Vier Falzlüfter, für die Daten verfügbar sind, weisen Werte für R_w zwischen 34 und 44 dB auf. Angaben zu den Spektrums-Anpassungswerten $C;C_{tr}$ macht kein Hersteller.

Aufsatzelemente

Hier können gem. [1] sowohl die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz kleiner Bauteile $D_{n,w,e}$ ($C;C_{tr}$) als auch das bewertete Schalldämm-Mass R_w ($C;C_{tr}$) angegeben werden. Die Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e,w}$ ist für 17 Produkte verfügbar und in Figur 6 dargestellt. Sie liegt zwischen 22 dB (Renson: TH100 offen) und 57 dB (Siegenia Aubi Aeromat VT DS). Die Werte für C und C_{tr} liegen (sofern angegeben) bei maximal -1 für C und -4 für C_{tr} .

Das bewertete Schalldämm-Mass R_w für 9 Produkte liegt zwischen 26 dB (Schüco: VarioAir) und 50 dB (Siegenia Aubi Aeromat VT DS). Angaben für C und C_{tr} werden keine gemacht. Es ist nicht unbedingt ein Zusammenhang zwischen Schalldämmung und Abmessungen feststellbar.

Figur 6: Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,w,e}$ für Aufsatzelemente



4.1.4 Schlagregendichtheit

Hierzu sind nur von 5 Herstellern Angaben verfügbar.

4.1.5 Wartung (Filter)

Die meisten Fensterlüfter haben keinen Filter, sondern nur ein grobes Insektengitter (ohne Angabe zur Filterklasse). Es ist daher kein spezieller Wartungsrhythmus für den Filterwechsel vorzusehen. Es gibt einige, wenige Produkte mit Filter (Gealan: Gecco 4, Aerex: AL-dB 450 und AL-dB 800, Fresh 32, Trivent: Aeromat, ZEF-S). Ein Filter bedeutet nicht unbedingt, dass die Abmessung des Fensterlüfters besonders gross ist.

Gemäss SIA 2023:2008, Abschnitt 6.7.3 kann auf einen Filter verzichtet werden, wenn bestimmte Anforderungen an die Aussenluftqualität (keine hohe Belastung) erfüllt und konstruktive Merkmale eingehalten sind. Beispielsweise sollte eine Verschmutzung für den Laien erkennbar und mit einfachen Mitteln behebbar sein.

4.1.6 Funktionsprinzip

Die Regelung der meisten Fensterlüfter funktioniert nach dem Druckdifferenzprinzip. Manche Fensterlüfter lassen sich zusätzlich manuell auf- und zuschieben. Viele der Fensterlüfter schliessen bei hohem Winddruck. Bei Lüftern ohne Sturmsicherung ist zu bedenken, dass ev. ungewollt viel Luft in das Gebäude gelangt. Oftmals wird eine Sturmsicherung als Zusatz angeboten.

Bei beschlagsgeregelten Lüftern gibt es keine Sturmsicherung.

Die Firmen Trocal (Airtronic), Aereco und ALDES (EAO, EHL) bieten Lüfter an, die feuchtegeführt sind. Die Produkte der Firma Aereco und ALDES funktionieren zusätzlich noch nach dem Druckdifferenzprinzip (es kann also sein, dass bei einer hohen Luftfeuchte innen und einer hohen Druckdifferenz nur wenig gelüftet wird).

Wenige Fensterlüfter können auch elektronisch (an / aus) geregelt werden (z. B. Trocal: Airtronic).

4.1.7 Einbaumasse

Für die Falzlüfter sind insgesamt weniger Massangaben verfügbar als für die Aufsatzlüfter. Wenn Masse angegeben sind, haben Falzlüfter geringere Abmessungen als die Aufsatzlüfter. Bei den Falzlüftern liegt die Höhe meist bei 2 cm, die Länge zwischen 12.5 und 30 cm. Da mit geringerer Bauhöhe auch weniger Platz für einen freien Lüftungsquerschnitt bleibt, tritt mit geringerer Höhe der Fensterlüfter auch ein geringerer Luftwechsel auf.

Aufsatzlüfter sind in der Regel was die Länge angeht variabel. Von der Höhe her sind bei den Falzlüftern die schlanksten Produkte ab 3 cm (Renson: Sonoslot) bis 4 cm (Aereco: ZFHN 30 und ZFHNV 30, Siegenia-Aubi: Aeromat midi) zu haben. Von der Bautiefe her ist mit mindestens der Fensterrahmentiefe zu rechnen.

4.1.8 Nachrüstung

Einige Hersteller, wie z. B. Gealan, REGEL-air, Siegenia-Aubi, Aerex, Trivent und Weru bieten Produkte an, die in bestehenden Fensterrahmen nachrüstbar sind. Dies kann dann interessant sein, wenn z. B. nach einem erfolgten Fensteraustausch im Nachhinein Schimmelprobleme auftreten.

Kommen Aufsatzelemente zum Einsatz, so ist es oftmals von Vorteil, wenn es eine bestehende Rahmenverbreiterung gibt, in die der Fensterlüfter integriert werden kann. Ist dies nicht der Fall, so ist mit einer Verringerung der Fenstergrösse (transparente Fläche) zu rechnen.

4.1.9 U-Wert

Nur zwei Hersteller von Aufsatzelementen geben für ihre Produkte U-Werte an. Sie liegen zwischen 0.25 (Aereco: Aeromat VT-DS) und 0.45 W/(m² K), (Renson: Sonovent Small 10, TH100). Vergleicht man diese Werte mit einem Blendrahmen, den der Lüfter ja ersetzt, so sind diese Werte in Ordnung.

4.1.10 Angebotspalette und spezielle Produkte

Einige Hersteller haben eine grössere Angebotspalette, als dies in der Tabelle aufgeführt ist. Dies ist in der Tabelle vermerkt.

Einige Hersteller wie z. B. Aereco und Renson bieten Fensterlüfter an, die in den Rolladenkasten integriert sind.

Zur Realisierung eines Lüftungskonzeptes mit Fensterlüftern sind bei vielen Grundrissen Überströmelemente erforderlich. Diese werden z. B. von den Firmen Innoperform und Trivent angeboten.

Ist bei Dachflächenfenstern ein Fensterlüfter gewünscht, so bietet die Firma Renson in Zusammenarbeit mit Velux ein Produkt an.

Als Besonderheit ist noch das Produkt WINFLIP der Firma WIN Products GmbH zu nennen. Durch Ziehen einer Leine wird das Fenster gekippt (Fenstergriff auf Kippstellung) und gleichzeitig eine Feder innerhalb des Systems gespannt. Die Lüftungsdauer ist über eine Stellschraube einstellbar. Der Vorteil des rein mechanischen Prinzips ist, dass gekippte Fenster nach einer definierbaren Zeit selbstständig geschlossen werden und somit nicht ungewollt über längere Zeit geöffnet bleiben. Eine systemintegrierte Verriegelung verschliesst das Fenster (auch bei Position des Fenstergriffs auf Kippstellung). Eine Nachrüstung bestehender Fenster ist möglich.

4.1.11 Ventilatorgestützte Fensterlüfter

Diese sind nicht der eigentliche Gegenstand der Untersuchung. Auf einige Produkte sei im Sinne einer Übersicht aber hingewiesen.

Einige Firmen (Siegenia Aubi, KBE und Schüco) bieten auch Fensterlüfter mit Ventilatoren an. In der Marktübersicht sind insgesamt 8 Produkte vorgestellt. Diese sind meistens als Aufsatzelemente ausgebildet. Sie können zweistufig betrieben werden und der geförderte

Luftvolumenstrom liegt für die Stufe 1 zwischen 15 m³/h und 70 m³/h. Auf der Stufe 2 können bis zu 120 m³/h gefördert werden.

Die meisten Geräte dienen der Zuluftförderung, einen Ausnahme bildet der "AEROMAT 100 A+E", bei dem zwischen Zu- und Abluftbetrieb wählbar ist. Drei Geräte sind mit einer Wärmerückgewinnung (WRG) ausgestattet (Schüco: Ventotherm, Siegenia Aubi: AEROMAT VT, KBE: Premivent). Die Wärmerückgewinnungsgrade liegen zwischen 45 % (Ventotherm) und 80 % (Premivent).

Die Einbauhöhe der Produkte liegt zwischen 100 und 195 mm.

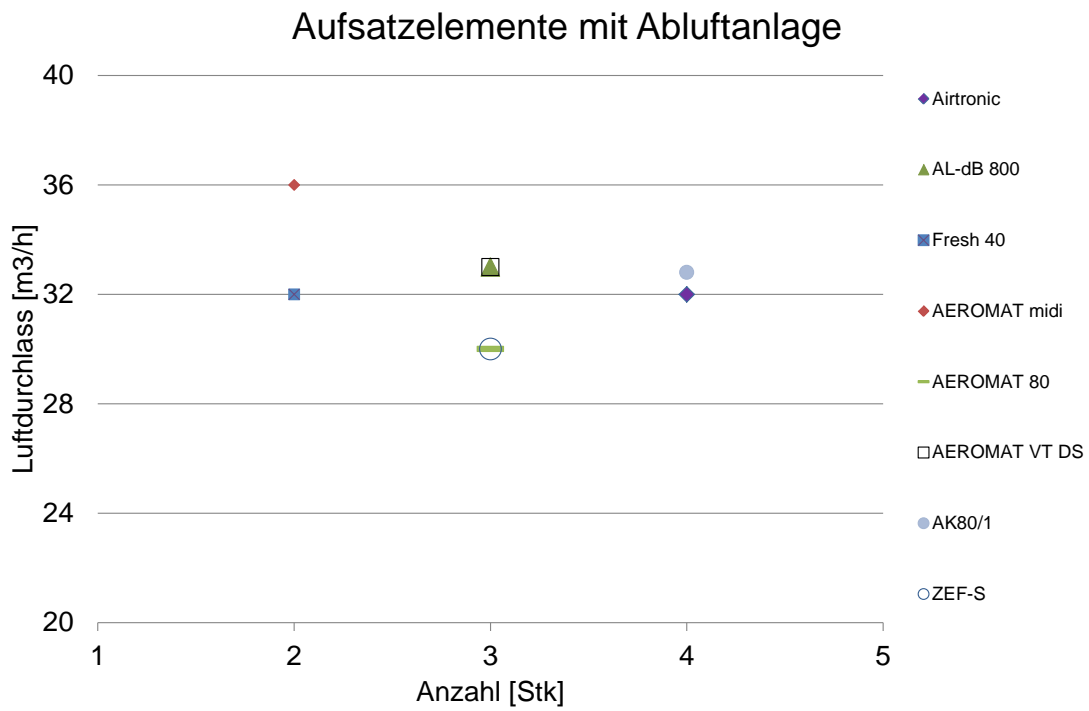
Ein Produkt sei hier noch speziell erwähnt: die Firma Internorm bietet mit i-tec einen Rahmenintegrierten Fensterlüfter mit Ventilator an.

4.1.12 Mögliche Kombination mit Abluftanlagen

Die meisten Fensterlüfter sind auch in Kombination mit Abluftanlagen (mit oder ohne WRG) als "Aussenluftdurchlasselemente" einsetzbar. Manche Hersteller weisen darauf auch explizit hin. Geht man bei der Auslegung der Anlage von einer gewünschten Aussenlufttrate von 30 m³/h pro Raum bei 4 Pa Druckdifferenz aus [5], so sind beispielsweise die in der Figur 7 gezeigten Aufsatzelemente einsetzbar. Die genannten Anforderungen lassen sich einfacher mit Aufsatzelementen erzeugen, da hier die erreichbaren Luftmengen grösser sind. Da die Falzlüfter insgesamt sehr tiefe Luftwechsel aufweisen, müssten von ihnen ca. 8 bis 10 Stück pro Raum eingesetzt werden. Dies setzt mehrere Fenster pro Raum voraus und resultiert in höheren Investitionskosten. Vorteilhaft ist allerdings die Aufteilung des (kalten) Zuluftstroms auf mehrere Orte.

Achtung: Bei höheren Druckdifferenzen, die durch Winddruck und -sog erzeugt werden, können die Luftwechsel entsprechend höher ausfallen.

Figur 7: Leistungsdaten Aufsatzelemente. Ziel ist es, dass im Zusammenhang mit einer Abluftanlage und einer Druckdifferenz von 4 Pa eine Luftmenge von ca. 30 m³/h in den Raum gelangt.



4.2 Tabellenübersicht

Die Tabelle findet sich im Anhang (Kap.8).

5 Thermische Simulationen

5.1 Ausgangslage und Fragestellungen

Ziel der Simulationen ist es, anhand von einer typischen Wohnung in einem Mehrfamilienhaus (MFH) die Wirkung von Fensterlüftern zu untersuchen.

Dabei wird von einem ungedämmten Gebäude ausgegangen, in welches als energetische Erneuerungsmassnahme neue, dichte Fenster eingebaut werden. Die untersuchte Wohnung hat eine NGF von 79 m².

Das Gebäude repräsentiert bezüglich seiner Kategorie MFH (33%, grösster Anteil in ZH), seines Fensteranteils (18%), der Bauweise (schwer) und seines Baujahres (1947-1974, 30%, grösster Anteil ZH) recht gut eine grosse Gruppe des Gebäudeparks Zürich. Damit ist eine Übertragbarkeit der Ergebnisse gewährleistet.

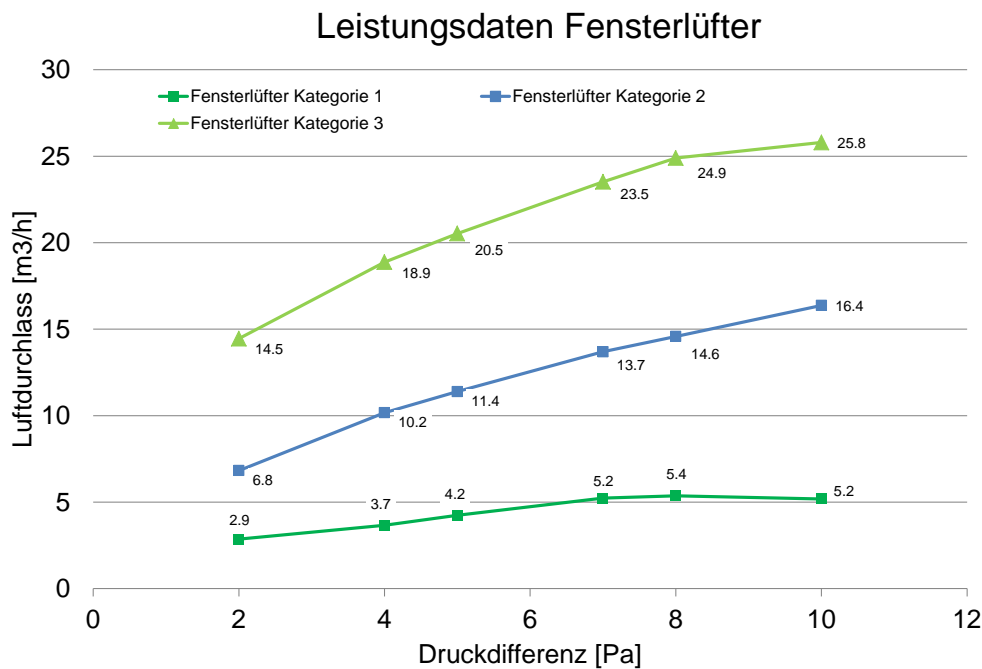
Im Zusammenhang mit den Fensterlüftern interessiert besonders das winterliche Verhalten der Wohnung. Es werden drei Fensterlüftertypen, die jeweils unterschiedlich grosse Luftwechsel ermöglichen, untersucht (Figur 8):

- Fensterlüfter Kategorie 1 (Mittelwert alle Falzlüfter):
2.9 m³/h bei 2 Pa und 5.2 m³/h bei 10 Pa
- Fensterlüfter Kategorie 2 (Mittelwert kleine und mittlere Aufsatzelemente):
6.8 m³/h bei 2 Pa und 16.4 m³/h bei 10 Pa
- Fensterlüfter Kategorie 3 (Mittelwert grosse Aufsatzelemente):
14.5 m³/h bei 2 Pa und 25.8 m³/h bei 10 Pa auf.

Die Fensterlüfter haben eine Sturmsicherung, welche ab einer Druckdifferenz von 30 Pa wirksam wird⁸.

⁸ Druckdifferenzen dieser Grössenordnung treten an Fassaden der untersuchten Wohnung an einigen wenigen Stunden im Jahr auf

Figur 8 Leistungsdaten für die simulierten Fensterlüfter
 Die drei Leistungskurven stellen Mittelwerte aus der Marktstudie, Kap. 4.1.2 dar.
 Basis für die Leistungskurve Fensterlüfter der Kategorie 1 sind 8 Falzlüfter. Für die Leistungskurve Fensterlüfter Kategorie 2 wurde der Mittelwert aus 16 Aufsatzelementen gewählt (ausser dem Produkt Renson TH100, da hier die Leistungsdaten zu gross sind), die Gruppe Fensterlüfter Kategorie 3 stellen den Mittelwert aus 17 Aufsatzelementen (inkl. Renson TH100) dar.



In der Wohnung ist eine Querlüftung möglich. Die Zimmertüren sind tagsüber zwischen 7 und 20 Uhr geöffnet.

Figur 9 bis Figur 11 zeigen das Simulationsmodell, die thermischen Randbedingungen und die Aufteilung der Wohnung. Die internen Wärmelasten sind gemäss SIA 2024:2006 [15] für die Nutzungskategorie "Wohnen" bestimmt.

Als Meteodatensatz kommt das mittlere Jahr "Zürich-SMA" (DRY gem. SIA 2028:2008 [16]) zum Einsatz.

Anhand von der Wohnung mit neuen, dichten Fenstern sollen folgende Fragen geklärt werden:

1. Welche Luftwechsel stellen sich ein?
 Dazu werden Fensterlüfter der genannten Kategorien 1 - 3 verglichen. Es gibt jeweils Abluftventilatoren für Küche und Bad, sowie morgens eine 5-minütige Stosslüftung über die Fenster. Die Sensitivität der gewählten Randbedingungen für die zonale Strömungssimulation wird anhand von der Lage der Wohnung im Gebäude (EG, 3. Etage), der Position der Wohnung zur Windrichtung und der Exponiertheit untersucht.
2. Wie verändert sich der Heizwärmebedarf?
 Dazu werden zum einen die Fensterlüfterkategorien verglichen. Im Weiteren wird der Heizwärmebedarf der Wohnung mit gedämmter und ungedämmter Aussenwand, sowie mit einer Zu- und Abluftanlage mit WRG berechnet.

Die sich ergebenden Fälle zeigt Tabelle 8.

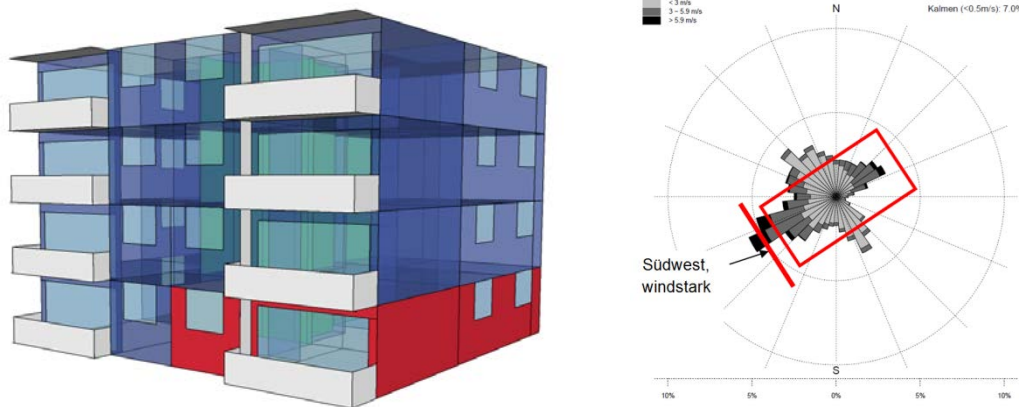
Tabelle 8: Simulierte Fragestellungen.

* = Der Luftwechsel lässt sich aus V1 und V2 ableiten (die Dämmung spielt hierbei keine Rolle)

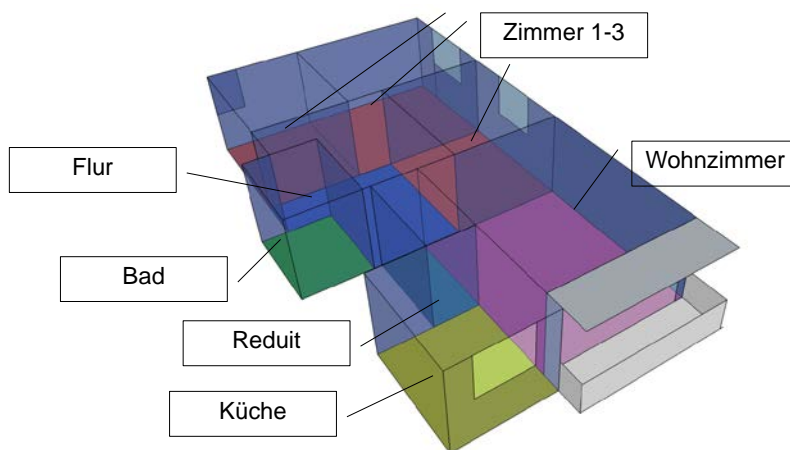
	Hülle ungedämmt, neue Fenster			Hülle gedämmt, neue Fenster	
	1. Windstarke Richtung	2. Windstille Richtung	3. Sensitivität	4. Windstarke Richtung	5. Windstille Richtung
Fensterlüfter Kat. 1 + Abluft	V1.1 Heiz LW	V2.1 Heiz LW		V4.1 *LW aus V1.1 Heiz	V5.1 *LW aus V2.1 Heiz
Fensterlüfter Kat. 2 + Abluft	V1.2 Heiz LW	V2.2 Heiz LW	V3.1 Heiz V3.2 LW	V4.2 *LW aus V1.2 Heiz	V5.2 *LW aus V2.2 Heiz
Fensterlüfter Kat. 3 + Abluft	V1.3 Heiz LW	V2.3 Heiz LW		V4.3 *LW aus V1.3 Heiz	V5.3 *LW aus V2.3 Heiz
Lüftungsanlage mit WRG	V1.4 Heiz			V4.4 Heiz	

Figur 9: links: das betrachtete Gebäude mit der simulierten Wohnung im EG

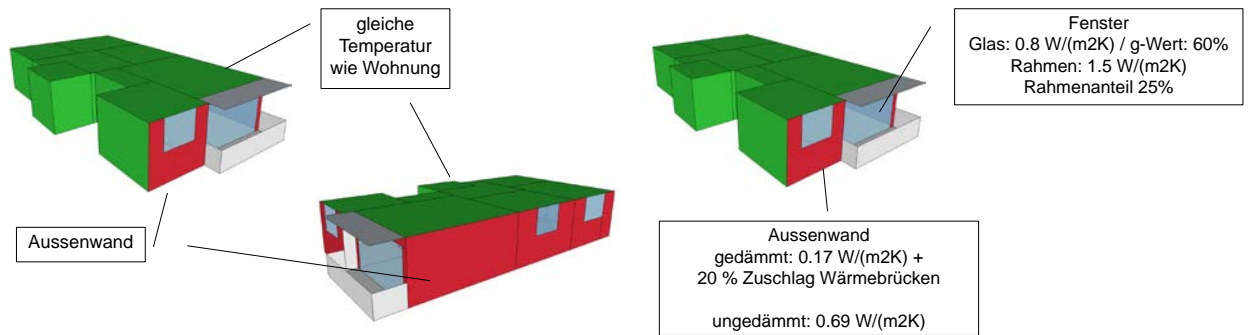
rechts: Hauptwindrichtungen in Zürich-Kloten: Südwest ist die windstarke Richtung (Quelle: MeteoSchweiz)



Figur 10: Die Räume in der simulierten Wohnung

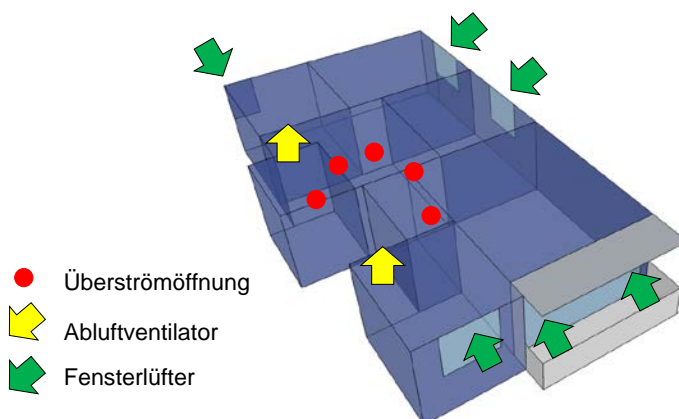


Figur 11: links: die thermischen Randbedingungen der Wohnung
rechts: die U-Werte und g-Werte der Aussenbauteile



Das Lüftungskonzept der Wohnung (Figur 12) setzt sich aus den Fensterlüftern als permanente Zuluftöffnung, einer morgendlichen 5-minütigen Stosslüftung über die Fenster, sowie Abluftventilatoren in Küche und Bad (zeitweise betrieben) zusammen. Tagsüber (7 bis 20 Uhr) sind die Zimmertüren geöffnet, nachts bei geschlossenen Türen stehen 7 mm breite Schlitze als Überströmöffnungen unter den Türen zur Verfügung.

Figur 12: Lüftungskonzept der Wohnung



Weitere Details zu den Randbedingungen der Simulation finden sich im Anhang, Kap. 9.2.

5.2 Auswertung

Zur Auswertung der Luftwechsel werden Vergleichsgrößen benötigt. Bezogen auf die Bewohner ist dies zunächst der hygienisch erforderliche Luftwechsel. Die Aussenluft rate für die Wohnung liegt bei

- 90 m³/h

Für den Feuchteschutzluftwechsel gilt der minimale Aussenluftvolumenstrom Feuchte als Referenz. Er wird gem. SIA 180 ermittelt und ist abhängig von der Feuchteproduktion in der Wohnung. Da die Feuchteproduktion in Küche und Bad über Abluftventilatoren abgeführt wird, ist für die Wohnräume die Feuchteproduktion durch Personen massgeblich.

Bei der Berechnung gehen wir von 3 Personen aus, die sich tagsüber und nachts in der Wohnung aufhalten. Damit ergibt sich ein Tagesmittelwert für die Feuchteproduktion von 161 g/h (10 h Liegen, 14 Stunden Sitzen od. Stehen).

Für den minimalen Aussenluftvolumenstrom Feuchte über die Fensterlüfter sind die Wintermonate relevant (in den Übergangszeiten und im Sommer wird mehr über die Fenster

gelüftet). Der minimale Aussenluftvolumenstrom wird in Abhängigkeit von der Innen- und Aussentemperatur ermittelt. Für seine Betrachtung gilt das jeweilige Tagemittel [3], S. 45. Für die Wohnung ergeben sich erforderliche Aussenluftvolumenströme zwischen

- $0.25-0.53 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$ ($19.9-41.9 \text{ m}^3/\text{h}$), respektive ein Luftwechsel zwischen 0.10 und 0.22 1/h.

Bei der Ermittlung der Luftvolumenströme in der Wohnung aus den Massenströmen gilt als Bezug die Aussentemperatur. Dies stellt eine worst-case Betrachtung dar, da die Innentemperatur als Bezugsgrösse in grösseren Luftvolumenströmen resultiert.

Der Auswertungszeitraum ist die Heizperiode: 15. Oktober bis 15. April, berücksichtigt werden alle Tage mit 24 Stunden Nutzungszeit.

Bezüglich der Feuchte sieht SIA 180:2014 zwar eine ganzjährige Betrachtung vor, allerdings ist in Zeiten ausserhalb der Heizperiode mit einer erhöhten, und zur Schimmelvermeidung auch gewünschten, Fensterlüftung durch die Bewohner zu rechnen.

5.3 Ergebnisse Simulation

5.3.1 Neue Fenster, Hülle ungedämmt, windstarke Richtung

Ergebnisse V1.1 bis V1.4

Der Feuchteschutzluftwechsel kann mit keinem der Fensterlüfertypen erreicht werden. Rechnet man jedoch den Luftwechsel über die Abluftventilatoren hinzu, so erfüllen die Fensterlüfter der Kategorie 3 den Feuchteschutzluftwechsel. Der Hygieneluftwechsel wird nur mittels einer Zu- und Abluftanlage nutzerunabhängig erfüllt (Figur 13).

Der Heizwärmebedarf steigt in Abhängigkeit vom Luftdurchlass der Fensterlüfter. Betrachtet man die Einsparung, welche mit einer Zu- und Abluftanlage mit WRG gemacht werden kann, so liegt diese (je nach gewähltem Fensterlüfertyp) zwischen 12 und 22% (bezogen auf die Wohnung im EG).

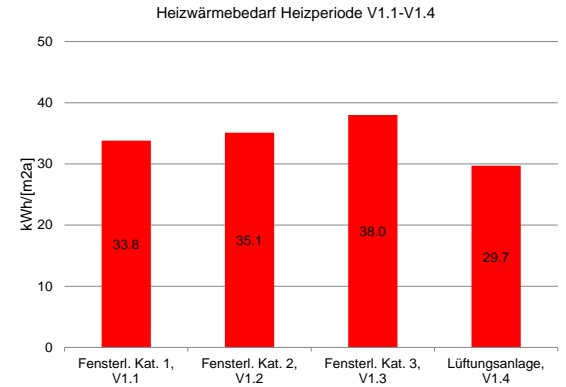
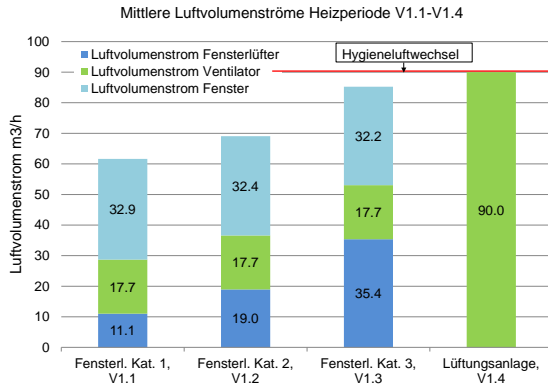
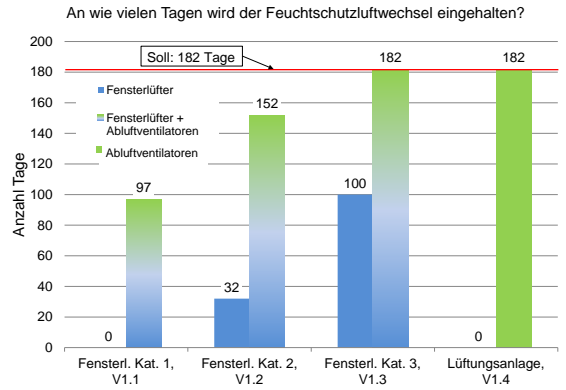
Im nachfolgenden Unterkapitel werden die Simulationsergebnisse für die Fensterlüfter der Kategorie 2 ausführlich erläutert. Die Ergebnisse für die übrigen Varianten finden sich im Anhang (Kap. 9.1.1).

Figur 13: Alle Auswertungen gelten für die Varianten V1.1 - V1.4

Oben rechts: An wie vielen Tagen in der Heizperiode wird der Feuchteschutzluftwechsel eingehalten?
(Auswertung tageweise)

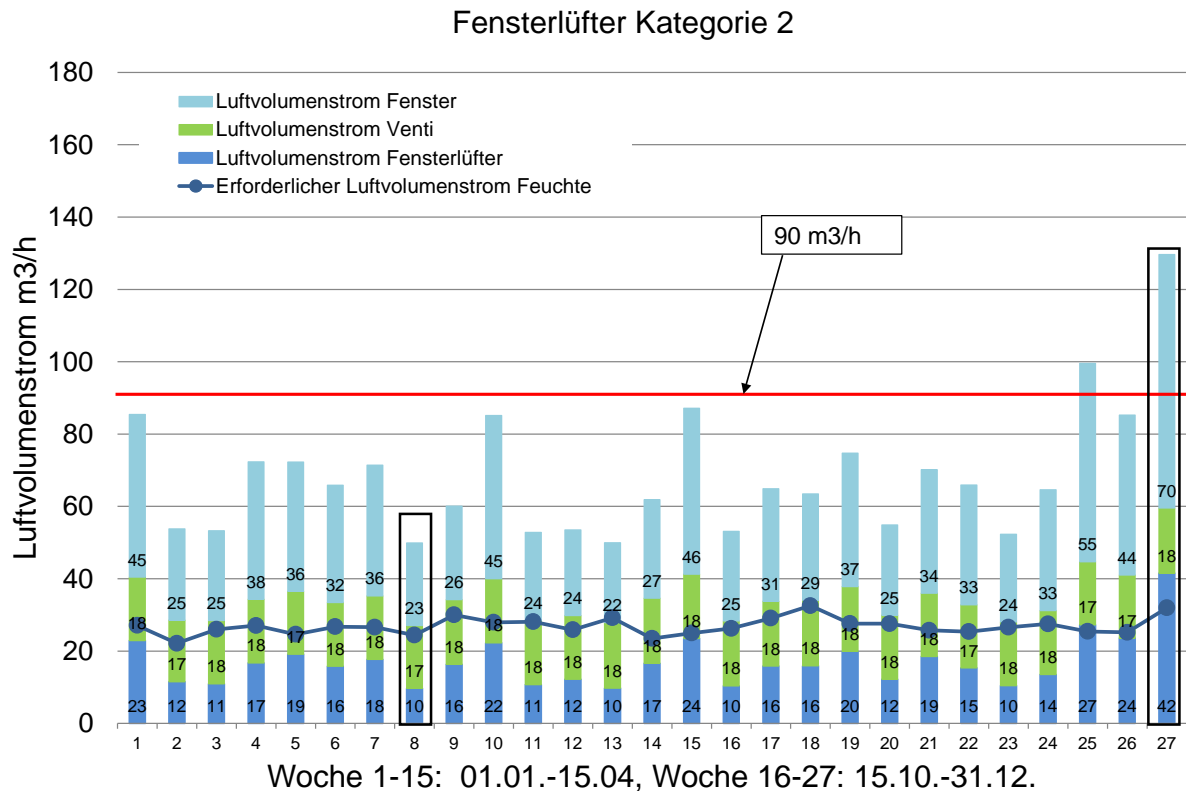
Unten links: Mittlere Luftvolumenströme in der Heizperiode

Unten rechts: Heizwärmebedarf



V1.2: Fensterlüfter Kategorie 2 (Aufsatzelemente klein)

Figur 14: Wöchentliche Mittelwert Luftvolumenstrom für Fensterlüfter Kategorie 2, Fenster und Abluftventilatoren. Gekennzeichnet (schwarzer Rahmen) ist die windstärkste und windschwächste Woche.

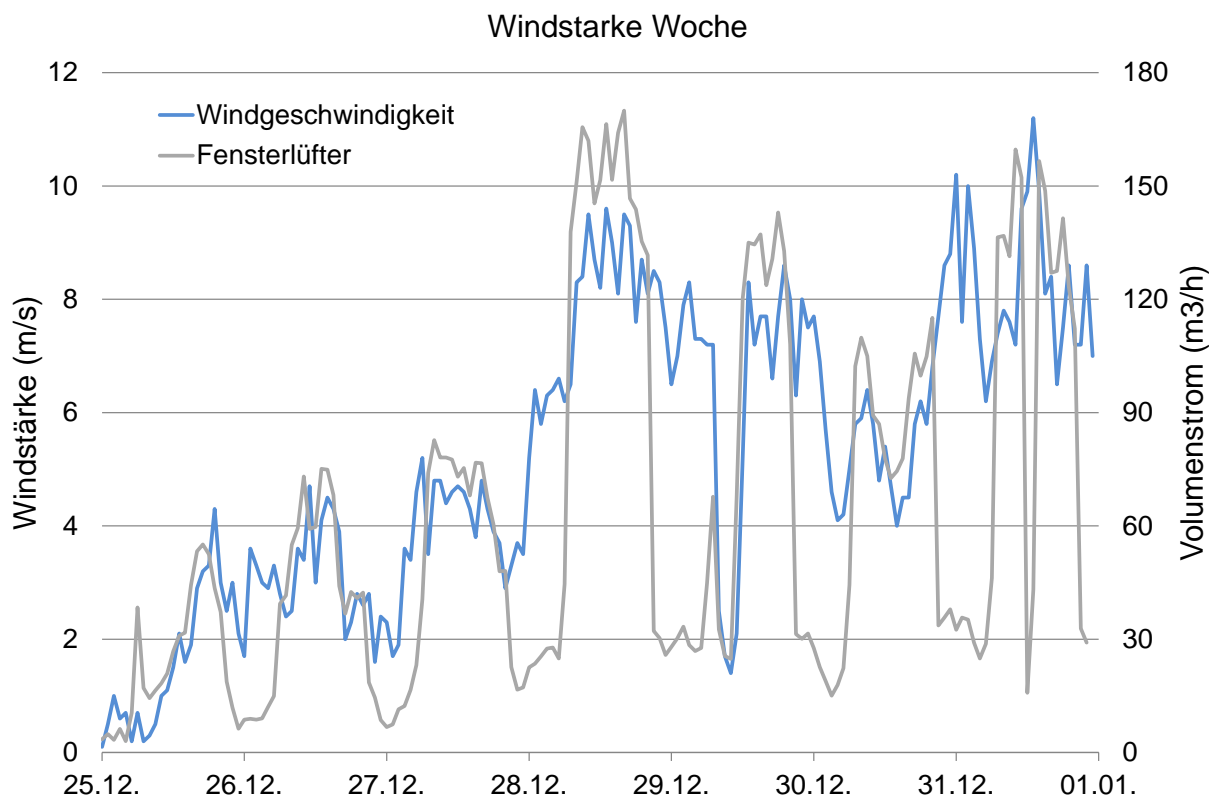


Mit Fensterlüftern der Kategorie 2 kann der Feuchteschutzluftwechsel alleine während 18% der Heizperiode eingehalten werden. In Kombination mit der Abluftanlage kann während 84% der Zeit der Feuchteschutzluftwechsel abgedeckt werden. Diese Aussagen gelten auf Basis der tageweisen Auswertung. Diese ist normativ vorgeschrieben und strenger als z. B. eine wochenweise Auswertung. Als Übersicht und da die Tendenzen auch so sichtbar werden, zeigt Figur 14 eine wochenweise Auswertung. Es wird deutlich, dass sich die Wochen stark unterscheiden. Dies liegt beim erforderlichen Luftvolumenstrom Feuchte an der Aussentemperatur und der absoluten Feuchte, beim sich einstellenden Luftvolumenstrom über die Fensterlüfter an der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung.

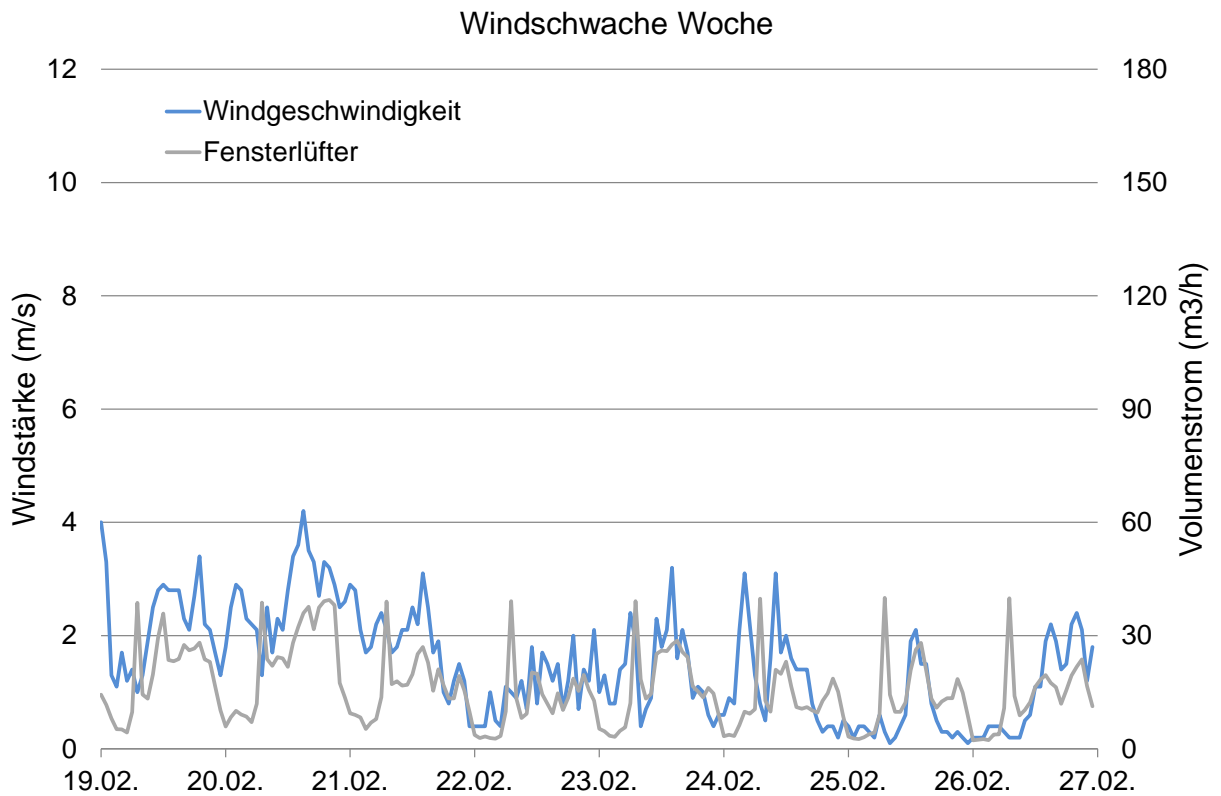
Die windstärkste und die windschwächste Woche zeigen Figur 15 und Figur 16.

In der windstarken Woche zeigt sich wie zu erwarten, dass die Windgeschwindigkeit den Volumenstrom über die Fensterlüfter beeinflusst. Die Verringerung nachts ist auf die geschlossenen Zimmertüren zurückzuführen, die eine effiziente Querlüftung innerhalb der Wohnung verhindern. Offensichtlich reichen die 7 mm breiten Luftspalte am unteren Ende der Zimmertüren nicht aus, um eine nennenswerte Querlüftung zu ermöglichen. In der windschwachen Woche sind die Tendenzen ähnlich, allerdings erwartungsgemäss auf einem insgesamt niedrigeren Niveau.

Figur 15: Luftvolumenstrom über Fensterlüfter Kategorie 2 in einer windstarken Woche (25.12.-31.12.)



Figur 16: Luftvolumenstrom über Fensterlüfter Kategorie 2 in einer windschwachen Woche (19.02.-26.02.)



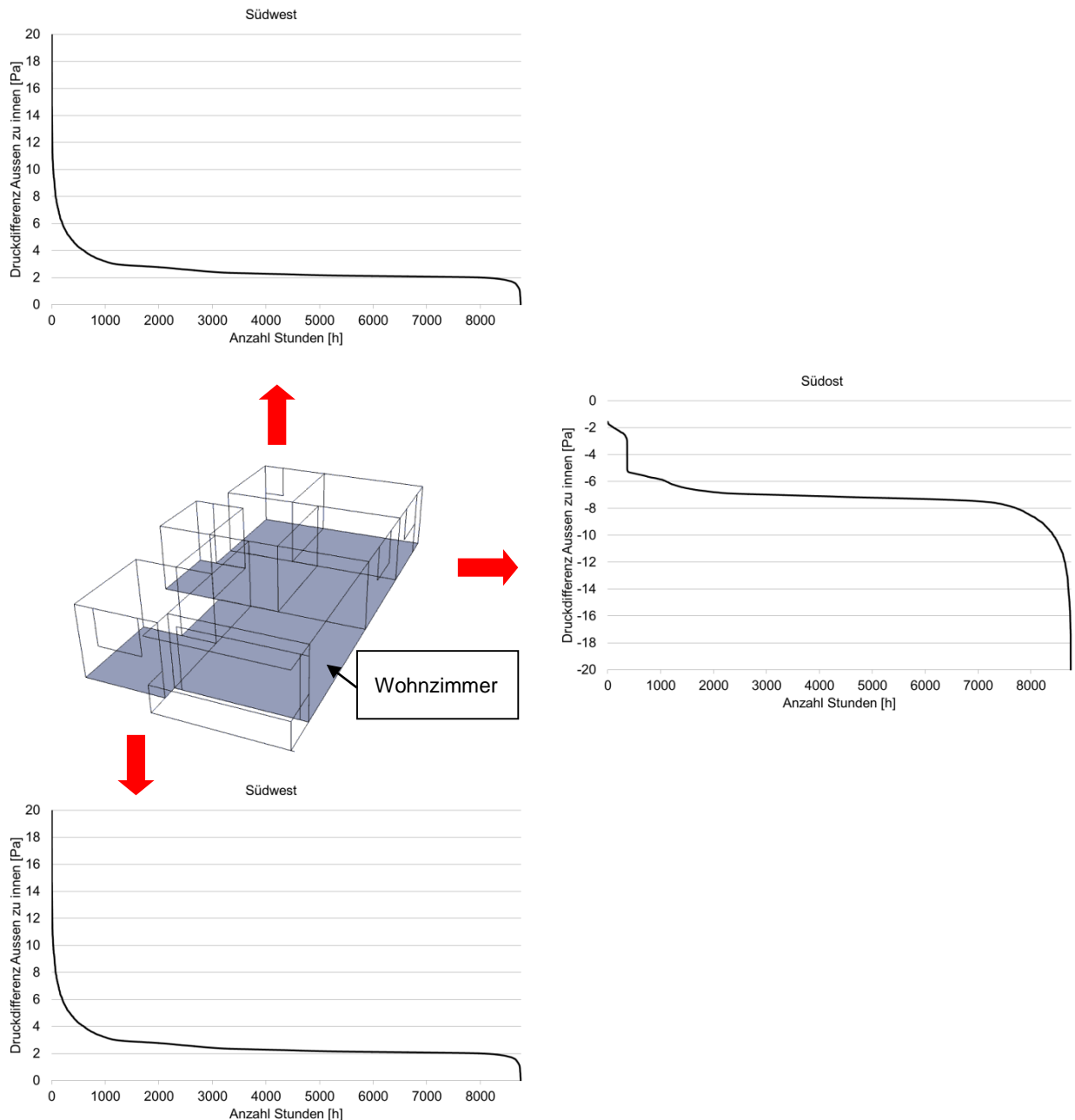
Welche Druckdifferenzen sich zwischen aussen und innen am Fensterlüfter ergeben zeigt Figur 17. Die Grafiken stellen die Summenhäufigkeit für ein Jahr dar. Die nachfolgenden Werte ergeben sich an den Fassaden. Das positive oder negative Vorzeichen sagt aus ob es sich aus der Sicht des Raumes um Druck (+, Strömung aus dem Raum hinaus) oder Sog (-, Strömung in den Raum hinein) handelt.

- Südwest: 2.3 Pa (Median)
- Südost: -7.1 Pa (Median)
- Nordost: -7.1 Pa (Median)

Damit ist z. B. auf der Südwestfassade mit den Fensterlüftern der Kategorie 1 ein Luftdurchlass von ca. 3 m³/h, mit Fensterlüftern der Kategorie 2 ein Luftdurchlass von überschlägig 7 m³/h, mit solchen der Kategorie 3 ein Luftdurchlass von ca. 15 m³/h zu erwarten (siehe auch Figur)⁹.

⁹ Die Druckdifferenzen ändern sich in Abhängigkeit vom eingesetzten Fensterlüftertyp geringfügig. Z. B. steigt der Median des Drucks an der Fassade Südwest bei Fensterlüftern der Kategorie 1 (im Vergleich zur Kategorie 2) um ca. 5 %.

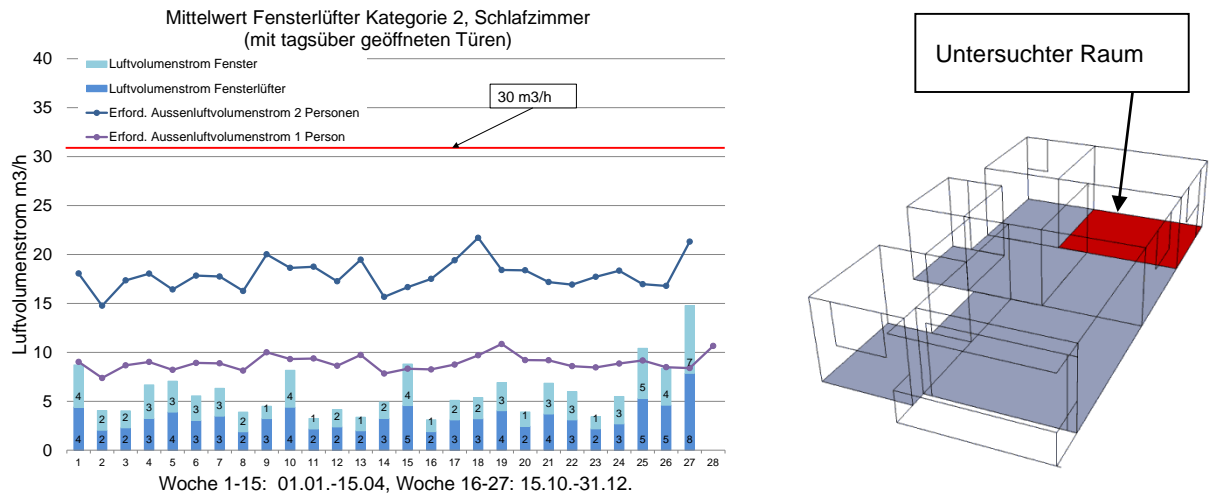
Figur 17: Druckdifferenzen im Jahr zwischen innen und aussen am Fensterlüfter (Fensterlüfter Kategorie 2).



Den vorangegangenen Auswertungen liegt stets die Wohnung als Ganzes sowie die Annahme zugrunde, dass sich die Feuchteproduktion gleichmässig auf alle Räume verteilt. Dies idealisiert die Realität etwas, da die Feuchte ja in den Schlafräumen abgegeben wird. Allerdings kann sich die Feuchte, die nachts über Sorption in die Bauteile eingespeichert und tagsüber an die Raumluft abgegeben wird, am Tag ungehindert in der Wohnung verteilen (die Zimmertüren stehen tagsüber offen).

Geht man nun verschärfend davon aus, dass die durch eine oder zwei Personen erzeugte Feuchtelast auch direkt im Raum abgeführt werden muss, so zeigt es sich, dass selbst unter Berücksichtigung der morgendlichen Stosslüftung über die Fenster kein ausreichender Luftwechsel erzeugt werden kann (Figur 18).

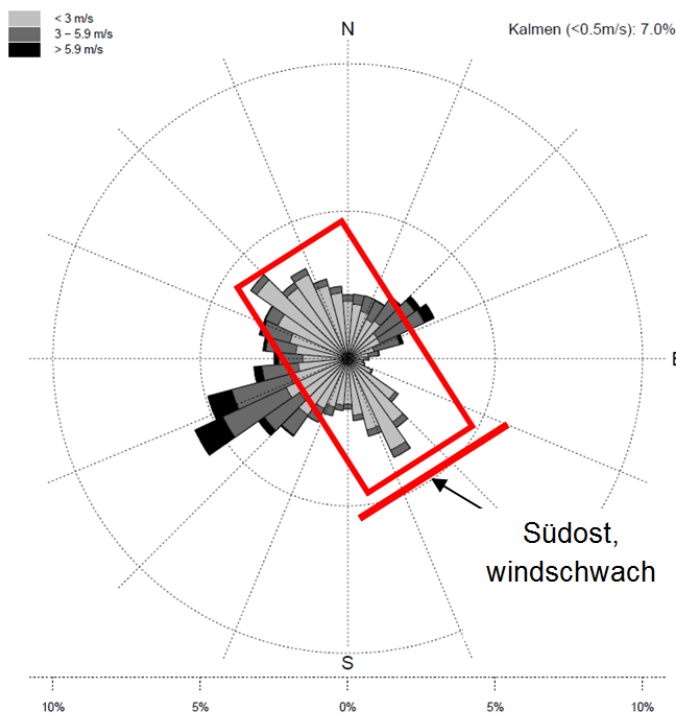
Figur 18: Mittelwert Luftvolumenstrom für Fensterlüfter Kategorie 2 und Fenster. Auswertung für den rechts markierten Raum mit der Feuchteproduktion von einer oder zwei Personen.



5.3.2 Neue Fenster, Hülle ungedämmt, windstille Richtung

Ergebnisse V2.1 bis V2.3

Figur 19: Orientierung der Hauptfassade gegen Südost



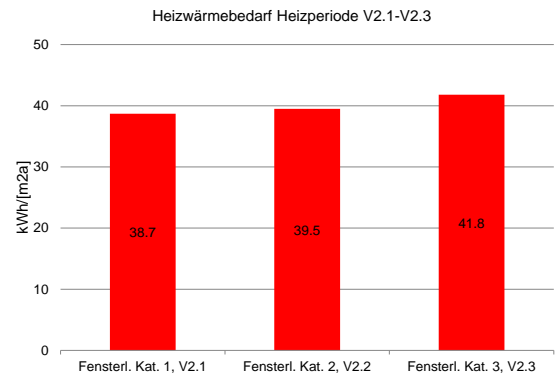
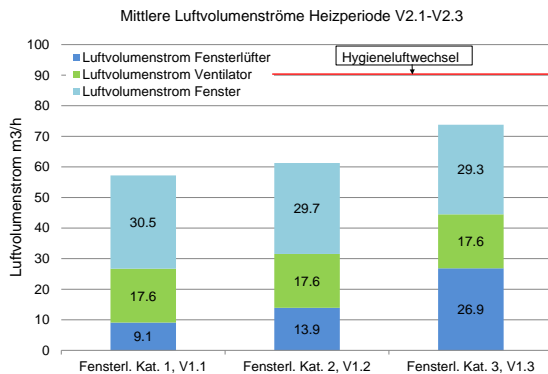
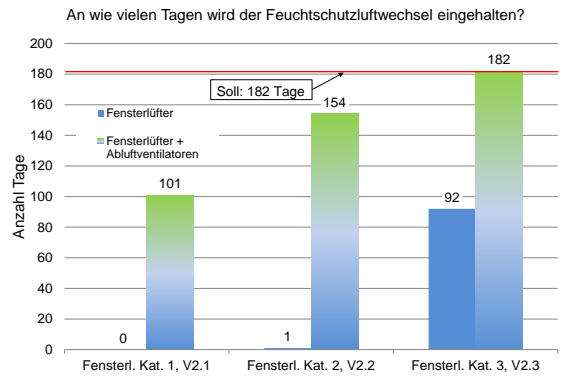
Wird die Hauptfassade der Wohnung (Wohnzimmer) aus der windstarken Richtung Südwest in die windschwache Richtung Südost gedreht (Figur 19), so verringert sich der Luftwechsel über die Fensterlüfter. Im Mittel beträgt diese Reduktion 18-24 %. Der Feuchtschutzluftwechsel kann mit Fensterlüftern der Kategorie 3 in Verbindung mit dem Abluftventilator gewährleistet werden (Figur 20). Der Hygieneluftwechsel wird bei keiner Variante abgedeckt. Aufgrund der Orientierung nach Südost erhöht sich der Heizwärmebedarf im Vergleich zur Ausrichtung nach Südwest zwischen 10 und 15%.

Figur 20: Alle Auswertungen gelten für die Varianten V2.1 - V2.3

Oben rechts: An wie vielen Tagen in der Heizperiode wird der Feuchteschutzluftwechsel eingehalten?
(Auswertung tageweise)

Unten links: Mittlere Luftvolumenströme in der Heizperiode

Unten rechts: Heizwärmebedarf



Detaillierte Grafiken für die Varianten V2.1 (Fensterlüfter Kategorie 1), V2.2 (Fensterlüfter Kategorie 2) und V 2.3 (Fensterlüfter Kategorie 3) werden im Anhang 9.1.2 dargestellt.

5.3.3 Sensitivität: Neue Fenster, Hülle ungedämmt

Ergebnisse V 3.1: Windexponiertheit und V3.2: Lage der Wohnung (Stockwerk)

Die Sensitivität des Modells auf Veränderungen der Exponiertheit und der Höhenlage der Wohnung im Gebäude (Etage) wird anhand von der Wohnung mit Fensterlüftern Kategorie 2 untersucht. Die Hauptfassade ist nach Südwest orientiert. Figur 21 zeigt die Wohnung im EG als Referenz (V1.2). Die Referenzwohnung befindet sich in einer geschützten, städtischen Lage. Es wird deutlich, dass eine windexponierte Lage (z. B. freistehend) den Luftvolumenstrom durch die Fensterlüfter um knapp 70% vergrößert. Der Feuchteschutzluftwechsel kann während 40% der Heizperiode über Fensterlüfter abgedeckt werden.

Wird in der geschützten, städtischen Lage die Höhe der Wohnung verändert (vom EG zum 3. OG), wird der Luftvolumenstrom über die Fensterlüfter noch einmal um rund 25 % erhöht. Bei tageweiser Betrachtung kann der Feuchteschutzluftwechsel für diese Wohnung während der Heizperiode an 92% der Tage allein über die Fensterlüfter gedeckt werden.

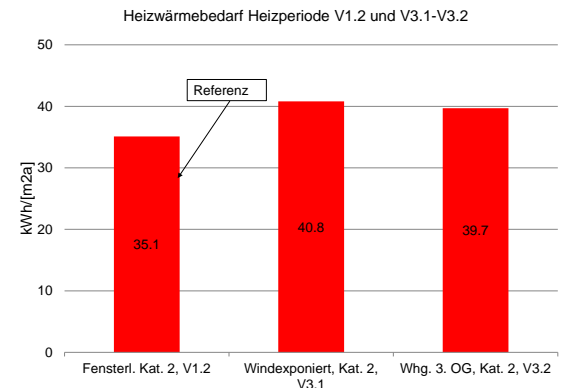
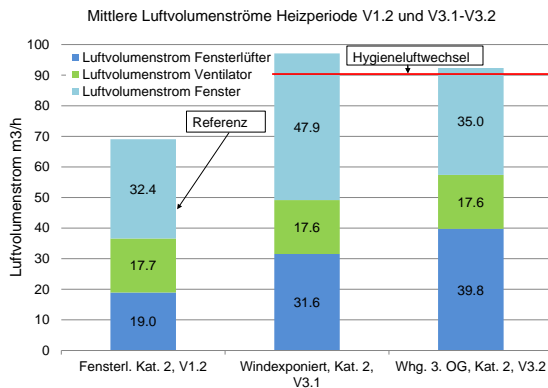
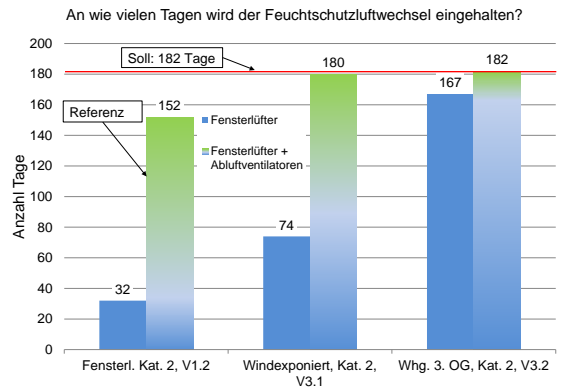
Der Heizwärmebedarf erhöht sich in Abhängigkeit von den erhöhten Lüftungswärmeverlusten.

Figur 21: Alle Auswertungen gelten für die Varianten V3.1 - V3.2 und V1.2 (als Referenz)

Oben rechts: An wie vielen Tagen in der Heizperiode wird der Feuchteschutzluftwechsel eingehalten?
(Auswertung tageweise)

Unten links: Mittlere Luftvolumenströme in der Heizperiode

Unten rechts: Heizwärmebedarf



5.3.4 Neue Fenster, Hülle gedämmt, windstarke Richtung

Zusätzlich zu den erneuerten Fenstern ist bei diesen Varianten die Aussenwand gedämmt.

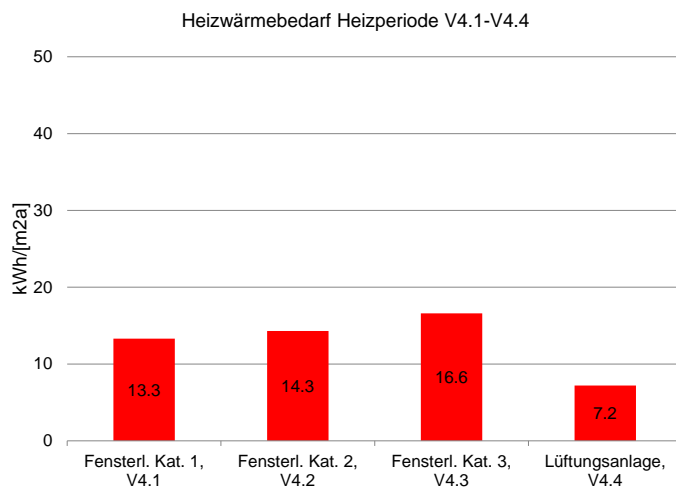
Ergebnisse V4.1 - V4.4

Bei diesen Varianten ist der Heizwärmebedarf interessant. Die Luftwechsel sind bereits aus den vorhergehenden Varianten V1.x bekannt, da sie ja unabhängig von der Qualität der Gebäudehülle sind.

Durch die Dämmung reduziert sich der Heizwärmebedarf der Varianten V4.x mit Fensterlüftern (Figur 22) gegenüber der jeweiligen ungedämmten Variante V1.x um mehr als die Hälfte (55-61%). Bei der Variante mit der Zu- und Abluftanlage beträgt die Reduktion sogar 76%. Diese hohe Reduktion ist darauf zurückzuführen, dass die Lüftungswärmeverluste bei dieser Variante bereits reduziert sind und somit die Einsparungen durch eine Verringerung der Transmissionsverluste wirksamer sind. Der Anteil der Lüftungswärmeverluste am Heizwärmebedarf beträgt bei

- Fensterlüftern der Kategorie 2 gedämmt 50% und ungedämmt 32%,
- mit Zu- und Abluftanlage mit WRG gedämmt 33% und ungedämmt 18%.

Figur 22: Heizwärmebedarf für die Varianten V4.1 - V4.4

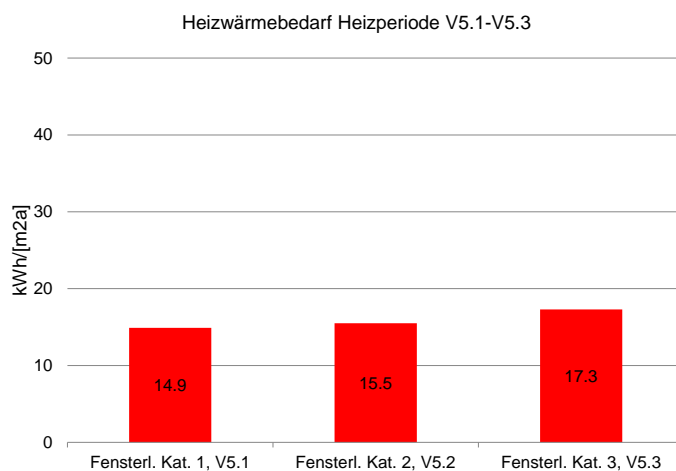


5.3.5 Neue Fenster, Hülle gedämmt, windschwache Richtung

Ergebnisse V5.1 - V5.3

Der Heizwärmebedarf (Figur 23) ist gegenüber der Orientierung Südwest (V4.x) zwischen 4 und 12 % erhöht. Dies ist auf die Orientierung und die daher reduzierten solaren Gewinne zurückzuführen.

Figur 23: Heizwärmebedarf für die Varianten V5.1 - V5.3



5.4 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse (alle Varianten)

Luftwechsel

Wie Figur 24 zeigt, kann der Feuchtschutzluftwechsel bei keiner Variante allein mit den Fensterlüftern eingehalten werden. Allerdings ist hier daran zu erinnern, dass in der Simulation zum Teil sehr unvorteilhafte Randbedingungen angenommen werden, um auf der sicheren Seite zu sein: Die Wohnung befindet sich im EG (ausser V3.2) und die Lage ist geschützt (ausser V3.1).

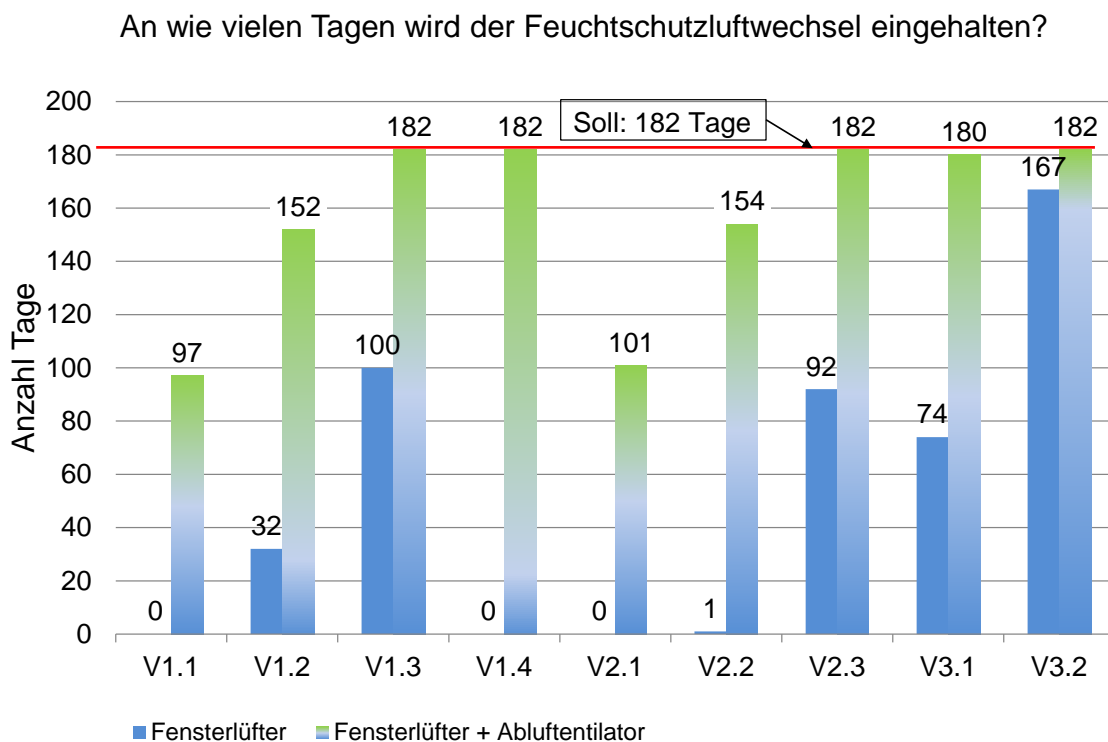
Wird die Hauptfassade der Wohnung aus der windstarken (Südwest) in die windschwache Richtung (Südost) gedreht, so verringert sich der Luftwechsel über die Fensterlüfter zwischen 18 und 24%.

Rechnet man die Luftmengen durch die Abluftanlage hinzu, so kann mit den Fensterlüftern der Kategorie 3 der Feuchteschutzluftwechsel erreicht werden. Dies gilt sowohl für die windstark als auch für die windschwach orientierten Varianten (V1.3 und V2.3).

Liegt die Wohnung in einer höheren Etage (V3.2), so verdoppelt sich der Luftwechsel über die Fensterlüfter. Diese Differenz zwischen dem EG und dem 3. OG kann sich in der Realität etwas verringern¹⁰, wenn zwischen den Wohnungen z. B. über Abluftschächte Undichtigkeiten bestehen (interner Druckausgleich). Wird angenommen, dass die Wohnung anstatt in einer geschützten, städtischen Lage in einer windexponierten Gegend steht, so erhöht sich der Luftvolumenstrom über die Fensterlüfter um 60% (V3.2). In beiden Fällen kann der Feuchteschutzluftwechsel nun auch mit Fensterlüftern der Kategorie 2 (zusammen mit der Abluftanlage) der abgedeckt werden.

Grundsätzlich könnte der Feuchteschutzluftwechsel auch mit Fensterlüftern der Kategorie 1 erreicht werden, wenn pro Fenster oder pro Raum mehrere Fensterlüfter eingesetzt werden. Damit würde sich auch das Komfortproblem, welches bei Fensterlüftern mit hohen Volumenströmen zu erwarten ist, entschärfen. Dies wurde allerdings nicht mit Simulationen untersucht.

Figur 24: Einhalten Feuchteschutzluftwechsel während der Heizperiode



Heizwärmebedarf

Figur 25 zeigt den Heizwärmebedarf aller Varianten mit und ohne Dämmung der Aussenwände. Wie zu erwarten, erhöht sich der Heizwärmebedarf in Abhängigkeit vom Luftwechsel über die Fensterlüfter.

Eingangs wurde die Frage gestellt, wie hoch die Einsparung ist, wenn statt Fensterlüftern eine Zu- und Abluftanlage mit WRG eingesetzt wird. Geht man von der eigentlichen Zielsetzung aus, dass über die Fensterlüfter mindestens der Feuchteschutzluftwechsel gedeckt werden muss, so

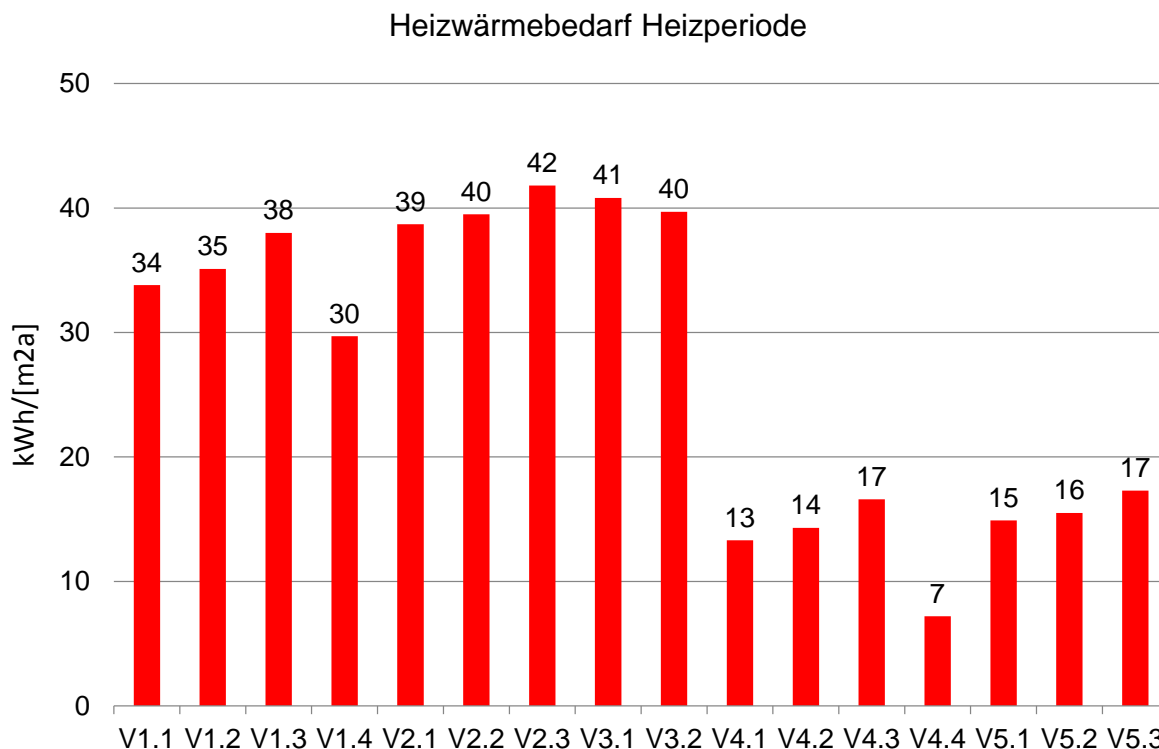
¹⁰ Demnach wäre dann im EG der Luftwechsel etwas höher und der im 3. OG etwas geringer.

ist davon auszugehen, dass die Einsparung an Heizwärme bei 21% liegt¹¹ (Vergleich zwischen V1.3 und V1.4).

Bei einer gedämmten Gebäudehülle liegt die Einsparung durch die Verwendung einer Zu- und Abluftanlage mit WRG im Vergleich mit Fensterlüftern bei knapp 60% der Heizwärme. Auch diese Zahl gilt für einen erfüllten Feuchteschutzluftwechsel (Vergleich zwischen V4.3 und V4.4).

Ein weiterer Vorteil einer Zu- und Abluftanlage mit WRG ist, dass auch der Hygieneluftwechsel erfüllt wird (dies ist mit keiner der Fensterlüfter Kategorien nutzerunabhängig möglich). Nachteilig sind höhere Investitionen sowie der Platzbedarf und die baulichen Eingriffe bei Erneuerungen.

Figur 25: Heizwärmebedarf aller Varianten



Im Vergleich zu einer gängigen SIA 380/1 Berechnung scheint der Heizwärmebedarf insgesamt gering. Die folgenden Gründe sind als Erklärung anzuführen:

- Der Luftwechsel ist gerade bei Fensterlüftern der Kategorie 1 mit 62 m³/h geringer als z. B. derjenige gem. SIA 380/1:2009 (67 m³/h)
- Im Simulationsmodell sind die interne Lasten gem. SIA 2024:2006 (109 W/m²d) höher als diejenigen gem. SIA 380/1:2009 (85 W/m²d)
- Die SIA 2024:2006 sieht den Lastverlauf im Tages- und Monatsgang vor, die SIA 380/1 legt einen kontinuierlichen Verlauf zu Grunde.

¹¹ nur die Fensterlüfter der Kategorie 3 zusammen mit der Abluftanlage in Bad und Küche erfüllen den Feuchteschutzluftwechsel

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen

Rückschlüsse aus der Simulation

- Voraussetzung für ein Funktionieren der Fensterlüfter sind eine Querlüftung innerhalb der Wohnung und tagsüber geöffnete Zimmertüren¹².
- Fensterlüfter können selten alleine den Feuchteschutzluftwechsel garantieren. In Kombination mit Abluftventilatoren in Bad und Küche ist eine Deckung möglich, allerdings müssen Fensterlüfter mit einem genügend grossen Luftdurchlass (z. B: bei 2 Pa 14.5 m³/h) eingesetzt werden. Hier entsteht ein Konflikt mit dem thermischen Komfort (es sei denn, es werden pro Raum z. B. mehrere kleine Falzlüfter eingesetzt). In Erdgeschosswohnungen im städtischen Kontext ist Vorsicht geboten, da hier selbst mit Fensterlüftern mit einem grossen Luftdurchlass und Abluftventilatoren in Bad und Küche der Feuchteschutzluftwechsel nicht gedeckt wird.
- Der hygienische Luftwechsel ist nur in höher gelegenen Etagen mit Fensterlüftern mit mittlerem Luftdurchlass (z. B: bei 2 Pa 6.8 m³/h) zusammen mit der Fensterlüftung und Abluftventilatoren in Bad und Küche gesichert.
- Oberflächennahe Schichten der Bauteile speichern einen Teil der Feuchtelast, welche z. B. nachts im Schlafzimmer abgegeben wird, über Sorption ein. Entleeren sich die "Feuchtespeicher" nun im Tagesverlauf, sollte sich die Feuchte innerhalb der Wohnung verteilen können, um schlussendlich abgeführt zu werden. Aus diesem Grund sind tagsüber geöffnete Zimmertüren (ausser bei Bad und Küche) erforderlich.
- Die Orientierung der Gebäudefassaden zur Windrichtung hat einen Einfluss auf den erreichbaren Luftwechsel. Die Minderung zwischen einer windstarken und windschwachen Orientierung der Hauptfassade liegt im berechneten Beispiel bei rund 20% (Südwest: windstark -> Südost: windschwach)
- Die Exposition des Gebäudes hat einen grossen Einfluss auf den Luftwechsel: im Vergleich zur geschützten Lage erhöht sich der Luftwechsel bei der betrachteten exponierten Lage um ca. 60%.
- Noch grösser ist der Einfluss der Höhenlage (Etage) der Wohnung: im Vergleich zum EG erhöht sich der Luftwechsel im 3. OG um 100%. Bestehen zwischen den Wohnungen vertikale Undichtigkeiten, so kann der Unterschied zwischen EG und 3. OG wegen des internen Druckausgleichs etwas geringer ausfallen.
- Abzuraten ist von Fensterlüftern in windgeschützten Erdgeschosslagen, z. B. in einer Hofsituation.
- Wird statt der Fensterlüfter eine Zu- und Abluftanlage mit WRG eingesetzt, so reduziert sich beim ungedämmten Gebäude der Heizwärmebedarf um rund 20%. Bei dem betrachteten gedämmten Gebäude beträgt diese Reduktion sogar knapp 60%.

Rückschlüsse im Zusammenhang mit der Abluftanlage

- Werden Fensterlüfter zusammen mit Abluftanlagen oder mit zeitgesteuerten Abluftventilatoren in Küche und Bad eingesetzt, so sind die Abluftanlagen unabhängig von den Fensterlüftern so auszulegen, dass die Empfehlungen für den Druckverlust gem. SIA 2023, Abschnitt 6.3.1 eingehalten werden. Diese Grenzwerte für den Druckverlust gelten nur für die Auslegung der Abluftanlage. Durch die Einwirkung des Windes können sich (ohne Abluftanlage) höhere Druckunterschiede ergeben, die durch eine Sturmsicherung begrenzt werden (können).

¹² Grundsätzlich sind auch hinreichend dimensionierte Überströmöffnungen denkbar, allerdings wurden in der Simulation nur die 7 mm breiten Überströmschlitze unter den Türen (nicht ausreichend) und die geöffneten Zimmertüren (ausreichend) untersucht.

- Für die Küchenabluft aber auch das Bad ist prinzipiell gesondert für Nachströmluft zu sorgen (siehe Empfehlungen SIA 2023, Abschnitt 4.3.7, ff). Dies muss bei der Auslegung berücksichtigt werden. Mit Fensterlüftern alleine ist diese Problematik in der Regel nicht zu lösen.

Wärmebrücken

- Für Wärmebrücken müssen weiterhin die in der SIA 180/1:2014 vorgegebenen f_{Rsi} -Werte eingehalten werden. Die Fensterlüfter entbinden nicht von der Pflicht, Wärmebrücken (bei allfälligen Umbaumaassnahmen) bauphysikalisch korrekt zu lösen!

Luftschalldämmung

Grundsätzlich schwächen Fensterlüfter die Schalldämmung der Aussenwand. Die Anforderungen der SIA 181 [5] und sonstige Schallschutzvorschriften müssen eingehalten werden. Der Einsatz von Fensterlüftern an lärmbelasteten Standorten ist kritisch zu hinterfragen, bzw. frühzeitig mit den entsprechend geeigneten Produkten zu planen.

6.1 Hinweise für Revision SIA 2023

Bei der Arbeit zum Thema Fensterlüfter sind in Bezug auf die Schweizer Normen einige Punkte aufgefallen, die noch ungeklärt sind.

- Angaben zur Sturmsicherung Fensterlüfter
- Fensterlüfter mit freier Lüftung als Lüftungskonzept
- Filterklassen für Fensterlüfter

7 Anhang: Berechnungen für Kap. 3 Literaturstudie

7.1.1 Rechenbeispiel Akustik

Zunächst regelt die SIA 181:2006-09 die Mindestanforderungen an den Schutz gegen Luftschall von aussen (Abschnitt 3.1.1.2). Hier wird zwischen einer eher geringen und einer hohen Lärmbelastung, sowie zwischen Tag und Nacht unterschieden. Tabelle 9 zeigt die Anforderungen, gelb hinterlegt die für das Rechenbeispiel relevanten Werte.

Tabelle 9: Mindestanforderungen an den Schutz gegen Luftschall von aussen, Tabelle 3 der [6]. Bei erhöhten Anforderungen werden die Werte in der Tabelle um 3 dB erhöht.

	Grad der Störung durch Aussenlärm			
Lärmbelastung	klein bis mässig		erheblich bis sehr stark	
Lage des Empfangsortes	abseits von Verkehrsträgern, keine störenden Betriebe		Im Bereich von Verkehrsträgern oder störenden Betriebe	
Beurteilungsperiode	Tag	Nacht	Tag	Nacht
Beurteilungspegel dB(A)	$L_r \leq 60$	$L_r \leq 52$	$L_r > 60$	$L_r > 52$
Lärmempfindlichkeit	Anforderungswerte D_e			
gering	22 dB	22 dB	$L_r - 38$ dB	$L_r - 30$ dB
mittel	27 dB	27 dB	$L_r - 33$ dB	$L_r - 25$ dB
hoch	32 dB	32 dB	$L_r - 28$ dB	$L_r - 20$ dB

Für Prognosen bei externen Schallquellen ist folgendes nachzuweisen (4.2.2):

$$D_{e,d} = D_{e,tot} - K_P = D_{nT,w} + C_{tr} - C_V - K_P \geq D_e \text{ (dB)}$$

Dabei sind:

- $D_{e,d}$ = Projektierungswert für Luftschall externer Quellen
- $D_{e,tot}$ = Summe der Kennwerte, die in der jeweiligen Anforderung für die Luftschalldämmung externer Quellen zur berücksichtigen sind.
- K_P = Projektierungszuschlag, in dB
- $D_{nT,w}$ = Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz, in dB
- C_{tr} = Spektralkorrekturwert für Verkehrslärm
- C_V = Volumenkorrektur für Volumen > 200 m³, Werte siehe SIA 181.
- K_P = Projektierungszuschlag, in dB
- D_e = Anforderungswert, in dB

Die bewertete Standard-Schallpegeldifferenz inkl. Spektralkorrekturwert für zwei Bauteile unterschiedlicher Schalldämmung wird gemäss nachstehender Formel berechnet. Die Anpassung an Aussenluftdurchlasselemente (ALD) und diverse Zahlenwerte sind [17] entnommen:

$$D_{nT,w} + C_{tr} = (R'_{w,res} + C_{tr,res}) - 10 * \lg \left\{ \frac{T_0}{V * 0.163} * \left[S_{tot} + A_0 * \left(10^{0.1[(R'_{w,res} + C_{tr,res}) - (D_{n,e,w} + C_{tr,ALD})]} \right) \right] \right\}$$

Dabei sind:

- $D_{nT,w}$ = Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz, in dB
- C_{tr} = Spektralkorrekturwert für Verkehrslärm
- $R'_{w,res}$ = bewertetes Bau-Schalldämm-Mass der Gebäudehülle (Wand, Dach, Fenster) ohne ALD, in dB
- $C_{tr,res}$ = Spektralkorrekturwert der Gebäudehülle ohne ALD, in dB
- T_0 = Bezugsnachhallzeit, $T_0 = 0.5$ s
- V = Netto-Raumvolumen, in m³
- S_{tot} = Fläche der Gebäudehülle inkl. ALD, in m²
- A_0 = Bezugs-Schallabsorptionsfläche, $A_0 = 10$ m²

$D_{n,e,w}$ = Bewertete absorptionsflächenbezogene Schallpegeldifferenz des ALD, in dB

$C_{tr,ALD}$ = Spektralkorrekturwert des ALD, in dB

Es wird ein Beispielraum mit den Abmessungen und Bauteilen gem. Tabelle 10 verwendet. Das Fenster ist ein Schallschutzfenster. Als Fensterlüfter wurde das Produkt der Firma Aereco, ZFHF 40 eingesetzt.

Tabelle 10: Beispielraum, Abmessungen und Eigenschaften

Bezeichnung	Einheit	Wert
Netto-Fläche	[m ²]	12
Höhe	[m]	2.5
Aussenfläche Wand (inkl. Fenster)	[m ²]	8
Fläche Fenster	[m ²]	1.9
Spektral korrigiertes bewertetes Bau-Schalldämm-Mass Wand (Backstein), $R'_{w,W} + C_{tr}$	[dB]	55
Spektral korrigiertes bewertetes Bau-Schalldämm-Mass Fenster $R'_{w,F} + C_{tr}$	[dB]	45.8
Spektral korrigiertes bewertetes absorptionsflächenbezogene Schallpegeldifferenz Fensterlüfter, $D_{n,e,w} + C_{tr}$	[dB]	35
Volumenkorrektur	[-]	0
Projektierungszuschlag	[dB]	2

Die Ergebnisse der Berechnungen zeigt Tabelle 11, einmal für eine Umgebung mit einer geringen bis mittleren Störung durch Aussenlärm, einmal mit einer hohen Aussenlärmbelastung. Es wird deutlich, dass selbst mit einem Schallschutzfenster an Orten mit hoher Aussenlärmbelastung der Einsatz von Fensterlüftern frühzeitig schallschutztechnisch zu überprüfen und das Produkt gemäss den erhöhten Anforderungen auszusuchen ist. Im genannten Beispiel kann ein Fensterlüfter mit einem Wert ($D_{n,e,w} + C_{tr}$) von 40 dB den Nachweis mit den Mindestanforderungen erbringen (z. B: Produkt der Firma ALDES).

Tabelle 11: Nachweis Schallschutz gegen Aussenlärm

	Einheit	Geringe Aussenlärmbelastung	Hohe Aussenlärmbelastung
Schalldämm-Mass der Gebäudehülle gem. [6], E.2.2.1, $R'_{w,res} + C_{tr,res}$	[dB]	50.6	50.6
Bewertete Standard-Schallpegeldifferenz mit einem Fensterlüfter, gem. [17], $D_{n,T,w} + C_{tr}$	[dB]	34.8	34.8
Lärmbelastung Nacht, L_r	[dB(A)]	> 52	60
Projektierungswert, gem. [6], 4.2.2, $D_{e,d}$	[dB]	32.8	32.8
Anforderungswert Mindestanforderung / erhöhte Anforderung, D_e	[dB]	27 / 30	35 / 38
Nachweis erbracht?	[-]	ja / ja	nein / nein

7.1.2 Infiltrationsluftwechsel Fenster

Der Infiltrationsluftwechsel für das Fenster wird gem. [18] berechnet. Dabei werden folgende Annahmen getroffen:

- Fugenlänge aller Fenster in der Wohnung 32.7 m
- Volumen der Wohnung 215 m³
- Fugendurchlasskoeffizient in m³/[h·m (daPa)^{2/3}] neue / alte Fenster 0.3 / 4
- Durchschnittlicher Winddruck in der kalten Jahreszeit (v = 2 m/s) 0.4 daPa
- Luftvolumenstrom durch alle Fenster (neu / alt) 5.32 / 71.0 / m³/h

Ohne Querlüftung verringert sich der Luftvolumenstrom um den Faktor 5.

8 Anhang: Übersichtstabelle Fensterlüfter

Firma	Produktname	Kategorie	Leistungsdaten	Schallschutz	Schlagregen-Wartung	Prinzip	Einbau	Einbaumaße	Mechanik	Kommentar	U-Wert	Angebotspalette	Land	
			2 Pa [m³/h]	4 Pa [m³/h]	5 Pa [m³/h]	7 Pa [m³/h]	8 Pa [m³/h]	10 Pa [m³/h]	D n,e,w (C,Cv) [dB]	[mm]	[W/m²K]	[]	[]	
Aereco	ZFH30_ZFH30V 30	AE	1,1-13,8	1,6-19,5	1,7-21,8	2,1-25,8	2,2-27,5	-	37 (0/0)	kein Filter	Feuchthegeflüht, Luftvolumenstrome gem. relativer Feuchte + Druckdifferenz	Feuchthegeflüht, richten sich die Leistungsdaten nach der Höhe der Raumfeuchtigkeit. Wertangabe von... bis. Bei Kunststoffen: Ablüfter, bei Holzfenstern: Aufsatzelement	[]	[]
Aereco	ZFH40	AE	3,0-15,9	4,2-22,5	7,0-25,2	8,4-29,8	6,0-32,7	-	35 (-1/0)	kein Filter	Feuchthegeflüht, Luftvolumenstrome gem. relativer Feuchte + Druckdifferenz	Da feuchthegeflüht, richten sich die Leistungsdaten nach der Höhe der Raumfeuchtigkeit. Wertangabe von... bis.	[]	[]
Aereco	ZFH45-35, ZFH45-55	AE	1,7-13,1	2,5-18,5	3,8-20,7	3,3-24,5	3,5-26,2	-	38 (0/-1)	kein Filter	Feuchthegeflüht, Luftvolumenstrome gem. relativer Feuchte + Druckdifferenz	Es gibt noch 4 weitere Modelle mit anderen Leistungsdaten	[]	[]
ALDES	EAO, EAO, ELLIAO	AE	-	-	-	-	-	16-35	37-42	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, manuell auf/zu	Da feuchthegeflüht, richten sich die Leistungsdaten nach der Höhe der Raumfeuchtigkeit. Wertangabe von... bis. Mit Abluftanlage	[]	[]
ALDES	EAO, EHL	AE	2,5-20,2	-	-	-	4,0-32,0	-	36-40	kein Filter	Feuchthegeflüht, Luftvolumenstrome gem. relativer Feuchte + Druckdifferenz	Nicht alle Modelle hier aufgeführt	[]	[]
Arex	ALdB 450	AE	9	14	15	19	20	22	-	Filter	Zuluft einstellbar über Schieber oben, in Blendrahmen	weitere Modelle	[]	[]
Arex	ALdB 800	AE	7,5	11	12,5	15	16	18	-	Filter	Zuluft einstellbar über Schieber, z.T. oben, in Blendrahmen mit Sturmsicherung	weitere Modelle	[]	[]
Arex	Fresh 40	AE	12,5	16	18	21	22	25	-	kein Filter	Zuluft einstellbar über Schieber oben, in Blendrahmen	weitere Modelle	[]	[]
Arex	Fresh 30	AE	8,5	13	15	19	20	23	-	Filter	Zuluft einstellbar über Schieber, z.T. oben, in Blendrahmen mit Sturmsicherung	weitere Modelle	[]	[]
Aluplast	Basic Air Plus	FL	-	2,8	-	-	4,1	4,6	34-42 (-1/-4)	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schliesst sich bei hohem Winddruck	im Rahmen unklar, Herstellersystem	[]	[]
Geslan	Gesco 2	FL	2	2,8	3,2	3,7	3,9	4,3	44	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schliesst sich seitlich bei hohem Winddruck	Eintritt Rahmen oben, Austritt Rahmen seitlich integriert	[]	[]
Geslan	Gesco 3	FL	2,6	3,7	4,2	4,9	5,2	5,8	44	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schliesst sich bei hohem Winddruck	Eintritt Rahmen seitlich, Austritt Rahmen oben	[]	[]
Geslan	Gesco 4	AE	4,2	6,1	7,1	8,5	9,2	10,5	29	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schliesst sich bei hohem Winddruck	Eintritt Rahmen seitlich, Austritt Rahmen oben	[]	[]
Geslan	Gesco 5	FL	2,2	2,8	3,7	4,3	4,8	5,2	44	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schliesst sich bei hohem Winddruck	Eintritt Rahmen seitlich, Austritt Rahmen oben	[]	[]
Gayko	Gayko-Fensterlüfter	FL	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schliesst sich seitlich bei hohem Winddruck	Eintritt Rahmen oben, Austritt Rahmen seitlich	[]	[]
Niederhofer	climaAktiv ¹⁸	FL	-	2,5	-	-	3	3,5	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schliesst sich bei hohem Winddruck	Rahmen oben + bandseitig	[]	[]
KBE	ClimateC_70 und ClimateC_70 Plus	FL	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schliesst sich bei hohem Winddruck	-	[]	[]
Klimmerling	KoClimat Plus	FL	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schliesst sich bei hohem Winddruck	-	[]	[]
Rego-air, KBE	REGEair FFL	FL	3	3,7	4	4,7	5	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, schliesst sich bei hohem Winddruck	Eintritt Rahmen oben, Austritt Rahmen seitlich	[]	[]
Rego-air, KBE	REGEair UL	FL	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, manuell auf/zu	Kunststofffenster Flügel oben + seitlich	[]	[]
Rego-air, KBE	REGEair FFL+UL	FL, UL	6	7,6	8,2	10	10,5	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip	Rahmen oben + seitlich in Rahmen	[]	[]
Röhu	AirComfort	FL	-	3,9	-	-	4,1	4,7	9A	kein Filter	Hydrodynamisches Paradoxon von in Rahmen	-	[]	[]
Renson	Insivent AMD- Max	AE	6	8,6	9,6	11,4	12,6	14,4	-	47 (-1-3) auf 63 (-1-4) zu	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, manuell mehrere Stufen	1000 x 63 x 90-184	[]	[]
Renson	AR75 small	AE	54,9	60,8	60,5	60	59,7	62,3	-	36 (-1-1) auf, 43 (-1-1) zu	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, stufenlos	1000 x 92 x 106,3	[]	[]
Renson	AK80/1	AE	5,9	8,2	9,2	10,8	11,5	12,8	-	47 (0-3) auf, 51 (-1-3) zu	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, 5 Stufen	1000 x 105 x 114	[]	[]

Firma	Produktname	Kategorie	Leistungsdaten										Schallschutz	Schlagregen-Wartung	Prinzip	Einbau	Einbaumasse	Nachrüstung	Kommentar	U-Wert	Angebotspalette	Land			
			2 Pa	4 Pa	5 Pa	7 Pa	8 Pa	10 Pa	Rw (C,Ctr)	D n,w (C,Ctr)	Schallschutz		Schlagregen-Wartung		Prinzip	Einbau	Einbaumasse	Nachrüstung	Kommentar	U-Wert	Angebotspalette	Land			
			[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[m³/h]	[m³/h]	[mm]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]	[m³/h]		
Renson	Sonovent Small 10	AE	50.2	52.2	55.2	61.2	64.2	55.3	-	46 (-1:5) auf 32 (0:-1) zu	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, stufenlos	Bleedrahmen, Glasfz: oben, unten	1000 x 150 x 170-325	kein System	Kapplüftung	-	4.5	23 Modelle	BE			
Renson	TH100	AE	102	144	161.3	190.9	204	228	-	22 (0:-) auf 32 (0:-1) zu	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, stufenlos	Bleedrahmen, Glasfz: oben, unten	1000 x 110-150 x 34	kein System	Dosefilter	-	4.5	11 Modelle	BE			
Renson	Sonovot 275	AE	5	7	7.9	9.4	10.1	11.4	-	38 (0:0) auf 26 auf 33 zu	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, stufenlos	Bleedrahmen, Fensterarmen: waagrecht	1000 x 35 x Rahmebreite	ja	Feldlüfter, Spalllüfter	-	1.4	6 Modelle	BE			
Schuco	VarioAir	AE	40	47	-	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, manuell 5 Stufen	Bleedrahmen	1000 x 65 x 150-250	kein, Schuco System	-	-	-	-	BE			
Schuco	Vento SI	FL	2.2	2.9	3.4	4	4.4	3.4	-	8	-	-	kein Filter	Rahmen: senkrecht + waagrecht	im Rahmen	im Rahmen	ja, Schuco System	-	-	-	-	es gibt insgesamt 4 Typen	D		
Schuco	Dauerführung	SL	-	-	12	-	-	18	-	-	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip	Rahmen	-	k. A., schuco System	2500 mm2 Lüftungsquerschnitt	-	-	-	-	D		
Sigena Audi	AEROMAT mini	FL	2	3	3	5	5	6	-	-	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, auf/zu	Rahmenfz: senkrecht, waagrecht	125 x 18 x 22.5	ja	Leistungsdaten für paarweisen Einbau	-	-	-	-	D		
Sigena Audi	AEROMAT midi	AL	13	18	21	25	26	30	40	-	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, schließt sich bei hohem Winddruck	Bleedrahmen, Fensterfügel: waagrecht	417 x 46 x 60-88	ja	-	-	1.5	-	-	D		
Sigena Audi	AEROMAT 80	AL	7	10	11	13	14	15	47	-	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, schließt sich auf/zu	Gasfz, Kämpfer: senkrecht, waagrecht	1200 x 80 x 76.5	ev. bei vorh. Rahmenverbreiterung	Länge feilbel	-	1.9	Es gibt 4 weitere Modelle	D			
Sigena Audi	AEROMAT 100 D	AL	9	13	14	17	18	20	49	-	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, manuell auf/zu	Gasfz, Kämpfer: senkrecht, waagrecht	1200 x 100 x 121.5	Rahmenverbreiterung	Länge feilbel	-	1.68	es gibt noch 4 weitere Modelle	D			
Sigena Audi	AEROMAT 150 DD	AL	29	40	44	51	54	60	44	51	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, manuell auf/zu	Kämpfer, Floss/Regel: senkrecht, waagrecht	1000 x 150 x 190	ev. bei vorh. Rahmenverbreiterung	Länge feilbel	-	2.7	-	D			
Sigena Audi	AEROMAT Intense	AL	35-94	46-138	-	-	44-132	41-129	27-40	34-49	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, manuell auf/zu	Gasfz, Kämpfer: waagrecht	500-2500 x 100 x 186-346	ev. bei vorh. Rahmenverbreiterung	-	-	-	-	ca. 17 Modelle	D		
Sigena Audi	AEROMAT VT DS	AL	8	11	12	13	14	16	50	57	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, manuell auf/zu	Sturz, Brüstung, Laibung: waagrecht, waagrecht	600-3000 x 100 x 250-500	ja	-	-	0.23	-	-	D		
Trivent	Aeromat	AL	11	22	25	31	37	-	-	-	-	-	Filter	Druckdifferenzprinzip	Bleedrahmen oben, unten; Kämpfer: waagrecht	800-3000 x 100 x 250	ja	-	-	-	-	2 Modelle	D		
Trivent	ZEF-5	AL	5	10	12	14.5	15	17	-	-	-	-	Filter	Druckdifferenzprinzip	Bleedrahmen, Rahmenverbreiterung	380 x 90 x 38	ja	In Verbindung mit Abluftanlage	-	-	-	-	2 Modelle	LI	
Tocal	Altronic	AL	5.5	8	-	-	11.9	13.9	32-35	-	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, stufenlos bei hohem Winddruck	kein Rahmen oben	433 x 70 x 70-88	kein in Rahmenverbreiterung	Kein in Rahmenverbreiterung	-	-	-	-	mit Anstrichlack, mindestens 2 in gegenüberliegenden Sektoren einsetzen	LI	
Tocal	Armatic	FL	-	2.7	-	-	4.11	4.7	-	-	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schließt sich bei hohem Winddruck	Eintritt Rahmen seitlich, Austritt Rahmen oben	k. A.	in Rahmen integriert	2 Stück üblich	-	-	-	-	D		
Tocal	Tocal 180+	SL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip, schließt sich bei hohem Winddruck	-	-	-	-	-	-	-	-	D		
Tocal	MD AD	SL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, schließt sich bei hohem Winddruck	-	-	-	-	-	-	-	-	D		
Weru	SFR6Go	BL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Das Fenster ist 6 mm parallel zum Fensterarmen abgestellt	Rahmen	-	-	-	-	-	-	-	-	D	
Weru	Weru-Air Comfort	FL	-	-	-	-	-	4.7	4.2	-	-	-	kein Filter	Passivlüfter gem. Druckdifferenzprinzip	Eintritt Rahmen seitlich, Austritt Rahmen oben	-	-	-	-	-	-	-	-	D	
Weru	Rege-Air	FL	-	-	-	-	-	2.8	4.2	-	-	-	kein Filter	Druckdifferenzprinzip, schließt sich bei hohem Winddruck	Eintritt Rahmen seitlich, Austritt Rahmen oben	-	-	-	-	-	-	-	-	D	
Weru	Weru-Fresh-Lüfter + Schallschutz	AL	-	-	-	-	-	22	40	-	-	-	Polenfilter	Druckdifferenzprinzip	Bleedrahmen	-	-	-	-	-	-	-	-	D	
Weru	Spalllüfter	BL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Das Fenster ist 6 mm parallel zum Fensterarmen abgestellt	Rahmen	-	-	-	-	-	-	-	-	D	
Winhaus	ActivPilot	BL	10.7	16	18.2	22.1	23.9	27.3	-	-	-	-	kein Filter	Fensterarmen abgestellt	motorisch angeriebene Parallelabstellmechanik	im Rahmen	-	-	-	-	-	-	-	noch weitere Produkte vorhanden	D
WIN Products	WINFLIP	BL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	kein Filter	Fenster in Kappstellung schließt sich selbstständig über Feder	Rahmen oben, seitlich	-	-	-	-	-	-	-	-	A	

Ventilatorgestütz

Firma	Produktname	Kategorie	Leistungskategorie	Leistungskategorie	Stufe 0	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Schallschutz	Schallschutz	Schlagregen-dichtheit	Prinzip	Einbau	Einbauhöhe	Nachrüstung	Kommentar	U-Wert	Angebotspalette	Land	
[]	[]	[]	[]	[]	Stufe 0	Stufe 1	Stufe 2	Stufe 3	Stufe 4	Rw (CCZ)	D n,w (C,C)	klasse EN 12208							[]	[]	
Internorm	I-ec	RI	[]	0	4-6	10	33			[dB]	[dB]	[]	Filter	Rahmen	[mm]	System	86	[W/m2K]	[]	A	
XBE	Premiweit	AL		0	15	30	40	50		-	-	-	Filter	Zuluft über Ventilator, mit WVG		L*H*TT					D
XBE	Airtronic	AL		0	15	30	40	50		-	-	-	Filter	Zuluft über Ventilator, mit WVG		L*H*TT					D
Schüco	VentoTherm	AL		0	15	30				39-42	-	-	Filter	Sturz	1050x75x195		WRS 45%, Co2 Sensor, Feuchtesensor möglich			D	
Sieggenia Aubi	AEROMAT 100	AL		0	25					42	-	-	kein Filter	Glasfz, Kämpfer: senkrecht, waagrecht	1200 x 100 x 121,5		Länge flexibel	1,68		D	
Sieggenia Aubi	AEROMAT 150	AL		0	70	120				-	-	-	kein Filter	Glasfz, Kämpfer: senkrecht, waagrecht	1000 x 150 x 190		Länge flexibel	2,7		D	
Sieggenia Aubi	AEROMAT VT RS	AL		0	30	50				52	-	-	kein Filter	Glasfz, Kämpfer: waagrecht	725-1000 x 100 x 300-500		Länge flexibel	0,25		D	
Sieggenia Aubi	AEROMAT VT mit WRG	AL		0	19	42				46	-	-	Filter	Sturz, Brüstung, Laibung: waagrecht, waagrecht	1000-3000 x 100 x 320-500		Wärmerückgewinnung 62%	0,55		D	

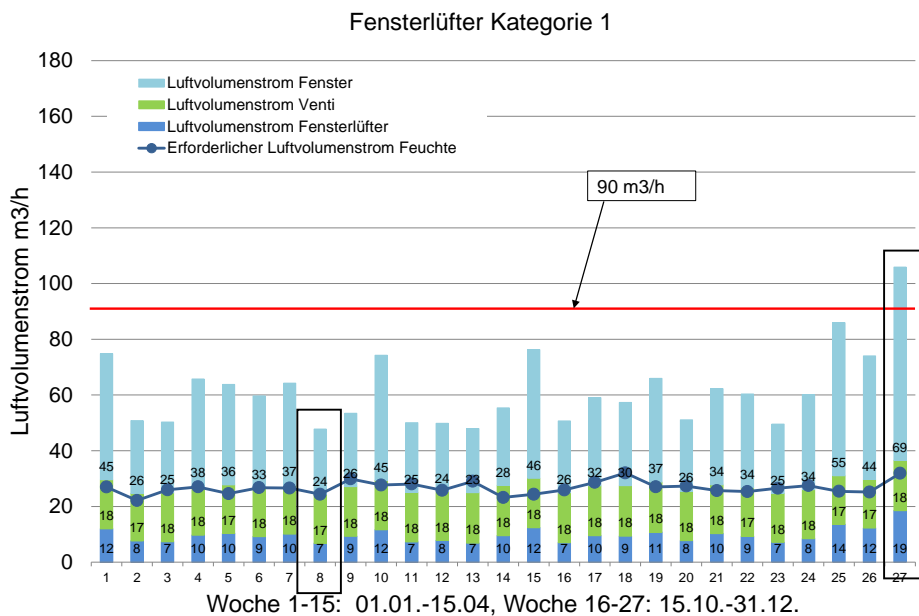
9 Anhang: Simulationen

9.1 Alle Ergebnisse Simulationen

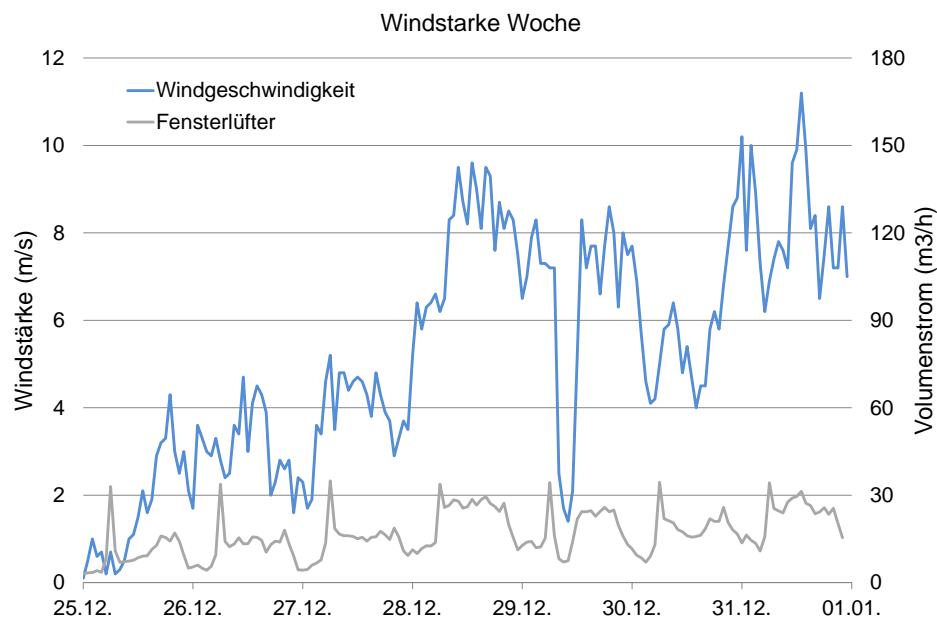
9.1.1 Neue Fenster, Hülle ungedämmt, windstarke Richtung

V1.1: Fensterlüfter Kategorie 1 (Falzlüfter)

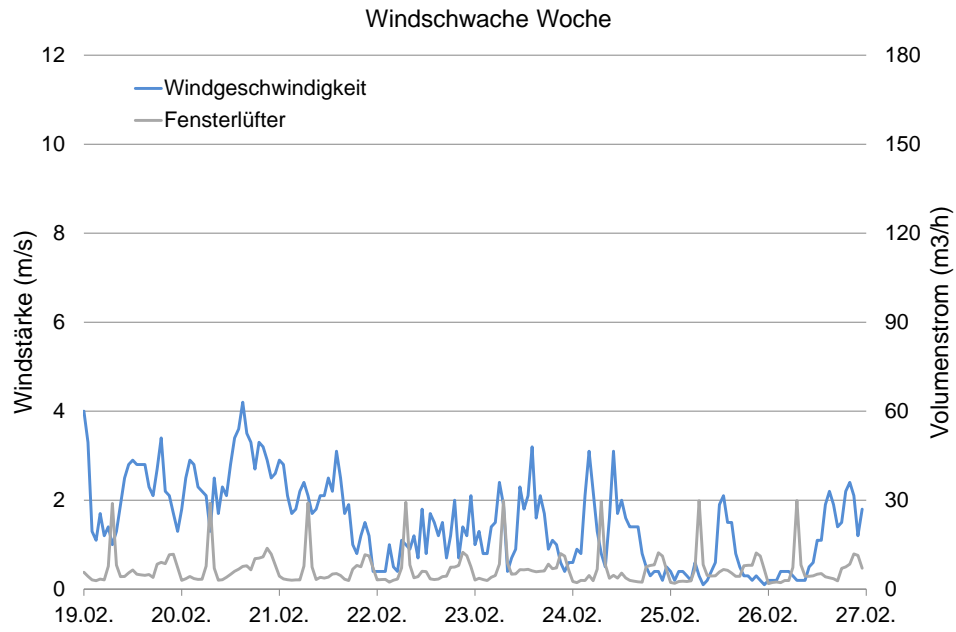
Figur 26: Mittelwert Luftvolumenstrom über Fensterlüfter, Fenster und Abluftventilatoren



Figur 27: Luftvolumenstrom über Fensterlüfter Kategorie 1 in einer windstarken Woche (25.12.-31.12.)



Figur 28: Luftvolumenstrom über Fensterlüfter Kategorie 1 in einer windschwachen Woche (19.02.-26.02)

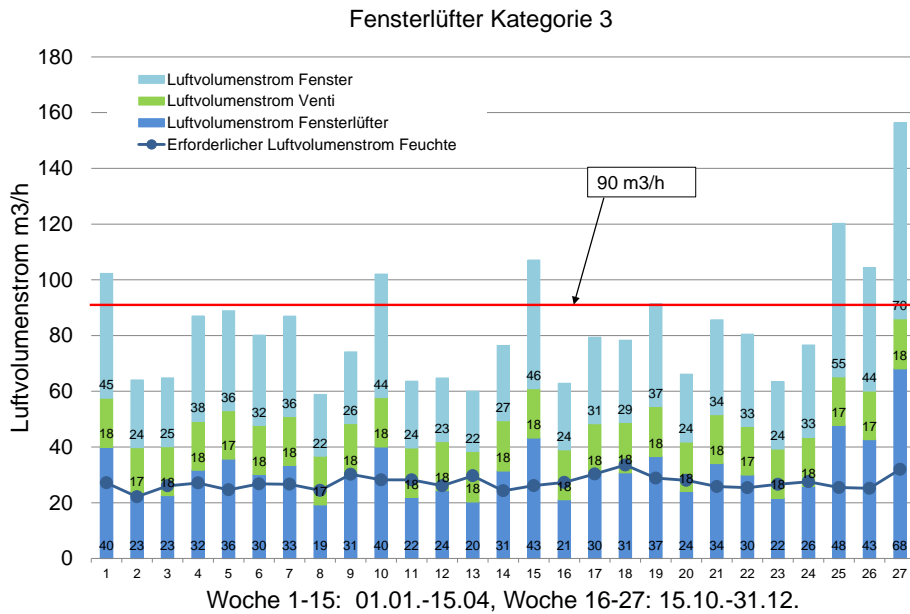


V1.2: Fensterlüfter Kategorie 2 (Aufsatzelemente klein)

Diese Variante findet sich im Kapitel 5.3.1.

V1.3: Fensterlüfter Kategorie 3 (Aufsatzelemente)

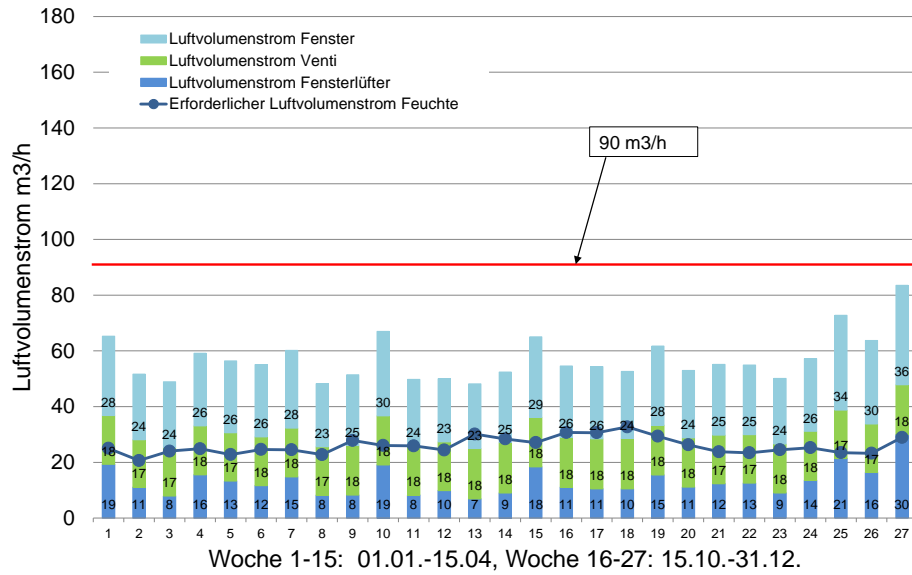
Figur 29: Mittelwert Luftvolumenstrom über Aufsatzelemente, Fenster und Abluftventilatoren



9.1.2 Neue Fenster, Hülle ungedämmt, windstille Richtung

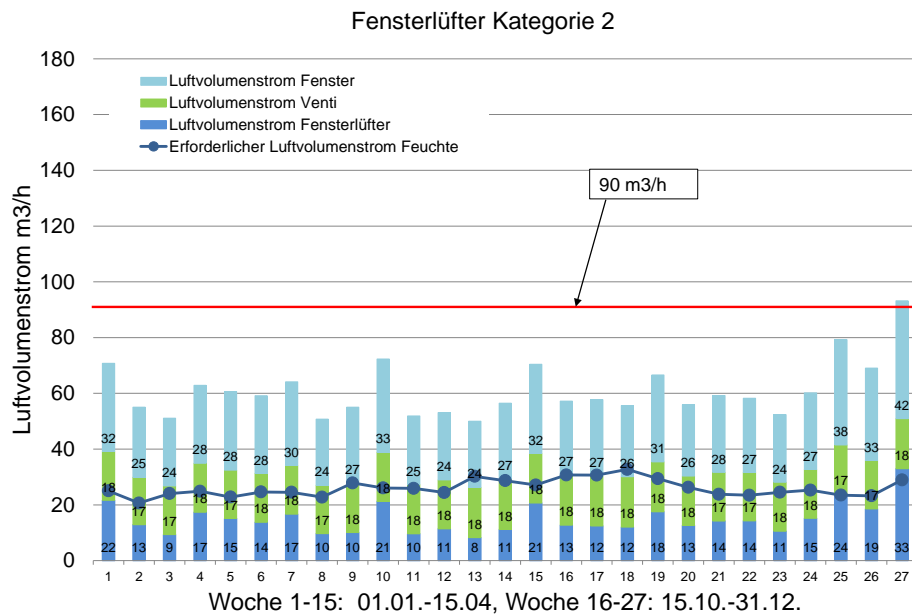
V2.1: Fensterlüfter Kategorie 1 (Falzlüfter)

Figur 30: Mittelwert Luftvolumenstrom über Fensterlüfter, Fenster und Abluftventilatoren
Fensterlüfter Kategorie 1



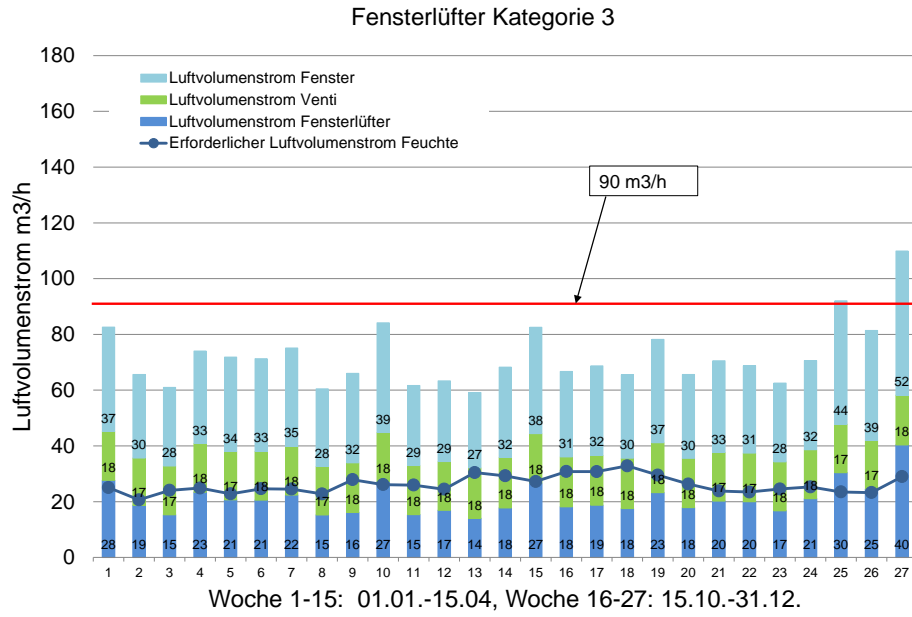
V2.2: Fensterlüfter Kategorie 2 (Aufsatzelemente klein)

Figur 31: Mittelwert Luftvolumenstrom über Aufsatzelemente, Fenster und Abluftventilatoren. Hauptfassade der Wohnung in windstiller Richtung (Südost)



V2.3: Fensterlüfter Kategorie 3 (Aufsatzelemente)

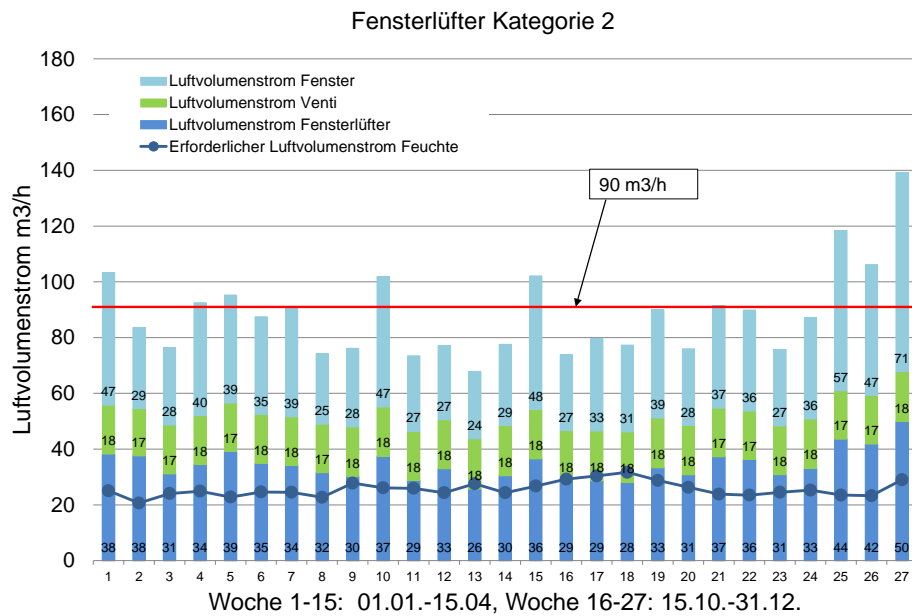
Figur 32: Mittelwert Luftvolumenstrom über Aufsatzelemente, Fenster und Abluftventilatoren



9.1.3 Sensitivität: Neue Fenster, Hülle ungedämmt

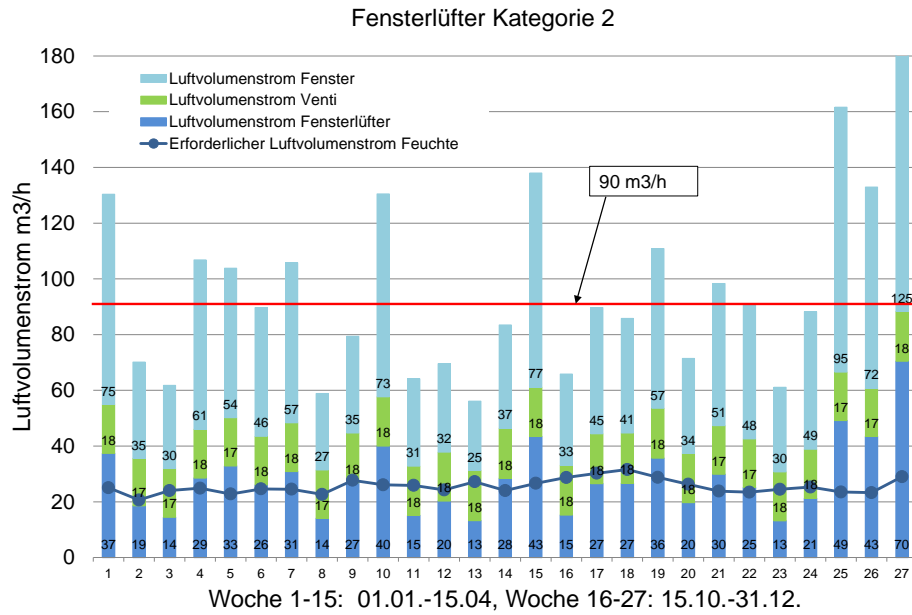
V 3.1: Lage der Wohnung (Stockwerk)

Figur 33: Mittelwert Luftvolumenstrom über kleine Aufsatzelemente, Fenster und Abluftventilatoren, die Wohnung liegt im 3. OG



V3.2: Windexponiertheit

Figur 34: Mittelwert Luftvolumenstrom über kleine Aufsatzelemente, Fenster und Abluftventilatoren, die Wohnung liegt in windexponierter Lage (z. B. freies Feld)



9.2 Randbedingungen Simulationsberechnungen

9.2.1 Simulationsmodell

Das betrachtete Mehrfamilienhaus ist ein Untersuchungsgebäude aus dem derzeit laufenden Projekt ABLEG mit Standort Linthal (Kanton Glarus). Es weist insgesamt 4 Geschosse auf.

Vom Untersuchungsgebäude übernommen werden die Abmessungen, der Fensteranteil und die Orientierung. Nicht übernommen werden die Lage der Wohnung (Etag), die Wetterstation bzw. der Standort und der Dämmstandard.

Tabelle 12: Gemeinsamkeiten und Unterschiede MFH Projekt "ABLEG" und "Fensterlüfter"

	MFH Projekt "ABLEG"	MFH Projekt "Fensterlüfter"
Standort	Linthal (Glarus)	Zürich, Stadt
Orientierung	30° Abweichung von Nord (Balkon nach Südwest ausgerichtet)	a) Balkon nach Südwest ausgerichtet (Hauptwindrichtung im Winter) b) Balkon nach Südost ausgerichtet (windstill im Winter)
Lage der Wohnung (Stockwerk)	3. OG	EG / 3. OG
Bautyp	MFH, Wohnung	Identisch
Bauweise	schwer	Identisch
Dämmstandard opake Flächen	MINERGIE Sanierung	nicht gedämmt / gedämmt
Standard Fenster	2-fach Verglasung, neu	identisch
Fensteranteil (bezogen auf die Fassade)	18%	Identisch
Gebäudetechnik	Fernwärme	identisch

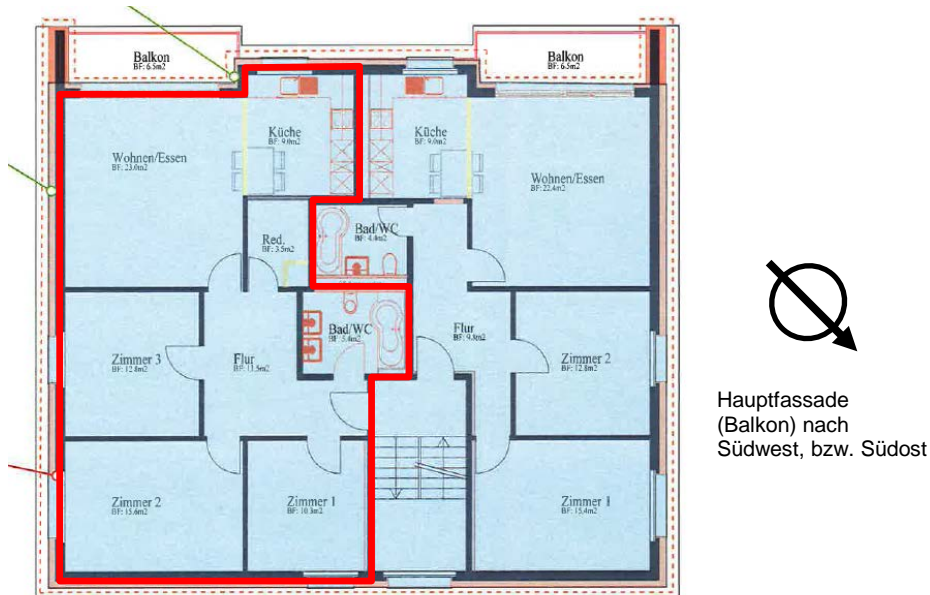
Die Wohnung hat eine Wohnfläche von brutto 91.1 m², netto sind dies 79.0 m². Die lichte Raumhöhe beträgt 2.4 m. Den Grundriss der Wohnung zeigt Figur 35.

Die Zonierung zeigt Figur 37. Es gibt 3 Nutzungsarten der Räume:

- Erschliessung und Bad
- Wohnen und Küche
- Schlafen / Zimmer

Das Simulationsmodell umfasst 8 Zonen (jeder Raum ist eine Zone).

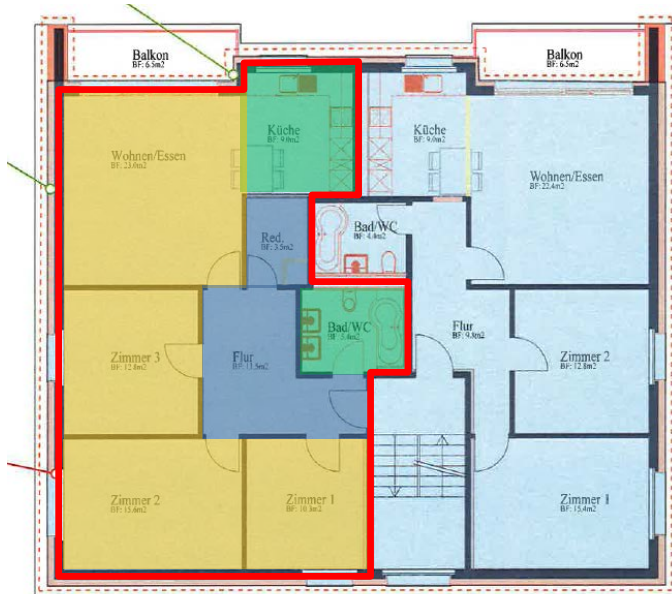
Figur 35 Grundrisse des der Wohnung (rot umrandet die simulierte Wohnung)



Figur 36 Foto der Ostseite des sanierten MFH in Linthal



Figur 37 Zonierung für die Simulation: blau = Verkehrsfläche, grün = Bad und Küche (Abluftzone), orange = Schlafräume und Wohnzimmer



Das Simulationsmodell wird auf der Basis verschiedener Grundlagen erstellt. Diese sind im Einzelnen:

- Minergienachweis inkl. Beilagen des Untersuchungsgebäudes in Linthal (Stand 23.01.2008)
- Diverse physikalische Angaben und Beurteilungen seitens IEBAU
- ESP-r Simulationsprogramm, Universität of Strathclyde, Glasgow, UK, <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>

9.2.2 Bauteile und Randbedingungen

Tabelle 9 fasst die verwendeten Basis-Daten für die Fassadenbauteile zusammen. Die Konstruktionsaufbauten basieren auf dem Minergienachweis. Die opaken Wände sind alternativ ungedämmt oder gedämmt, die Fenster sind ausgetauscht (= neu). Der Dämmstandard der Aussenwände und der Fenster ist gemäss [19] für Neubau/Sanierung definiert.

Figur 38 und die Tabelle 13 fassen die Randbedingungen für die Simulation zusammen. Bei den Trennwänden zur Nachbarwohnung, sowie dem Boden und der Decke wird davon ausgegangen, dass die Temperaturen in den Nachbarwohnungen identisch zur untersuchten Wohnung sind.

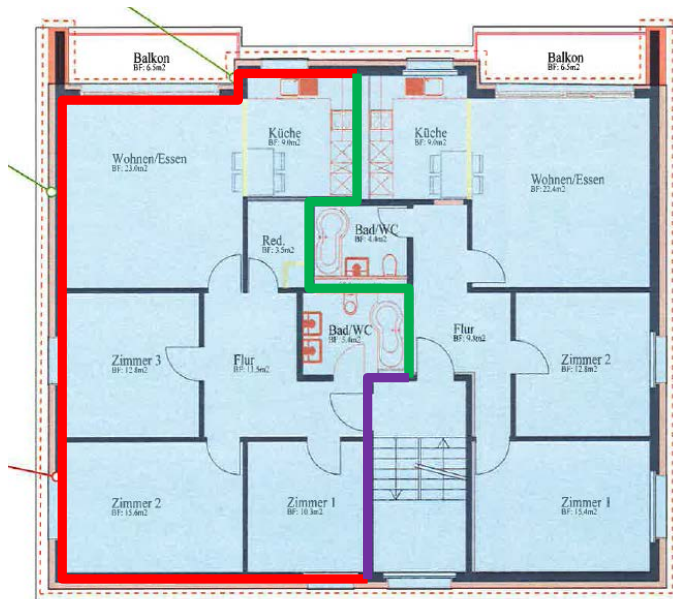
Der Wärmebrückenzuschlag für die Fassade berücksichtigt Anschlüsse, etc. und beträgt bei sanierten Bauteilen 30%, bei unsanierten Bauteilen 15%. Er wird zum U-Wert der jeweiligen Bauteile addiert.

Beispiel U-Wert Aussenwand gedämmt: ohne Wärmebrückenzuschlag 0.17 W/(m²K), mit Wärmebrückenzuschlag: 0.22 W/m²K

Tabelle 13: Bauteilaufbauten, gemäss Minergienachweis (ohne Dämmung).
Die Angaben für die U-Werte verstehen sich jeweils ohne Wärmebrückenzuschlag
* = Aufbau gemäss Abschätzung IEBau

Bauteil	Aufbau	U-Wert [W/(m ² K)]	g-Wert [%]	Randbedingung	Variante
Boden gegen Nachbarwohnung* (von innen nach aussen)	Zementestrich, 6 cm Trittschall, (λ 0.045) 1 cm Beton, 16 cm			gleich wie Nachbar	alle
Decke gegen Nachbarwohnung* (von innen nach aussen)	Beton, 16 cm Trittschall, (λ 0.045) 1 cm Zementestrich, 6 cm			gleich wie Nachbar	alle
Verglasung Fenster	3-fach Verglasung	0.8	64	aussen	alle
Fensterrahmen (Anteil an Fenster ca. 25%)	Kunststoff	1.50		aussen	alle
Aussenwand (ungedämmt) (von innen nach aussen)	Innenputz, 1 cm Durisolmauerwerk, (λ 0.2) 25 cm Aussenputz 1.0 cm	0.69		aussen	V1.1-V1.4, V2.1-V2.3, V3.1-V3.2
Aussenwand (gedämmt) (von innen nach aussen)	Innenputz, 1 cm Durisolmauerwerk, (λ 0.2) 25 cm Mineralfaser (λ 0.04) 18 cm Aussenputz 1.0 cm	0.17		aussen	V4.1-V4.4, V5.1-V5.3
Aussenwand Balkon (ungedämmt) (von innen nach aussen)	Innenputz, 1 cm Durisolmauerwerk, (λ 0.2) 10 cm Aussenputz 1.0 cm	1.44		aussen	V1.1-V1.4, V2.1-V2.3, V3.1-V3.2
Aussenwand Balkon (gedämmt) (von innen nach aussen)	Innenputz, 1 cm Durisolmauerwerk, (λ 0.2) 10 cm Mineralfaser (λ 0.04) 22 cm Aussenputz 1.0 cm	0.17		aussen	V4.1-V4.4, V5.1-V5.3
Innenwände	Innenputz, 1 cm Durisolmauerwerk, (λ 0.2) 10 cm Innenputz, 1 cm	1.38		Unbeheizt (18°C, Treppenhaus), adiabatisch (Nachbarwohnung)	Alle

Figur 38 Randbedingungen für die Simulation
 rot = aussen, grün = adiabot (Wand, Decke, Boden gegen Nachbarwohnung), lila = Treppenhaus, konstant 18°C



Verglasung und Sonnenschutz

Der Verglasungsanteil der Wohnung liegt bei 18% (Bezug Aussenfassade).

Als Verglasung wird eine Dreifachverglasung mit einem U_g -Wert von $0.8 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ und einem g -Wert von ca. 60% eingesetzt. Die Winkelabhängigkeit des g -Wertes wird mit dem Programm WIS 3.1 berechnet. Das Gebäude verfügt über einen aussenliegenden Sonnenschutz (Jalousie). Der Sonnenschutz wird ab einer Strahlungsleistung von $180 \text{ W}/\text{m}^2$ auf die Fassade abgesenkt.

Innenwände

Die Innenwände sind gemauert.

Abgehängte Decken

Es gibt keine abgehängten Decken.

9.2.3 Interne Wärmelasten: Personen, Geräte und elektrische Beleuchtung

Die internen Lasten werden gem. SIA 2024:2006 [15] für die Nutzung Wohnraum / Schlafzimmer (1.1) und Küche (1.2) angenommen.

9.2.4 Externe Wärmelasten: Feststehende Verschattungen

Als externe Verschattungen gibt es den über der Wohnung liegenden Balkon und die Seitenwände des Balkons.

9.2.5 Feuchtelasten

Es werden in der thermischen Simulation keine Feuchtelasten berücksichtigt. Für die Auswertung werden die Feuchtelasten berechnet.

9.2.6 Lüftung

Die Lüftungskonzepte der drei Untersuchungsvarianten (gem. Abschnitt 5.2) sind nachfolgend dargestellt.

Die Zulufttemperatur des Aussenluftwechsels und der Infiltration entspricht immer der Aussentemperatur.

V1-1-V1-3, V2-1-V2-3, V3.1-V3.2 und V4.1-V4.3

Luftwechsel Bestandsgebäude mit dichten Fenstern mit Fensterlüftern (3 Typen) und Abluftanlage, zeitgesteuert in Küche und Bad

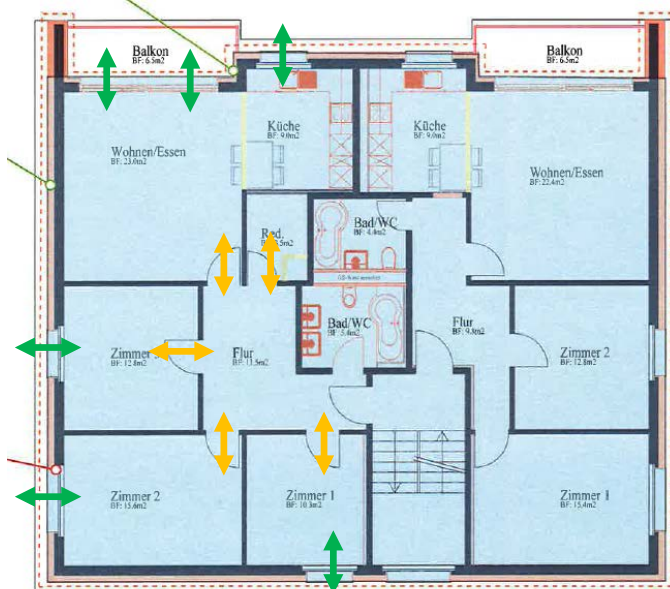
Die Fensterlüfter und 7 mm breite Schlitz unter den Türen werden wie auf Figur 39 dargestellt auf die Fenster und Türen der Wohnung verteilt. Figur 8 (siehe Kapitel 5.1) zeigt die Leistungsdaten der eingesetzten Fensterlüfter. Als Überströmelement wird ein 7 mm [20] breiter Luftspalt unter der Türe vorgesehen. In Küche und Bad befinden sich Abluftventilatoren mit bedarfsgesteuertem Betrieb. Die Laufzeiten sind gemäss Figur 40 festgelegt. Die Luftmengen listet Tabelle 14 auf.

Luftwechsel über Gebäudeundichtigkeiten: Dieser liegt berechnet gem. [18] im Mittel bei 0.02 h^{-1} . Dies deckt sich von der Grössenordnung her mit weiteren Angaben aus der Literatur [11], die für die gleiche Druckdifferenz von 4 Pa mit 0.04 h^{-1} angegeben werden.

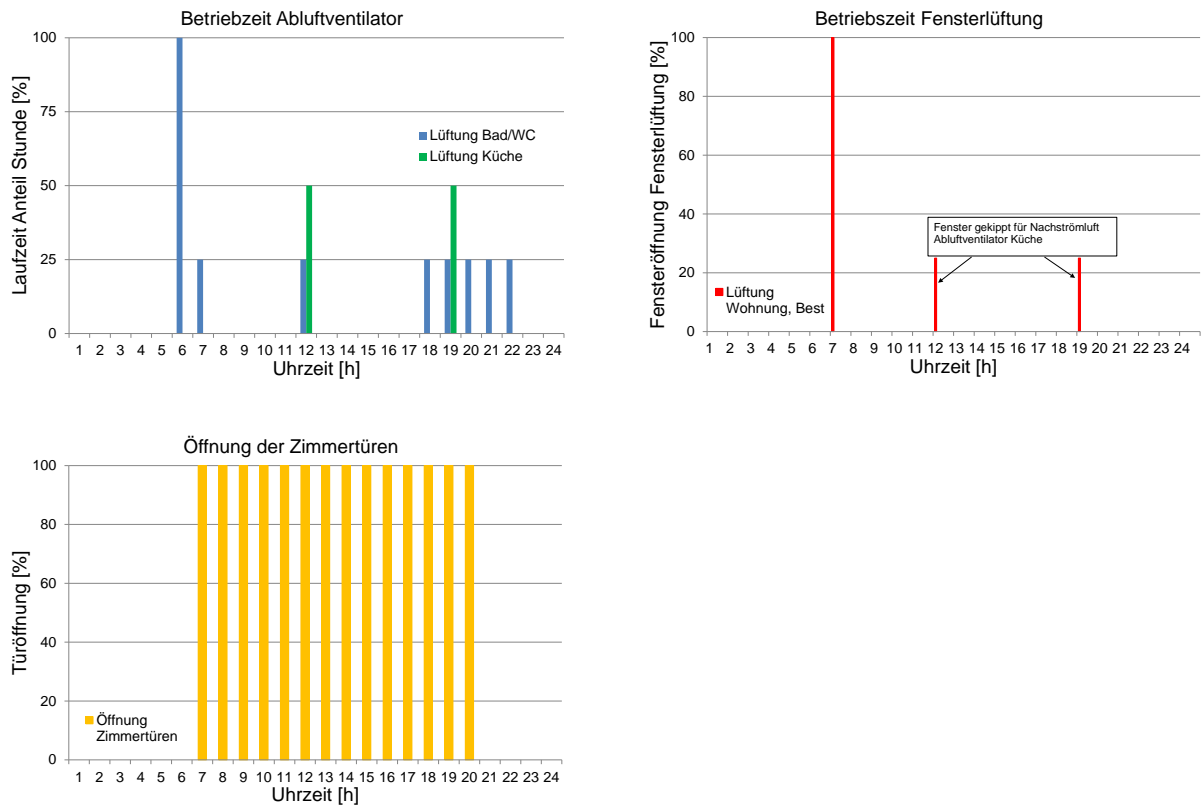
Tabelle 14: Luftmengen entsprechend [5] für den Abluftventilator in Küche und Bad.

Nutzung	Abluftvolumenstrom bei bedarfsgesteuertem Betrieb	Laufzeit in Simulation (gesamt)
	[m ³ /h]	[h]
Küche	300 [20]	0.5
Bad / WC	50	2.75-3.25

Figur 39 Verteilung der Fensterlüfter in der untersuchten Wohnung.
grüne Pfeile: Fensterlüfter
orangene Pfeile: 7 mm breiter Spalt unter der Türe



Figur 40 Zeitverlauf des Betriebes der Abluftventilatoren in Bad/WC und Küche, der Fensterlüftung (Dauer Fensterlüftung morgens: 5 Minuten), sowie der Zimmertüröffnung in der Wohnung.



V1.4 und V4.4 Luftwechsel Bestandsgebäude mit dichten Fenstern und Zu- und Abluftanlage

Für die Vergleichsbasis wird von einem Aussenluftwechsel der Zu- und Abluftanlage von 0.095 h^{-1} ausgegangen

Dieser berechnet sich wie folgt:

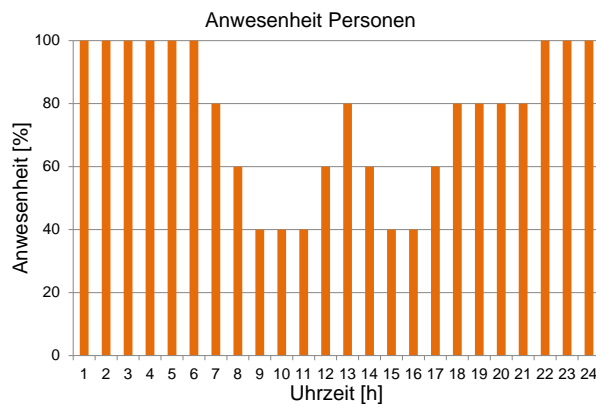
Ausgehend von einer Belegung von 3 Personen ist für eine Auslegung der Anlage von einem minimalen Zuluftstrom von ca. $90 \text{ m}^3/\text{h}$ auszugehen (Zuluft: 3×30 in den Zimmern, Wohnen im Überströmbereich. Abluft: Küche und Bad 2×40 , Reduit 10). Bei einer Nettogrundfläche von 79 m^2 und einer Raumhöhe von 2.4 m hat die Wohnung ein Volumen von 190 m^3 . Es ergibt sich ein Luftwechsel von 0.474 h^{-1} .

Nimmt man einen Wärmerückgewinnungsgrad von 80% an, so liegt der Aussenluftwechsel über die Lüftungsanlage bei 0.095 h^{-1} .

Die Betriebszeiten richten sich nach der Personenanwesenheit gem. SIA 2024 (Figur 41).

Der Luftwechsel über Gebäudeundichtigkeiten liegt berechnet gem. [18] bei 0.02 h^{-1} .

Figur 41 Anwesenheit der Personen



9.2.7 Strömungssimulation

Der Luftwechsel in der Wohnung wird mit einer voll gekoppelten zonalen Strömungssimulation berechnet.

Es gibt damit insgesamt 8 Zonen (Jeder Raum = 1 Zone). Jede dieser Zonen enthält einen thermischen Knoten. Die freie Lüftung über die Zuluft- und Abluftöffnungen ist als Netz-Knoten-Modell abgebildet. Die Zonen untereinander stehen im freien Austausch.

Druckbeiwerte c_p

Die Druckbeiwerte für die Umströmung des Gebäudes können für rechteckige Geometrien dem Simulationsprogramm ESP-r entnommen werden. Es gibt Werte für exponierte, halbexponierte und geschützte Lagen. In der Simulation wird für das Gebäude eine geschützte Lage angenommen. Damit sind die Simulationsergebnisse für die erreichten Luftwechsel über die Fensterlüfter eher auf der sicheren, das heisst tiefen Seite.

Ausflussbeiwerte für Öffnungen (Discharge Coefficient) c_D

In der Literatur wird für Fenster meist ein Wert von 0.6 angegeben. Für Fensterlüfter (= kleine Öffnungen) selber sind keine Werte zu finden. Nimmt man allerdings Angaben, z. B. aus [21], die von der Grösse der Öffnungen abhängig sind, so ist die Tendenz feststellbar, dass bei kleinen Öffnungen (0.04 - 0.019 m²) Werte von 1.0 angegeben werden.

9.2.8 Wärmeabgabe

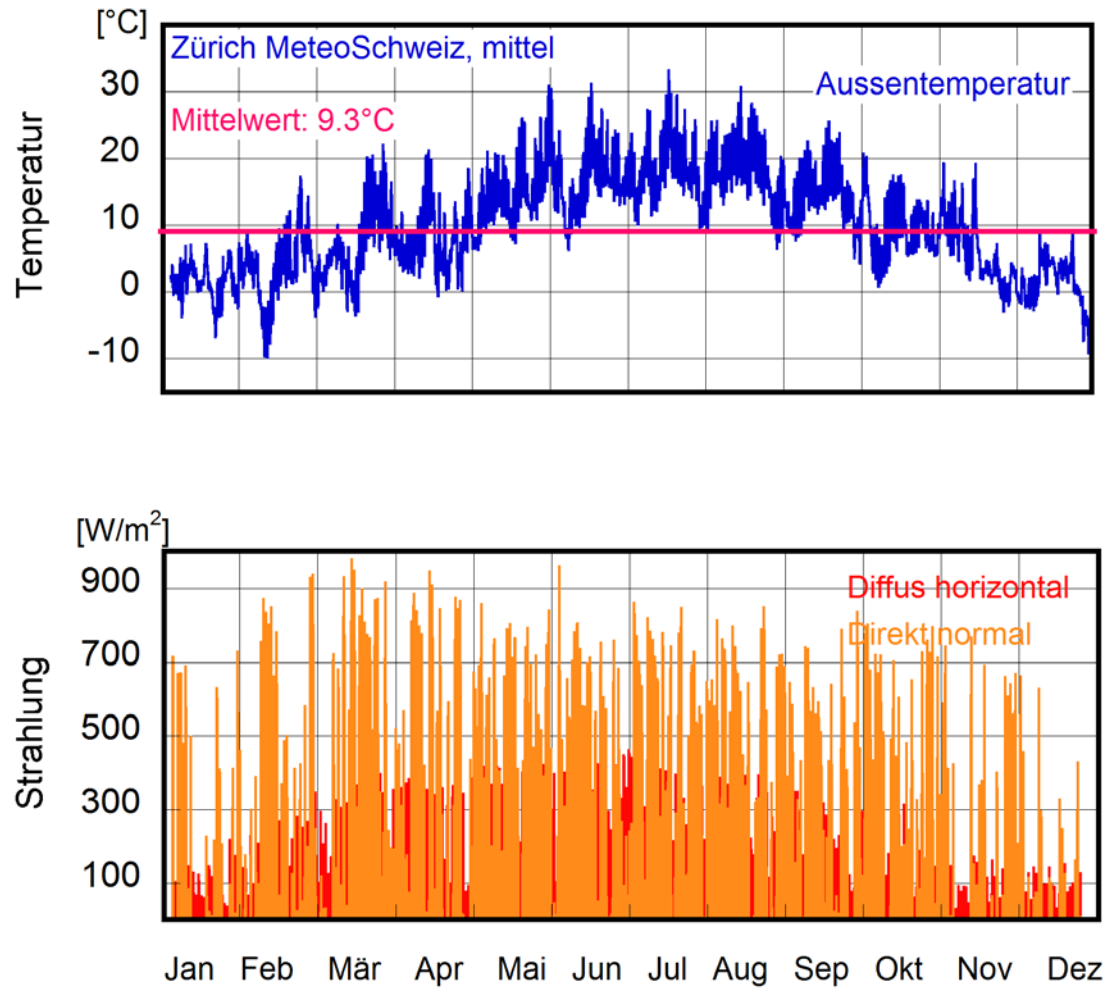
Die Wärmeabgabe wird auf dem Niveau "Nutzenergie" simuliert. Die Wärmeabgabe über die Heizkörper selber wird nicht simuliert. Die Solltemperatur beträgt 20°C.

9.2.9 Klimadaten

Die verwendeten Klimadaten sind das DRY Zürich MeteoSchweiz (Durchschnittsjahr).

Kommentar: Die SIA 2028 sieht für jeden Standort auch ein extrem kaltes und ein extrem warmes Jahr vor. Da es sich um eine Betrachtung des Durchschnittlichen Gebäudeverhaltens handelt, wird das Standard- resp. „mittlere Jahr“ verwendet.

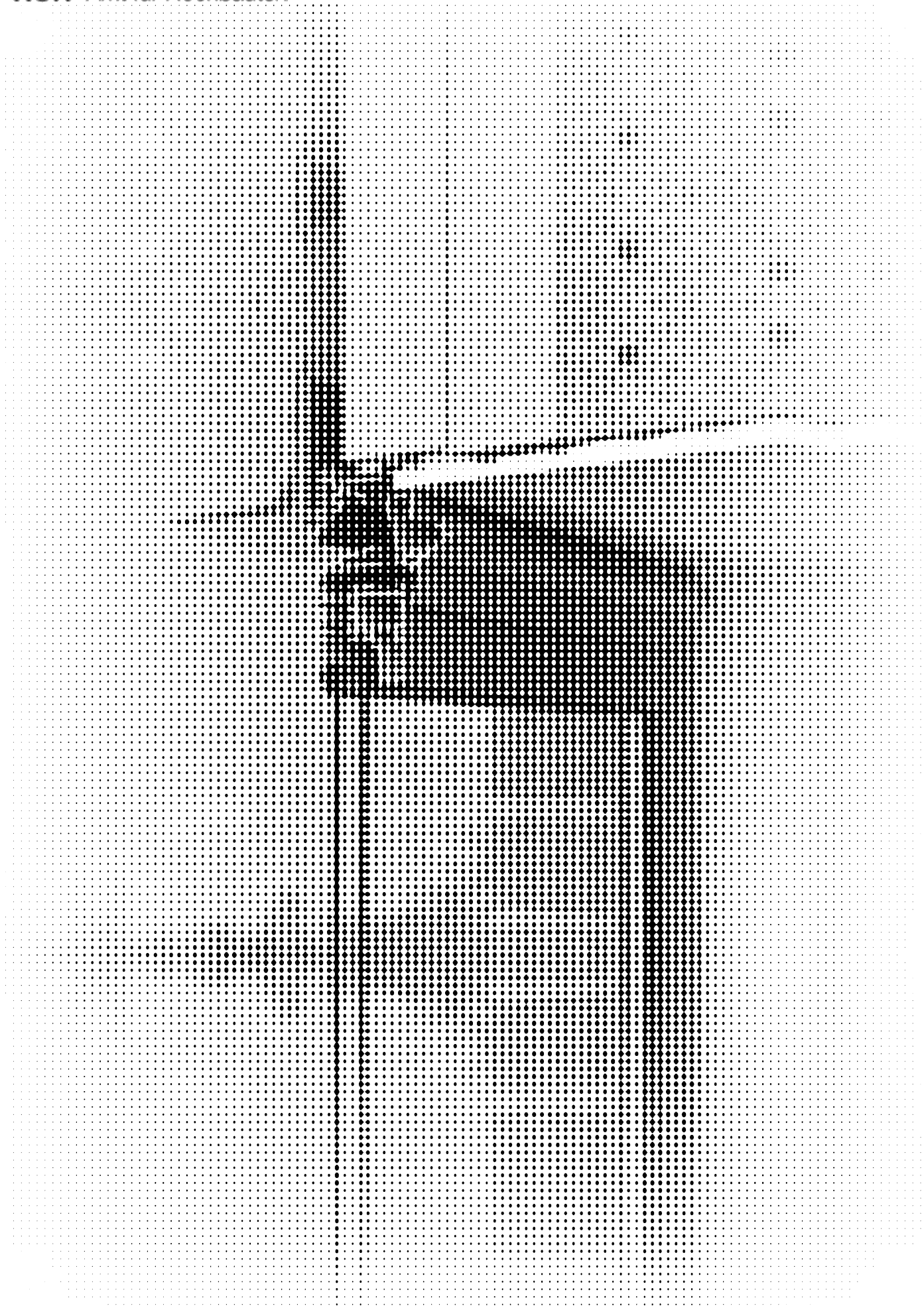
Figur 42 Aussentemperatur, Diffus- und Direktstrahlung für das DRY Zürich MeteoSchweiz, Durchschnittsjahr



10 Anhang: Literaturverzeichnis

- [1] ift Rosenheim, *Fensterlüfter, Teil 1: Leistungseigenschaften*. Rosenheim, 2010, pp. 1–15.
- [2] DIN, *DIN 1946-6:2009-05: Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen - Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung*. Deutschland, 2009, pp. 1–125.
- [3] SIA, *SIA 180: Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden*. Schweiz, 2014, pp. 1–72.
- [4] SIA, *SIA 382/1: Lüftungs- und Klimaanlage - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*. Schweiz, 2014, pp. 1–82.
- [5] SIA, *SIA 2023: Lüftung in Wohnbauten (Merkblatt)*. Schweiz, 2008, pp. 1–56.
- [6] SIA, *SIA 181: Schallschutz im Hochbau*. Schweiz, 2006, pp. 1–68.
- [7] ift Rosenheim, *Fensterlüfter, Teil 2: Empfehlungen für die Umsetzung von Lüftungstechnischen Massnahmen im Wohnungsbau*. Rosenheim, 2010, pp. 1–24.
- [8] K. Schild and W. M. Willems, *Wärmeschutz*. Wiesbaden: Vieweg + Teubner, 2011, pp. 1–301.
- [9] N. Sack, "Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter - Abschlussbericht," Rosenheim, 2010.
- [10] T. Hartmann, D. Reichel, and W. Richter, "Schimmelpilzbedingter Mindestluftwechsel - Ergebnisse einer Studie zur Raumlufqualität," *Bauphysik*, vol. 24, no. 1, pp. 41–44, 2002.
- [11] D. Reichel, *Zur Zuluftsicherung von nahezu fugendichten Gebäuden mittels dezentraler Lüftungseinrichtungen - Dissertation*. Dresden: Technische Universität Dresden, 1999, pp. 1–133.
- [12] T. Hartmann, "Aussenluftdurchlässe in der Wohnungslüftung - Relikt oder Option?," *Gesundheits-Ingenieur*, vol. 131, no. 4, pp. 199–202, 2010.
- [13] V. Dorer and A. Pfeiffer, "Energieeffiziente und bedarfsgerechte Abluftsysteme mit Abwärmenutzung (ENABL), Schlussbericht," Dübendorf, 2002.
- [14] A. Gumpinger, C. Wysoudil, and D. Fuchs, "Mechanische Fensterlüftungsanlagen für die Althaussanierung," Wien, 2010.
- [15] SIA, *SIA 2024: Standard-Nutzungsbedingungen für die Energie- und Gebäudetechnik (Merkblatt)*. Schweiz, 2006, pp. 1–120.
- [16] SIA, *SIA 2028: Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik*. 2008, pp. 1–76.
- [17] H. Huber, "Einfache Abluftanlagen, Teil 2: akustische Auslegung," *HK-Gebäudetechnik*, no. 8, pp. 53–55, 2012.
- [18] H. Künzel, *Wohnungslüftung und Raumklima*, 2. Auflage. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2009, p. 361.
- [19] EnDK, *Mustervorschriften der Kantone im Energiebereich (MuKE), Ausgabe 2014, Entwurf 07.05.2014*. Schweiz, 2014, pp. 1–93.
- [20] Minergie, "Dimensionierungshilfe Komfortlüftung," Bern.

- [21] H. Awbi, *Ventilation of Buildings*, 2nd ed. London, New York: Spon Press, 2003, pp. 1–522.



IMPRESSUM

Auftraggeberin:

Stadt Zürich,
Amt für Hochbauten,
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amtshaus III, Lindenhofstrasse 21
8021 Zürich

Bearbeitung:

Caroline Hoffmann, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz
Caroline.Hoffmann@fhnw.ch

Projektleitung:

Franz Sprecher
Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik,
Amt für Hochbauten

Projektteam:

Prof. Dr. Achim Geissler, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz
Dr. Caroline Hoffmann, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz
Prof. Heinrich Huber, Fachhochschule Nordwestschweiz, Institut Energie am Bau, Muttenz

Quelle für Titelbild: Renson

Download als pdf von
www.stadt-zuerich.ch/egt
-> Projekte realisiert

Zürich, Dezember 2014

Inhaltsverzeichnis

Kurzanleitung zur Verwendung von Fensterlüftern.....	66
Um was geht es?	66
Was sind Fensterlüfter?	66
Normative Hinweise	67
Luftschalldämmung	67
Thermische Simulationen	67
Planungshinweise	69
Literatur.....	70

Kurzanleitung zur Verwendung von Fensterlüftern

Um was geht es?

Dieses Dokument gibt Hinweise zum Einsatz von Fensterlüftern ohne Wärmerückgewinnung (WRG) in Wohnungen, in denen eine Querlüftung möglich ist.

Bei der energetischen Gebäudeerneuerung werden oftmals - wider besseres Wissen - nur die Fenster ausgetauscht. Gibt es keine Abluftanlage, sondern allenfalls eine zeitgesteuerte Entlüftung von Bad und Küche, können mit dichteren Fenstern Feuchtigkeitsprobleme entstehen. Deutlich häufiger tritt der Schimmelpilzbefall in Etagenwohnungen als in Einfamilienhäusern auf. Innerhalb der Wohnung sind Nachtaufenthaltsräume wie Schlaf- und Kinderzimmer am häufigsten von den Schäden betroffen [1].

Kann der Einbau von Fensterlüftern also Abhilfe schaffen? Um dies herauszufinden muss geklärt werden, ob Fensterlüfter alleine den Feuchteschutzluftwechsel gewährleisten können. Weiter ist offen, wie hoch die möglichen Einsparungen einer Zu- und Abluftanlage mit WRG sind, wenn man diese mit Fensterlüftern vergleicht.

Auf den Punkt gebracht: sind Fensterlüfter zu empfehlen? Was ist bei ihrem Einsatz zu beachten?

Was sind Fensterlüfter?

Fensterlüfter sind Lüftungsgeräte oder -elemente, welche in das Fenster integriert sind oder in direktem Zusammenhang mit dem Fenster stehen. Nachfolgende Ausführungen beziehen sich auf Aufsatzelemente und Fensterfalzlüfter. Aufsatzelemente sind in den Blendrahmen integriert oder oberhalb des Glasfalzes angebracht. Fensterfalzlüfter sind in den Fensterfalz integriert.

Figur 1: Unterschiedliche Typen von Fensterlüftern

Aufsatzelement



Quelle: Renson

Aufsatzelement



Quelle: Siegenia Aubi

Aufsatzelement



Quelle: Schüco

Fensterfalzlüfter



Quelle: REGEL-air

Es gibt ein breites Angebot an Fensterlüftern. Die Firmen kommen hauptsächlich aus Deutschland, einige wenige aus Frankreich, Belgien, Lichtenstein und Österreich. Nachfolgende Kurzcharakterisierung basiert auf einer Marktstudie, die 50 Produkte von 20 Herstellern umfasste.

Bei einer Druckdifferenz zwischen 2 und 10 Pa liegt der erreichbare Luftdurchlass von Falzlüftern in der Regel bei Werten zwischen 2 - 6 m³/h. Er ist damit tiefer als jener von Aufsatzelementen, der zwischen 4 - 60 m³/h liegen kann. Bei der in den Simulationen untersuchten Wohnung (siehe Abschnitt 1.5) liegen die im Jahresverlauf am häufigsten auftretenden Druckdifferenzen bei 2 Pa, bzw. 7 Pa.

Wenige Fensterlüfter besitzen einen Filter. Die meisten Fensterlüfter funktionieren nach dem Druckdifferenzprinzip. Empfehlenswert ist hier eine zusätzliche Sturmsicherung, die zu grosse Volumenströme verhindert. Einige wenige Produkte arbeiten feuchtegeführt. Mit einigen Fensterlüftern ist die Nachrüstung vorhandener Fenster möglich. Dies ist dann interessant wenn z. B. nach einem erfolgten Fensteraustausch im Nachhinein Schimmelprobleme auftreten.

Normative Hinweise

Es gibt in der Schweiz keine Norm, die sich speziell auf Fensterlüfter konzentriert. Zum Teil lassen sich Aussagen aus Normen, die sich mit der Wohnungslüftung befassen, auf Fensterlüfter übertragen. Dies trifft auf die folgenden Punkte zu: Fragen zum vorgeschriebenen Mindestluftwechsel für Personen und Feuchteschutz, sowie auf Hinweise zur Gebäudesanierung im Zusammenhang mit Lüftungskomponenten, die sich auf Fensterlüfter übertragen lassen. SIA 180:2014 [2] empfiehlt einen minimalen Aussenvolumenstrom für den Feuchteschutz. Dieser liegt je nach Feuchtlasten für eine Beispielwohnung mit 100 m² Wohnfläche zwischen 0.22 und 0.74 m³/(h·m²). Gerade bei Gebäudesanierungen mit Fensterersatz ist die Gewährleistung eines solchen Minimalluftwechsels sehr sinnvoll.

Fensterlüfter in Kombination mit Abluftanlagen:

In Kombination mit permanent betriebenen Abluftanlagen werden Aussenluftdurchlasselemente (ALD) eingesetzt. Diese befinden sich in der Regel in der Aussenwand der Wohnung. Sollen statt der ALD Fensterlüfter eingesetzt werden, so ist mit dem jeweiligen Hersteller abzuklären, ob sich die Fensterlüfter für diese Funktion eignen.

Werden Fensterlüfter zusammen mit Abluftanlagen oder mit zeitgesteuerten Abluftventilatoren in Küche und Bad eingesetzt, so sind die Abluftanlagen unabhängig von den Fensterlüftern so auszulegen, dass die Empfehlungen für den Druckverlust gem. SIA 2023:2008 [3], Abschnitt 6.3.1 eingehalten werden. Diese Grenzwerte für den Druckverlust gelten nur für die Auslegung der Abluftanlage. Durch die Einwirkung des Windes können sich (ohne Abluftanlage) höhere Druckunterschiede ergeben, die durch eine Sturmsicherung begrenzt werden (können).

Für die Küchenabluft aber auch das Bad ist prinzipiell gesondert für Nachströmluft zu sorgen (siehe Empfehlungen SIA 2023, Abschnitt 4.3.7, ff). Dies muss bei der Auslegung berücksichtigt werden. Mit Fensterlüftern alleine ist diese Problematik in der Regel nicht zu lösen.

Luftschalldämmung

Gemäss [4] wird bei der Bewertung der Luftschalldämmung zwischen Lüftern in Kombination mit einem Fenster (z. B. Falzlüfter) und Aufsatzelementen unterschieden.

Grundsätzlich schwächen Fensterlüfter die Schalldämmung der Aussenwand. Die Anforderungen der SIA 181 [5] und sonstige Schallschutzvorschriften müssen eingehalten werden. Der Einsatz von Fensterlüftern an lärmbelasteten Standorten ist kritisch zu hinterfragen, bzw. frühzeitig mit den entsprechend geeigneten Produkten zu planen.

Achtung: es gibt in einigen Kantonen Subventionen für Schallschutzfenster an lärmbelasteten Strassen. Werden Fensterlüfter eingesetzt, so muss (z. B. im Kanton ZH) messtechnisch oder über ein Prüfzeugnis nachgewiesen werden, dass die Anforderungen an die Schalldämmung des Fensters auch mit Fensterlüfter eingehalten werden.

Thermische Simulationen

Einige Erkenntnisse wurden anhand von thermischen Simulationen gewonnen. Die Rahmenbedingungen für die thermischen Simulationen finden sich in der Infobox.

Feuchteschutzluftwechsel

Fensterlüfter können selten alleine den Feuchteschutzluftwechsel garantieren. In Kombination mit Abluftventilatoren in Küche und Bad ist eine Deckung möglich, allerdings müssen Fensterlüfter mit einem genügend grossen Luftdurchlass (z. B. bei 2 Pa 14.5 m³/h) eingesetzt werden. Hier entsteht ein Konflikt mit dem thermischen Komfort (es sei denn, es werden pro Raum z. B. mehrere kleine Falzlüfter eingesetzt).

In Erdgeschosswohnungen im städtischen Kontext (z. B. Hofsituation) ist der Einsatz kritisch zu hinterfragen, da hier selbst Fensterlüfter mit einem grossen Luftdurchlass und Abluftventilatoren in Bad und Küche den Feuchteschutzluftwechsel nicht decken.

Anders sieht es aus, wenn die Wohnung in einer höheren Etage liegt oder wenn das Gebäude in windexponierter Lage (z. B. auf dem freien Feld) steht. Der Luftwechsel erhöht sich hier im Vergleich zur Erdgeschosswohnung deutlich (100 - 60%). Hier können auch Fensterlüfter mit einem mittleren Luftdurchlass (z. B. bei 2 Pa 6.8 m³/h) zusammen mit Abluftventilatoren den Feuchteschutzluftwechsel gewährleisten.

Voraussetzungen für ein Funktionieren der Fensterlüfter sind eine Querlüftung innerhalb der Wohnung und tagsüber geöffnete Zimmertüren. Ein weiterer Grund spricht für geöffnete Zimmertüren: Oberflächennahe Schichten der Bauteile speichern einen Teil der Feuchtelast, welche z. B. nachts im Schlafzimmer abgegeben wird, über Sorption ein. Entleeren sich die "Feuchtespeicher" nun im Tagesverlauf, sollte sich die Feuchte innerhalb der Wohnung verteilen können um schlussendlich abgeführt zu werden. Aus diesem Grund sind tagsüber geöffnete Zimmertüren (ausser bei Bad und Küche) auch für die Feuchteabfuhr erforderlich.

Hygienischer Luftwechsel:

Der hygienische Luftwechsel ist nur in höher gelegenen Etagen mit Fensterlüftern mit mittlerem Luftdurchlass (z. B. bei 2 Pa 6.8 m³/h) zusammen mit der Fensterlüftung und den Abluftventilatoren gesichert.

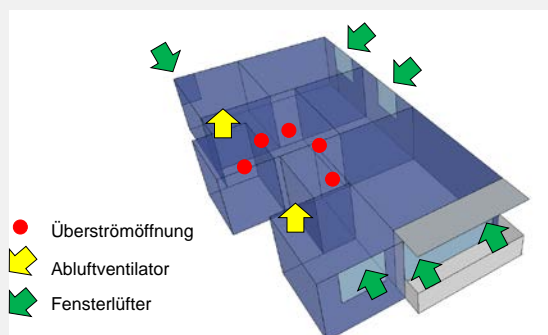
Heizwärmebedarf:

Wird statt der Fensterlüfter eine Zu- und Abluftanlage mit WRG eingesetzt, so lassen sich beim ungedämmten Gebäude rund 20% einsparen, beim gedämmten Gebäude sogar knapp 60%.

Ein weiterer Vorteil einer Zu- und Abluftanlage mit WRG ist, dass auch der Hygieneluftwechsel erfüllt wird (dies ist mit keiner der Fensterlüfter Kategorien nutzerunabhängig möglich). Nachteilig sind höhere Investitionen sowie der Platzbedarf und die baulichen Eingriffe bei Erneuerungen.

Infobox: Randbedingungen thermische Simulationen

Ziel der Simulationen ist es, anhand von einer typischen Wohnung in einem Mehrfamilienhaus (MFH) die Wirkung von Fensterlüftern zu untersuchen. Dabei wird von einem ungedämmten Gebäude ausgegangen, in welches als Sanierungsmassnahme neue, dichte Fenster eingebaut werden. Es werden drei Typen von Fensterlüftern mit unterschiedlichen Luftwechseln untersucht. Das Lüftungskonzept der Wohnung setzt sich aus den Fensterlüftern (pro Fenster ein Fensterlüfter) als permanente Zuluftöffnung, einer morgendlichen 5-minütigen Stosslüftung über die Fenster, sowie Abluftventilatoren in Küche und Bad (zeitweise betrieben) zusammen. Tagsüber sind die Zimmertüren geöffnet, nachts bei geschlossenen Türen stehen 7 mm breite Schlitze als Überströmöffnungen unter den Türen zur Verfügung. Um mit den Ergebnissen auf der sicheren, d.h. ungünstigen Seite zu sein, wird eine Wohnung im EG in windgeschützter Lage (städtischer Bebauungskontext) untersucht. Die Hauptfassade ist zur windstarken Seite (Südwest) orientiert.



Der über die Fensterlüfter erzeugte Luftwechsel wird mit dem theoretisch erforderlichen Feuchteschutzluftwechsel gem. SIA 180:2014 auf Tagesbasis verglichen.

Planungshinweise

Wann können Fensterlüfter eingesetzt werden?

Für die Planung, Auslegung und Dimensionierung von Fensterlüftern ist ein Fachplaner hinzuzuziehen. Die Eignung der Wohnung und die Platzierung der Fensterlüfter müssen sorgfältig untersucht werden. Die nachfolgenden Hinweise geben Tendenzen an und ersetzen keine qualifizierte Fachplanung.

- Die Wohnung muss eine Querlüftung ermöglichen
- Die Räume der Wohnung dürfen nicht zu tief sein $L/H \leq 5.0$ [6]
- Fensterlüfter im EG, noch dazu im städtischen Bebauungskontext, sind kritisch zu hinterfragen
- Pro Raum ist mindestens ein Fensterlüfter vorzusehen.
- Es müssen Unterströmöffnungen vorgesehen werden, tagsüber müssen die Zimmertüren offen stehen.
- Mit zunehmender Höhenlage der Wohnung (Stockwerk) und / oder Windexponiertheit nimmt der Luftwechsel über die Fensterlüfter zu.
- Für Wärmebrücken müssen weiterhin die in der SIA 180:2014 vorgegebenen f_{Rsi} -Werte eingehalten werden. Die Fensterlüfter entbinden nicht von der Pflicht, Wärmebrücken (bei allfälligen Umbaumaßnahmen) bauphysikalisch korrekt zu lösen!
- Die Nachströmung der Luft für die Abluftventilatoren in Küche und Bad muss gewährleistet sein.
- Der Einsatz von Fensterlüftern an lärmbelasteten Standorten ist eher heikel.

Wo sollen Fensterlüfter platziert werden?

Nachfolgend sind Hinweise, die für ALD zusammengestellt wurden, zusammengefasst. Übertragen gelten sie auch für Fensterlüfter

- Vorteilhaft ist es, wenn der Luftstrahl als "Wandstrahl" zunächst wandparallel gelenkt wird [7], [8]
- Mehrere kleine ALD sind vorteilhafter als wenige grosse [7]
- Gut ist es, wenn sich ein Heizkörper unterhalb des ALD (= bessere Durchmischung der Luft) befindet. Dies gilt aber nur bei wandparalleler Lenkung des Luftstrahls, [7], [8]
- Befindet sich das ALD hinter Gardinen, so wird die kühle Luft zunächst an den Boden umgelenkt [8]
- Es ist sinnvoll die ALD möglichst weit weg von Aufenthaltszonen zu platzieren [8]

Literatur

Die Grundlagen für diese Kurzanleitung wurden im folgenden Endbericht erarbeitet:

C. Hoffmann, "Fensterlüfter - Literaturstudie, Marktstudie und thermische Simulationen", Fachstelle Energie- und Gebäudetechnik, Amt für Hochbauten, Stadt Zürich, Dezember 2015.

Weitere Literaturquellen:

- [1] T. Hartmann, D. Reichel, and W. Richter, "Schimmelpilzbedingter Mindestluftwechsel - Ergebnisse einer Studie zur Raumluftqualität," *Bauphysik*, vol. 24, no. 1, pp. 41–44, 2002.
- [2] SIA, *SIA 180: Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden*. Schweiz, 2014, pp. 1–72.
- [3] SIA, *SIA 2023: Lüftung in Wohnbauten (Merkblatt)*. Schweiz, 2008, pp. 1–56.
- [4] ift Rosenheim, *Fensterlüfter, Teil 1: Leistungseigenschaften*. Rosenheim, 2010, pp. 1–15.
- [5] SIA, *SIA 181: Schallschutz im Hochbau*. Schweiz, 2006, pp. 1–68.
- [6] SIA, *SIA 382/1: Lüftungs- und Klimaanlage - Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*. Schweiz, 2014, pp. 1–82.
- [7] D. Reichel, *Zur Zuluftsicherung von nahezu fugendichten Gebäuden mittels dezentraler Lüftungseinrichtungen - Dissertation*. Dresden: Technische Universität Dresden, 1999, pp. 1–133.
- [8] V. Dorer and A. Pfeiffer, "Energieeffiziente und bedarfsgerechte Abluftsysteme mit Abwärmenutzung (ENABL), Schlussbericht," Dübendorf, 2002.