

3

37. Jahrgang  
Juni 2015, S. 169–178  
ISSN 0171-5445  
A 1879

Sonderdruck

# Bauphysik

Wärme | Feuchte | Schall | Brand | Licht | Energie



## Fensterlüfter in der Gebäudesanierung

Caroline Hoffmann  
Achim Geissler  
Heinrich Huber

 **Ernst & Sohn**  
A Wiley Brand

 **n|w** Fachhochschule Nordwestschweiz  
Hochschule für Architektur, Bau und Geomatik

# Fensterlüfter in der Gebäudesanierung

Bei der energetischen Gebäudeerneuerung werden oftmals nur die Fenster ausgetauscht. Wird keine mechanische Lüftungsanlage eingebaut, die einen kontinuierlichen Luftaustausch gewährleistet, können mit dichteren Fenstern Feuchtigkeitsprobleme entstehen. Abhilfe wäre mit dem Einbau von Fensterlüftern möglich. Dabei entsteht einerseits die Frage, ob diese allein in der Lage sind, den Feuchteschutzluftwechsel zu gewährleisten. Andererseits ist ungeklärt, wie hoch die möglichen Einsparungen sind, wenn man die Fensterlüfter mit einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG) vergleicht. Der Aufsatz behandelt Fensterlüfter ohne WRG in querbelüfteten Wohnungen. Thermische Simulationen einer typischen Wohnung im Mehrfamilienhaus zeigen, dass der Feuchteschutzluftwechsel allein mit Fensterlüftern nur schwer zu gewährleisten ist. In Kombination mit einer zeitgesteuerten Bedarfslüftung in Küche und Bad ist eine Deckung möglich. Allerdings müssen Fensterlüfter mit einem genügend großen Luftdurchlass eingesetzt werden (ca. 15 m<sup>3</sup>/h bei 2 Pa). Wird statt der Fensterlüfter eine Zu- und Abluftanlage mit WRG eingesetzt, so lassen sich beim ungedämmten Gebäude rund 20 % Heizenergie einsparen, beim gedämmten Gebäude sogar knapp 60 %.

## Passive window ventilation openings for building refurbishment.

*A thorough building refurbishment generally includes window replacement and thermal insulation of the opaque building envelope. However, quite often only a window replacement is done and the building envelope is left uninsulated. If there is no mechanical ventilation system installed which ensures continuous air exchange, new airtight windows usually lead to a reduced infiltration air exchanged and subsequently there may be moisture damage. A possible solution could be the integration of passive window ventilation openings (PWVO). This raises two questions: Firstly, can PWVOs guarantee the necessary ventilation rate to avoid moisture damage? Secondly, how do PWVOs compare to a ventilation system with heat recovery in terms of heating demand? This Article deals with passive window ventilation openings without heat recovery in flats with cross ventilation. Based on transient building simulation of a typical dwelling unit it is shown that the PWVOs by themselves cannot guarantee a sufficient ventilation rate for moisture control. With additional exhaust fans in the kitchen and bathroom(s) the required ventilation rate can be achieved. However, PWVOs with high air flow rates (approx. 15 m<sup>3</sup>/h at 2 Pa) must be used. Compared to PWVOs the installation of a ventilation system with heat recovery leads to energy savings of approx. 20 % in an uninsulated building. In a building where the building envelope has also been insulated, the savings would be approx. 60 %.*

## 1 Einleitung

### 1.1 Projektkontext und Fragestellungen

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 [1]. Häufig betroffen sind Altbauten mit erneuerten Fenstern ohne Dämmung der Außenwand. Dabei tritt der Schimmelpilzbefall deutlich häufiger in Etagenwohnungen als in Einfamilienhäusern auf. Innerhalb der Wohnung sind Nachtaufenthaltsräume wie Schlaf- und Kinderzimmer am häufigsten von den Schäden betroffen. Da der Schimmel oftmals mit den neuen, dichteren Fenstern in Verbindung gebracht wird, liegt die Idee nahe, bei einem Fensteraustausch die neuen Fenster gezielt undicht zu machen. Dies ist – neben der durchaus angewandten „Methode“, vorhandene Dichtungen in den neuen Fenstern zu entfernen – über sogenannte Fensterlüfter möglich. Es gibt Fensterrahmen am Markt, in welche die Fensterlüfter direkt integriert sind, einige Produkte lassen sich aber auch nachrüsten. Da die Fensterlüfter auch in Wohnungen ohne Abluftanlage eingesetzt werden, stellen sich in der Beratung zwei wesentliche Fragen:

- Wie hoch ist der Luftwechsel, der mit Fensterlüftern in einer Wohnung mit Querlüftung erreicht werden kann? Kann der Feuchteschutzluftwechsel gewährleistet werden?
- Wie hoch sind die möglichen Energieeinsparungen durch eine Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung (WRG), wenn man diese mit Fensterlüftern vergleicht?

Der vorliegende Aufsatz fasst die Erkenntnisse aus einem Forschungsprojekt zusammen, das im Auftrag der Stadt Zürich (CH) durchgeführt wurde. Der zweite Abschnitt klärt zunächst die Anforderungen durch Normen, welche an den Feuchteschutzluftwechsel, aber auch an die Fensterlüfter selbst gestellt werden. Im dritten Abschnitt werden mögliche Produkte und ihre Eigenschaften beschrieben. Der vierte Abschnitt zeigt auf, wie am Beispiel einer typischen Bestandswohnung mit Querlüftung mittels thermischen Simulationen mit zonaler Strömungssimulation der resultierende Luftwechsel untersucht wurde. Abschließend werden Hinweise aus den Simulationen für den praktischen Einsatz von Fensterlüftern gegeben.

## 1.2 Definitionen

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

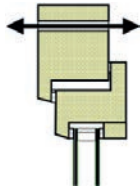
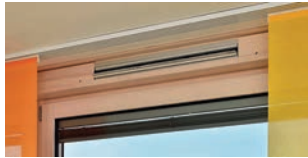
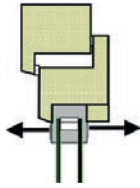

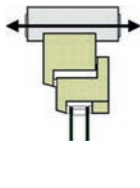

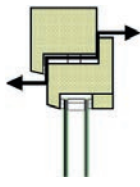

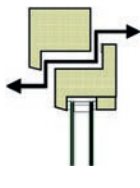

Im Weiteren werden ausschließlich Lüftungskonzepte behandelt, die nur auf Fensterlüftern oder auf der Kombination von Fensterlüftern mit einer zeitgesteuerten Bedarfslüftung über Abluftventilatoren in Küche und Bad basieren.

## 1.3 Literaturübersicht

Es gibt nur wenige Literaturquellen, die sich explizit mit Fensterlüftern oder ALD befassen.

- Informationen zur Beschaffenheit, Auslegung und Platzierung von Fensterlüftern werden in [3] und [4] gegeben. Planungshinweise für ALD finden sich in [5] und [6], es wird aufgezeigt, dass eine luftdichte Außenhülle die Regelbarkeit der ALD erhöht.
- In [7] wird das Verhalten von ALD mittels Simulationen und Messungen untersucht, ferner werden Befragungsergebnisse zur Nutzerakzeptanz von ALD vorgestellt.
- Die Auswirkung von ALD auf den thermischen Komfort werden in [7] und [8] untersucht. Die Erkenntnisse sind auf Fensterlüfter übertragbar. Es werden vorteilhafte und ungünstige Positionen von ALD ausgewiesen.
- Berechnungsbeispiele zur Luftschalldämmung finden sich für SIA 181 in [9] und für DIN 4109 in [3].
- Den Endenergiebedarf unterschiedlicher Lüftungslösungen gemäß DIN 1946-6 (eine davon auch mit einer Abluftanlage und ALD) vergleicht [4].

Tabelle 1. Definitionen zum Begriff Fensterlüfter, Definitionen und Prinzipzeichnungen entnommen aus [2]  
Table 1. Passive window ventilation opening: Definitions and schematic diagrams taken from [2]

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 AG
	oder welches direkt an den Blendrahmen des Fensters (seitlich, oben oder unten) montiert werden kann.“		 Quelle: Schüco International KG
Fensterfalzlüfter	„Lüftungsgerät oder -element, welches im Fensterfalz integriert ist und/oder den Fensterfalz als Lüftungsweg nutzt.“		 Quelle: REGEL-air (INNOPERFORM GmbH)
Beschlagsgeregelter Lüfter	„Lüftungsgerät oder -element, welches durch die Ausführung des Fensterfalzes in Kombination mit dem Fensterbeschlag die Lüftungseigenschaft erreicht und manuell oder motorisch betrieben ist.“		 Quelle: WERU AG

## 2 Normative Anforderungen an Fensterlüfter und den Feuchteschutzluftwechsel

### 2.1 Fragestellungen

Der nachfolgende Überblick konzentriert sich primär auf die Schweiz und sekundär auf Deutschland. Im Zusammenhang mit Fensterlüftern interessieren folgende Fragen:

1. Gibt es Angaben zu einem Mindestluftwechsel, welcher bauphysikalische Feuchteschäden (Schimmel) verhindert?
2. Wie hoch ist der empfohlene Mindestluftwechsel für Personen?

3. Gibt es im Zusammenhang mit Lüftungskomponenten Vorschriften für die energetische Gebäudeerneuerung, die sich auf Fensterlüfter übertragen lassen?

### 2.2 Schweiz

In der Schweiz gibt es keine Norm, in der es explizit um Fensterlüfter geht. Allerdings gibt es Normen und Empfehlungen, die auf die Belüftung von Gebäuden/Wohnbauten abzielen und für Fensterlüfter relevant sind. Tabelle 2 fasst Anforderungen aus diesen Normen an Außenluftvolumenströme zusammen.

*Tabelle 2. Wesentliche Angaben zur Lüftung aus den Schweizer Normen und dem SIA Merkblatt 2023 [6] in Bezug auf Wohnen. Einige Angaben beziehen sich auf eine Beispielwohnung mit Standort Zürich. Diese hat eine NGF (Nettogeschossfläche, Definition siehe [12]) von 100 m<sup>2</sup> und eine Raumhöhe von 2,5 m. Der f<sub>Rsi</sub>-Wert liegt bei 0,75. Die niedrige Feuchteproduktion liegt bei 2 g/h·m<sup>2</sup>, die mittlere Feuchteproduktion liegt bei 4,0 g/h·m<sup>2</sup>. Dies sind keine normativen Werte. P – Person*  
*Table 2. Facts and figures on ventilation based on the Swiss building regulations and SIA Merkblatt 2023 on residential ventilation from the Swiss Society of Engineers and Architects (available in French, German and Italian). Some of the data relate to a demonstration apartment located in Zurich. This apartment has a net floor area (NGF, Nettogeschossfläche, definition according to [12]) of 100 m<sup>2</sup> and a ceiling height of 2.5 m. The f<sub>Rsi</sub> value is 0.75. Low moisture production is 2 g/h·m<sup>2</sup>, medium moisture production is 4.0 g/h·m<sup>2</sup>. These are not normative values. P – Person*

	Einheit	SIA 180:2014 [16]	SIA 382/1:2014 [17]	SIA 2023:2008 [6]
Minimaler Außenluftvolumenstrom <sup>1</sup> Personen	m <sup>3</sup> /(h · P)	Abhängig von Verunreinigungsquelle	15 (Minimum bei tiefen oder hohen Aussentemperaturen) 30 (Wohn- und Schlafräume tagsüber)	15 (Minimum, Schlafräume) 30 (üblicher Wert)
Minimaler Außenluftvolumenstrom Hygiene	m <sup>3</sup> /(h · m <sup>2</sup> )		0,5	0,5
Minimaler Außenluftvolumenstrom Feuchte Beispielwohnung Zürich	m <sup>3</sup> /(h · m <sup>2</sup> )	0,22 – 0,74 (niedrige Feuchteproduktion) 0,44 – 1,50 (mittlere Feuchteproduktion)		
Maßgabe für Außenluftvolumenstrom	–	größte Verunreinigungsquelle	größte Verunreinigungsquelle	größte Verunreinigungsquelle
Abluftvolumenstrom Küche	m <sup>3</sup> /h		40 (kontinuierlicher Betrieb) 150–600 (bedarfsgesteuerter Betrieb)	40 (kontinuierlicher Betrieb) 150 (bedarfsgesteuerter Betrieb)
Abluftvolumenstrom Bad/WC	m <sup>3</sup> /h		≥ 40/10–20 (kontinuierlicher Betrieb) ≥ 50/30 (bedarfsgesteuerter Betrieb)	40/20 (kontinuierlicher Betrieb) 50/50 (bedarfsgesteuerter Betrieb)
Fensterlüfter erwähnt?	–	nein	nein	nein, aber ALD
Besonderheiten	–	Für jedes Projekt muss es ein Lüftungskonzept geben. Dies kann frei oder ventilatorgestützt sein. Das Lüftungskonzept darf keine permanente, spaltweise Öffnung der Fenster im Winter vorsehen.	Die Fensterlüftung ist nicht zulässig, wenn z. B. die Lärm- und Schadstoffbelastung außen zu hoch ist (vielfahrene Straßen). Definition von minimalen Werten für das Verhältnis von Raumtiefe L zu Raumhöhe H als Voraussetzung für Fensterlüftung. einseitige Lüftung: L/H ≤ 2,5/ Querlüftung: L/H ≤ 5,0	Angaben zu ALD sind teilweise auf Fensterlüfter zu übertragen. Luftführung muss bei geschlossenen Zimmertüren funktionieren. Für tiefe Räume und ALD gelten als Voraussetzung die Werte für Raumtiefe zu Raumhöhe gem. SIA 382/1:2014 Beim Einsatz einfacher Abluftanlagen sollte das Gebäude eine hohe Luftdichtigkeit aufweisen, damit die Zuluft hauptsächlich über die ALD in das Gebäude gelangt.

<sup>1</sup> Die Bezugstemperatur ist nicht genannt, wir gehen von Raumlufttemperatur aus.

Bezüglich Schallschutz gibt SIA 181 [10] vor, dass „bei der bauakustischen Dimensionierung von Aussenbauteilen (...) neben Wand- und Fensterbauteilen auch mögliche Schwachstellen für die Schalldämmung wie (...) Zu- und Abluftöffnungen (...) zu berücksichtigen (sind).“ Dies trifft also klar auf Fensterlüfter zu. Es werden Hinweise zur Berechnung gegeben. Ein Berechnungsbeispiel für ALD unter Anwendung der Norm findet sich in [9].

### 2.3 Deutschland

Auch in Deutschland gibt es keine Norm, die sich speziell mit Fensterlüftern befasst. In DIN 1946-6:2009-05 [11] werden Hinweise zur Lüftung von Wohnbauten gegeben. Bezogen auf die Thematik des Artikels interessant sind die Einführung eines Feuchteschutzluftwechsels und Hinweise zur Gebäudesanierung.

Es gibt zwei ift-Richtlinien (ohne normativen Charakter) zum Thema Fensterlüfter.

- ift-Richtlinie LU-01/1 [2]:

Teil 1 der Richtlinie legt Verfahren zur Bestimmung der Leistungseigenschaften von Fensterlüftern fest.

- ift-Richtlinie LU-02/1 [3]:

In Teil 2 werden Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter gegeben. 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. Weiter werden Hinweise zur vereinfachten Auslegung der Fensterlüfter bei Querlüftung als Feuchteschutzlüftung und allgemeine Planungshinweise gegeben.

### 2.4 Vergleich der Anforderungen zum Feuchteschutzluftwechsel Schweiz und Deutschland

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 sanierte bzw. unsanierte Beispielwohnung mit  $100 \text{ m}^2$  NGF (Definition gem. [12]) nach DIN 1946-6 mit  $0,38$  bzw.  $0,5 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  in der unteren Hälfte des nach SIA 180:2014 mit  $0,22$  bis  $0,74 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  angegebenen anzustrebenden Bereichs. Die Werte sind jeweils auf die NGF bzw. das Nettovolumen bezogen. Gerade bei Gebäudesanierungen mit Fensterersatz ist die Gewährleistung eines solchen Minimalluftwechsels sehr sinnvoll.

## 3 Marktstudie

### 3.1 Übersicht

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

Als Typ kommen am häufigsten Aufsatzelemente (27 Produkte) und Falzlüfter (10 Produkte) vor. Wenige Fensterlüfter besitzen einen Filter. In diesem Fall ist kein spezieller Wartungsrythmus vorzusehen. Die meisten Fensterlüfter funktionieren nach dem Druckdifferenzprinzip. Meist vorhanden und empfehlenswert ist eine zusätzliche Sturmsicherung, die zu große Volumenströme verhin-

dert. 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. Nur zwei Hersteller von Aufsatzelementen geben für ihre Produkte U-Werte an. Sie liegen zwischen  $0,25$  und  $0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$ .

Zu den zentralen Aspekten des erzielbaren Luftvolumenstroms und den schalltechnischen Eigenschaften ist folgend eine kurze Übersicht zusammengefasst. Die angegebenen technischen Daten sind den Herstellerangaben entnommen.

### 3.2 Leistungsdaten Luftwechsel

Bei einer Druckdifferenz zwischen  $2$  und  $10 \text{ Pa}$  liegt der mit Falzlüftern erreichbare Luftdurchlass in der Regel bei Werten zwischen  $2$  bis  $6 \text{ m}^3/\text{h}$  (Bild 1). Deutlich höher liegt der erreichbare Luftdurchlass bei Aufsatzelementen: nämlich zwischen  $4$  bis  $60 \text{ m}^3/\text{h}$  (s. Bild 2: Leistungsdaten Aufsatzelemente). Grob lassen sich hier zwei Gruppen unterscheiden. Die erste Gruppe (rote Ellipse in Bild 2) hat ein Spektrum zwischen  $5$  und  $25 \text{ m}^3/\text{h}$  (z. B. ZEF-S und Fresh 40), die zweite Gruppe (grüne Ellipse in Bild 2) hat Leistungsdaten zwischen  $29$  und  $65 \text{ m}^3/\text{h}$  (z. B. Aeromat 150 DD und Sonovent Small 10). Aufsatzelemente mit einem sehr hohen Luftdurchlass sind vermutlich nicht für die Standardanwendung im Wohnbau gedacht.

### 3.3 Schallschutz

Grundsätzlich schwächen Fensterlüfter die Schalldämmung der Außenwand. Gemäß [2] wird bei der Bewertung der Luftschalldämmung zwischen Lüftern in Kombination mit einem Fenster (z. B. Falzlüfter) und Aufsatzelementen unterschieden. Bei der Bewertung der Luftschalldämmung werden Falzlüfter zusammen mit dem Fenster bewertet, Aufsatzelemente hingegen als eigenständiges Element. Den anbietenden Firmen empfiehlt [2] 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 Außenlärmerspektrum anzupassen. Leider geben nicht allzu viele Firmen Informationen zum Schalldämm-Mass.

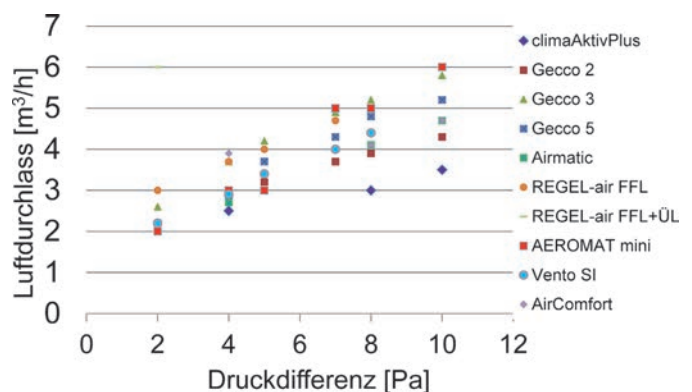


Bild 1. Leistungsdaten Falzlüfter

Fig. 1. Performance data for passive ventilators in window rebates

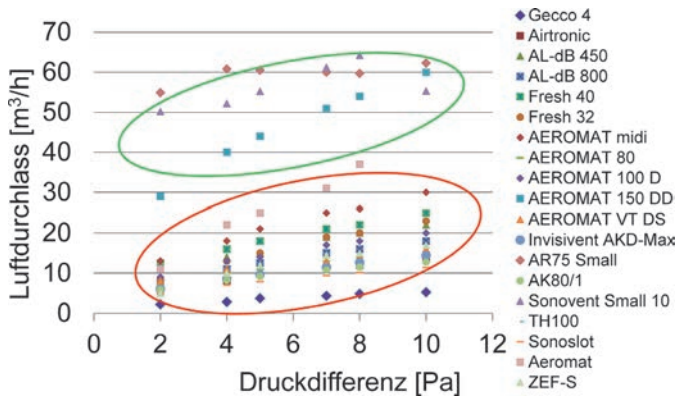


Bild 2. Leistungsdaten Aufsatzelemente; Achtung: die y-Achse ist anders skaliert als bei den Falzlüftern  
 Fig. 2. Performance data for ventilators fitted on top of the frame; NB: The scale on the Y axis is different to that on the graph for rebate ventilators

Für Aufsatzelemente können gem. [2] sowohl die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz kleiner Bauteile  $D_{n,e,w}$  ( $C$ ;  $C_{tr}$ ) als auch das bewertete Schalldämm-Mass  $R_w$  ( $C$ ;  $C_{tr}$ ) ausgewiesen werden. Die Norm-Schallpegeldifferenz  $D_{n,e,w}$  ist für 17 Produkte verfügbar und liegt zwischen 22 dB (Renson TH100 offen) und 57 dB (Siegenia Aubi

Aeromat VT DS). 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 nicht gemacht. Es ist kein Zusammenhang zwischen Schalldämmung und Abmessungen feststellbar.

#### 4 Simulationsmodell und -ergebnisse

##### 4.1 Simulationsmodell

Ziel der Simulationen ist es, anhand von einer typischen Wohnung in einem Mehrfamilienhaus aus den 1960er–70er Jahren die Wirkung von Fensterlüftern zu untersuchen. Es werden drei Fensterlüfter mit unterschiedlichen Leistungsdaten miteinander verglichen (s. Bild 8). In den Simulationen wird von einem ungedämmten Gebäude ausgegangen, in welches als energetische Erneuerungsmaßnahme neue, dichte Fenster eingebaut werden. Die untersuchte Wohnung (Bilder 3, 4 und 5) hat eine NGF gemäß [12] von 79 m<sup>2</sup>.

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

1. Welche Luftwechsel stellen sich ein?  
 Dazu werden Fensterlüfter der genannten Kategorien 1 bis 3 (gem. Bild 8) verglichen. Die Sensitivität der gewählten Randbedingungen für die zonale Strömungssimulation

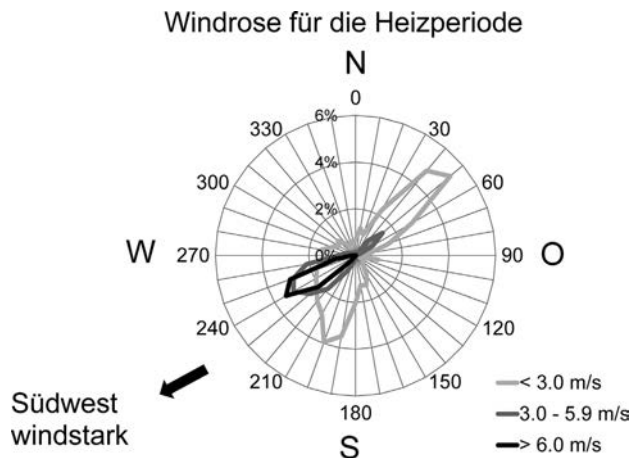
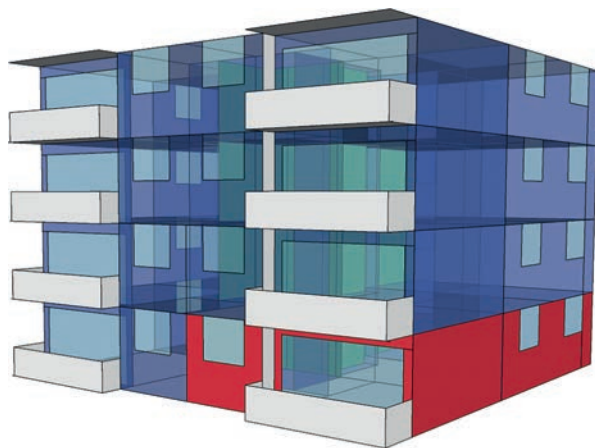


Bild 3. Links das betrachtete Gebäude mit der simulierten Wohnung im EG, Orientierung Balkon SW/SO; rechts: Hauptwindrichtungen während der Heizperiode (15.10.–15.04.) für die Meteodaten Zürich-MeteoSchweiz, DRY gem. [15]: Südwest ist die windstarke Richtung, Südost ist die windschwache Richtung

Fig. 3. Left: the building with the simulated demonstration apartment on the ground floor; right: prevailing wind directions during the heating period (15 October–15 April) from official Swiss weather data (Meteoschweiz) for Zurich, Design Reference Year (DRY) according to [15]: the prevailing wind is from the south-west; the least wind blows from the south-east

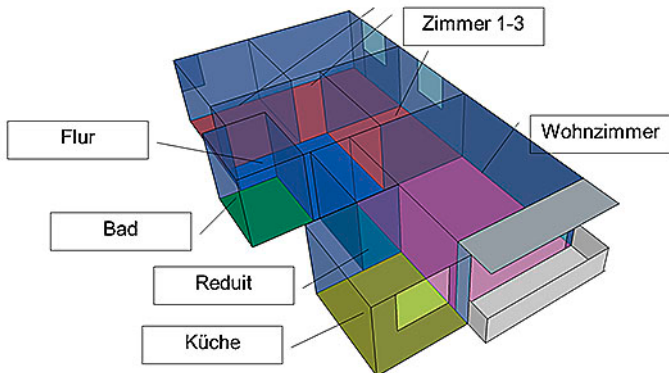


Bild 4. Die Räume in der simulierten Wohnung  
 Fig. 4. The rooms in the demonstration apartment

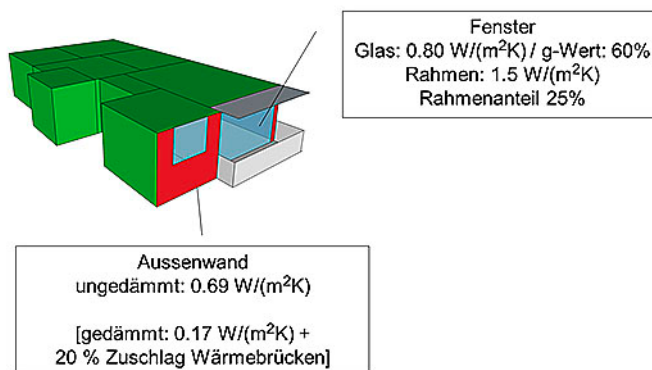


Bild 5. U-Werte und g-Werte der Außenbauteile  
 Fig. 5. U values and g values for walls and windows

wird anhand der Position der Wohnung zur Windrichtung (V1.1–V1.3 und V2.1–V2.3), der Exponiertheit der Wohnung bezogen auf die Höhenlage im Gebäude (EG, 3. Etage (V3.2)), und der Windausgesetztheit (Vergleich windgeschützte Lage versus windexponiert V3.1) untersucht.

2. Wie verändert sich der Heizwärmebedarf?

Dazu werden zum einen die Fensterlüfterkategorien verglichen. Zum anderen wird der Heizwärmebedarf der Wohnung mit gedämmter und ungedämmter Außenwand sowie mit einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung, WRG, (Wärmerückgewinnungsgrad 80 %) berechnet (V4.1, bzw. V4.4).

In Tabelle 3 sind die zur Beantwortung dieser Fragen untersuchten Varianten zusammengefasst.

Das Lüftungskonzept der Wohnung (Bild 6) setzt sich aus den Fensterlüftern als permanenten Zuluftöffnungen, einer morgendlichen 5-minütigen Stoßlüftung über die Fenster sowie zeitweise betriebenen Abluftventilatoren in Küche und Bad zusammen. Die Luftmengen und Betriebszeiten für die Abluftventilatoren zeigt Bild 7. Tagsüber (7 bis 20 Uhr) sind die Zimmertüren geöffnet. In der Nacht stehen bei geschlossenen Türen 7 mm breite Spalte als Überströmöffnungen zur Verfügung. In der Wohnung ist eine Querlüftung möglich. Der (rechnerische) Luftwechsel über Gebäudeundichtigkeiten liegt gem. [13] bei einer mittleren Druckdifferenz von 4 Pa im Mittel bei  $0,02 \text{ h}^{-1}$ . Dies deckt sich von der Größenordnung her mit Angaben in [7], wo ebenfalls für 4 Pa die Infiltration mit  $0,04 \text{ h}^{-1}$  angegeben wird. Der Luftwechsel in der Wohnung wird mit einer zonalen Strömungssimulation berechnet, die mit dem thermischen Modell voll gekoppelt ist. Das Modell umfasst insgesamt 8 Zonen (jeder Raum = 1 Zone). Als Simulationsprogramm wird ESP-r [14] verwendet. Als Meteodaten wird das mittlere Jahr für Zürich-MeteoSchweiz, aus den

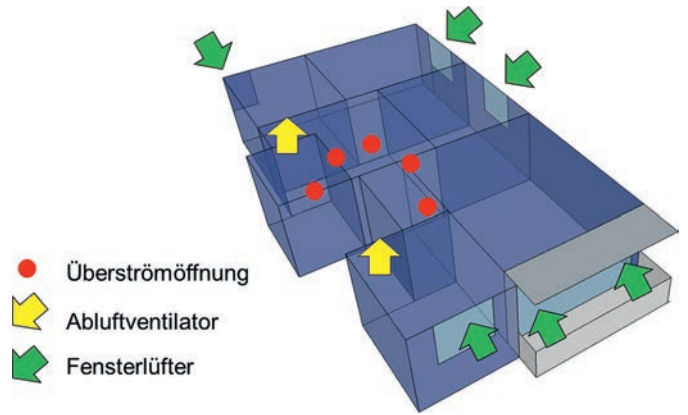


Bild 6. Lüftungskonzept der Wohnung  
Fig. 6. Ventilation design for the apartment

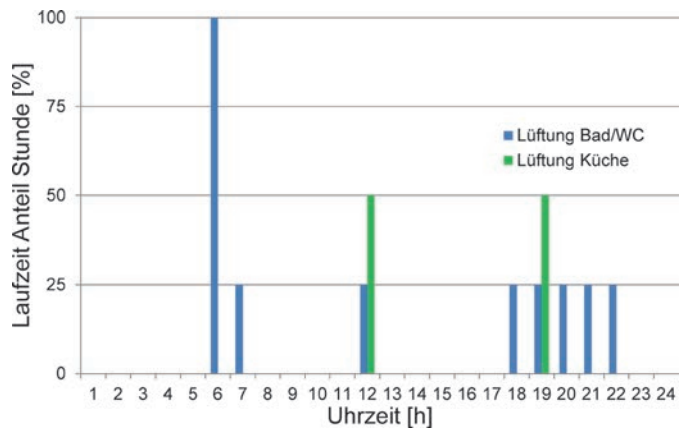


Bild 7. Zeitverlauf des Betriebes der Abluftventilatoren in Bad/WC und Küche. Der Abluftvolumenstrom beträgt für die Küche  $300 \text{ m}^3/\text{h}$ , der für das Bad/WC  $50 \text{ m}^3/\text{h}$   
Fig. 7. Operation of extractor fans in bathroom/toilet and kitchen, over time. The exhaust flow volume is  $300 \text{ m}^3/\text{h}$  for the kitchen and  $50 \text{ m}^3/\text{h}$  for the bathroom/toilet.

Tabelle 3. Simulierte Fälle. Verwendete Abkürzungen: Heiz – Auswertung des Heizwärmebedarfs; LW – Auswertung des Luftwechsels. \*) Der Luftwechsel lässt sich aus V1 und V2 ableiten (die Dämmung spielt hierbei keine Rolle)

Table 3. Simulation cases; abbreviations used: Heiz – assessment of heating demand; LW – assessment of air exchange.

\*) The air change rate can be derived from V1 and V2 (insulation is not relevant here)

	Hülle ungedämmt, neue Fenster				Hülle gedämmt, neue Fenster	
	1. Windstarke Richtung SW		2. Windschwache Richtung SO		4. Windstarke Richtung	5. Windschwache Richtung
Fensterlüfter Kat. 1 + Fensterlüftung + Abluftventilatoren	V1.1	Heiz LW	V2.1	LW Heiz	V4.1	*LW aus V1.1 Heiz V5.1 *LW aus V2.1 Heiz
Fensterlüfter Kat. 2 + Fensterlüftung + Abluftventilatoren	V1.2	Heiz LW	V2.2	LW Heiz	V3.1 LW V3.2 Heiz	V4.2 *LW aus V1.2 Heiz V5.2 *LW aus V2.2 Heiz
Fensterlüfter Kat. 3 + Fensterlüftung + Abluftventilatoren	V1.3	Heiz LW	V2.3	LW Heiz	V4.3	*LW aus V1.3 Heiz V5.3 *LW aus V2.3 Heiz
Zu- und Abluftanlage mit WRG	V1.4	Heiz			V4.4	Heiz
Kommentar:	Wohnung im EG, geschützte, städtische Lage		Wohnung im EG, geschützte, städtische Lage		V3.1: windexponierte Lage, Wohnung im EG V3.2: Wohnung im 3.OG, geschützte, städtische Lage	
	Wohnung im EG, geschützte, städtische Lage		Wohnung im EG, geschützte, städtische Lage		Wohnung im EG, geschützte, städtische Lage	

Design Reference Year (DRY)-Datensätzen gem. [15] verwendet.

## 4.2 Auswertungsmethodik und Ergebnisse

### 4.2.1 Auswertungsmethodik

Für die Auswertung der Berechnungsergebnisse zum Luftwechsel werden der hygienisch erforderliche Luftwechsel und der (nutzerunabhängige) Feuchteschutzluftwechsel herangezogen.

Der hygienisch notwendige Luftvolumenstrom beträgt für die Wohnung  $90 \text{ m}^3/\text{h}$ . Da die in Küche und Bad anfallende Feuchte über Abluftventilatoren abgeführt wird, ist für die Wohnräume die Feuchteabgabe durch Personen maßgeblich. Mit der Worst-case-Betrachtung von 3 Personen, die sich permanent in der Wohnung aufhalten, ergibt sich ein Tagesmittelwert für die Feuchteproduktion von  $161 \text{ g/h}$  (10 h Liegen, 14 Stunden Sitzen oder Stehen). Der minimale Außenluftvolumenstrom gemäß [16] beträgt unter diesen Bedingungen  $0,25$  bis  $0,53 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \text{ h})$  bzw.  $19,9$  bis  $41,9 \text{ m}^3/\text{h}$ . Der Feuchteschutzluftwechsel liegt damit zwischen  $0,10$  und  $0,22 \text{ 1/h}$ . Wenn im nachfolgenden Text von Feuchteschutzluftwechsel gesprochen wird, so ist damit der „nutzerunabhängige“ Luftwechsel über die Fensterlüfter und die Abluftventilatoren gemeint. Der durch die manuelle Fensteröffnung erzeugte (morgendliche) Luftwechsel ist hingegen nutzerabhängig.

Bei der Ermittlung der Luftvolumenströme in der Wohnung aus den Massenströmen gilt als Bezug die Außentemperatur. Dies stellt den schlechtesten Fall 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 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.

### 4.2.2 Luftwechsel

#### Feuchteschutzluftwechsel

Wertet man nur den Luftwechsel über die Fensterlüfter aus, so ergeben sich in Abhängigkeit vom Fensterlüftertyp und der Windexponiertheit im Jahresmittel Luftvolumenströme zwischen  $9,10$  und  $39,8 \text{ m}^3/\text{h}$  (V1.1–V1.3, V2.1–V2.3 und V3.1–V3.2). In Bild 9 sind für V1.2 exemplarisch die Wochenmittelwerte der Luftvolumenströme mit Fensterlüftern der Kategorie 2 (Bild 8) wiedergegeben. Es wird deutlich, dass sich die Wochen mit Gesamtwerten (Fensterlüfter, Ventilatoren und Fensterlüftung), die zwischen rund  $50,0$  und  $130 \text{ m}^3/\text{h}$  liegen, stark unterscheiden. Dies ist auf die großen Schwankungen der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung zurückzuführen. Der Feuchteschutzluftwechsel kann bei keiner Variante allein mit den Fensterlüftern eingehalten werden (Bild 10). Wird die Hauptfassade der Wohnung aus der windstarken (Südwest) in die wind schwache Richtung (Südost) gedreht, so verringert sich der Luftwechsel über die Fensterlüfter zwischen  $18$  und  $24 \%$  und der Gesamtluftwechsel um rund  $7$  bis  $13 \%$  (V1.1–V1.3 und V2.1–V2.3). Die genannten Ergebnisse liegen infolge

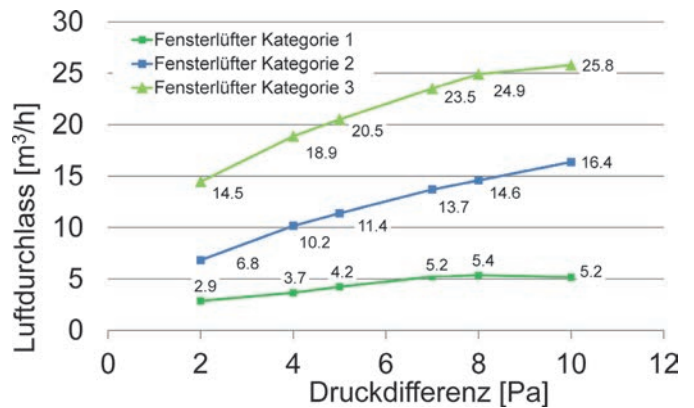


Bild 8. Leistungsdaten für die simulierten Fensterlüfter. Die drei Leistungskurven stellen Mittelwerte aus der Marktstudie dar. Die Gruppe „Fensterlüfter Kategorie 3“ stellt den Mittelwert aus 17 Aufsatzelementen (inkl. Renson TH100) dar. Für die Leistungskurve „Fensterlüfter Kategorie 2“ wurde der Mittelwert aus 16 Aufsatzelementen gewählt (außer Renson TH100 wegen zu großer Leistungsdaten), Basis für die Leistungskurve „Fensterlüfter der Kategorie 1“ sind 8 Falzlüfter. Fig. 8. Performance data for the simulated passive window ventilation. The three curves show average values from the market study (Chapter 3.2). The group entitled ‘Fensterlüfter Kategorie 3’ (Passive window ventilation category 3) represents the average value of 17 ventilators fitted on top of the frame (inc. the Renson TH100). The average value of 16 ventilators fitted on top of the frame was chosen for the group entitled ‘Fensterlüfter Kategorie 2’ (Passive window ventilation category 2). The Renson TH100 was not included due to high performance data. The curve for the group entitled ‘Fensterlüfter Kategorie 1’ (Passive window ventilation category 1) is based on 8 rebate ventilators.

der getroffenen Annahmen auf der sicheren Seite: In der Wohnung halten sich permanent Personen auf, die Wohnung befindet sich im EG (außer V3.2) und die Lage ist geschützt (außer V3.1).

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, so verdoppelt sich der mittlere Luftvolumenstrom während der Heizperiode über die Fensterlüfter (V3.2 bezogen auf V1.2). Diese Differenz zwischen dem EG und dem 3. OG kann sich in der Realität etwas verringern, wenn zwischen den Wohnungen z. B. über Abluftschächte Undichtigkeiten bestehen (interner Druckausgleich). Demnach wäre dann im EG der Luftwechsel etwas höher und der im 3. OG etwas geringer. Steht das Gebäude statt in einer geschützten städtischen Lage in einer windexponierten Gegend, so erhöht sich der mittlere Luftvolumenstrom über die Fensterlüfter um ca.  $60 \%$  (V3.1 bezogen auf V1.2). Sowohl in der dritten Etage als auch in der exponierten Lage kann der Feuchteschutzluftwechsel mit Fensterlüftern der Kategorie 2 (zusammen mit der Abluftanlage) erreicht werden.

Prinzipiell 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 durch lokale Zugerscheinungen, welches bei Fensterlüf-



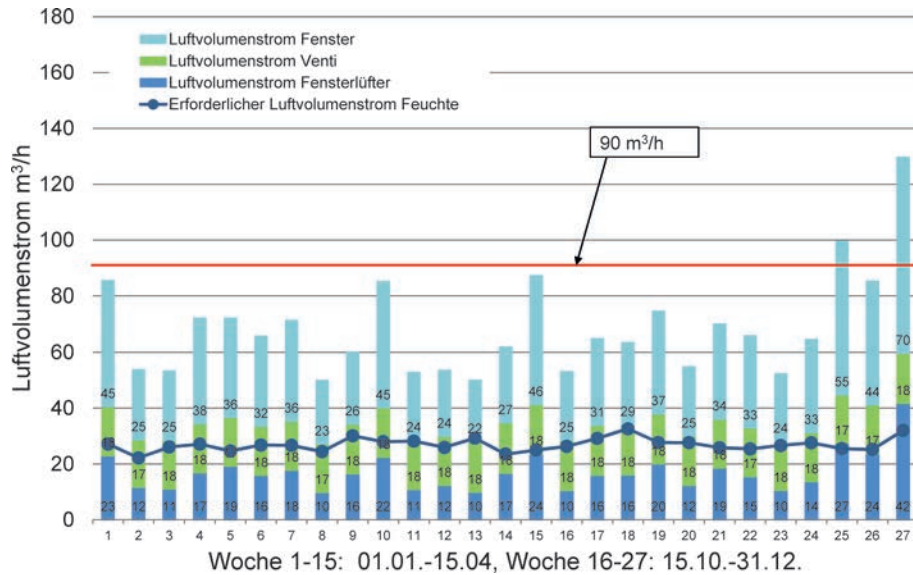


Bild 9. Variante V1.2: wöchentliche Mittelwerte des Luftvolumenstroms für Fensterlüfter der Kategorie 2, Fensterlüftung und Abluftventilatoren. Gekennzeichnet (schwarzer Rahmen) ist die windstärkste (Nr. 27) und windschwächste Woche (Nr. 8). Die Hauptfassade (Wohnzimmer) ist in die windstarke (SW) Richtung gedreht. Die Wohnung befindet sich im geschützten, städtischen Bereich. Kommentar: Gemäß SIA 180 ist eine tageweise Auswertung erforderlich, aber die Tendenzen sind auch in der wochenweisen Auswertung sichtbar.

Fig. 9. Variant V1.2: weekly average value for airflow volume for Category 2 passive window ventilation, passive window ventilation and exhaust ventilation. The weeks with the strongest (No. 27) and weakest (No. 8) wind are marked with a black outline. The main façade (living room) faces the direction of the prevailing wind (SW). The apartment is located in a sheltered urban area. Comment: SIA 180 requires a daily evaluation, but the trends can also be seen in the weekly evaluation.

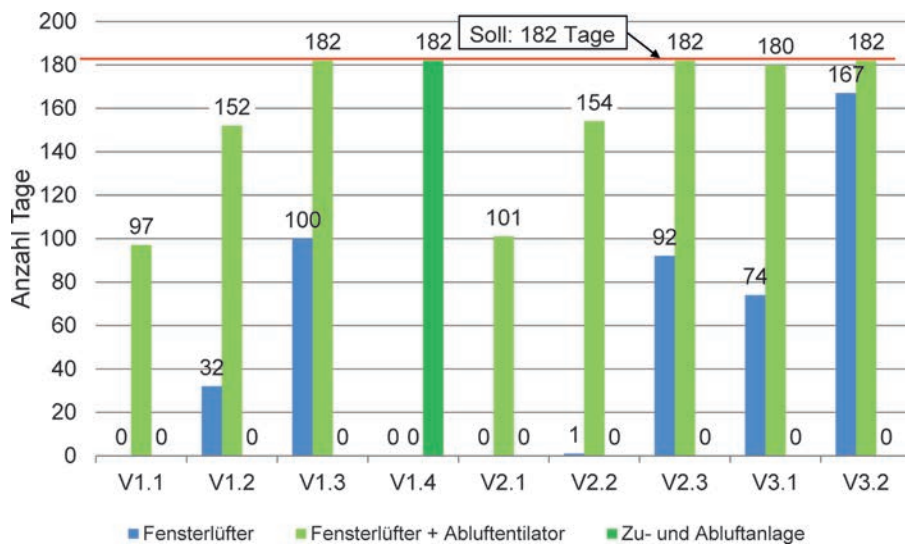


Bild 10. Einhalten Feuchteschutzluftwechsel während der Heizperiode. Kommentar: Basis ist hier die gemäß SIA 180 erforderliche tageweise Auswertung

Fig. 10. Compliance with air exchange to guard against moisture during the heating period. Comment: This is based on the daily evaluation required under SIA 180

tern mit hohen Volumenströmen zu erwarten ist, entschärfen. Dieses Szenario wurde allerdings nicht untersucht.

### Hygienischer Luftvolumenstrom

Der hygienische Luftvolumenstrom ist im Mittel über die Heizperiode nur in höher gelegenen Etagen (V3.2) mit Fensterlüftern mindestens der Kategorie 2 (mindestens ca.  $7,0 \text{ m}^3/\text{h}$  bei 2 Pa) zusammen mit der Fensterlüftung und den Abluftventilatoren gesichert.

### 4.2.3 Heizwärmebedarf

Bild 11 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 wäre, wenn statt Fensterlüftern eine Zu- und Abluftanlage mit WRG eingesetzt würde. Geht man von der eigentlichen Zielsetzung aus, dass über die Fensterlüfter mindestens der Feuchteschutzluftwechsel gedeckt werden muss, so läge die Einsparung an Heizwärme bei ungedämmter Gebäudehülle bei rund 20 % (Vergleich zwischen V1.3 und V1.4). Nur die Fensterlüfter der Kategorie 3 zusammen mit der Abluftanlage in Küche und Bad erfüllen den Feuchteschutzluftwechsel. Bei einer gedämmten Gebäudehülle liegt die Einsparung durch die Verwendung einer Zu- und Abluftanlage mit WRG im Vergleich mit Fensterlüftern bei knapp 60 %

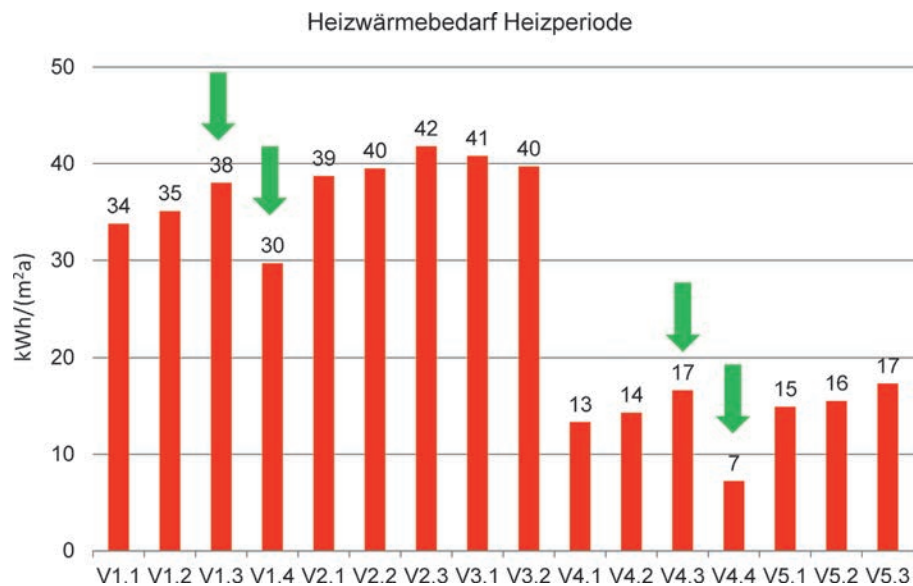


Bild 11. Heizwärmebedarf aller Varianten

Fig. 11. Heating demand for all variants

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 keinem der Fensterlüfter jedweder Kategorien nutzerunabhängig, d. h. ohne manuelle Fensterlüftung, möglich). Nachteilig an einer Lüftungsanlage sind höhere Investitionen sowie der Platzbedarf und die baulichen Eingriffe bei Erneuerungen.

## 5 Diskussion und Fazit

Voruntersuchungen zu den dargestellten Simulationen zeigen drei Grundvoraussetzungen für ein Funktionieren der Fensterlüfter auf.

1. Eine Querlüftung innerhalb der Wohnung muss möglich sein.
2. Besonders für den zeitweise betriebenen Abluftventilator in der Küche aber auch für das Bad ist prinzipiell gesondert für Nachströmluft zu sorgen. Mit Fensterlüftern alleine ist diese Problematik, speziell für die Küche, in der Regel nicht zu lösen.
3. Nur mit tagsüber geöffneten Zimmertüren stellen sich nennenswerte Luftwechsel über die Fensterlüfter ein. 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.

Aus bauphysikalischer Sicht spricht ein weiterer Grund für geöffnete Türen: Oberflächennahe Schichten der Bauteile speichern über Sorption einen Teil der Feuchtelast, welche z. B. nachts in den Schlafräumen abgegeben wird. Entleeren sich die „Feuchtespeicher“ nun im Tagesverlauf, sollte sich die Feuchte innerhalb der Wohnung verteilen können, um schlussendlich abgeführt zu werden. Der Feuchtetransport wurde nicht simuliert.

Aus den durchgeführten Simulationen zu den Varianten gemäß Tabelle 3 können folgende Rückschlüsse hinsichtlich der Einsetzbarkeit von Fensterlüftern gezogen werden:

- Fensterlüfter können selten alleine den Feuchteschutzluftwechsel sicherstellen. In Kombination mit Abluftventilatoren in Küche und Bad ist eine nutzerunabhängige Deckung möglich, allerdings müssen Fensterlüfter mit einem genügend großen Luftdurchlass (mindestens ca.  $15 \text{ m}^3/\text{h}$  bei 2 Pa, in Bild 8 Kat. 3) eingesetzt werden. Die Annahme liegt nahe, dass hier ein Konflikt mit dem thermischen Komfort entsteht. Abhilfe könnte der Einsatz von z. B. mehreren kleinen Falzlüftern pro Raum schaffen, diese Variante wurde allerdings nicht berechnet.
- In Erdgeschosswohnungen im städtischen Kontext ist Vorsicht geboten, da hier selbst mit Fensterlüftern mit einem großen Luftdurchlass und Abluftventilatoren in Küche und Bad der Feuchteschutzluftwechsel nicht gedeckt wird.
- Der hygienische Luftwechsel kann nur in höher gelegenen Etagen mit Fensterlüftern mit mindestens mittlerem Luftdurchlass (ab ca.  $7 \text{ m}^3/\text{h}$  bei 2 Pa, in Bild 8 Kat. 2) zusammen mit Fensterlüftung und Abluftventilatoren in Küche und Bad gesichert werden.
- Die Orientierung der Gebäudefassaden mit Fensterlüftern zur Windrichtung hat erwartungsgemäß einen deutlichen 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: wind schwach)
- Der große Einfluss der Exposition auf den Luftwechsel wird bestätigt: Im Vergleich zur windgeschützten Lage erhöht sich der Luftwechsel über die Fensterlüfter bei der betrachteten windexponierten Lage um ca. 60 %. Der Einfluss der Höhenlage (Etage) der Wohnung ist im berechneten Beispiel noch größer: Im Vergleich zum EG erhöht sich der Luftwechsel durch Fensterlüfter im 3. OG um 100 %. Ohne dies durch Simulationen überprüft zu haben ist davon auszugehen, dass der Unterschied zwischen EG und 3. OG wegen des internen Druckausgleichs etwas geringer ausfallen kann, wenn zwischen den Wohnungen (wegen Geruchsübertragung zu vermeidende) vertikale Undichtigkeiten bestehen.
- 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 %. Beim gedämmten Gebäude beträgt diese Reduktion knapp 60 %.

Neben den oben beschriebenen Hinweisen zur Einsetzbarkeit von Fensterlüftern gilt es bei der Auslegung weitere Themen zu beachten, wie z. B.:

- Besonderheiten bei der Auslegung von Abluftanlagen oder zeitgesteuerten Abluftventilatoren in Küche und Bad im Zusammenhang mit Fensterlüftern
- Umgang mit vorhandene Wärmebrücken in der Wohnung
- Einsatz von Fensterlüftern an lärmbelasteten Standorten (Luftschalldämmung)

Weitere Informationen zum Thema finden sich in einer frei zugänglichen „Kurzanleitung Fensterlüfter“, die im Rahmen des Projektes erstellt wurde und im Netz frei verfügbar ist: <https://www.stadt-zuerich.ch/egt> (weiter unter: „Projekte realisiert“).

### Danksagung

Die Forschungsarbeit wurde vom Amt für Hochbauten Stadt Zürich beauftragt und finanziert.

### Literatur

- [1] *Hartmann, T., Reichel, D., Richter, W.*: Schimmelpilzbedingter Mindestluftwechsel – Ergebnisse einer Studie zur Raumluftqualität. *Bauphysik* 24 (2002), H. 1, S. 41–44.
- [2] *Fensterlüfter Teil 1: Leistungseigenschaften*. Rosenheim: Institut für Fenstertechnik 2010.
- [3] *Fensterlüfter Teil 2: Empfehlungen für die Umsetzung von Lüftungstechnischen Maßnahmen im Wohnungsbau*. Rosenheim: Institut für Fenstertechnik 2010.
- [4] *Sack, N.*: Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter – Abschlussbericht. Rosenheim: Institut für Fenstertechnik 2010.

- [5] *Hartmann, T.*: Außenluftdurchlässe in der Wohnungslüftung – Relikt oder Option? *Gesundheits-Ingenieur* 131 (2010), S. 199–202.
- [6] *SIA 2023: Lüftung in Wohnbauten (Merkblatt)*. Schweiz 2008.
- [7] *Reichel, D.*: Zur Zuluftsicherung von nahezu fugendichten Gebäuden mittels dezentraler Lüftungseinrichtungen. Dissertation. Dresden: Technische Universität Dresden 1999.
- [8] *Dorer, V., Pfeiffer, A.*: Energieeffiziente und bedarfsgerechte Abluftsysteme mit Abwärmenutzung (ENABL). Schlussbericht. Dübendorf 2002.
- [9] *Huber, H.*: Einfache Abluftanlagen, Teil 2: akustische Auslegung. *HK-Gebäudetechnik* 8 (2012), S. 53–55.
- [10] *SIA 181: Schallschutz im Hochbau*. Schweiz 2006.
- [11] *DIN 1946-6:2009-05: Raumlufttechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen – Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung*. Deutschland 2009.
- [12] *SIA 416/1: Kennzahlen für die Gebäudetechnik – Bauteilabmessungen, Bezugsgrößen und Kennzahlen für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik*. Schweiz 2007.
- [13] *Künzel, H.*: *Wohnungslüftung und Raumklima*. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2009.
- [14] *ESP-r*. Glasgow: University of Strathclyde, <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>.
- [15] *SIA 2028: Klimadaten für Bauphysik, Energie- und Gebäudetechnik*. Schweiz 2008.
- [16] *SIA 180: Wärmeschutz, Feuchteschutz und Raumklima in Gebäuden*. Schweiz 2014.
- [17] *SIA 382/1: Lüftungs- und Klimaanlage – Allgemeine Grundlagen und Anforderungen*. Schweiz 2014.

### Autoren dieses Beitrags:

Dr.-Ing. Caroline Hoffmann, Wissenschaftliche Mitarbeiterin  
 Prof. Dr.-Ing. Achim Geissler, Leiter Gruppe Bau  
 Prof. Heinrich Huber, Dozent für Gebäudetechnik

### Alle:

Fachhochschule Nordwestschweiz  
 Institut Energie am Bau  
 St. Jakobs Str. 84  
 CH-4132 Muttenz

# Energie-Forschung für die Baupraxis – Energy Research Lab

Photo: Claire Morin, Matthias Indermaur



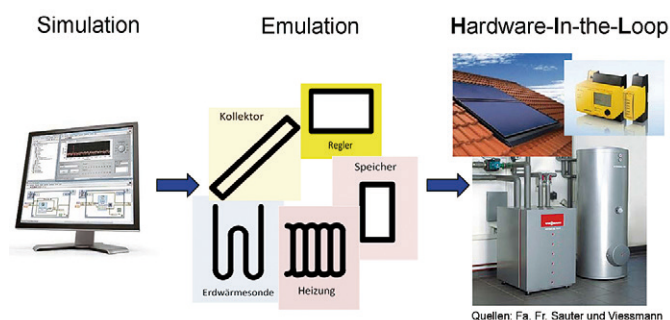
## Energie Research Lab

Mit dem Energy Research Lab (ERL) verfügt die Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW) über ein Simulationslabor und ein Licht- und Fassadenlabor. Neue Ideen aus der Energieforschung in Gebäuden können dort praxisnah wissenschaftlich erprobt werden. Ziele sind dabei energetische und regelungstechnische Optimierungen von Heizsystemen mit regenerativen Wärmeerzeugern sowie die Prüfung der Interaktion von Klima, Fassade und Raum mit dem Schwerpunktthema Licht.

### Merkmale und Konzept Simulationslabor

Mit Hilfe des ERL kann das dynamische Verhalten von Heizungsanlagen untersucht und die Energieeffizienz optimiert werden. Zentrales Merkmal dabei ist die Verwendung von Simulations- und Emulationstechniken in Kombination mit Echtkomponenten (Hardware-In-the-Loop).

- Dienstleistungen für Hersteller und Systemanbieter
- Dynamischer Systemtest für kombinierte Systeme WP/solar, WP/Biomasse oder WP bivalent
- Realtime-Simulation und Emulation oder Hardware-In-the-Loop (HIL)
- PV, Lastabnahme und Netzinteraktion



*Komponenteneinbindung und Optimierung*

## Licht- und Fassadenlabor

Ein Modul des ERL ist das Licht- und Fassadenlabor, das mit der Sonne drehbar ist. In ihm werden verschiedene Fragestellungen in Zusammenhang mit den Wechselwirkungen zwischen Aussenklima, Innen-Komfort, Licht und Raum untersucht. Dazu gehören thermische Messungen zur Ermittlung bauphysikalischer Eigenschaften, Messungen der spektralen Strahlungsverteilung und der Leuchtdichte mit dem Ziel, Tages- und Kunstlicht optimal zu kombinieren.

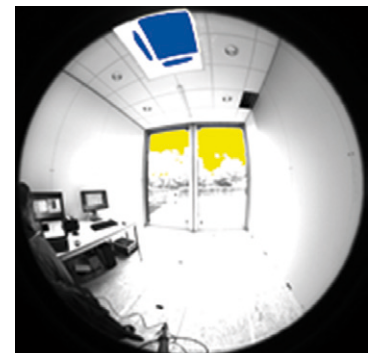
- Licht- und Fassadenlabor für eine effiziente Tages- und Kunstlichtnutzung
- blendfreie Arbeitsplätze mit hohem thermischem Komfort
- Testmöglichkeiten von z.B. Closed Cavity-Fassade (CCF), fassadenintegrierte Anlagentechnik und beliebigen fassadenmontierten Sonnenschutzeinrichtungen

Weitere Informationen:  
 Institut Energie am Bau, FHNW,  
 St. Jakob-Strasse 84  
 CH-4132 Muttenz  
 Tel. +41 61 467 45 45  
[www.fhnw.ch/habg/iebau](http://www.fhnw.ch/habg/iebau)



Photo: Achim Geissler

*Komfortmessung*



*Blendungsbewertung*