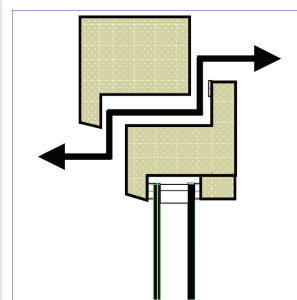
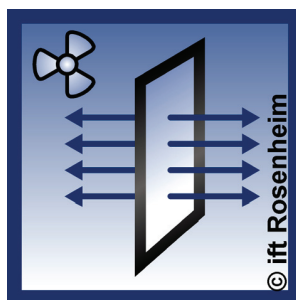
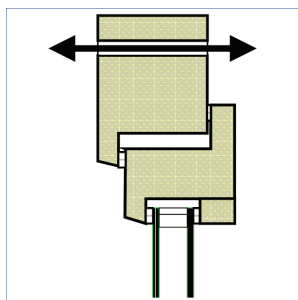
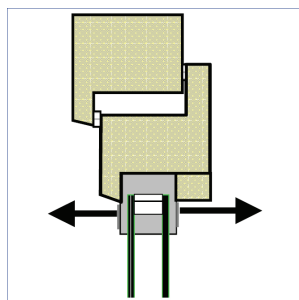
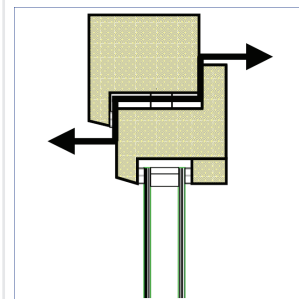
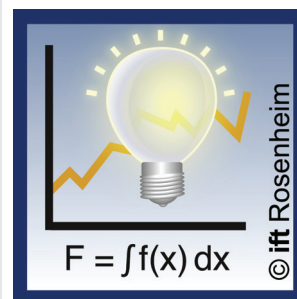
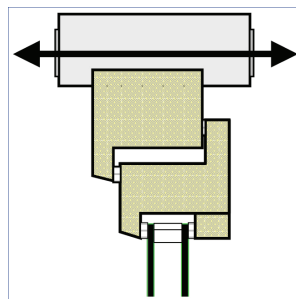


Forschung & Entwicklung

Abschlussbericht

Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter

←
März 2010



Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter – Abschlussbericht Entwurf März 2010

Thema	Erarbeitung von Einsatzempfehlungen für dezentrale Lüftungseinrichtungen in Verbindung mit dem Fenster
Kurztitel	Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter
Gefördert durch	Deutsche Bundesstiftung Umwelt Aktenzeichen: Az. 24793-25
Forschungsstelle	ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor-Gietl-Straße 7-9 83026 Rosenheim
Projektleitung	Dipl.-Phys. Norbert Sack
Bearbeiter	Dr. Joachim Hessinger Dipl.-Ing. (FH) Markus Pütz
Institutsleitung	Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Sieberath
2. Forschungsstelle	Hochschule Rosenheim
Bearbeiter	Prof. Dr. Harald Krause Dipl.-Ing. (FH) Rafael Botsch cand. Ing. Johannes Maderspacher

Rosenheim, März 2010

05/02		Projektkennblatt der Deutschen Bundesstiftung Umwelt			
Az	24793-25	Referat	25	Fördersumme	36.860
Antragstitel		Erarbeitung von Einsatzempfehlungen für dezentrale Lüftungseinrichtungen in Verbindung mit dem Fenster			
Stichworte		Lüftung, Fenster, Fensterlüfter, Hygiene, Umwelt, Einsatzempfehlungen			
Laufzeit	Projektbeginn	Projektende	Projektphase(n)		
39 Monate	15. Dezember 2006	31. März 2010	1		
Zwischenberichte					
Bewilligungsempfänger		ift gemeinnützige Forschungs- und Entwicklungsgesellschaft mbH Theodor Gietl Str. 7-9 83026 Rosenheim		Tel 08031 261 0 Fax 08031 261 290 Projektleitung Dipl. Phys. Norbert Sack Bearbeiter Prof. Dr. Harald Krause, Dr. Joachim Hessinger	
Kooperationspartner		Hochschule Rosenheim aereco GmbH, Aerex Haustechnik GmbH, Alco Systeme GmbH, Innoperform GmbH, ISY Produktentwicklung GmbH, Profine KBE GmbH REHAU AG + Co., Renson Venilation, Schüco International KG, Siegenia-Aubi KG, VELUX Deutschland GmbH Verband der Fenster- u. Fassadenhersteller e.V.			
Zielsetzung und Anlaß des Vorhabens					
<p>Richtiges Lüften reduziert die Gefahr von Feuchteschäden in Gebäuden und beugt damit gesundheitlichen und bauphysikalischen Problemen vor. Die kontrollierte und bewusste Lüftung gewinnt immer mehr an Bedeutung, da aufgrund höherer energetischer Anforderungen die Gebäudehüllen immer dichter ausgeführt werden. Die dadurch nicht mehr vorhandene Lüftung durch Leckagen muss unter Berücksichtigung möglichst geringer Energieverluste durch andere Maßnahmen sichergestellt werden. Die neuen Lüftungsanforderungen an das Gebäude und an den Nutzer werden jedoch oft nicht ausreichend erkannt oder umgesetzt, und der erforderliche Luftwechsel kann so nicht gewährleistet werden.</p> <p>In der Praxis ist jedoch festzustellen, dass der Einsatz von dezentralen Lüftungsgeräten nicht auf hohe Akzeptanz stößt. Dies kann u.a. damit begründet werden, dass der Verbraucher mit der komplexen Thematik Lüftung alleine gelassen wird. Zusätzlich sind neben den reinen Lüftungstechnischen Aspekten (primäre Funktion) auch noch andere wichtige sekundäre Funktionen wie z.B. Schallschutz, Wärmeschutz, Brandschutz, Gebrauchstauglich etc. zu berücksichtigen.</p> <p>In diesem Projekt sollen deshalb Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter erarbeitet werden. Diese Einsatzempfehlungen helfen dem Planer bzw. Bauherren bei</p> <ul style="list-style-type: none"> - der Auswahl des geeigneten und notwendigen Produktes in Bezug auf die spezifischen Anforderungen, ohne einen komplexen Planungsvorgang, - dem gesamtheitlichen Vergleich von Produkten bzw. Produktlösungen. 					
Darstellung der Arbeitsschritte und der angewandten Methoden					
Die Erarbeitung der Einsatzempfehlungen erfolgte in 5 Arbeitspakete (AP), die im folgenden dargestellt sind :					
AP 1 Festlegung des Berechnungsansatzes					
Zur Bemessung von Lüftungseinrichtungen bestehen Grundlagen, die in unterschiedlichen Berechnungsmodellen vorhanden sind. Wesentliche Basis für die im Rahmen des Vorhabens durchgeführten Berechnung war hierbei DIN 1946-6.					
Deutsche Bundesstiftung Umwelt • An der Bornau 2 • 49090 Osnabrück • Tel 0541/9633-0 • Fax 0541/9633-190 • http://www.dbu.de					



AP2 Durchführung von Berechnungen

Mit den in AP1 festgelegten Berechnungsansätzen sowie Randbedingungen erfolgte die Berechnung der Lüftungsraten bzw. Luftvolumenströme für typische Anwendungsszenarien wie z.B. Einfamilienhaus, Mehrgeschosswohnungsbau in Abhängigkeit des Standortes und weitere Parameter wie Luftdichtheit, Wärmeschutzniveau etc.

AP3 Auswertung der Berechnungen; Erarbeitung von Einsatzempfehlungen

Die Ergebnisse der in AP2 durchgeführten Berechnungen wurden hinsichtlich der Festlegung von Lüftungstechnischen Anforderungen analysiert. Hieraus wurden Einsatzempfehlung für typischen Anwendungsfälle erarbeitet und festgehalten.

AP4 Festlegung der Einsatzempfehlungen für die sek. Merkmale

Für die weiteren sek. Merkmale wie z.B. Schallschutz, Brandschutz, Schlagregendichtheit etc. wurden Empfehlungen in Abhängigkeit des Einsatzfalles erarbeitet. Diese fließen in die zu erarbeitenden Einsatzempfehlungen.

AP5 Erstellung des Berichtes sowie den Einsatzempfehlungen

Über das durchgeführte Forschungsprojekt wird ein zusammenfassender Bericht erstellt, in dem die Methodik dargestellt ist. Die Ergebnisse – Klassifizierungstabellen, Einsatzempfehlungen – werden als eigenständige Dokumente erstellt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Rahmen des Vorhabens konnte ein „vereinfachtes Verfahren zur Bemessung“ von Fensterlüftern erarbeitet werden. Das Verfahren erlaubt es dem Fensterbauer als auch dem Planer, anhand einfacher Diagramme den notwendigen Luftvolumenstrom über die Fensterlüfter bei der Umsetzung einer freien Lüftung zum Feuchteschutz zu ermitteln. Um zu beurteilen, ob eine Lüftungstechnische Maßnahme notwendig ist, wurde anhand der Standardrandbedingungen der DIN 1946-6 eine einfache Hilfe erarbeitet. Hierbei ist festzustellen, dass Lüftungstechnische Maßnahmen im Wesentlichen bei eingeschossigen Wohnungen, d.h. im Mehrgeschoßwohnungsbau umzusetzen sind. Für die Umsetzung einer nutzerunabhängigen Lüftung in der sog. Lüftungsstufe „Feuchteschutz“ wurde durch die Berechnungen ein Zusammenhang zwischen Wohnungsfläche und notwendigem Luftvolumenstrom festgestellt. Dieser Zusammenhang wurde für die vereinfachten Diagramme genutzt, die in einem separaten Leitfaden dargestellt sind.

Auf Grundlage von Winddaten, die durch den DWD zur Verfügung gestellt wurden, wurde eine „Deutschlandkarte erarbeitet, die es erlaubt, anhand der Landkreise eine Aussage darüber zu treffen, ob für die Dimensionierung von einer windschwachen oder windstarken Lage auszugehen ist. Diese Karte wurde mittlerweile auch in DIN 1946-6 übernommen.

Für die ventilatorgestützte Lüftung war es nicht möglich, vereinfachte Dimensionierungsregeln zu erarbeiten. Für solche Systeme ist eine detaillierte Planung nach DIN 1946-6 notwendig.

Wird für die Wohnung eine freie Lüftung über Fensterlüfter umgesetzt, so ist mit dieser Maßnahme gleichzeitig die Zuluftversorgung für **einen** fensterlosen Raum sichergestellt.

Zur Bewertung der Luftschalldämmung von Fensterlüftern wurde ein Rechenprogramm erarbeitet, mit Hilfe dessen die Luftschalldämmung des kompletten Fensters incl. Lüfter und der kompletten Außenwand ermittelt werden kann. Dies ist im Rahmen der Angabe von entsprechenden Leistungseigenschaften hilfreich.

Öffentlichkeitsarbeit und Präsentation

Die Ergebnisse des Vorhabens wurden im Rahmen der **ift** Richtlinie LU-02/1 zusammen gefasst. Diese wurde auf der fensterbau frontale 2010 in Nürnberg veröffentlicht. Des Weiteren wurden das Projekt und die Ergebnisse auf folgenden Veranstaltungen präsentiert: Messe fensterbau frontale 2008, Messe Saie Spring 2008 in Bologna, Rosenheimer Fenstertage 2008 und 2009, **ift** Sachverständigenforum 2010, **ift** Forschungstag 2010, Messe Deubau 2010, Messe Bautec 2010.

Fazit

Die im Rahmen des Vorhabens gesteckten Ziele wurden im Wesentlichen erreicht. Mit den Ergebnissen konnten Hilfestellungen und Empfehlungen für den Einsatz von Fensterlüftern zur Umsetzung einer Lüftungstechnischen Maßnahme im Wohnungsbau nach DIN 1946-6 gegeben werden. Neben der Erfüllung von reinen Lüftungstechnischen Aspekten werden auch Empfehlungen für sekundäre Anforderungen des Fensterlüfters wie z. B. der Luftdichtheit oder des Schallschutzes gegeben.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangsbasis für das Vorhaben	2
2 Definitionen	5
3 Festlegung des Berechnungsansatzes	7
3.1 Windgeschwindigkeiten in Deutschland	7
3.2 Prinzipielle Vorgehensweise nach DIN 1946-6	9
4 Analyse und Klassifizierung von Fensterlüftern	11
4.1 Was ist ein Fensterlüfter?	11
4.2 Produktlösungen	13
4.2.1 Fensterfalzlüfter	13
4.2.2 Beschlagsgeregelte Lüfter	14
4.2.3 Aufsatzelemente	15
4.3 Typische Leistungseigenschaften	17
5 Berechnungen nach DIN 1946-6	19
5.1 Notwendigkeit einer Lüftungstechnischen Maßnahme (LtM)	19
5.2 Ansatz zur vereinfachten Umsetzung	23
5.3 Berechnungen für freie Lüftung	24
5.3.1 Querlüftung zum Feuchteschutz	25
5.3.2 Reduzierte Lüftung	28
5.3.3 Schachtlüftung – reduzierte Lüftung	31
5.4 Berechnungen für ventilatorgestützte Lüftung	32
5.4.1 Raumweise Zu-/Abluftsysteme	33
5.4.2 Zentrales Abluftsystem	36
5.5 Überströmöffnungen (ÜLD)	40
5.6 Behandlung von fensterlosen Räumen	45



6	Ökonomische und ökologische Betrachtung	49
6.1	Randbedingungen und Beschreibung der untersuchten Anlagen	49
6.2	Vergleichsberechnung nach EnEV 2009	53
6.3	Vergleichsberechnungen Wirtschaftlichkeit	58
7	Weitere wesentliche Eigenschaften	61
7.1	Schalldämmung	61
7.1.1	Eigengeräusch	61
7.1.2	Schalldämmung gegen Außenlärm	63
7.1.3	Überströmöffnung	70
7.2	Brandschutz	70
7.3	Luftdichtheit	72
7.4	Schlagregendichtheit	73
7.5	Raumluftabhängige Feuerstätten	74
8	Verbreitung der Projektergebnisse	75
9	Fazit	77
10	Danksagung	79
11	Literaturverzeichnis	81

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1	Häufigkeitsverteilung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in Deutschland, Datengrundlage DWD 2008	8
Abbildung 2	Schematische Darstellung unterschiedlicher Arten von Fensterlüftern	12
Abbildung 3	Schematische Darstellung der WRG im Fensterlüfter, Quelle: SIEGENIA AUBI	12
Abbildung 4	Volumenstromgeführter Fensterfalzlüfter, Quelle: oben links: Regelair oben rechts: Rehau, unten links: SIEGENIA AUBI, unten rechts Profine	13
Abbildung 5	Fensterfalzlüfter, Quelle: Alco Systeme	14
Abbildung 6	Beschlagsgeregelter Fensterlüfter, Quelle: Aug. Winkhaus	14
Abbildung 7	elektromotorisch betätigtes Dachflächenfenster, Quelle: VELUX	15
Abbildung 8	Aufsatzelement im Flügelrahmen integriert, Quelle: Aereco	15
Abbildung 9	Aufsatzelement über dem Blendrahmen integriert, Quelle: links: Renson, rechts: Profine	15
Abbildung 10	Aufsatzelement im Glasfalz integriert, Quelle: links Renson, rechts SIEGENIA AUBI	16
Abbildung 11	Ventilatorgestütztes Aufsatzelement mit Wärmerückgewinnung, Quelle: Schüco	16
Abbildung 12	Ventilatorgestütztes Aufsatzelement mit Wärmerückgewinnung als Fensterbanklüfter links: Element alleine, rechts: im eingebautem Zustand, Quelle: SIEGENIA AUBI	16
Abbildung 13	Außenluftvolumenströme durch Infiltration (gestrichelte Linien) sowie notwendige Außenluftvolumenströme für die Feuchtschutzlüftung (durchgezogenen Linien) in Abhängigkeit der Wohnfläche für eine eingeschossige Nutzungseinheit in windschwacher Lage	21
Abbildung 14	Außenluftvolumenströme durch Infiltration (gestrichelte Linien) sowie notwendige Außenluftvolumenströme für die Feuchtschutzlüftung (durchgezogenen Linien) in Abhängigkeit der Wohnfläche für eine eingeschossige Nutzungseinheit in windstarker Lage	21
Abbildung 15	Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für Lüftung zum Feuchteschutz in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: eingeschossige Nutzungseinheit in windschwacher Lage	25



Abbildung 16	Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für Lüftung zum Feuchteschutz in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: eingeschossige Nutzungseinheit in windstarker Lage	26
Abbildung 17	Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für Lüftung zum Feuchteschutz in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: mehrgeschossig verbunden, windschwache Lage, Wärmeschutz niedrig	28
Abbildung 18	Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für reduzierte Lüftung in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: eingeschossige Nutzungseinheit in windschwacher und windstarker Lage	29
Abbildung 19	Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für reduzierte Lüftung in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: Nutzungseinheit über zwei Geschosse, $n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$, in windschwacher und windstarker Lage	30
Abbildung 20	Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter bei Schachtlüftung für reduzierte Lüftung in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: eingeschossige Nutzungseinheit, $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$, in windschwacher und windstarker Lage.	31
Abbildung 21	Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter bei Schachtlüftung für reduzierte Lüftung in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: mehrgeschossige Nutzungseinheit, $n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$, in windschwacher und windstarker Lage.	32
Abbildung 22	Beispielplanung einer raumweisen Zu-/Abluftanlage mit Fensterlüftern für eine 1-Zimmer-Wohnung	34
Abbildung 23	Beispielplanung einer raumweisen Zu-/Abluftanlage mit Fensterlüftern für eine 3-Zimmer-Wohnung	36
Abbildung 24	Beispielplanung einer Abluftanlage mit Fensterlüftern als Außenluftdurchlässe für die Zuluft für eine 1-Zimmer-Wohnung	38
Abbildung 25	Beispielplanung einer Abluftanlage mit Fensterlüftern als Außenluftdurchlässe für die Zuluft für eine 3-Zimmer-Wohnung	40
Abbildung 26	Max. notwendig Volumenströme über ÜLD für freie Lüftung, Querlüftung Feuchteschutz, $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$	43
Abbildung 27	Max. notwendig Volumenströme über ÜLD für freie Lüftung, reduzierte Lüftung $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$	44
Abbildung 28	Notwendige Volumenströme über Fensterlüfter um die Zuluft entsprechen DIN 18017-3 sicherzustellen. Eingeschossige Wohnung ohne Schacht, ein fensterloser Raum.	47

Abbildung 29	Notwendige Volumenströme über Fensterlüfter um die Zuluft entsprechen DIN 18017-3 sicherzustellen. Mehrgeschossig verbundene Wohnung, ein fensterloser Raum	48
Abbildung 30	Energieflussschema für die Variante 0, d. h. Gebäude mit freier Lüftung gem. EnEV.	53
Abbildung 31	Auf die Nutzfläche nach EnEV bezogener Primärenergiebedarf für die betrachteten Lüftungsvarianten im Einfamilienhaus.	54
Abbildung 32	Auf die Nutzfläche nach EnEV bezogener Primärenergiebedarf für die betrachteten Lüftungsvarianten in der Etagenwohnung.	54
Abbildung 33	Auf die Nutzfläche nach EnEV bezogener Endenergiebedarf für die betrachteten Lüftungsvarianten im Einfamilienhaus.	56
Abbildung 34	Auf die Nutzfläche nach EnEV bezogener Endenergiebedarf für die betrachteten Lüftungsvarianten in der Etagenwohnung.	56
Abbildung 35	Darstellung des Themas Fensterlüfter auf der fensterbau/frontale 08 sowie auf der saie spring in Bologna	75

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Zusammenhang zwischen der Lüftungsstufe und der Mindest-Auslegung	10
Tabelle 2	Auflistung typischer Luftvolumenströme von Fensterlüftern ohne Ventilator	17
Tabelle 3	Auslegungsdifferenzdruck Δp in Abhängigkeit der Parameter Windgebiet und „Geschossigkeit“	20
Tabelle 4	Vorgabewerte für den Luftwechsel n_{50}	20
Tabelle 5	Notwendigkeit einer Lüftungstechnischen Maßnahme – Modernisierung	22
Tabelle 6	Notwendigkeit einer Lüftungstechnischen Maßnahme – Neubau	23
Tabelle 7	Ab- und Zuluftvolumenströme für eine Wohnung mit $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$. Die notwendige Zuluft wird durch ALD und Infiltration gedeckt. Die Differenz zwischen Nennvolumenstrom und Volumenstrom des ERLG wird durch Infiltration gedeckt	34
Tabelle 8	Die Differenz zwischen Nennvolumenstrom und Volumenstrom des ERLG wird durch Infiltration gedeckt.	35
Tabelle 9	Ab- und Zuluftvolumenströme für eine Wohnung mit $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$. Die Differenz zwischen ALD und Zuluft wird durch Infiltration gedeckt.	38
Tabelle 10	Ab- und Zuluftvolumenströme für eine Wohnung mit $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$. Die Differenz zwischen ALD und Zuluft wird durch Infiltration gedeckt. Die Diele ist Überströmbereich.	39



Tabelle 11	Mindestflächen der Überströmöffnungen in cm^2 in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms	41
Tabelle 12	Notwendiger unterer Luftspalt einer Türe in mm (Türblattbreite 86 cm) in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms sowie des Lüftungssystems	42
Tabelle 13	zu realisierende Luftvolumenströme über ÜLD bei freier Lüftung	44
Tabelle 14	Notwendiger unterer Luftspalt einer Türe in mm (Türblattbreite 86 cm) in Abhängigkeit der Lüftungsstufe sowie des Lüftungssystems	45
Tabelle 15	Außenluftvolumenströme für die Variantenberechnung in den Varianten „1946“ bei bedarfsgeführter Lüftung	51
Tabelle 16	Zusammenstellung der berechneten Lüftungsvarianten.	52
Tabelle 17	Beschreibung der beiden betrachteten Wohneinheiten. V_e entspricht dem Volumen gem. EnEV. Die Etagenwohnung wurde als eigene Einheit betrachtet, wobei Decke und Boden adiabatisch angenommen wurden.	52
Tabelle 18	Randbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die Kostenstammen zum Teil aus durchgeführten Projekten oder sind aus Herstellerangaben geschätzt.	59
Tabelle 19	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das EFH. Alle Ergebnisse stellen gemittelte Werte über den Zeitraum von 20 Jahren dar.	59
Tabelle 20	Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die EW. Alle Ergebnisse stellen gemittelte Werte über den Zeitraum von 20 Jahren dar.	60
Tabelle 21	Beispielhafter Zusammenhang zwischen normiertem Schallpegel L_N und dem Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$	62
Tabelle 22	Mindestanforderungen an den normierten Schallpegel L_N von Fensterlüftern	62
Tabelle 23	Vorschlag der Anforderungsstufen für einen verbesserten Schallschutz	63
Tabelle 24	Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen (Tab. 8 aus DIN 4109)	64
Tabelle 25	Korrekturwert für das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß in Abhängigkeit des Verhältnisses $S_{(W+F)}/S_G$ (Tab. 9 aus DIN 4109)	64
Tabelle 26	Erforderliche Schalldämm-Maße $R'_{w,res}$ von Kombinationen von Außenwänden und Fenstern (Tab. 10 aus DIN 4109)	65
Tabelle 27	Beispiele für das bewertete Schalldämm-Maß von einschaligen Außenwänden in Ziegelbauweise (beidseitig verputzt) nach Beiblatt 1 DIN 4109 und [15]	66

Tabelle 28	Gegenüberstellung Lärmsituation zu Anforderung an das erforderliche Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ der Gesamtaußenwand für eine Raumnutzung als Aufenthalts- und Schlafraum in Wohnungen und Hotels (entspricht Tab. 8 aus DIN 4109)	66
Tabelle 29	Richtwerte für die Schalldämmung von Fenstern und Lüfter in Abhängigkeit des erforderlichen Schalldämm-Maße $R'_{w,res}$ der Gesamtaußenwand, die Richtwerte für $D_{n,e,w}$ beziehen sich auf einen Prüfstandswert gemessen an einer Lüfterlänge von 1,23 m	69
Tabelle 30	Richtwerte für die Schalldämmung von Innentürelementen Sperrtür mit Füllung aus Röhrenspanplatte mit einer Zargendichtung und ohne Bodendichtung (glatter Bodenbelag), unter Berücksichtigung von [19]	70
Tabelle 31	Vorschlag zur erhöhten Anforderung an die Luftdichtheit von verschließbaren ALD	73

Symbolverzeichnis

Symbol	Bedeutung	Einheit
A	Fläche	m ²
Δp	Differenzdruck	Pa
q _V	Luftvolumenstrom	m ³ /h
f	Faktor	–
n ₅₀	Luftwechsel bei 50 Pa Differenzdruck	1/h
n	Druckexponent	–
L _N	Normierter Schalldruckpegel	dB(A)
L _{AF,max,nT}	Standard-Schalldruckpegel	dB(A)
R _{w,res}	Resultierendes Schalldämm-Maß	dB
D _{n,e,w}	Norm-Schallpegeldifferenz	dB
l	Länge	m
l ₀	Bezugslänge	m
A ₀	Bezugsfläche	m ²
S _F	Fläche des Lüfters	m ²

Abkürzung	Bedeutung
FL	Lüftung zum Feuchteschutz
RL	Reduzierte Lüftung
NL	Nennlüftung
IL	Intensivlüftung
ges	Gesamt
inf	Infiltration
WS	Wärmeschutz
NE	Nutzungseinheit
wirk	wirksam
LtM	Lüftungstechnische Maßnahme
Lü	Lüfter
R	Rechenwert

Zusammenfassung

Im Rahmen des durchgeführten Forschungsvorhabens wurden Hilfestellungen und Empfehlungen für den Einsatz von Fensterlüftern zur Umsetzung einer Lüftungstechnischen Maßnahme im Wohnungsbau nach DIN 1946-6 erarbeitet. Hierzu wurden für typische Wohnungen detaillierte Berechnungen des notwendigen Luftvolumenstroms durchgeführt. Auf Grundlage dieser Berechnungen wurden Diagramme erarbeitet, die eine „vereinfachte Planung“ der Lüftungstechnischen Maßnahme für freie Lüftung zum Feuchteschutz ermöglichen. Diese vereinfachte Vorgehensweise wird nicht in allen, jedoch in vielen Fällen die Einhaltung der DIN 1946-6 erleichtern. Zusätzlich konnten anhand der durchgeführten Untersuchungen vereinfachte Vorgehensweisen zur Gestaltung von notwendigen Überströmöffnungen sowie der zu dimensionierenden Zuluft bei Wohnungen mit fensterlosen Räumen erarbeitet werden. Da diese „vereinfachte Planung“ in der Regel auf der sicheren Seite liegt, wurde parallel eine Rechenhilfe erarbeitet, die eine detaillierte Berechnung nach DIN 1946-6 für die freie Lüftung erlaubt.

Neben reinen Lüftungstechnischen Aspekten werden auch Empfehlungen für sekundäre Anforderungen des Fensterlüfters wie z. B. für die Luftdichtheit oder den Schallschutz erarbeitet. Für die Ermittlung der Luftschalldämmung wurde ebenfalls ein Rechentool erarbeitet, das es erlaubt die Schalldämmung des kompletten Bauteils auf Grundlage der Eigenschaften der einzelnen Komponenten wie Fenster, Fensterlüfter und Wand zu berechnen.

Die Ergebnisse wurden in einer eigenständigen, praxisnahen Richtlinie zusammengefasst. Diese Richtlinie soll eine detaillierte Planung nicht ersetzen. Sie dient jedoch dazu, eine notwendige Lüftung – speziell im Falle der energetischen Modernisierung – zu ermöglichen. Hierdurch wird es dem Fensterbauer möglich, dem Endnutzer/Bauherren im Falle einer energetischen Modernisierung der Fenster auf einfache Weise die Angst vor Schimmelpilzwachstum in der Wohnung zu nehmen. Hierdurch werden speziell solche Bauherren zu einer energetischen Modernisierung ermutigt, die aufgrund des Schimmelpilzproblems von einer energetischen Modernisierung der Fenster Abstand nehmen.

1 Einleitung

Schimmelpilzwachstum durch falsches oder ungenügendes Lüften führt immer mehr zu gesundheitlichen Problemen bei den Bewohnern. Speziell nach einer Altbausanierung, bei der häufig keine Fachplaner zur Verfügung stehen, wird die Lüftungsproblematik in der Regel nicht berücksichtigt. Zurückzuführen ist dies auf die „dichtere“ Gebäudehülle nach der energetischen Sanierung. Der dadurch nicht mehr vorhandene „Grundluftwechsel“ wird in der Regel nicht durch den Nutzer abgefangen, da das Problem oft nicht erkannt wird und aufgrund langer Abwesenheit der Bewohner der Mindestluftwechsel durch die Bewohner nicht sichergestellt werden kann. Dies führt zu den bekannten Problemen. Eine nutzerunabhängige Lüftung würde die häufigste Ursache des Schimmelpilzwachstums – ungenügende und falsche Lüftung – ausschließen und damit einen Großteil an Schadensfällen vermeiden. Auch im Bereich des Neubaus findet in der Regel keine gezielte Planung der Lüftung statt, sondern bleibt dem Zufall überlassen.

Die Integration von zentralen Lüftungsanlagen in das bestehende Gebäude im Rahmen einer Sanierung ist oft schwierig bzw. nicht möglich. Speziell im Altbau bietet sich der Einsatz von dezentralen, in die Fenster integrierten Lüftungsgeräten bzw. -elementen, sog. Fensterlüftern, an. Traditionell ist das Fenster das Element zur Lüftung von Gebäuden und wird auch so von den meisten Bewohnern gesehen. Es ist also zu erwarten, dass die Integration von dezentralen Lüftungsgeräten bzw. -elementen in oder an das Fenster auf eine hohe Nutzerakzeptanz stoßen wird. Ebenso ist es sinnvoll und wirtschaftlich solche Systeme am oder im Fenster zu platzieren, da beim Austausch der Fenster keine weiteren zusätzlichen Kosten wie z. B. bei einer Wandmontage, entstehen, wenn das Fenster im Rahmen einer Sanierung ohnehin ausgetauscht wird.

In der Praxis ist jedoch festzustellen, dass der Einsatz von dezentralen Lüftungsgeräten bzw. -elementen auf keine hohe Akzeptanz stößt. Dies kann u. a. damit begründet werden, dass der Verbraucher mit der komplexen Thematik Lüftung allein gelassen wird. Zusätzlich sind neben den reinen Lüftungstechnischen Aspekten (primäre Funktion) auch noch andere wichtige sekundäre Funktionen des Fensters wie z. B. Schallschutz, Wärmeschutz, Brandschutz, Gebrauchstauglichkeit etc. zu berücksichtigen.



Ziel des Forschungsvorhabens war deshalb die Erarbeitung von *Einsatzempfehlungen*

für dezentrale Lüftungsgeräte, die im bzw. am Fenster integriert sind.

Die Einsatzempfehlungen, die als Grundlage bereits erarbeitete Klassifizierungstabellen aufweisen, sollen in erster Linie für den Neubau sowie für die Altbausanierung im Bereich des privaten Wohnungsbaus erarbeitet werden und Bauherren, Planern und Architekten Hilfestellung bei der Bewertung und Auswahl geeigneter Fensterlüftungssysteme geben.

1.1 Ausgangsbasis für das Vorhaben

Bereits im Jahr 2006 hat sich am ift Rosenheim eine Arbeitsgruppe zur Thematik „Fensterlüfter“ gebildet. Die Arbeitsgruppe bestand sowohl aus Fachexperten des ift Rosenheim als auch aus ca. 15 Vertretern entsprechender Industriezweige. Zusätzlich war die Hochschule Rosenheim eingebunden.

Das primäre Ziel dieser Fachgruppe bestand in der Erarbeitung einer Grundlage zur einheitlichen Bewertung von Lüftern, die im bzw. am Fenster integriert sind: sogenannte Fensterlüfter. Diese Grundlagen, die in Form einer Klassifizierungstabelle die einzelnen Produkteigenschaften bewerten, ermöglichen den gesamtheitlichen Vergleich von Produkten bzw. Produktlösungen. Eine entsprechende Richtlinie „*Fensterlüfter – Teil 1 Leistungseigenschaften*“ [1] wurde erarbeitet und im Juni 2007 veröffentlicht.

Während der Erarbeitung der Klassifizierungstabellen wurde von der Projektgruppe erkannt, dass die einheitliche Angabe von Produkteigenschaften nur dann zielführend ist, wenn diese Kenndaten in einen direkten Zusammenhang mit der späteren Anwendung gebracht werden können. Im Bereich von Objektlösungen wird dies vom entsprechenden Fachplaner übernommen. Fehlt dieser jedoch, was im Falle des privaten Wohnungsbaus die Regel darstellen dürfte, kann der Bauherr die angegebenen Produkteigenschaften nicht bewerten und zuordnen.

Die Arbeitsgruppe hat erkannt, dass demzufolge der nächste Schritt, die Erarbeitung von entsprechenden Einsatzempfehlungen sein muss, die die bereits erarbeiteten Klassifizierungstabellen zur Grundlage haben.



Zur Lüftungsplanung existieren sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene Richtlinien bzw. Regelwerke wie z. B.

- DIN 1946-6 „Raumluftechnik - Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung“ [2]
- DIN 18017-3 „Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster - Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren“ [3]
- EN 13465 „Lüftung von Gebäuden – Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Luftvolumenströmen in Wohnungen“ [4]
- EN 15242 „Lüftung von Gebäuden – Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration“ [5]

Im Rahmen der Erarbeitung der Einsatzempfehlungen war es daher unabdingbar, die entsprechenden Planungsnormen als Grundlage zu verwenden. Diese sind jedoch äußerst komplex und für den privaten Bauherrn nicht mehr umsetzbar. Im Rahmen des Projektes wurden daher durch gezielte Berechnung und Planung von typischen Gebäudesituationen und unterschiedlichen Nutzungsbedingungen detaillierte Produkthanforderungen erarbeitet. Durch die Zusammenfassung und Verdichtung der Einzelergebnisse konnten allgemeinverständliche sowie einfach zu handhabende Einsatzempfehlungen erstellt werden.

2 Definitionen

Es gelten im Wesentlichen die Begriffsdefinitionen entsprechend DIN 1946-6. Die im Rahmen dieses Berichtes wichtigsten Begriffe können nachfolgender Tabelle entnommen werden.

Fensterlüfter	Lüftungsgerät oder -element, welches in das Fenster integriert ist oder in direktem Zusammenhang mit dem Fenster steht.
Lüftungselement	Vorrichtung ohne ventilatorgestützten Antrieb, welche das Durchströmen von Luft ermöglicht.
Fensterfalzlüfter	Lüftungsgerät oder -element, welches im Fensterfalz integriert ist und/oder den Fensterfalz als Lüftungsweg nutzt.
Beschlags geregelter Lüfter	Lüftungsgerät oder -element, welches durch die Ausführung des Fensterfalzes in Kombination mit dem Fensterbeschlag die Lüftungseigenschaft erreicht.
Aufsatzelement	Lüftungsgerät oder -element, welches direkt in den Blendrahmen und/oder den Flügelrahmen und/oder das Glas des Fensters integriert ist oder welches direkt an den Blendrahmen des Fensters (seitlich, oben oder unten) montiert werden kann.
ALD bzw. Außenluftdurchlass	Lüftungselement, das das geplante Durchströmen von Luft durch die Gebäudehülle ermöglicht, umfasst auch entsprechend ausgebildete Lüftungskomponenten in Fenstern, Fenstertüren und Türen
Lüftung zum Feuchteschutz	Notwendige Lüftung zur Gewährleistung des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchtelasten, z. B. zeitweilige Abwesenheit der Nutzer und kein Wäschetrocknen in der Nutzungseinheit
reduzierte Lüftung	Notwendige Lüftung zur Gewährleistung der hygienischen Mindestanforderungen sowie des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchte- und Stofflasten, z. B. infolge zeitweiliger Abwesenheit von Nutzern
Nennlüftung	Notwendige Lüftung zur Gewährleistung der hygienischen Anforderungen sowie des Bautenschutzes bei Anwesenheit der Nutzer
Intensivlüftung	zeitweilig notwendige Lüftung mit erhöhtem Luftvolumenstrom zum Abbau von Lastspitzen
Nutzungseinheit	Wohnung, Einfamilienhaus oder vergleichbare andere eingeschossige oder mehrgeschossig verbundene Raumgruppe



eingeschossige Nutzungseinheit	Nutzungseinheit, die nicht über mehrere Geschosse offen verbunden ist Typisch: Wohnungen im Geschosswohnungsbau/Mehrfamilienhaus, Bungalow
mehrgeschossig verbundene Nutzungseinheit	Nutzungseinheit, die über mehrere Geschosse offen verbunden ist. Typisch: Einfamilienhaus
Luftvolumenstrom über die Fensterlüfter	Der Luftvolumenstrom über die Fensterlüfter ist im Falle der Querlüftung die Summe aus der Zuluft und der Abluft, da über die Fensterlüfter sowohl die Zuluft als auch die Abluft strömt. Im Falle der Schachtlüftung ist der Luftvolumenstrom über die Fensterlüfter nur die Zuluft.
Abluftelement	Element, über das bei Zuluftanlagen die Abluft ins Freie geführt wird.
nutzerabhängige Lüftung	Lüftung, bei der aktiv eingegriffen werden muss, um die Lüftung sicherzustellen, z. B. manuelles Öffnen der Fenster.
nutzerunabhängige Lüftung	Ist primär Lüftung mittels selbsttätig regelnder Lüftungskomponenten, um einen bestimmten Luftwechsel zu gewährleisten. Auch manuell einstellbare und (im Bedarfsfall) verschließbare Fensterlüfter werden nach DIN 1946-6 dazu gezählt.

3 Festlegung des Berechnungsansatzes

Der prinzipielle Ansatz zur Berechnung der Luftvolumenströme beruht auf DIN 1946-6. Da diese Norm während der Bearbeitung des Projektes selbst überarbeitet wurde, war es möglich, Randbedingungen für die entsprechenden Algorithmen mit festzulegen. Im Wesentlichen betraf die Zuarbeit die Festlegung von Randbedingungen für die freie Lüftung.

3.1 Windgeschwindigkeiten in Deutschland

Zur Ermittlung der windinduzierten Druckdifferenz ist es notwendig, eine mittlere Windgeschwindigkeit am entsprechenden Standort des Gebäudes zu kennen. Entsprechende Daten werden vom Deutschen Wetterdienst (DWD) kostenpflichtig angeboten. Im Rahmen des Projektes wurden daher Daten der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit für ganz Deutschland im 1 km-Raster erworben. Diese sind für die Standardhöhe von 10 m über Grund mit dem Statistischen Windfeldmodell (SWM) des DWD für den Zeitraum 1981 bis 2000 berechnet. Nähere Infos hierzu sind auf der Homepage des DWD erhältlich (www.dwd.de)

Die Häufigkeitsverteilung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in Deutschland ist in Abbildung 1 dargestellt. Sie gibt an, wie viele „Orte“ Deutschlands oder genauer gesagt, wie viele Rasterpunkte zu jeder Windgeschwindigkeit existieren. Wie Abbildung 1 entnommen werden kann, beträgt die minimale mittlere jährliche Windgeschwindigkeit 1,3 m/s, hierfür ist eine Häufigkeit von zwei Rasterpunkten gegeben. Die Häufigkeitsverteilung steigt relativ schnell an und erreicht das Maximum bei einer Windgeschwindigkeit von 2,8 bis 3,5 m/s. Anschließend fällt die Häufigkeitsverteilung wieder recht schnell ab (bis ca. 5,5 m/s). Die maximale mittlere jährliche Windgeschwindigkeit beträgt 8,8 m/s. Für eine praktische Anwendung ist es sinnvoll entsprechende Klassen bzw. Bereiche zu bilden. Im zugehörigen Normungsausschuss wurde beschlossen, dass es ausreichend sei zwei Klassen in Deutschland zu bilden. Eine Klasse, die eine windschwache Lage repräsentiert, die andere Klasse repräsentiert eine windstarke Lage. Geht man davon aus, dass die Gesamtanzahl aller „Orte“ in den beiden Klassen gleich groß sein soll, so ergibt sich die Klassengrenze anhand der Winddaten zu 3,3 m/s. Entsprechend erfolgt die Definition der beiden Klassen:

- windschwache Lage: mittlere jährliche Windgeschwindigkeit $\leq 3,3$ m/s
- windstarke Lage: mittlere jährliche Windgeschwindigkeit $> 3,3$ m/s

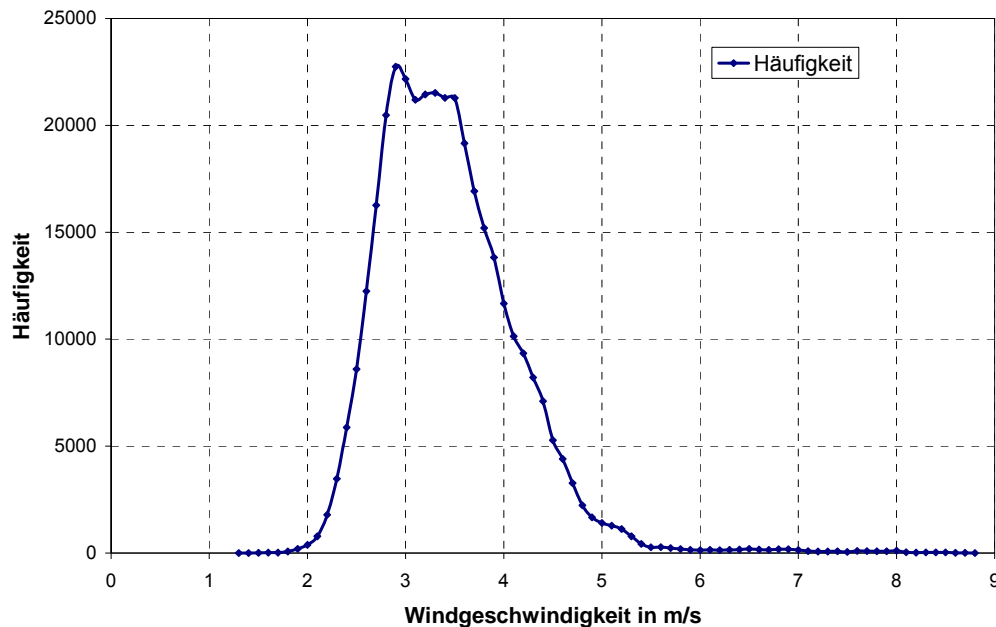


Abbildung 1 Häufigkeitsverteilung der mittleren jährlichen Windgeschwindigkeit in Deutschland, Datengrundlage DWD 2008

Eine grafische Darstellung der beiden Windklassen, bezogen auf die Bundesrepublik Deutschland, kann Anhang A entnommen werden. Für die beiden Klassen sind noch entsprechende repräsentative mittlere jährliche Windgeschwindigkeiten anhand der Winddaten zu ermitteln:

- windschwache Lage:
repräsentative mittlere jährliche Windgeschwindigkeit = 2,9 m/s
- windstarke Lage:
repräsentative mittlere jährliche Windgeschwindigkeit = 4,0 m/s

Bzgl. der Lüftung für den Feuchteschutz ist im Wesentlichen die Heizperiode zu betrachten, also der Zeitraum von Oktober bis März. Es stellt sich die Frage, ob für diesen Zeitraum andere mittlere Windgeschwindigkeiten herrschen als über das ganze Jahr gesehen. Die Auswertung der monatlichen Windgeschwindigkeiten nach DIN 4710 [6] sowie weiterer öffentlich zugänglichen Daten des DWD ergeben, dass die mittleren Windgeschwindigkeiten für den Zeitraum von Oktober bis März um den Faktor 1,08 höher sind als die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten. Die mittleren jährlichen Windgeschwindigkeiten sind daher um den Faktor 1,08 zu erhöhen.

3.2 Prinzipielle Vorgehensweise nach DIN 1946-6

Für neu zu errichtende oder zu modernisierende Gebäude ist zu prüfen, ob eine Lüftungstechnische Maßnahme zu planen ist. Die Notwendigkeit einer solchen Maßnahme ergibt sich, wenn der Luftvolumenstrom durch Infiltration geringer als der notwendige Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz ist. Hierzu werden in DIN 1946-6 insgesamt vier Lüftungsstufen sowie die dazu nötigen Luftvolumenströme definiert.

1. Lüftung zum Feuchteschutz:

Notwendige Lüftung zur Gewährleistung des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchtelasten, z. B. zeitweilige längere Abwesenheit der Nutzer und kein Wäschetrocknen in der Nutzungseinheit

2. Reduzierte Lüftung:

Notwendige Lüftung zur Gewährleistung der hygienischen Mindestanforderungen sowie des Bautenschutzes (Feuchte) unter üblichen Nutzungsbedingungen bei teilweise reduzierten Feuchte- und Stofflasten, z. B. infolge zeitweiliger Abwesenheit der Nutzer

3. Nennlüftung:

Notwendige Lüftung zur Gewährleistung der hygienischen Anforderungen sowie des Bautenschutzes bei Anwesenheit der Nutzer (Normalbetrieb)

4. Intensivlüftung:

Zeitweilig notwendige erhöhte Lüftung zum Abbau von Lastspitzen (Lastbetrieb).

Die Auslegung der mindestens erforderlichen Lüftungsstufe erfolgt in Abhängigkeit des Lüftungssystems. Folgende Lüftungssysteme werden unterschieden:

1. freie Lüftung

- Querlüftung (Feuchteschutz)
- Querlüftung
- Schachtlüftung

2. ventilatorgestützte Lüftung

- Abluftsystem
- Zuluftsystem
- Zu-/Abluftsystem



Der Zusammenhang zwischen Lüftungssystem und der entsprechenden Lüftungsstufe, auf die das System mindestens ausgelegt werden muss, kann nachfolgender Tabelle entnommen werden:

Tabelle 1 Zusammenhang zwischen der Lüftungsstufe und der Mindest-Auslegung

Lüftungssystem		Lüftungsstufe			
		Lüftung zum Feuchteschutz (FL)	Reduzierte Lüftung (RL)	Nennlüftung (NL)	Intensivlüftung (IL)
freie Lüftung	Querlüftung (Feuchteschutz)	X			
	Querlüftung		X		
	Schachtlüftung		X		
ventilator-gestützte Lüftung	Abluftsystem			X	
	Zuluftsystem			X	
	Ab-/Zuluftsystem			X	

4 Analyse und Klassifizierung von Fensterlüftern

4.1 Was ist ein Fensterlüfter?

Ganz allgemein werden im Rahmen dieses Vorhabens unter dem Begriff Fensterlüfter Lüftungsgeräte oder -elemente verstanden, die in das Fenster integriert sind oder in direktem Kontakt mit dem Fenster stehen, z. B. angebaut sind. Prinzipiell muss unterschieden werden, ob der Fensterlüfter über einen Ventilator verfügt oder ob „natürliche Druckdifferenzen“ (Wind, Temperaturunterschied) die treibenden Kräfte für den Luftvolumenstrom durch den Lüfter darstellen.

Folgende drei Hauptklassen von Fensterlüftern können unterschieden werden:

Fensterfalzlüfter sind Lüftungsgeräte oder -elemente, die im Fensterfalz integriert sind und/oder den Fensterfalz als Lüftungsweg nutzen. Fensterfalzlüfter sind in der Regel nicht ventilatorgestützt.

beschlagsgeregelte Lüfter sind Lüftungsgeräte oder -elemente, die durch die Ausführung des Fensterfalzes in Kombination mit dem Fensterbeschlag die Lüftungseigenschaft erreicht. Damit Luft strömen kann, ist das teilweise Öffnen des Fensters notwendig. Dies kann manuell oder motorisch betrieben erfolgen. Durch eine motorische Betätigung ist eine nutzerunabhängige Lüftung gegeben. Beschlagsgeregelte Lüfter sind in der Regel nicht ventilatorgestützt.

Aufsatzelemente sind Lüftungsgeräte oder -elemente, die direkt in den Blendrahmen und/oder den Flügelrahmen und/oder das Glas des Fensters integriert sind oder die direkt an den Blendrahmen des Fensters (seitlich, oben oder unten) montiert werden können. Aufsatzelemente können sowohl ventilatorgestützt sein als auch auf freier Lüftung basieren. Eine Wärmerückgewinnung im Fensterlüfter kann realisiert werden

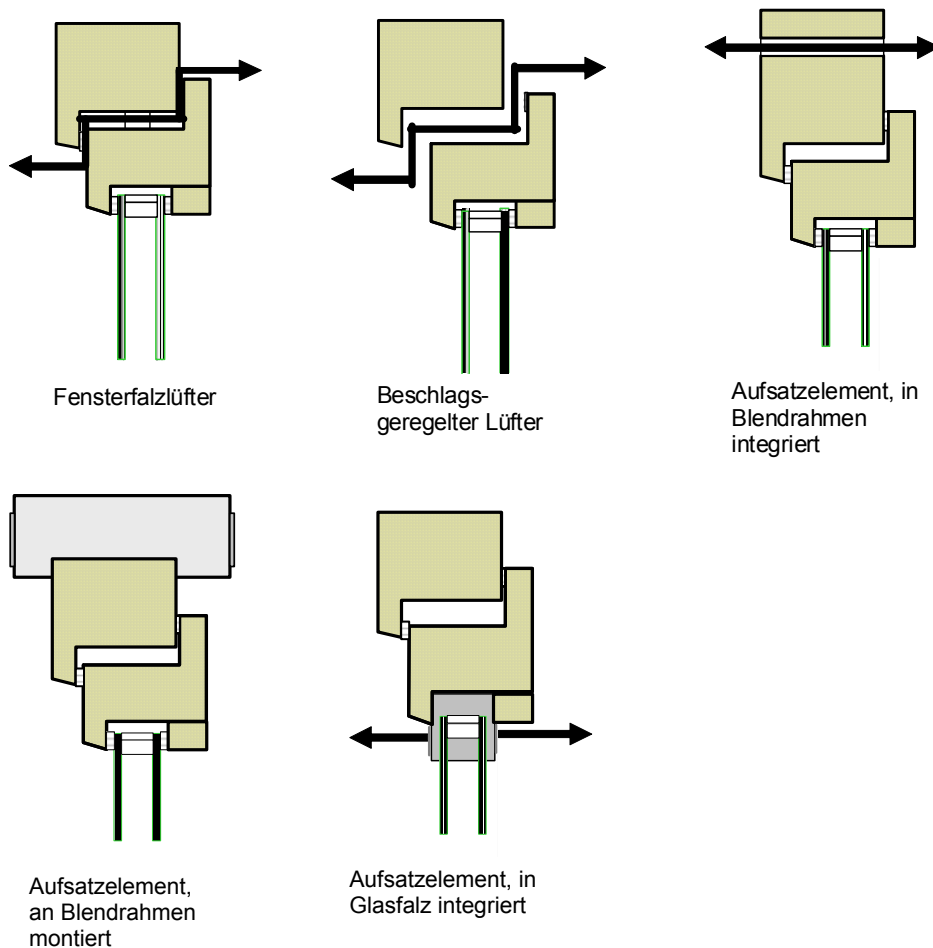


Abbildung 2 Schematische Darstellung unterschiedlicher Arten von Fensterlüftern

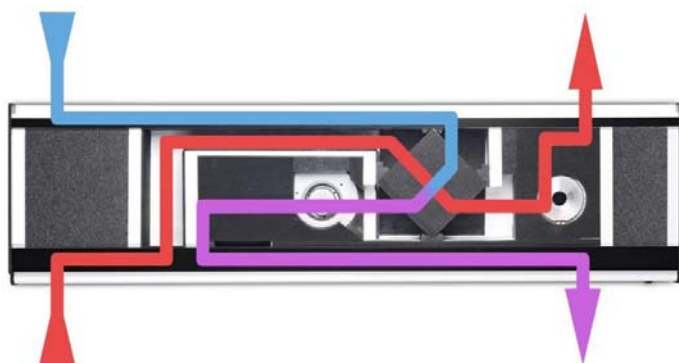


Abbildung 3 Schematische Darstellung der WRG im Fensterlüfter;
Quelle: SIEGENIA AUBI

4.2 Produktlösungen

Im Folgenden werden für die o. g. drei Klassen exemplarische Produktlösungen dargestellt.

4.2.1 Fensterfalzlüfter

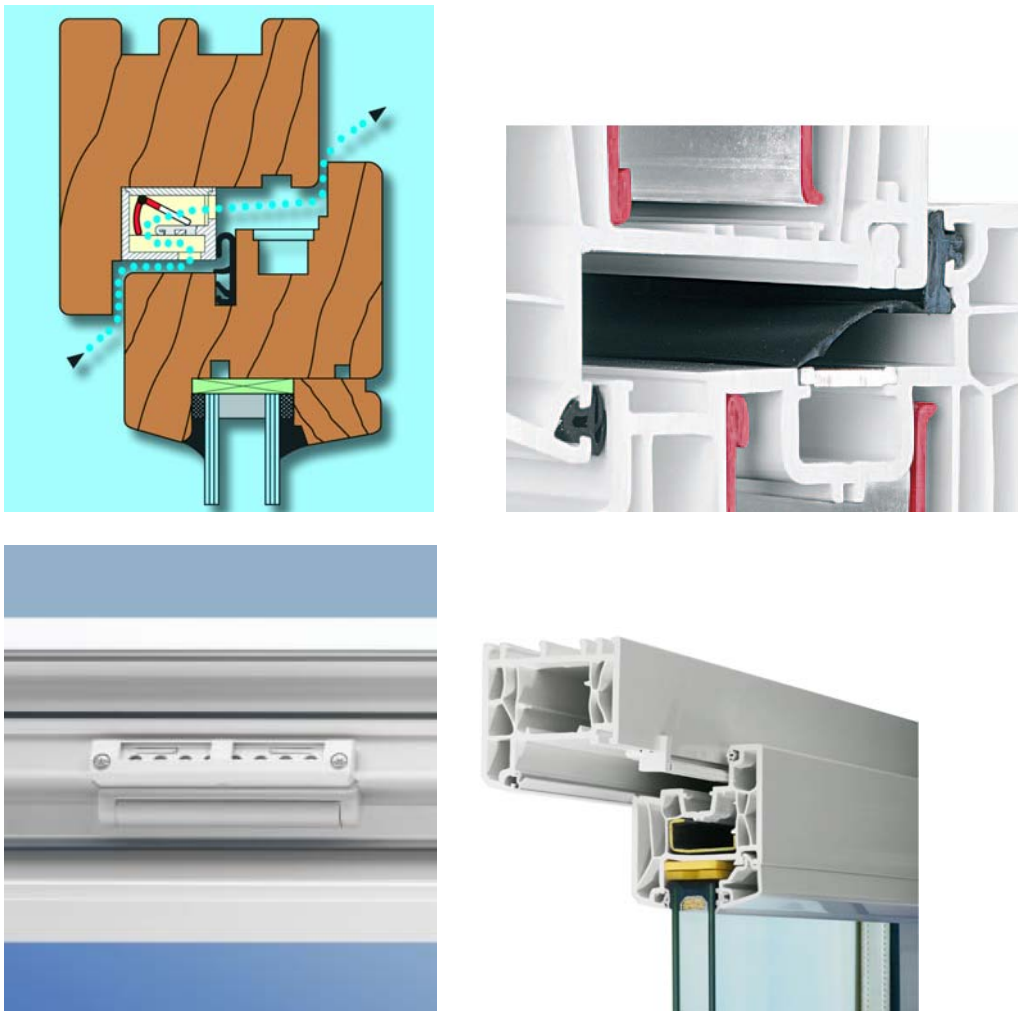


Abbildung 4 Volumenstromgeführter Fensterfalzlüfter;
Quelle: oben links: Regelair, oben rechts: Rehau, unten links:
SIEGENIA AUBI, unten rechts Profine



Abbildung 5 Fensterfalzlüfter;
Quelle: Alco Systeme

4.2.2 Beschlagsgeregelte Lüfter

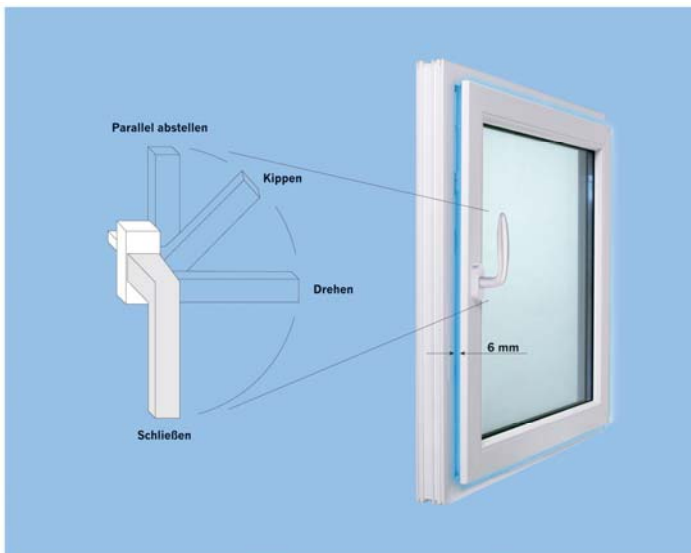


Abbildung 6 Beschlagsgeregelter Fensterlüfter;
Quelle: Aug. Winkhaus



Abbildung 7 elektromotorisch betätigtes Dachflächenfenster;
Quelle: VELUX

4.2.3 Aufsatzelemente

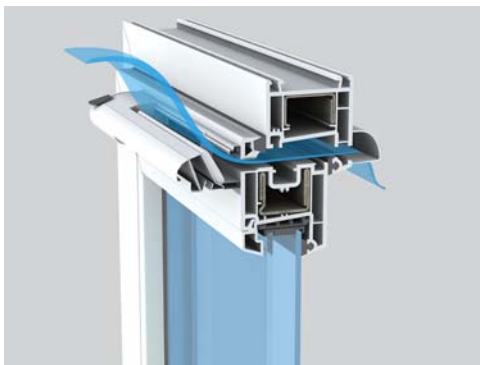


Abbildung 8 Aufsatzelement am Flügelrahmen integriert;
Quelle: Aereco

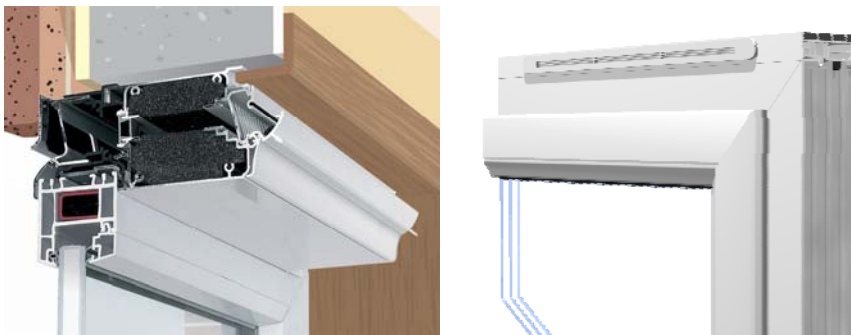


Abbildung 9 Aufsatzelement über dem Blendrahmen integriert;
Quelle: links: Renson, rechts: Profine

4 Analyse und Klassifizierung von Fensterlüftern



Abbildung 10 Aufsatzelement im Glasfalz integriert;
Quelle: links Renson, rechts SIEGENIA AUBI



Abbildung 11 Ventilatorgestütztes Aufsatzelement mit Wärmerückgewinnung;
Quelle: Schüco



Abbildung 12 Ventilatorgestütztes Aufsatzelement mit Wärmerückgewinnung als Fensterbanklüfter
links: Element allein, rechts: im eingebautem Zustand;
Quelle: SIEGENIA AUBI

4.3 Typische Leistungseigenschaften

Im Rahmen des Vorhabens wurden von den beteiligten Industriepartnern die Leistungseigenschaften ihrer Produkte ermittelt. Hierzu wurde die in der ift-Richtlinie LU01/1 dargestellte Klassifizierungstabelle verwendet.

Aufgrund der Analyse ergibt sich eine für die jeweiligen Vertreter typische Beschreibung der Leistungseigenschaften. Diese Werte können als Anhaltswerte dienen. Einzelne Produkte können von den genannten Werten u. U. deutlich abweichen.

Tabelle 2 Auflistung typischer Luftvolumenströme von Fensterlüftern ohne Ventilator

Lüftersystem	weitere Beschreibung	Luftvolumenstrom in m ³ /h bei 4 Pa	Bezugsgröße
Fensterfalzlüfter I	Volumenstromregelung	ca. 3	pro System
Fensterfalzlüfter II	manuelle Regelung	ca. 4	pro System
Fensterfalzlüfter III	manuelle Regelung	ca. 30	pro m Lauf- länge
Aufsatzelement I	manuelle Regelung, Ein- bau in den Blendrahmen	ca. 10 – 20	pro System
Aufsatzelement II	Bedarfsgeführt (z. B. feuchtegeführt), Einbau in den Blendrahmen oder Flügelrahmen	ca. 2 – 20	pro System
Aufsatzelement III	manuelle Regelung Einbau in den Glasfalz	10 – 50	pro m Lauf- länge

5 Berechnungen nach DIN 1946-6

5.1 Notwendigkeit einer Lüftungstechnischen Maßnahme (LtM)

Entsprechend DIN 1946-6 ist eine Lüftungstechnische Maßnahme zu planen, wenn der Luftvolumenstrom über Infiltration $q_{v,Inf,wirk}$ geringer ist als der notwendige Luftvolumenstrom $q_{v,ges,NE,FL}$ zur Lüftungsstufe Feuchteschutz

$$q_{v,ges,NE,FL} > q_{v,Inf,wirk} \quad (1)$$

Der notwendige Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz ist hierbei abhängig von der Grundfläche bzw. Wohnfläche der Nutzungseinheit A_{NE} sowie einem Faktor f_{WS} , der den Wärmeschutz des Gebäudes berücksichtigt.

$$q_{v,ges,NE,FL} = f_{WS} \cdot (-0,001 \cdot A_{NE}^2 + 1,15 \cdot A_{NE} + 20) \quad (2)$$

mit

$f_{WS} = 0,3$ Gebäude mit Wärmeschutz hoch

$f_{WS} = 0,4$ Gebäude mit Wärmeschutz gering

Der Infiltrationsluftvolumenstrom berechnet sich nach

$$q_{v,Inf,wirk} = f_{wirk,Komp} \cdot A_{NE} \cdot H_R \cdot n_{50} \cdot (f_{wirk,Lage} \cdot \Delta p / 50)^n \quad (3)$$

mit

$f_{wirk,komp} = 0,5$

$f_{wirk,Lage} = 1$

A_{NE} Wohnfläche der Nutzungseinheit

$H_R = 2,5$ m (vereinfacht wird die Raumhöhe auf 2,5 m festgelegt)

n_{50} Luftwechselrate bei 50 Pa (Vorgabewert oder Messwert)

Δp Auslegungsdifferenzdruck

n Druckexponent (in der Regel 2/3)

Der Auslegungsdifferenzdruck Δp ist abhängig, ob die Nutzungseinheit eingeschossig oder mehrgeschossig verbunden ist, sowie vom zugehörigen Windgebiet.



Tabelle 3 Auslegungsdifferenzdruck Δp in Abhängigkeit der Parameter Windgebiet und „Geschossigkeit“

	Windgebiet	
	windschwach	windstark
eingeschossige Nutzungseinheit	2 Pa	4 Pa
mehrgeschossig verbundene Nutzungseinheit	5 Pa	7 Pa

Die für die Berechnung des Infiltrationsluftvolumenstroms vorgegebenen n_{50} -Werte können Tabelle 4 entnommen werden.

Tabelle 4 Vorgabewerte für den Luftwechsel n_{50}

	Modernisierung	Neubau
eingeschossige Nutzungseinheit	1,5 h ⁻¹	1,5 h ⁻¹
mehrgeschossig verbundene Nutzungseinheit	2,0 h ⁻¹	1,5 h ⁻¹

Der mittlere Gebäudebestand wird mit einem n_{50} -Wert von 4,5 h⁻¹ beschrieben.

Führt man die Berechnungen entsprechend Gleichung (2) und (3) mit den n_{50} -Vorgabewerten unter Variation aller anderen möglichen Parameter durch, kann eine vereinfachte Aussage getroffen werden, für welche Fälle die Planung einer Lüftungstechnischen Maßnahme notwendig ist.

Abbildung 13 stellt exemplarisch die sich ergebenden Infiltrationsluftvolumenströme sowie die notwendigen Luftvolumenströme für die Stufe Feuchteschutz für eine eingeschossige Nutzungseinheit in windschwacher Lage dar. Es ist zu erkennen, dass der Infiltrationsluftvolumenstrom für den n_{50} -Wert von 1,5 h⁻¹ im Intervall der zugrunde gelegten Wohnfläche immer unter den notwendigen Luftvolumenströmen für Feuchteschutzlüftung liegt. Dies bedeutet, dass der Infiltrationsvolumenstrom nicht ausreichend ist und daher eine LfM unabhängig von der Größe der Wohnfläche zu planen ist.

Abbildung 14 stellt den gleichen Sachverhalt dar, die Nutzungseinheit liegt jedoch in einem windstarken Gebiet. Der Infiltrationsluftvolumenstrom für den n_{50} -Wert von 1,5 h⁻¹ übersteigt den erforderlichen Luftvolumenstrom für die Feuchteschutzlüftung bei einem Wärmeschutzniveau hoch ab einer Wohnflä-

che von ca. 140 m². D. h., dass ab dieser Wohnfläche keine LtM zu planen ist. Für den Fall des geringen Wärmeschutzes liegt die Infiltration immer unter dem erforderlichen Luftvolumenstrom.

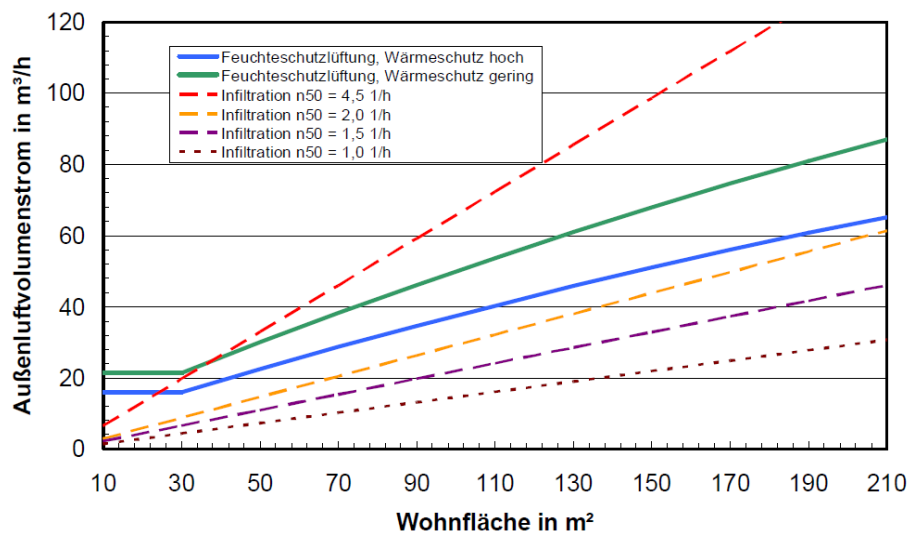


Abbildung 13 Außenluftvolumenströme durch Infiltration (gestrichelte Linien) sowie notwendige Außenluftvolumenströme für die Feuchteschutzlüftung (durchgezogene Linien) in Abhängigkeit der Wohnfläche für eine eingeschossige Nutzungseinheit in windschwacher Lage

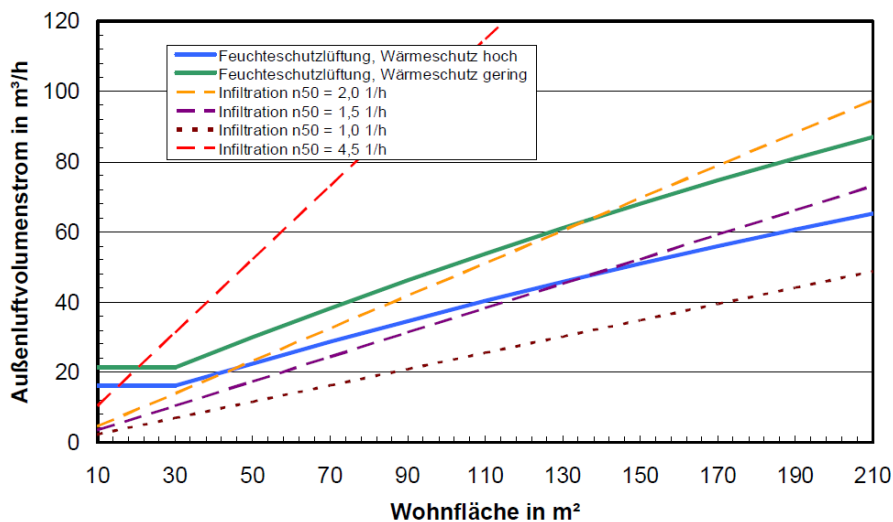


Abbildung 14 Außenluftvolumenströme durch Infiltration (gestrichelte Linien) sowie notwendige Außenluftvolumenströme für die Feuchteschutzlüftung (durchgezogene Linien) in Abhängigkeit der Wohnfläche für eine eingeschossige Nutzungseinheit in windstarker Lage



Tabelle 5 sowie Tabelle 6 stellen die detaillierten Ergebnisse dar, in welchem Fall eine Lüftungstechnische Maßnahme umzusetzen ist. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass im Falle einer eingeschossigen Wohnung, d. h. einer typischen Wohnung im Mehrgeschossbau, in der Regel eine Lüftungstechnische Maßnahme sowohl im Rahmen der Modernisierung als auch im Rahmen des Neubaus umzusetzen ist. Nur in einer windstarken Lage der Wohnung und einem hohen Wärmeschutzniveau müsste ab einer Wohnfläche von 140 m² keine LtM mehr geplant werden.

Genau entgegengesetzt verhält es sich bei mehrgeschossig verbundenen Nutzungseinheiten, d. h. also Wohnungen, die über zwei oder mehrere Geschosse miteinander verbunden sind. Ein typischer Vertreter ist das mehrgeschossige Einfamilienhaus. Hier sind in der Regel keine Lüftungstechnischen Maßnahmen zu planen. Nur im Falle einer windschwachen Lage müsste im Modernisierungsfall bei geringem Wärmeschutzniveau sowie im Falle des Neubaus eine LtM bis zu einer Wohnfläche von 80 m² umgesetzt werden. Im Regelfall jedoch werden mehrgeschossig verbundenen Nutzungseinheiten eine Wohnfläche über 80 m² aufweisen.

Tabelle 5 Notwendigkeit einer Lüftungstechnischen Maßnahme – Modernisierung

Nutzungseinheit	Wärmeschutzniveau	Windgebiet	Umsetzung LtM nach 1946-6
eingeschossig ($n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$)	gering	windschwach	ja
		windstark	ja
	hoch	windschwach	ja
		windstark	bis 140 m ²
mehrgeschossig verbunden ($n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$)	gering	windschwach	bis 80 m ²
		windstark	nein
	hoch	windschwach	nein
		windstark	nein

Tabelle 6 Notwendigkeit einer Lüftungstechnischen Maßnahme – Neubau

Nutzungseinheit	Wärmeschutzniveau	Windgebiet	Umsetzung LtM nach 1946-6
eingeschossig ($n_{50} = 1,5^{-1}$)	hoch	windschwach	ja
		windstark	bis 140 m ²
mehrgeschossig verbunden ($n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$)	hoch	windschwach	bis 80 m ²
		windstark	nein

5.2 Ansatz zur vereinfachten Umsetzung

Die Planung und Auslegung einer Lüftungstechnischen Maßnahme nach DIN 1946-6 ist sehr aufwändig. Im Rahmen dieses Projektes sollte geklärt werden, wie die Umsetzung für die Praxis vereinfacht werden könnte. Ziel war es hierbei, einfacher Tabellen oder Diagramme zu erarbeiten, mit denen die Lüftungstechnischen Leistungseigenschaften von Fensterlüftern für den Anwendungsfall bestimmt werden können. Somit wäre es möglich, dem Fensterbauer ein Instrument zu geben, mit dem er auf einfache Weise Fensterlüfter dimensionieren kann.

Zur Ermittlung der notwendigen Außenluftvolumenströme sind nach DIN 1946-6 zwei unabhängige Berechnungen durchzuführen:

- Berechnung des Außenluftvolumenstroms in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit und
- Berechnung des Außenluftvolumenstroms bei raumweiser Betrachtung.

Der höhere der beiden berechneten Außenluftvolumenströme ist für die Dimensionierung heranzuziehen.

Der Ansatz zur Vereinfachung für eine praxisnahe Umsetzung bestand darin, den notwendigen Luftvolumenstrom einer Vielzahl von typischen Wohnungen detailliert nach DIN 1946-6 zu berechnen und anhand von sich ergebenden Korrelationen ein vereinfachtes Planungswerkzeug zu entwickeln.

Bei den Berechnungen wurden folgende Parameter variiert:

- Luftdichtheit der Wohnung/ n_{50} -Wert: 1,5 h⁻¹ bzw. 2,0 h⁻¹,
- Windlage der Wohnung: windstark, windschwach.



- Ist die Wohnung ein Neubau oder modernisiert?
- Geschossigkeit, d. h. ist die Wohnung eingeschossig oder mehrgeschossig verbunden?
- Niveau der Wärmedämmung (hoch oder gering),
- Wohnfläche ca. 30 bis 170 m²,
- Anzahl der Räume 1 bis 8,
- Aufteilung der Räume.

Eine detaillierte Zusammenstellung der berechneten Wohnungen kann Anhang B entnommen werden.

5.3 Berechnungen für freie Lüftung

Die Projektierung der Luftvolumenströme über die Lüftungstechnische Maßnahme hängt nicht nur von der Fläche der Nutzungseinheit ab, sondern auch von der Anzahl und Art der Räume. In vielen Fällen wird die Anforderung an die raumweise einzuhaltenden Volumenströme nach DIN 1946-6 die bestimmende Größe sein. Somit lassen sich die notwendigen Luftvolumenströme nicht aus einer einfachen Abhängigkeit von der Fläche ableiten. Aus diesem Grund wurde für eine Vielzahl von Nutzungseinheiten unterschiedlicher Größe und Raumanzahl Auslegungsberechnungen durchgeführt.

Ziel war es dabei zu prüfen ob,

- in der Regel die raum- oder die wohnungsweisen Anforderungen die ausschlaggebenden sind und
- ob eine vereinfachte wieder auf die Fläche bezogene überschlägige Auslegung möglich ist.

Für die freie Lüftung wurden die Querlüftung Feuchteschutz und die reduzierte Lüftung sowie die Schachtlüftung untersucht. Alle Berechnungen wurden für den Standardfall gem. DIN 1946-6, d. h. ohne Lage und Höhenkorrektur, durchgeführt. Variiert wurden dabei folgende Parameter:

- Wärmeschutzniveau,
- windschwache und windstarke Lage,
- Gebäudedichtheit.

Die folgenden Diagramme stellen die Ergebnisse der Berechnungen zusammen. Dabei wird der nötige Luftvolumenstrom über die Lüftungstechnische Maßnahme gegen die jeweilige Fläche der Nutzungseinheit aufgetragen.

5.3.1 Querlüftung zum Feuchteschutz

Bei Querlüftung zum Feuchteschutz dienen die Fensterlüfter sowohl als Zuluft- als auch als Abluftelemente.

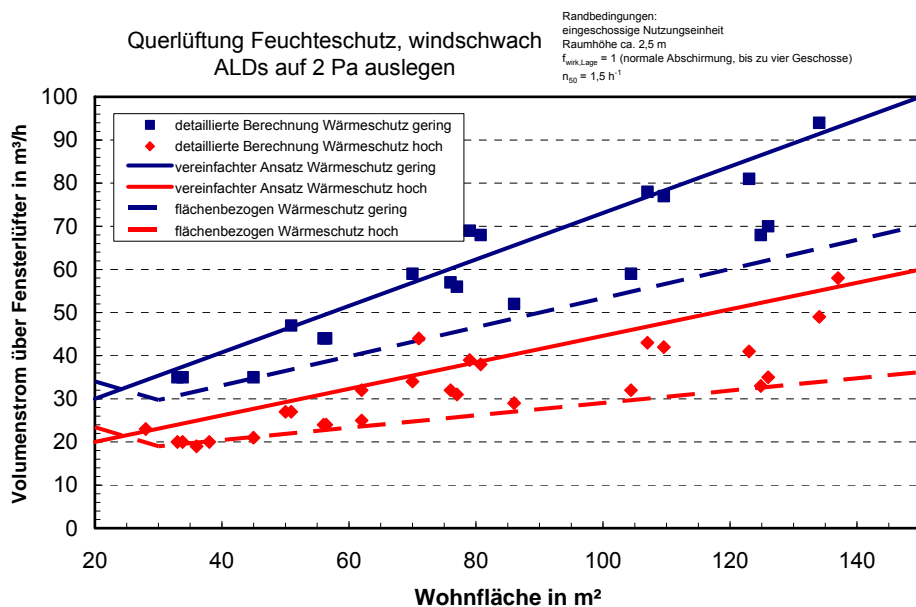


Abbildung 15 Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für Lüftung zum Feuchteschutz in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: eingeschossige Nutzungseinheit in windschwacher Lage

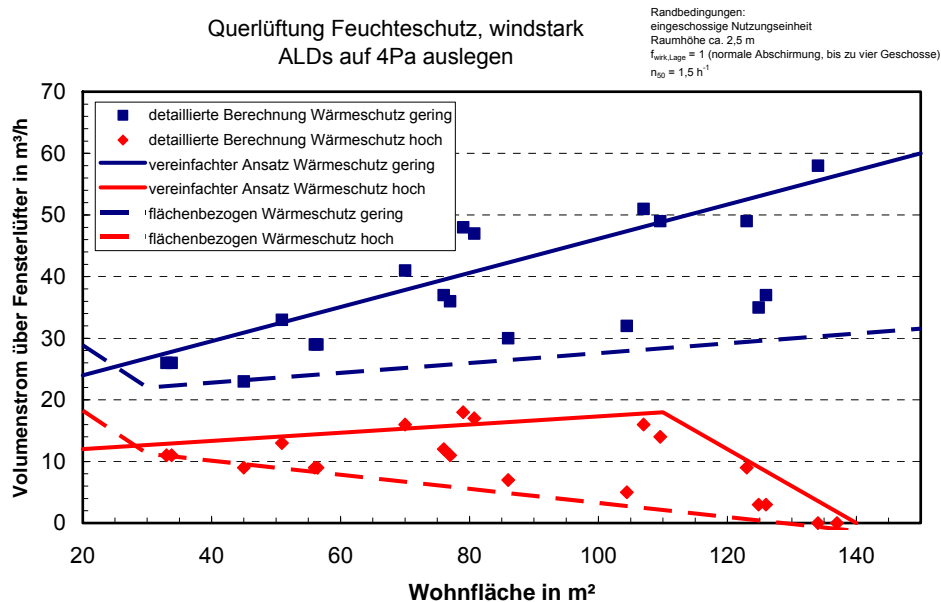


Abbildung 16 Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für Lüftung zum Feuchteschutz in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: eingeschossige Nutzungseinheit in windstarker Lage

In Abbildung 15 und Abbildung 16 sind die Volumenströme für eine eingeschossige Nutzungseinheit, die über die Fensterlüfter bei den jeweiligen Auslegungsdifferenzdrücken transportiert werden, müssen dargestellt. Da die Fensterlüfter sowohl als Zu- als auch als Abluftelement dienen, beträgt der Außenluftvolumenstrom die Hälfte des dargestellten Wertes.

Hierbei bedeutet die Legende in den Diagrammen:

- detaillierte Berechnung:
vollständige Auslegung nach DIN 1946-6
- vereinfachter Ansatz:
Vorschlag im Rahmen des Projektes für vereinfachte Auslegung des Volumenstroms, so dass mehr als ca. 70 % der Fälle ausreichend dimensioniert werden
- flächenbezogen:
Aus der Nutzfläche abgeleitete Mindestvolumenströme gem. DIN 1946-6, Tab. 5. Das Maximum aus raumweiser und flächenbezogener Betrachtung ist zu verwenden

In beiden Fällen ist deutlich zu erkennen, dass offensichtlich die raumweise Volumenstromauslegung die entscheidende Größe darstellt. Aus der detaillierten Berechnung ergibt sich offensichtlich kein linearer Zusammenhang zwischen Volumenstrom und Fläche, wie es bei alleiniger Betrachtung der Gesamt-Außenluftvolumenströme für die Nutzungseinheit der Fall wäre. Zum Vergleich wurde in den Diagrammen die sich aus dem auf die Nutzfläche bezogenen Mindestvolumenstrom ergebenden Werte als gestrichelte Linie mit eingezeichnet („flächenbezogen“). In beiden Fällen ist deutlich zu erkennen, dass offensichtlich die raumweise Volumenstromauslegung die entscheidende Größe darstellt. Der Kurvenverlauf bei Flächen kleiner 30 m^2 ergibt sich aus dem in der Norm nach unten begrenzten Gesamtvolumenstrom von 15 bzw. $20 \text{ m}^3/\text{h}$ für die beiden Wärmeschutzniveaus. Da der Infiltrationsvolumenstrom mit der Nutzfläche bzw. dem Volumen sinkt, ergeben sich bei gleichbleibender Anforderung an den Gesamtvolumenstrom höhere Werte für die Volumenströme über die Fensterlüfter bei Flächen unter 30 m^2 .

Trotz des fehlenden, strengen linearen Zusammenhangs, ist eine näherungsweise Auslegung des Volumenstroms über die Fensterlüfter als Funktion der Nutzfläche denkbar („vereinfachter Ansatz“). Diese Auslegungsmöglichkeit wird durch die Linien in den Diagrammen dargestellt. Es wurde dabei versucht, sich an den höheren Werten der Volumenströme zu orientieren. Somit liegt man mit diesen Kurven eher auf der sicheren Seite bzgl. der Mindestwerte der Volumenströme.

Bei windstarker Lage ergeben sich aufgrund des höheren Infiltrationsluftwechsels geringere Anforderungen an den Volumenstrom durch die Fensterlüfter. Außerdem sind die Auslegungsdifferenzdrücke für die Bemessung der Fensterlüfter verschieden. In windschwacher Lage sind 2 Pa , in windstarker Lage 4 Pa zu verwenden.

Es ist davon auszugehen, dass mehrgeschossig verbundene Nutzungseinheiten in der Regel eine größere Wohnfläche als 80 m^2 aufweisen. Entsprechend Tabelle 5 sowie Tabelle 6 ist daher in den meisten praxisrelevanten Fällen die Umsetzung einer Lüftungstechnischen Maßnahme nicht notwendig. Nur für modernisierte Wohnungen, die einen geringen Wärmeschutz aufweisen und in einer windschwachen Gegend liegen, sowie für Neubauten in einer windschwachen Lage ist für eine Grundfläche kleiner 80 m^2 eine Lüftungstechnische Maßnahme erforderlich. Abbildung 17 stellt die entsprechend durchgeführten Volumenstromberechnungen für eine mehrgeschossige Nutzungsein-



heit in windschwacher Lage und geringem Wärmeschutzniveau dar. Es ist zu erkennen, dass der max. notwendige Luftvolumenstrom über die Fensterlüfter $15 \text{ m}^3/\text{h}$ nicht übersteigt.

Es kann also davon ausgegangen werden, dass im Regelfall die Lüftung zum Feuchteschutz sichergestellt ist, wenn bei mehrgeschossig verbundenen Wohnungen über die Fensterlüfter ein pauschaler Luftvolumenstrom von mindestens $15 \text{ m}^3/\text{h}$ sichergestellt wird.

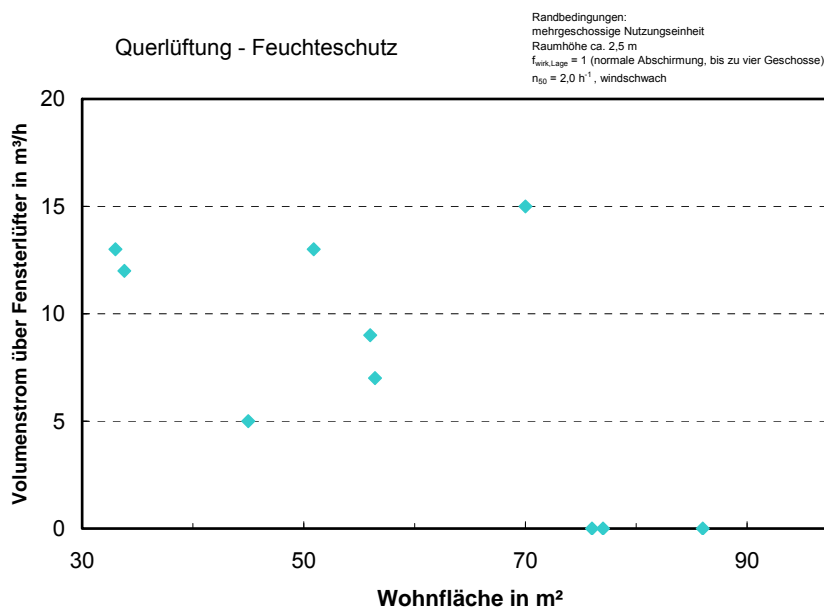


Abbildung 17 Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für Lüftung zum Feuchteschutz in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: mehrgeschossig verbunden, windschwache Lage, Wärmeschutz niedrig

5.3.2 Reduzierte Lüftung

Gemäß DIN 1946-6 ist für freie Lüftung für Querlüftungssysteme mindestens auf die Lüftungsstufe „reduzierte Lüftung“ auszulegen. Daraus ergeben sich die in Abbildung 18 und Abbildung 19 dargestellten Werte für den Volumenstrom über die Fensterlüfter. Die Werte für die beiden Wärmeschutzniveaus unterscheiden sich kaum, weshalb diese nicht mehr getrennt betrachtet werden. Zwischen windschwacher und windstarker Lage ergeben sich deutliche Unterschiede. Für die mehrgeschossige Nutzungseinheit ergeben sich aufgrund der geringeren Dichtheit und der höheren Auslegungsdifferenzdrücke

geringere Volumenströme über die Fensterlüfter. Die eingezeichneten Geraden stellen wiederum eine Näherung, die sich auf der sicheren Seite befindet, dar. Die Streuung der errechneten Werte aufgrund des Raumeinflusses liegt in Absolutwerten durchaus im Bereich von 40 m³/h, weshalb für diese Lüftungsstufe auf jeden Fall eine detaillierte Auslegung nach DIN 1946-6 nötig ist.

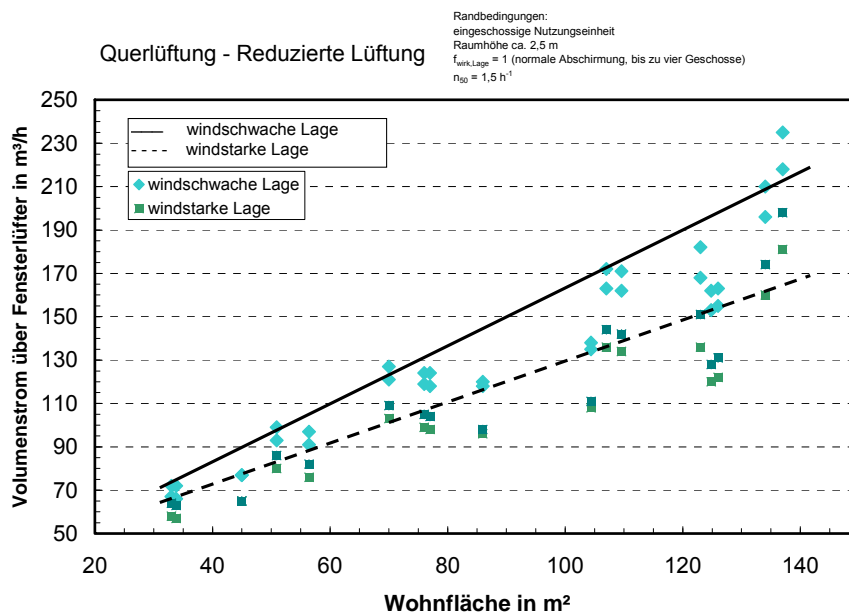


Abbildung 18 Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für reduzierte Lüftung in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: eingeschossige Nutzungseinheit in windschwacher und windstarker Lage

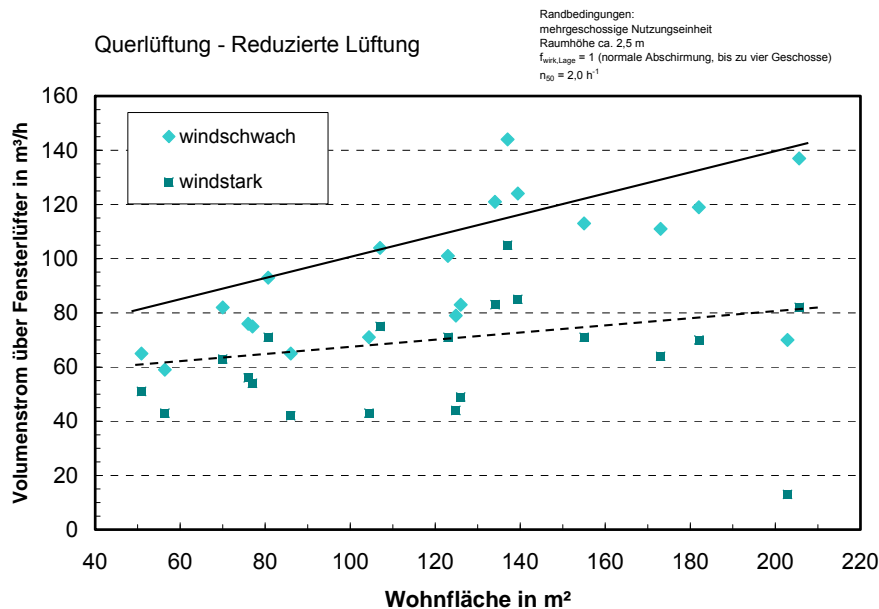


Abbildung 19 Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter für reduzierte Lüftung in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: Nutzungseinheit über zwei Geschosse, $n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$, in windschwacher und windstarker Lage

Folgendes ist grundsätzlich bei der Projektierung einer freien Querlüftung für die Stufe reduzierte Lüftung zu beachten:

- Die Fensterlüfter sind, wie aus dem Diagramm erkennbar, auf relativ hohe Volumenströme auszulegen. In Verbindung mit den sehr kleinen Auslegungsdifferenzdrücken von 2 und 4 Pa, ergeben sich somit relativ große Öffnungsquerschnitte. Die Fensterlüfter sollten deshalb generell über eine Volumenstrombegrenzung o. ä. verfügen, um den bereits bei kleinen Windgeschwindigkeiten ansonsten deutlich zu hohen Volumenstrom zu vermeiden.
- Bei den ermittelten Volumenströmen kann es bereits zu deutlichen Behaglichkeitsstörungen kommen. DIN 1946-6 sieht ein Zugluftrisiko im Aufenthaltsbereich von 20 %, d. h. bis zu 20 % der Bewohner bewerten das Raumklima als nicht behaglich, als vertretbar. Um mit Fensterlüftern dieses Kriterium einzuhalten, bedarf es einer sorgfältigen und detaillierten Planung und Kenntnis der jeweiligen Produkteigenschaften.

Die Probleme verschärfen sich weiter bei Auslegung auf die Nennlüftung. Von einer Darstellung der Berechnungsergebnisse für die Nennlüftung wird deshalb abgesehen, da diese Auslegung nicht empfehlenswert erscheint.

5.3.3 Schachtlüftung – reduzierte Lüftung

Bei der Schachtlüftung dienen die Fensterlüfter nur als Zuluftelemente. Somit sinkt der über die Fensterlüfter zu erbringende Volumenstrom im Vergleich zur Querlüftung um mind. 50 %.

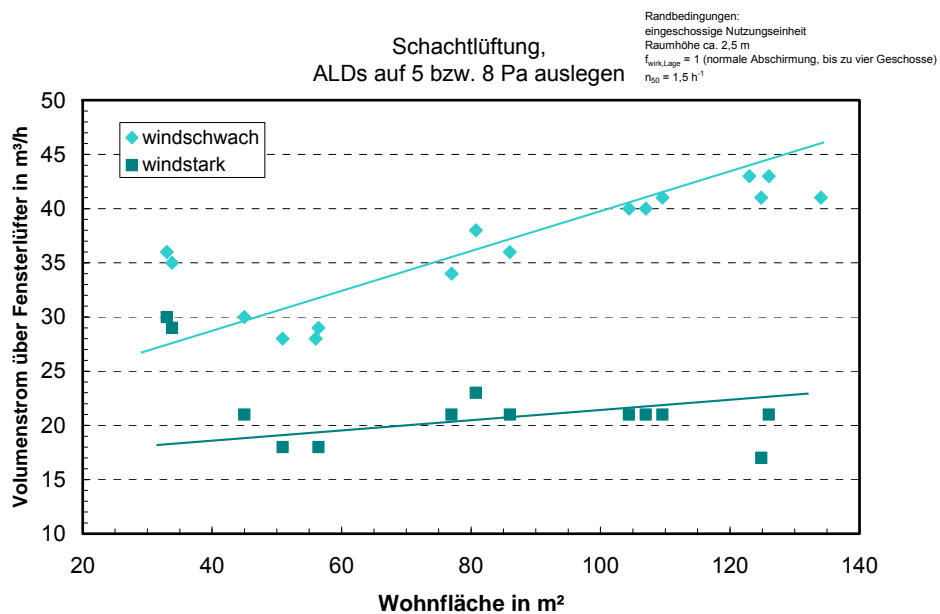


Abbildung 20 Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter bei Schachtlüftung für reduzierte Lüftung in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: eingeschossige Nutzungseinheit, $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$, in windschwacher und windstarker Lage.

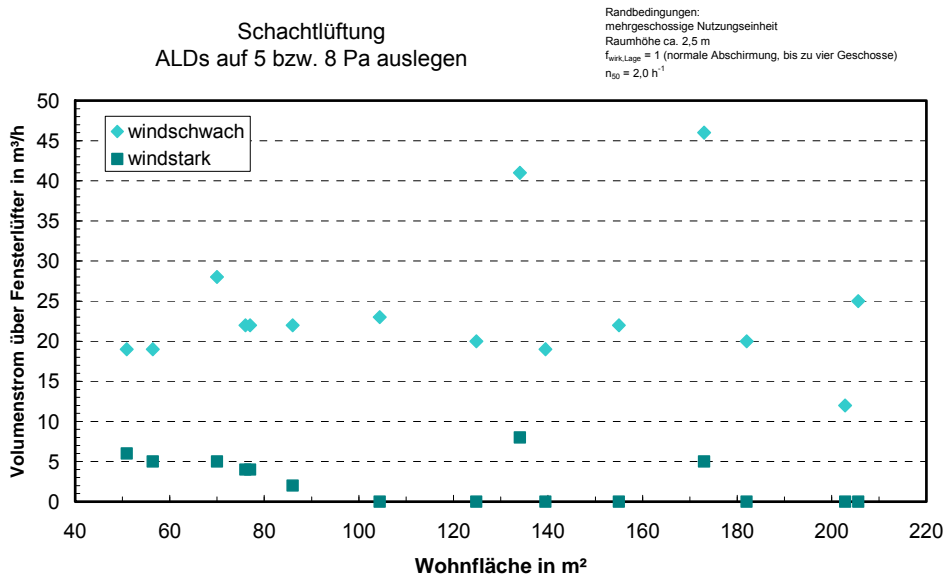


Abbildung 21 Notwendiger Volumenstrom über alle Fensterlüfter bei Schachtlüftung für reduzierte Lüftung in Abhängigkeit der Wohnfläche der Nutzungseinheit: mehrgeschossige Nutzungseinheit, $n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$, in wind-schwacher und windstarker Lage.

Bei kleineren Nutzungseinheiten ergeben sich aufgrund des geringen Infiltrationsluftwechsels vergleichsweise hohe Volumenströme über die Fensterlüfter. Ansonsten ist bei der eingeschossigen Einheit ein linearer Anstieg des notwendigen Volumenstroms mit der Wohnfläche zu erkennen. In Verbindung mit den Auslegungsdifferenzdrücken von 5 bzw. 8 Pa und den damit verbundenen Infiltrationsvolumenströmen ergeben sich weitaus geringere Anforderungen an die Volumenströme durch die Fensterlüfter als bei der Querlüftung. Bei mehrgeschossigen Nutzungseinheiten streuen die Werte je nach Raumaufteilung deutlich, steigen aber mit zunehmender Wohnfläche nicht. In der windstarken Lage wird fast der gesamte Volumenstrom über Infiltration gedeckt, d. h. Fensterlüfter sind meist nicht nötig.

5.4 Berechnungen für ventilatorgestützte Lüftung

Für ventilatorgestützte Lüftung wurden im Rahmen des Projektes Beispielplanungen für die Systeme

- Abluftanlage und
- Einzelraum-Lüftungsgerät

durchgeführt.

Für alle Beispiele ist ein hoher Wärmeschutz, eine windschwache Lage und keine Höhen- bzw. Lagekorrektur gem. DIN 1946-6 vorausgesetzt.

5.4.1 Raumweise Zu-/Abluftsysteme

Bei Einzelraumlüftungsgeräten, welche jeweils einen Raum mit Zuluft versorgen und die Abluft entnehmen, unterscheidet DIN 1946-6 eine Auslegung für einen Raum oder die gesamte Wohneinheit. Die Auslegung für einen Raum oder mehrere Einzelräume ist zulässig, wenn die belüftete Fläche nicht mehr als 1/3 der Gesamtfläche beträgt. In den folgenden Beispielen wird von einer Belüftung der ganzen Wohneinheit ausgegangen. Falls fensterlose Ablufträume vorhanden sind, sind diese gem. DIN 18017-3 zu behandeln.

Beispiel 1: 1-Zimmer Wohnung

Die Daten der in Abbildung 22 dargestellten 1-Zimmer-Wohnung sind in Tabelle 7 zusammengefasst.

Das Wohnzimmer und die Küche werden mit einem Einzelraumlüftungsgerät (ERLG) ausgestattet. Alternativ könnte die Küche auch mit einer Abluftanlage ausgerüstet werden. Gemäß DIN 1946-6 sind die ERLG für die Nennlüftung auszulegen. Nach dem Formalismus der DIN 1946-6 werden für die Zuluft Räume Zuluftvolumenströme und für Ablufträume nur Abluftvolumenströme ermittelt. Im Fall von Einzelraumlüftungsgeräten mit Zu- und Abluft beziehen sich die Ergebnisse jeweils auf den Zu- und Abluftvolumenstrom des Gerätes.

Bei der Planung für diese Wohnung ist zu berücksichtigen, dass ein fensterloses Bad vorhanden ist. Dafür ist ein separater Abluftventilator vorgesehen, der auf 40 m³/h ausgelegt wurde. Die dafür nötige Zuluft ist durch einen zusätzlichen Fensterlüfter (ALD) gewährleistet.

Für den praktischen Betrieb wird der nach DIN 1946-6 ausgelegte Nennvolumenstrom die Ausnahme darstellen. Durch die raumweise Zu- und Abluft ergibt sich ein höherer Außenluftwechsel als bei Zonierung in Ab- und Zuluftbereiche. Beim Betrieb der Anlage sollte man sich an den personenbezogenen Volumenströmen von 30 m³/h pro Person orientieren. Die 40 m³/h im Bad können in Zeiten geringen Bedarfs auf 20 m³/h reduziert werden.

Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter

5 Berechnungen nach DIN 1946-6



Tabelle 7 Ab- und Zuluftvolumenströme für eine Wohnung mit $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$. Die notwendige Zuluft wird durch ALD und Infiltration gedeckt, die Differenz zwischen Nennvolumenstrom und Volumenstrom des ERLG wird durch Infiltration

Raum	Fläche in m^2	Nennvolumenstrom gem. DIN 1946-6 in m^3/h			Volumenstrom gem. 18017-3 in m^3/h	
		Zuluft	Abluft	ERLG	Zuluft	Abluft
Wohnen	20	55		51	40	
Bad	3,7					40
Küche	8		55	51		
Summe	31,7	55	55	102	40	40

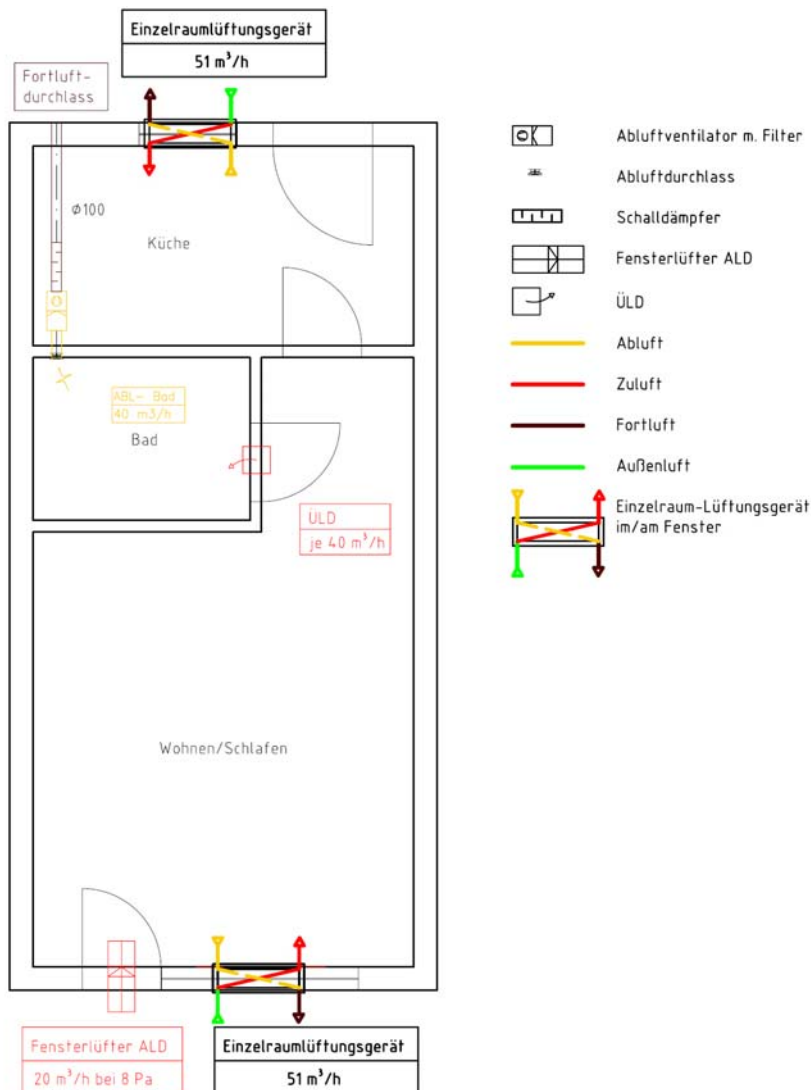


Abbildung 22 Beispielplanung einer raumweisen Zu-/Abluftanlage mit Fensterlüftern für eine 1-Zimmer-Wohnung

Beispiel 2: 3-Zimmer Wohnung

Die Daten der in Abbildung 23 dargestellten 3-Zimmer-Wohnung sind in Tabelle 8 zusammengefasst.

Alle Räume werden mit einem Einzelraumlüftungsgerät (ERLG) ausgestattet. Alternativ könnten die Küche und das Bad auch mit einer Abluftanlage ausgerüstet werden. Gemäß DIN 1946-6 sind die ERLG für die Nennlüftung auszuweisen. Entsprechend DIN 1946-6 muss die Diele nicht mit einem ERLG ausgestattet sein, da sie kein Aufenthaltsraum ist.

Für den praktischen Betrieb wird der nach DIN 1946-6 ausgelegte Nennvolumenstrom die Ausnahme darstellen. Durch die raumweise Zu- und Abluft ergibt sich ein höherer Außenluftwechsel als bei Zonierung in Ab- und Zuluftbereiche. Beim Betrieb der Anlage sollte man sich an den personenbezogenen Volumenströmen von 30 m³/h pro Person orientieren.

Tabelle 8 Ab- und Zuluftvolumenströme für eine Wohnung mit $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$. Die Differenz zwischen Nennvolumenstrom und Volumenstrom des ERLG wird durch Infiltration gedeckt.

Raum	Fläche in m ²	Nennvolumenstrom gem. DIN 1946-6 in m ³ /h		
		Zuluft	Abluft	ERLG
Diele	13			–
Wohnen	20	47		42
Schlafen	16,5	31		28
Kind	11	23		21
Bad	7		50,5	45
Küche	7,5		50,5	45
Summe	75	101	101	181



Abbildung 23 Beispielplanung einer raumweisen Zu-/Abluftanlage mit Fensterlüftern für eine 3-Zimmer-Wohnung

5.4.2 Zentrales Abluftsystem

Zentrale Abluftanlagen mit Fensterlüftern als Außenluftdurchlässe bedürfen einer vollständigen lüftungstechnischen Projektierung unter Berücksichtigung der DIN 1946-6. Dies erfordert entsprechende Fachkenntnisse und gewerkeübergreifende Planungsleistungen und kann deshalb nicht vom Fensterbauer allein bewerkstelligt werden.

Um dennoch einen Eindruck über die Bestandteile einer Anlage und insbesondere die vom Fensterbauer zu liefernden Fensterlüfter (ALD) zu vermitteln, sind im Folgenden zwei Beispielplanungen für Etagenwohnungen dargestellt.

Die einzelnen Planungsschritte können im Rahmen dieser Richtlinie nicht ausreichend dargestellt werden. Von grundsätzlicher Bedeutung ist die Zonierung einer Nutzungseinheit in Ab- und Zuluftbereiche. Aus den der Abluftzone zugeordneten Räumen wird über einen Ventilator Luft abgesaugt. Die Zuluft wird aufgrund des entstehenden Unterdrucks in die Zulufräume eingebracht und gelangt durch eventuelle Überströmbereiche in die Ablufträume. Die Ermittlung der nötigen Volumenströme erfolgt nach DIN 1946-6. Die Fensterlüfter dienen als ALD und werden ebenfalls nach DIN 1946-6 dimensioniert. Der für den Nennluftwechsel geforderte Volumenstrom ist bei einem Differenzdruck von 8 Pa zu erbringen.

Beispiel 3: 1-Zimmer Wohnung

Die Daten der in Abbildung 24 dargestellten 1-Zimmer-Wohnung sind in Tabelle 9 zusammengefasst.

Die Küche und das Bad dienen als Ablufträume. Das Wohnzimmer ist Zulufttraum.

Über die Fensterlüfter sind in diesem Fall 72 m³/h bei einem Differenzdruck von 8 Pa einzubringen. Die Anzahl der notwendigen Fensterlüfter ermittelt man aus den Druck-Volumenstromkennlinien des jeweiligen Produkts. Der gesamte Zuluftvolumenstrom ergibt sich aus dem Volumenstrom über die ALD und dem durch Infiltration. Die Überströmdurchlässe in den Türen sorgen für den Durchlass der Luft in die Ablufträume. Schalldämpfer verhindern Ventilatorgeräusche in der Wohnung sowie in diesem Fall Telefonie-Schallübertragung (Schallübertragung durch das Rohrleitungssystem einer Lüftungsanlage) vom Bad in die Küche. Bei der Planung für diese Wohnung ist zu berücksichtigen, dass ein fensterloses Bad vorhanden ist. Mit den Daten der Beispielplanung werden die Anforderungen der DIN 18017-3 ebenfalls erfüllt.

Für den praktischen Betrieb wird der nach DIN 1946-6 ausgelegte Nennvolumenstrom für eine kleine Wohnung die Ausnahme darstellen. Ein Außenluftvolumenstrom in dieser Höhe würde im Winter zu extrem niedrigen Luftfeuchten und damit zu Unbehaglichkeit führen. Bei der Auswahl des Lüftungsgerätes ist deshalb darauf zu achten, dass dies einen großen Regelbereich zu kleineren Werten hin aufweist. Im Mittel würde ein personenbezogener Außenluftvolumenstrom von 30 m³/h pro Person ausreichen.



Tabelle 9 Ab- und Zuluftvolumenströme für eine Wohnung mit $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$. Die Differenz zwischen ALD und Zuluft wird durch Infiltration gedeckt.

Raum	Fläche in m^2	Nennvolumenstrom gem. DIN 1946-6 in m^3/h		
		Zuluft	Abluft	ALD
Wohnen	20	86		73
Bad	3,7		43	
Küche	8		43	
Summe	31,7	86	86	73

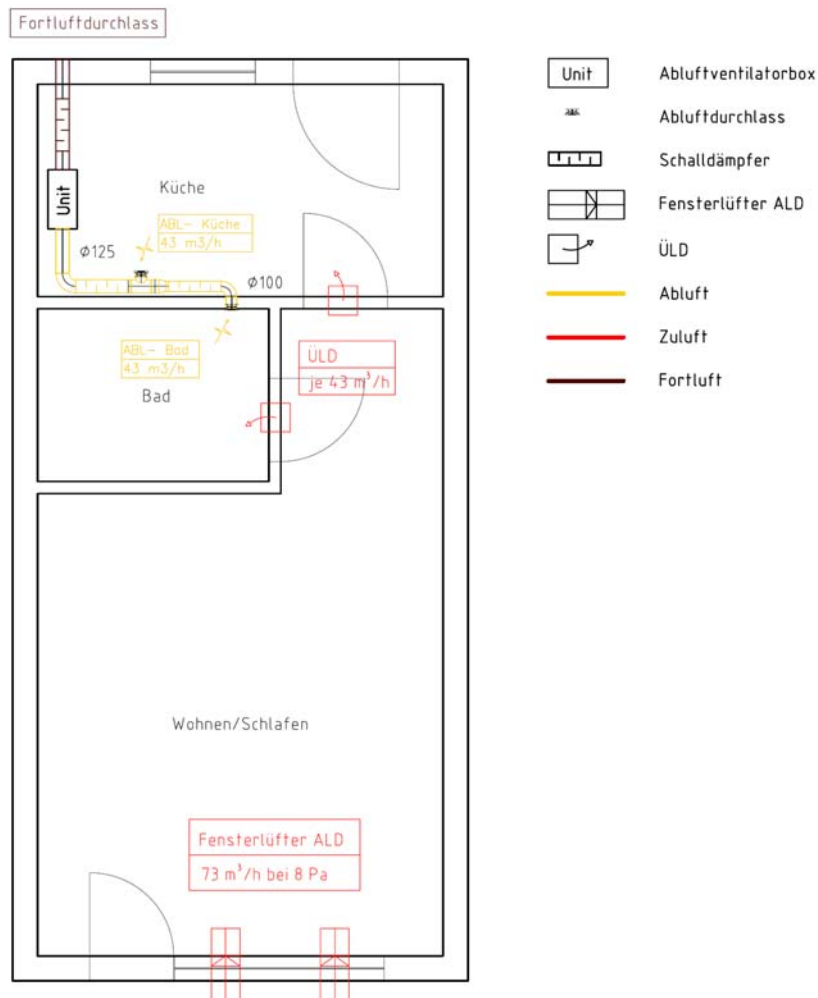


Abbildung 24 Beispielplanung einer Abluftanlage mit Fensterlüftern als Außenluftdurchlässe für die Zuluft für eine 1-Zimmer-Wohnung

Beispiel 4 3-Zimmer Wohnung

Die Daten der in Abbildung 25 dargestellten 3-Zimmer-Wohnung sind in Tabelle 10 zusammengefasst.

Die Küche und das Bad dienen als Ablufträume. Wohn-, Schlaf- und Kinderzimmer stellen die Zulufräume dar.

Über die Fensterlüfter (ALD) sind in diesem Fall insgesamt $62 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einem Differenzdruck von 8 Pa einzubringen. Die Anzahl der nötigen Fensterlüfter je Raum ermittelt man aus den Druck-Volumenstromkennlinien des jeweiligen Produkts. Der gesamte Zuluftvolumenstrom ergibt sich aus dem Volumenstrom über die ALD und dem durch Infiltration. Die Überströmdurchlässe in den Türen sorgen für den Durchlass der Luft in die Ablufträume. Zu beachten ist in diesem Beispiel, dass vom Wohnzimmer in die Diele ein sehr hoher Überströmvolumenstrom nötig ist, da die Zuluftvolumenströme von Schlafzimmer und Wohnzimmer addiert werden müssen.

Tabelle 10 Ab- und Zuluftvolumenströme für eine Wohnung mit $n_{50} = 1,0 \text{ h}^{-1}$. Die Differenz zwischen ALD und Zuluft wird durch Infiltration gedeckt. Die Diele ist Überströmbereich.

Raum	Fläche in m^2	Nennvolumenstrom gem. DIN 1946-6 in m^3/h		
		Zuluft	Abluft	ALD
Diele	13			
Wohnen	20	43		29
Schlafen	16,5	28		19
Kind	11	21		14
Bad	7		45	
Küche	7,5		45	
Summe	75	90	90	62

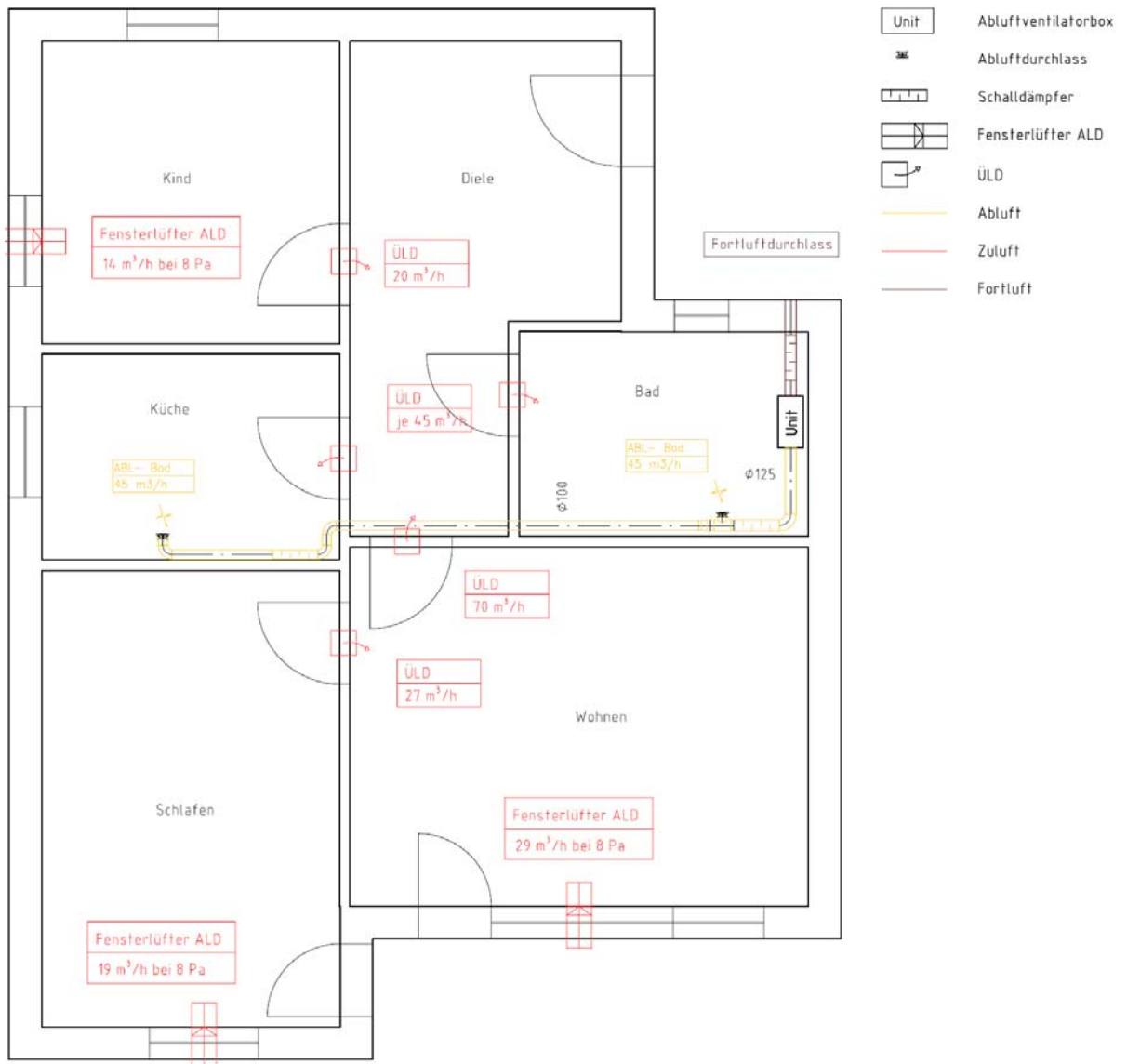


Abbildung 25 Beispielplanung einer Abluftanlage mit Fensterlüftern als Außenluftdurchlässe für die Zuluft für eine 3-Zimmer-Wohnung

5.5 Überströmöffnungen (ÜLD)

Erfolgt keine raumweise Belüftung und keine Führung der Zuluft bzw. Abluft über eine entsprechende Verrohrung, ist es notwendig entsprechende Überströmöffnungen zu planen, um die Strömung der Luft von den Zuluftträumen in

die Ablufträume sicherzustellen. Daher sind Überströmöffnungen in der Regel für folgende Lüftungssysteme zu planen.

- freie Lüftung: Querlüftung Feuchteschutz,
- freie Lüftung: Querlüftung,
- freie Lüftung: Schachtlüftung,
- zentrale Abluftanlage,
- dezentrale Zuluftsysteme mit Zuluft in den Zuluftsräumen und Abluft in den Ablufträumen.

Überströmöffnungen können entweder in der Wand integriert sein oder in den Innentüren. Ebenso kann die Innentür selbst als „Überströmöffnung“ fungieren, wenn entsprechende freie Querschnitte, z. B. am unteren Türabschluss (Fuge zwischen Türblatt und Boden), vorhanden sind. DIN 1946-6 gibt entsprechende Anforderungen der notwendigen Querschnitte in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms.

Tabelle 11 Mindestflächen der Überströmöffnungen in cm² in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms

Lüftungs-System	Differenzdruck*	Türdichtung seitlich und oben	Luftvolumenstrom in m ³ /h								
			10	15	20	25	30	35	40	45	50
freie Lüftung	niedrig	nein	19	41	63	85	107	128	150	172	194
freie Lüftung	niedrig	ja	44	66	88	110	132	153	175	197	219
freie Lüftung	hoch	nein	6	22	37	53	68	84	99	115	130
freie Lüftung	hoch	ja	31	47	62	78	93	109	124	140	155
vent. Lüftung	/	nein	0	13	26	38	51	64	76	89	102
vent. Lüftung	/	ja	25	38	51	63	76	89	101	114	127

* Für Querlüftung in windschwachen Gebieten ist von einem niedrigen Differenzdruck am ÜLD auszugehen. Für alle anderen Systeme der freien Lüftung kann ein hoher Differenzdruck am ÜLD angesetzt werden.

Die höheren Flächen für freie Lüftung begründen sich in einem niedrigeren Druckabfall an den Überströmöffnungen bei freier Lüftung im Gegensatz zur ventilatorgestützten Lüftung. Bei der maschinellen Lüftung wird ein Druckabfall von 1,5 Pa angenommen, bei der freien Lüftung hingegen nur 0,5 Pa. Es wird jedoch in DIN 1946-6 darauf hingewiesen, dass auch bei der freien Lüftung ein Druckabfall von 1,0 Pa angesetzt werden kann, wenn die verfügbare mittlere Druckdifferenz groß genug ist. Da bei ventilatorgestützter Lüftung generell ein Druckabfall von 1,5 Pa angesetzt werden kann, der Auslegungsdifferenz-



druck für die Bemessung des ALD bei einem Zuluftsystem mit 4 Pa anzusetzen ist, kann für die freie Lüftung davon ausgegangen werden, dass ab einem Bemessungsdifferenzdruck von 4 Pa die Druckdifferenz groß genug ist und somit ein Druckabfall von 1 Pa an der Überströmöffnung zugrunde gelegt werden kann.

Nicht vorhandene Dichtungen an der Tür werden (Seite und oben) mit einer Minderung der notwendigen freien Fläche um 25 cm² berücksichtigt. Geht man von einer Standard-Innentür mit einer Breite von 86 cm aus, so würden sich folgende Höhen der Fugen zwischen Türblatt und Fußboden in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms ergeben.

Tabelle 12 Notwendiger unterer Luftspalt einer Türe in mm (Türblattbreite 86 cm) in Abhängigkeit des Luftvolumenstroms sowie des Lüftungssystems

Lüftungssystem	Differenzdruck*	Türdichtung seitlich und oben	Luftvolumenstrom in m ³ /h								
			10	15	20	25	30	35	40	45	50
freie Lüftung	niedrig	nein	2	5	7	10	12	15	18	20	23
freie Lüftung	niedrig	ja	5	8	10	13	15	18	20	23	26
freie Lüftung	hoch	nein	1	3	4	6	8	10	12	13	15
freie Lüftung	hoch	ja	4	5	7	9	11	13	14	16	18
vent. Lüftung	–	nein	0	2	3	5	6	7	9	10	12
vent. Lüftung	–	ja	3	4	6	7	9	10	12	13	15

* Für Querlüftung in windschwachen Gebieten ist von einem niedrigen Differenzdruck am ÜLD auszugehen. Für alle anderen Systeme der freien Lüftung kann ein hoher Differenzdruck am ÜLD angesetzt werden.

Entsprechend DIN 18101 [7] beträgt das Nennmaß des unteren Luftspaltes für Innentüren 7 mm. Luftspalte über 10 mm können u. U. zu einem erhöhten Lichtdurchtritt führen. Es wird daher empfohlen, dass Luftspalte über 10 mm speziell vereinbart werden sollten.

Die für die Belüftung notwendigen Luftvolumenströme über die ÜLD wurden im Zusammenhang der durchgeführten Berechnung zur Planung der LtM detailliert ermittelt. Die Ergebnisse sind Abbildung 26 und Abbildung 27 dargestellt. Aufgetragen ist der im Rahmen der Berechnungen ermittelte max. Luftvolumenstrom durch den ÜLD über der Wohnfläche der betrachteten Nutzungseinheit. Die Berechnungen wurden sowohl für freie Lüftung für das Niveau Feuchteschutzlüftung als auch für das Niveau reduzierte Lüftung durchgeführt.

Es ist zu erkennen, dass der Einfluss der Windlage nur zu sehr geringen Unterschieden führt. Ein signifikanter Unterschied besteht für das Lüftungsniveau Lüftung zum Feuchteschutz im Niveau des Wärmeschutzes. Die erforderlichen Luftvolumenströme durch den ÜLD sind im Rahmen der detailliert berechneten Wohnungen unabhängig von der Wohnfläche. Prinzipiell könnte es jedoch zu „Ausreißern“ bei untypischen Raumanzahlen oder Flächen kommen.

Unter der Annahme, dass pro Raum eine Tür vorhanden ist, ergibt sich der Volumenstrom durch den ÜLD bei Querlüftung Feuchteschutz zu:

- ca. 19 m³/h für Wärmeschutz gering,
- ca. 13 m³/h für Wärmeschutz hoch.

Für die reduzierte Lüftung ergibt sich ein Luftvolumenstrom von ca. 32 m³/h.

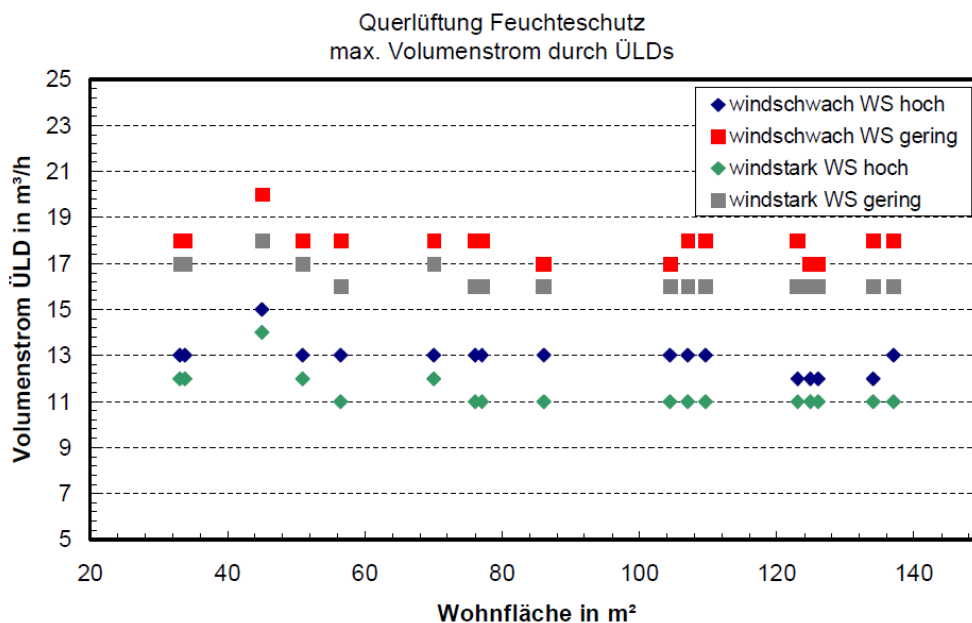


Abbildung 26 Max. notwendig Volumenströme über ÜLD für freie Lüftung, Querlüftung Feuchteschutz, $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$

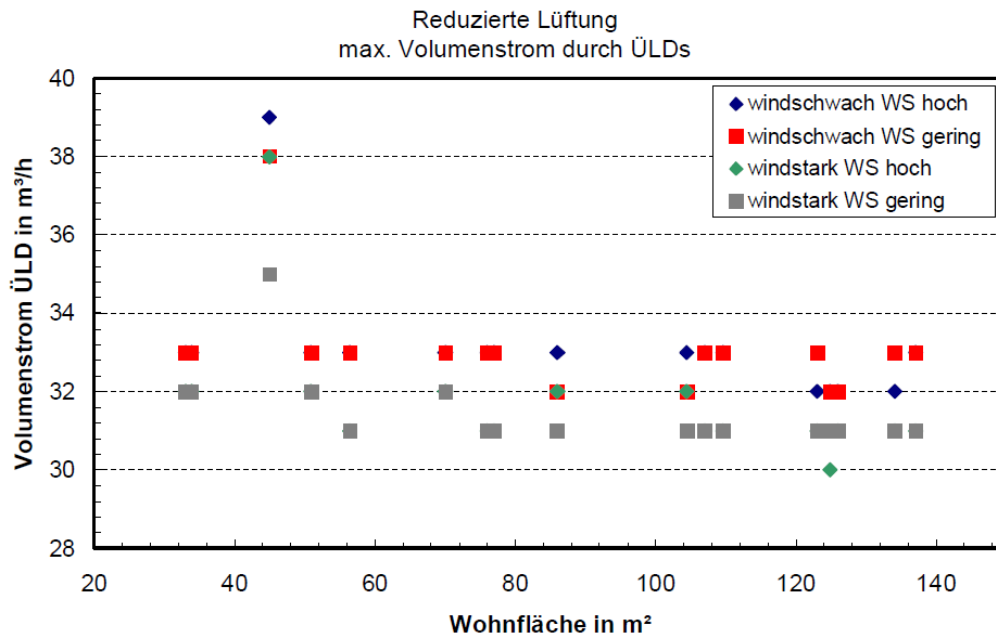


Abbildung 27 Max. notwendig Volumenströme über ÜLD für freie Lüftung, reduzierte Lüftung $n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$

Tabelle 13 fasst die ermittelten Ergebnisse bzgl. der notwendigen Luftvolumenströme über die ÜLD zusammen

Tabelle 13 zu realisierende Luftvolumenströme über ÜLD bei freier Lüftung

Lüftungssystem	Lüftungsstufe	Wärmeschutzniveau	Luftvolumenstrom in m ³ /h
Querlüftung	Feuchteschutz	hoch	15
Querlüftung	Feuchteschutz	gering	20
Querlüftung	reduzierte Lüftung	–	35
Schachtlüftung	reduzierte Lüftung	–	35

Die Verknüpfung von Tabelle 13 mit Tabelle 12 führt zu den notwendigen unteren Luftspalten einer Tür (bei einer Türblattbreite von 86 cm) für die Umsetzung einer freien Lüftung mit den Lüftungsstufen Feuchteschutz bzw. Reduziert Lüftung. Tabelle 14 stellt die entsprechenden Ergebnisse dar. Es ist zu erkennen, dass für die notwendigen Luftspalte zur Umsetzung der Lüftungs-

stufe Feuchteschutz max. 10 mm betragen. Dieser Maximalwert ist notwendig, wenn die Nutzungseinheit in einem windschwachen Gebiet liegt und der Wärmeschutz gering ist. Geht man davon aus, dass das Wärmeschutzniveau hoch ist – dies sollte der Standardfall im Rahmen einer Modernisierung sein – so verringert sich der Luftspalt auf 8 mm in windschwachen Gebieten. In windstarken Gebieten ist ein Luftspalt von 5 mm ausreichend. Obige Aussagen gelten alle für den Fall einer seitlichen und oberen Dichtung in der Türzarge. Dies dürfte der Regelfall sein.

Für die Lüftungsstufe „reduzierte Lüftung“ ist in der Regel die Umsetzung der Überströmöffnung durch den unteren Türspalt nicht mehr möglich, da hierzu Türspalte zwischen 13 mm und 18 mm notwendig sind (bei Türdichtung seitlich und oben) und der erhöhte Lichtdurchtritt zu Reklamationen führen könnte.

Tabelle 14 Notwendiger unterer Luftspalt einer Türe in mm (Türblattbreite 86 cm) in Abhängigkeit der Lüftungsstufe sowie des Lüftungssystems

Lüftungssystem	Differenzdruck*	Türdichtung seitlich und oben	Unterer Luftspalt in mm (Türblattbreite 86 cm) für Lüftungsstufe		
			Feuchteschutz, Wärmeschutz hoch	Feuchteschutz, Wärmeschutz, gering	reduzierte Lüftung
freie Lüftung	niedrig	nein	5	7	15
		ja	8	10	18
	hoch	nein	3	4	10
		ja	5	7	13

* Für Querlüftung in windschwachen Gebieten ist von einem niedrigen Differenzdruck am ÜLD auszugehen. Für alle anderen Systeme der freien Lüftung kann ein hoher Differenzdruck am ÜLD angesetzt werden.

5.6 Behandlung von fensterlosen Räumen

Die Sicherstellung der Lüftung von fensterlosen Räumen ist in Deutschland entsprechend DIN 18017-3 zu planen. Im Rahmen dieses Vorhabens galt es zu untersuchen, inwieweit die entsprechend notwendige Zuluft mit Hilfe von Fensterlüftern sichergestellt werden kann.

Entsprechend DIN 18017-3 sind für die Planung der Lüftung für fensterlose Räume unterschiedliche Fälle und entsprechende Anforderungen an den Luftvolumenstrom zu unterscheiden. Die Anforderungen an den entsprechenden



Mindestabluftvolumenstrom q_v wirken sich auf die Auslegung der Zuluftöffnungen, d. h. des Fensterlüfters, aus.

1. Toilette mit Intervallschaltung:
Auslegung der Fensterlüfter als ALD bei $q_v = 30 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einer Druckdifferenz von 8 Pa
2. Toilette mit kontinuierlicher Lüftung:
Auslegung der Fensterlüfter als ALD bei $q_v = 20 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einer Druckdifferenz von 8 Pa
3. Bad mit Intervallschaltung:
Auslegung der Fensterlüfter als ALD bei $q_v = 60 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einer Druckdifferenz von 8 Pa
4. Bad mit kontinuierlicher Lüftung:
Auslegung der Fensterlüfter als ALD bei $q_v = 40 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einer Druckdifferenz von 8 Pa

Die Bemessung der Fensterlüfter als notwendige Außenluftdurchlässe erfolgt für einen Außenluftstrom, der dem notwendigen Mindest-Abluftvolumenstrom q_v entspricht – abzüglich des wirksamen Außenluftstromes durch Infiltration durch die Gebäudehülle – für Entlüftungsanlagen. Abbildung 28 und Abbildung 29 zeigen die entsprechenden notwendigen Luftvolumenströme über die Fensterlüfter für die vier o. g. Lastfälle. Als Nutzungseinheiten sind eine eingeschossige Nutzungseinheit ohne Schacht ($n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$) sowie eine mehrgeschossig verbunden Nutzungseinheit ($n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$) berücksichtigt.

Die rot eingezeichnete Grenzkurve ergibt sich aus folgender Überlegung. Für die eingeschossige Nutzungseinheit ergibt sich der geringstmögliche Luftvolumenstrom für Feuchteschutzlüftung über die Fensterlüfter in einer windstarken Lage bei einem hohen Wärmeschutzniveau (siehe Abbildung 16, rote, gestrichelte untere Grenzkurve). Diese untere Grenzkurve ist nun auf die Randbedingung für die ventilatorgestützte Lüftung des fensterlosen Raumes zu korrigieren. Die Korrekturfaktoren ergeben sich wie folgt:

- Korrektur der Druckdifferenz von 4 Pa (freie Lüftung) auf 8 Pa (vent. gestützte Lüftung: Korrekturfaktor 1,6,
- alle Fensterlüfter dienen der Zuluft: Korrekturfaktor 2.

Insgesamt ergibt sich somit ein Korrekturfaktor von 3,2, mit dem die untere Grenzkurve anzupassen ist. Die so ermittelte korrigierte Grenzkurve ist in Abbildung 28 eingezeichnet. Hierzu ist abzuleiten, dass, falls für die eingeschossige Wohnung eine freie Lüftung über Fensterlüfter umgesetzt ist, ebenso mit dieser Maßnahme gleichzeitig die Zuluftversorgung für **einen** fensterlosen Raum sichergestellt ist.

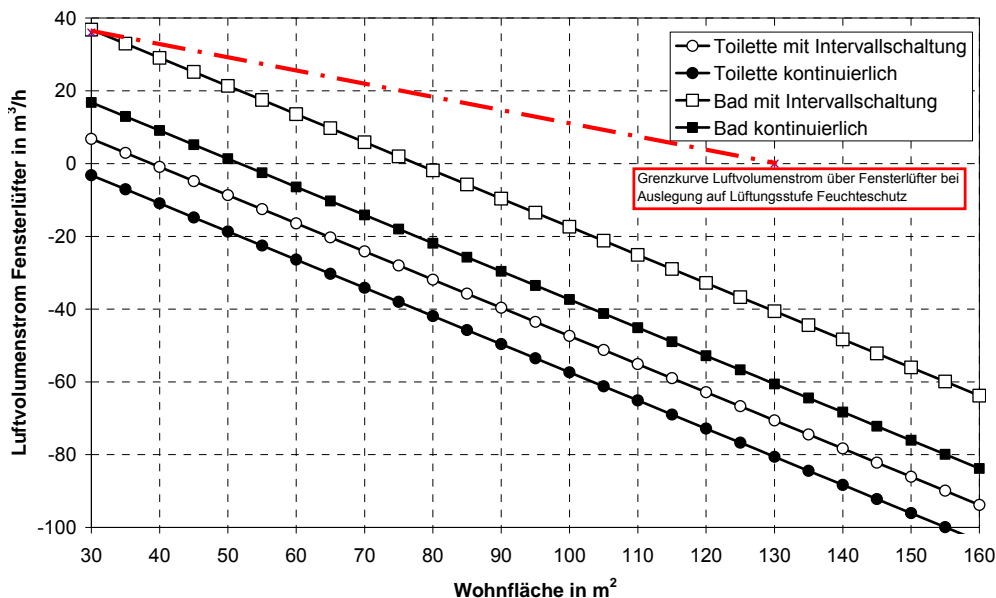


Abbildung 28 Notwendige Volumenströme über Fensterlüfter, um die Zuluft entsprechen DIN 18017-3 sicherzustellen. Eingeschossige Wohnung ohne Schacht, ein fensterloser Raum.

Für mehrgeschossige Nutzungseinheiten ergibt sich prinzipiell die gleiche Vorgehensweise. Das Ergebnis ist in Abbildung 29 dargestellt. Entsprechend Kapitel 5.3.1 ist für mehrgeschossig verbundenen Nutzungseinheiten die Lüftung zum Feuchtschutz im Regelfall mit einem Luftvolumenstrom von $15 \text{ m}^3/\text{h}$ über die Fensterlüfter erfüllt. Auch hier wird für die Umrechnung von einer windstarken Lage (7 Pa) ausgegangen. Unter Berücksichtigung, dass alle Fensterlüfter zum Zuluftelement werden, ergibt sich ein gesamter Korrekturfaktor von ca. 2,1 und somit ein möglicher Luftvolumenstrom von $31,5 \text{ m}^3/\text{h}$ über die Fensterlüfter. Dieser Wert liegt über dem max. notwendigen Luftvolumenstrom von ca. $25 \text{ m}^3/\text{h}$ bei einem fensterlosen Bad mit Intervallschaltung (siehe



Abbildung 29). Dies bedeutet, dass auch hier im Regelfall mit der Umsetzung einer freien Lüftung von 15 m³/h über die Fensterlüfter gleichzeitig die Zuluftversorgung für **einen** fensterlosen Raum sichergestellt ist.

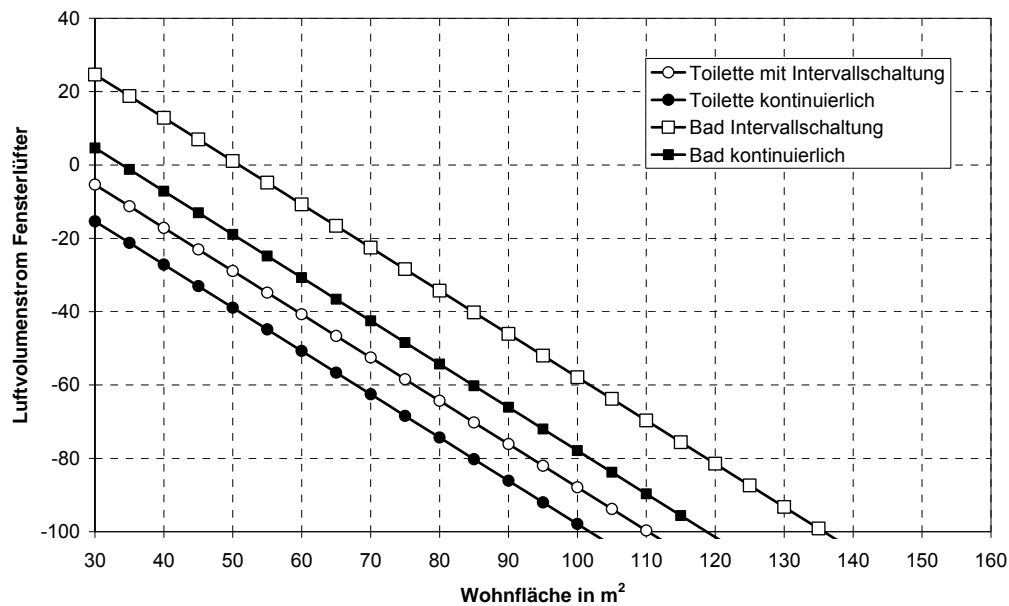


Abbildung 29 Notwendige Volumenströme über Fensterlüfter, um die Zuluft entsprechen DIN 18017-3 sicherzustellen. Mehrgeschossig verbundene Wohnung, ein fensterloser Raum

6 Ökonomische und ökologische Betrachtung

Für einige Lüftungsvarianten wurden Berechnungen zur Wirtschaftlichkeit und zu den ökologischen Eigenschaften durchgeführt. Dazu wurden die mögliche Endenergie- und die Primärenergieeinsparung ermittelt und die Kosten der Anlagentechnik den zu erwartenden Brennstoffeinsparungen gegenübergestellt.

6.1 Randbedingungen und Beschreibung der untersuchten Anlagen

Die Berechnungen basieren auf dem Verfahren in DIN 4108-6 in Verbindung mit DIN 4701-10. Im Wesentlichen wurden dabei die Randbedingungen für den öffentlich rechtlichen Nachweis nach EnEV 2009 verwendet. Andere Randbedingungen werden explizit erwähnt. Für ein Einfamilienhaus und eine Etagenwohnung wurden jeweils Berechnungen mit der Software „Energieberater 7.0“ der Fa. Hottgenroth durchgeführt.

Als Dämmstandard wurden die Bauteilwerte aus dem Referenzgebäude der EnEV 2009 verwendet. Die Heizungstechnik- und Warmwasserbereitung sind ebenfalls die des Referenzgebäudes. Die Art der Lüftung wurde variiert. Die Randbedingungen der betrachteten Varianten sind in Tabelle 16 zusammengefasst und werden im Folgenden näher erläutert.

In der EnEV 2009 wird als Anlagenluftwechsel ein Wert von $0,4 \text{ h}^{-1}$ bei einem Restluftwechsel (Leckage und Fensterlüftung) von $0,2 \text{ h}^{-1}$ angesetzt. Die Luftwechselraten beziehen sich auf das Raumvolumen nach EnEV, welches aus dem auf das Außenmaß bezogenen Volumen pauschal abgeleitet wird. In DIN 1946-6 wird dagegen auf Innenmaßbasis das tatsächliche Raumluftvolumen ermittelt. Somit sind die beiden Luftwechselraten nicht direkt vergleichbar. In Tabelle 16 sind die Luftwechselraten auf das Raumluftvolumen nach DIN 1946-6 bezogen.

Anlagentechnik zur Lüftung:

Freie Lüftung:

Im Einfamilienhaus ist gemäß DIN 1946-6 bei einer Luftdichtheit entsprechend den Vorgabewerten keine Lüftungstechnische Maßnahme nötig. Somit wurden keine zusätzlichen Elemente zur freien Lüftung betrachtet. In der Etagenwoh-



nung ist eine Lüftungstechnische Maßnahme nötig. Die freie Lüftung wird über ALD in den Fenstern realisiert. Diese sind für die Lüftung zum Feuchteschutz dimensioniert.

Freie Lüftung reduziert:

Die EnEV 2009 setzt bei freier Lüftung einen mittleren Luftwechsel von $0,6 \text{ h}^{-1}$ an. Darin sind der Leckageluftwechsel und Lüftung über Fensteröffnen enthalten. Um den Einfluss der Höhe dieses Wertes zu zeigen, wurde in Abweichung vom öffentlich rechtlichen Nachweisverfahren alternativ mit einem mittleren Luftwechsel von $0,4 \text{ h}^{-1}$ gerechnet. Der 0,4-fache Luftwechsel reicht für den Feuchteschutz deutlich aus. Da die Einheiten auch bei freier Lüftung als relativ luftdicht angenommen wurden ($n_{50} = 1,5 \text{ h}^{-1}$), ist der reduzierte Luftwechsel als untere Grenze durchaus realistisch.

Abluftanlage:

Dies ist die Anlagentechnik aus dem Referenzgebäude der EnEV 2009, d. h. ein Abluftventilator und ALD in den Aufenthaltsräumen.

Abluftanlage nach DIN 1946:

In Abweichung vom öffentlich rechtlichen Verfahren wurde der Leckageluftwechsel für einen n_{50} -Wert von $1,0 \text{ h}^{-1}$ bei freier Lage angesetzt. Der mittlere Volumenstrom wurde nach DIN 1946-6 berechnet. Verwendet wurden die Volumenströme der Nennlüftung und reduzierte Lüftung nach dem in Tabelle 15 dargestellten Nutzungsprofil.

Zu-Abluft WRG:

Zu-Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung mit DC-Ventilatoren und einem Wärmebereitstellungsgrad von 80 %. Der Frostschutz erfolgt elektrisch.

Zu-Abluft WRG nach DIN 1946:

Analog zur Abluftanlage wurde der Leckageluftwechsel und der Anlagenluftwechsel gem. Tabelle 15 angesetzt.

ERLG:

Einzelraumlüftungsgeräte am oder ins Fenster integriert mit Wärmerückgewinnung. Der Wärmebereitstellungsgrad beträgt 50 %.

ERLG 1946:

Der zu Grunde gelegte Anlagenluftwechsels ist in Tabelle 15 dokumentiert. Bei den Einzelraumlüftungsgeräten wurde auch eine raumweise bedarfsgeführte Volumenstromregelung angesetzt. Ein dauernder Betrieb auf Stufe Nennlüftung ist nicht sinnvoll und führt zu erheblich erhöhten Lüftungswärmeverlusten. Da in jedem Raum Zu- und Abluft zu- bzw. abgeführt wird ist zur Erzielung derselben raumweisen Luftwechselraten im Vergleich zu Querlüftungskonzepten mit Zu- und Abluftzonen ca. der doppelte Außenluftvolumenstrom nötig. Dies kann durch die raumweise Regelung wieder kompensiert werden.

Tabelle 15 Außenluftvolumenströme für die Variantenberechnung in den Varianten „1946“ bei bedarfsgeführter Lüftung

	Einheit	EFH			EW		
		Abluft	Zu-/Abluft WRG	ERLG	Abluft	Zu-/Abluft WRG	ERLG
Nennlüftung	m³/h	182	189	386	92	91	176
red. Lüftung	m³/h	118	124	270	62	61	123
Grundlüftung(0,3-facher Luftwechsel)	m³/h	–	–	121	–	–	47
Nennlüftung	h	24	24	1)	16	16	1)
red. Lüftung	h	0	0		8	8	
Grundlüftung	h	0	0		0	0	
mittlerer Außenluftvolumenstrom	m³/h	182	189	196	82	81	90
mittlerer Anlagenluftwechsel	h ⁻¹	0,36	0,37	0,39	0,44	0,44	0,48

1) Bei Einzelraumlüftungsgeräten ist im Prinzip auch eine raumweise Regelung möglich. Die Geräte laufen bei Anwesenheit in der Stufe Nennlüftung. Als Grundlüftung bei nicht besetztem Raum wurde ein 0,3-facher Luftwechsel angesetzt. Folgende Anwesenheitszeiten der Räume wurden dabei verwendet.

Wohnen, Schlafen: 8h/d; Kind: 16 h/d; Arbeiten, HWR, Bad, WC etc.: 4 h/d

Aus diesen Nutzungszeiten wurde ein mittlerer Anlagenvolumenstrom für die energetischen Berechnungen ermittelt.

Für die auf den Volumenstrom bezogene elektrische Leistung der Ventilatoren wurden die Tabellenwerte aus DIN 4701-10 angesetzt. In der Praxis werden zum Teil bis zu 40 % niedrigere Werte erreicht.

Tabelle 16 Zusammenstellung der berechneten Lüftungsvarianten.

Nr.	Var.	Anlagentechnik	n_{50} in h^{-1}	Restluftwechsel ¹⁾ in h^{-1}	WBG	Leistung Ventilator in Wh/m^3	Anlagenluftwechsel in h^{-1} EFH / EW	Gesamtluftwechsel in h^{-1}
0	freie Lüftung	freie Lüftung	1,5	–	–	–	–	0,75 / 0,65
1	freie Lüftung red.	freie Lüftung	1,5	–	–	–	–	0,50 / 0,43
2	Abluftanlage	Abluftanlage mit ALD	1,5	0,20	0	0,25	0,50 / 0,43 ²⁾	0,75 / 0,62
3	Abluftanlage DIN 1946	Abluftanlage mit ALD	1,0	0,10	0	0,25	0,36 / 0,44	0,49 / 0,54
4	Zu-Abluft WRG	Zu-Abluftanlage mit WRG	1,5	0,20	80 %	0,48	0,50 / 0,43 ²⁾	0,75 / 0,62
5	Zu-Abluft WRG DIN 1946	Zu-Abluftanlage mit WRG	1,0	0,10	80 %	0,48	0,37 / 0,44	0,50 / 0,54
6	ERLG WRG	Einzelraumlüftungsgeräte mit WRG	1,5	0,20	50 %	0,70	0,50 / 0,43 ²⁾	0,75 / 0,62
7	ERLG WRG DIN 1946	Einzelraumlüftungsgeräte mit WRG	1,0	0,10	50 %	0,70	0,39 / 0,48	0,52 / 0,58

¹⁾ bezogen auf das Raumluftvolumen nach EnEV

²⁾ bezogen auf das Raumluftvolumen nach EnEV ergibt sich jeweils ein Wert von 0,4 h⁻¹.

Die beiden Wohnobjekte sind in Tabelle 17 beschrieben. Das Einfamilienhaus ist nicht unterkellert. Die Etagenwohnung besitzt keine fensterlosen Räume, so dass auch die Variante mit Einzelraumlüftungsgeräten umgesetzt werden kann. Die Bauteilkennwerte entsprechen in allen Fällen dem Referenzgebäude der EnEV 2009.

Tabelle 17 Beschreibung der beiden betrachteten Wohneinheiten. V_e entspricht dem Volumen gem. EnEV. Die Etagenwohnung wurde als eigene Einheit betrachtet, wobei Decke und Boden adiabatisch angenommen wurden.

	V_e	Wohnfläche	Zuluft-räume	Abluft-räume	Fläche der Außenhülle	Gesamtfensterfläche
Einfamilienhaus (EFH)	835 m ³	198 m ²	6	6	557 m ²	41 m ²
Etagenwohnung (EW)	267 m ³	75 m ²	3	2	99 m ²	12 m ²

6.2 Vergleichsberechnung nach EnEV 2009

Für alle Varianten wurde eine energetische Berechnung nach EnEV 2009 mit dem Monatsbilanzverfahren der DIN 4108-6 in Zusammenhang mit der DIN 4701-10 für die Anlagentechnik durchgeführt. Abweichungen von den Randbedingungen des öffentlich-rechtlichen Nachweisverfahrens wurden bereits erläutert.

In Abbildung 30 ist ein Energieflussdiagramm für die Ausgangssituation beim EFH mit freier Lüftung dargestellt. Die Lüftungswärmeverluste spielen offensichtlich eine wesentliche Rolle. Somit kann sich eine Reduzierung der Lüftungswärmeverluste deutlich auf den Gesamtenergiebedarf auswirken.

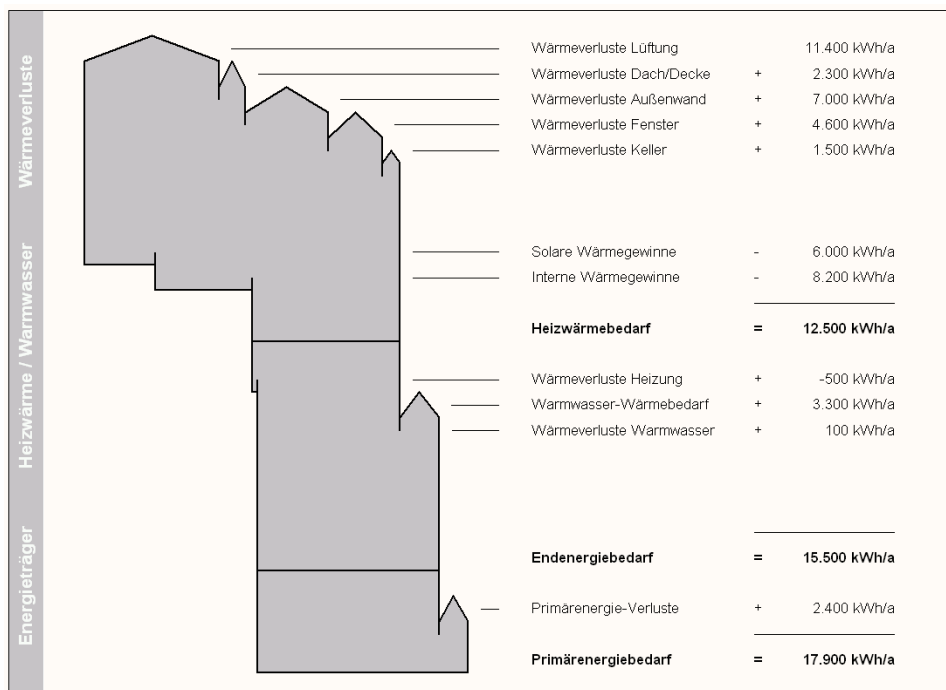


Abbildung 30 Energieflussschema für die Variante 0, d. h. Gebäude mit freier Lüftung gem. EnEV.

In Abbildung 31 und Abbildung 32 ist der sich ergebende Primärenergiebedarf für die beiden Nutzungseinheiten dargestellt.

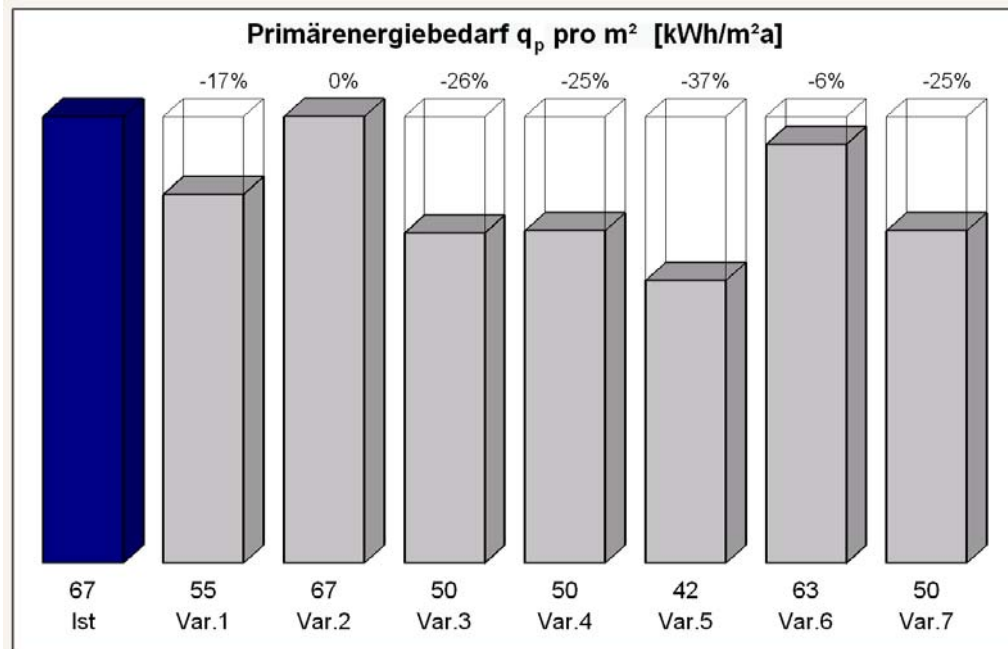


Abbildung 31 Auf die Nutzfläche nach EnEV bezogener Primärenergiebedarf für die betrachteten Lüftungsvarianten im Einfamilienhaus

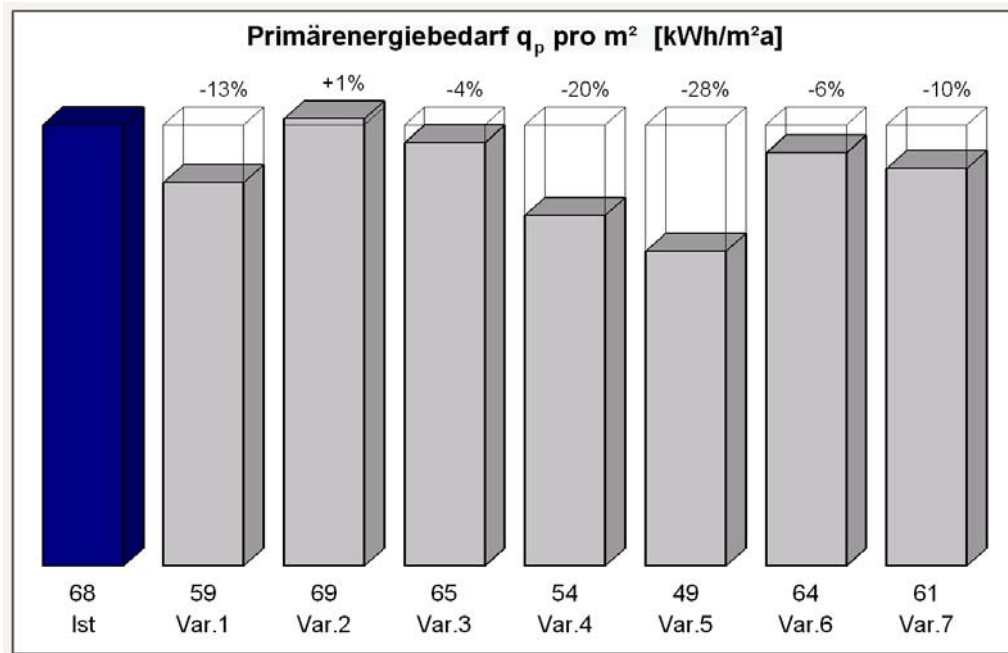


Abbildung 32 Auf die Nutzfläche nach EnEV bezogener Primärenergiebedarf für die betrachteten Lüftungsvarianten in der Etagenwohnung

Var. 0 („Ist“ im Diagramm) entspricht bzgl. des Primärenergiebedarfs dem Referenzgebäude aus der EnEV 2009 (Var. 2). Der durch die Abluftanlage rechnerisch etwas reduzierte Außenluftvolumenstrom wird durch den Stromverbrauch des Ventilators primärenergetisch kompensiert.

Der reduzierte Luftwechsel in Var. 1 führt naturgemäß zu einem niedrigeren Primärenergiebedarf. Diese Variante dient nur zur Veranschaulichung des Einflusses der Lüftungswärmeverluste und nicht als eine planbare Maßnahme zur Energieeinsparung.

Var. 3 führt im EFH zu deutlich reduzierten Verlusten, in der Etagenwohnung zu leicht reduzierten Verlusten. Dies liegt neben den reduzierten Leckageverlusten daran, dass die hier angesetzten Außenluft-Volumenströme nach DIN 1946-6 in einem Fall deutlich niedriger, im anderen Fall nur geringfügig niedriger sind als die im öffentlich rechtlichen Nachweis angesetzten Werte.

Var. 4 zeigt aufgrund der hohen Wärmerückgewinnung in beiden Fällen deutlich reduzierte Werte. In Var. 5 werden die Lüftungsverluste durch die reduzierten Leckageverluste nochmals verringert.

In Var. 6 und 7 wird deutlich, dass eine raumweise bedarfsgeführte Regelung bei den Einzelraumlüftungsgeräten zu einer deutlichen Reduzierung der Verluste gegenüber der unregelmäßig varianten Variante führt. Insgesamt ist das Einsparpotenzial geringer als bei Zentralanlagen. Dies liegt u. a. auch an den geringeren Wärmebereitstellungsgraden dieser Geräte im Vergleich zu den Zentralgeräten aus Var. 4 und 5.

Die primärenergetische Bewertung hängt stark vom verwendeten Energieträger für die Heizung und Warmwasserbereitung ab. Die hier präsentierten Werte basieren alle auf einem Primärenergiefaktor von 1,1 (Gas, Heizöl). Kann z. B. bei Verwendung von Biomasse oder Nahwärme aus Kraft-Wärme-Kopplung ein niedrigerer Primärenergiefaktor für die Heizung angesetzt werden, verringert sich auch das durch die Lüftungsanlagen umsetzbare Einsparpotenzial. Ebenso werden die Unterschiede zwischen Anlagen mit und ohne Wärmerückgewinnung geringer.

Abschließend sind in Abbildung 33 und Abbildung 34 der Endenergiebedarf der betrachteten Varianten dargestellt. Die Reduktion des Energiebedarfs aufgrund effizienter Wärmerückgewinnung wirkt sich bei der Endenergie noch deutlicher aus, da der Strombedarf der Ventilatoren nicht mit dem Primärenergiefaktor von 2,6 beaufschlagt wird.

Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter
6 Ökonomische und ökologische Betrachtung

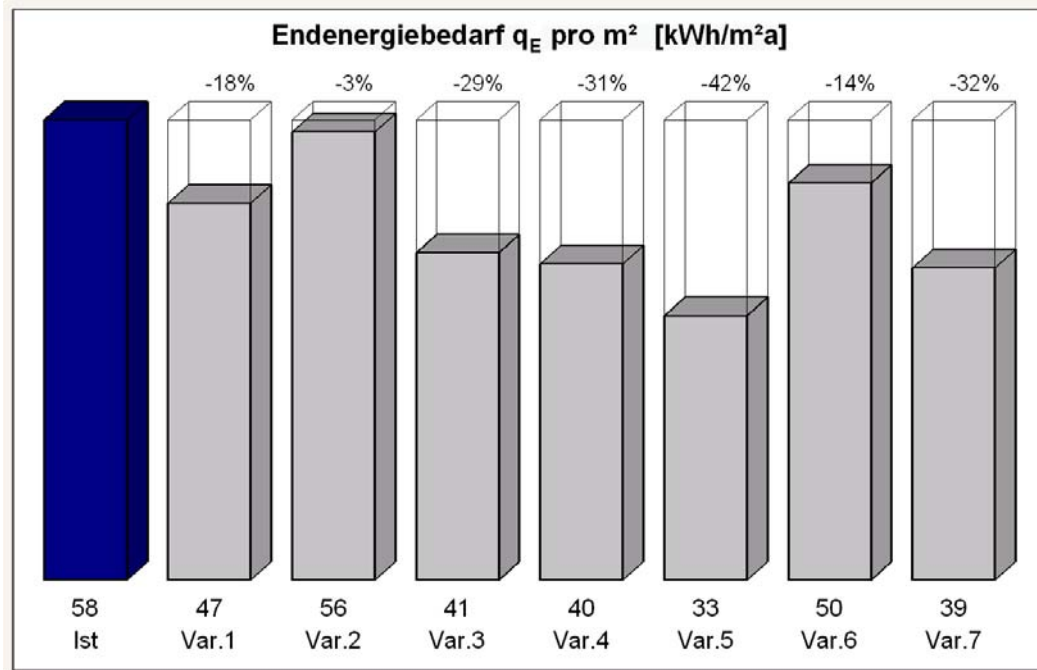


Abbildung 33 Auf die Nutzfläche nach EnEV bezogener Endenergiebedarf für die betrachteten Lüftungsvarianten im Einfamilienhaus

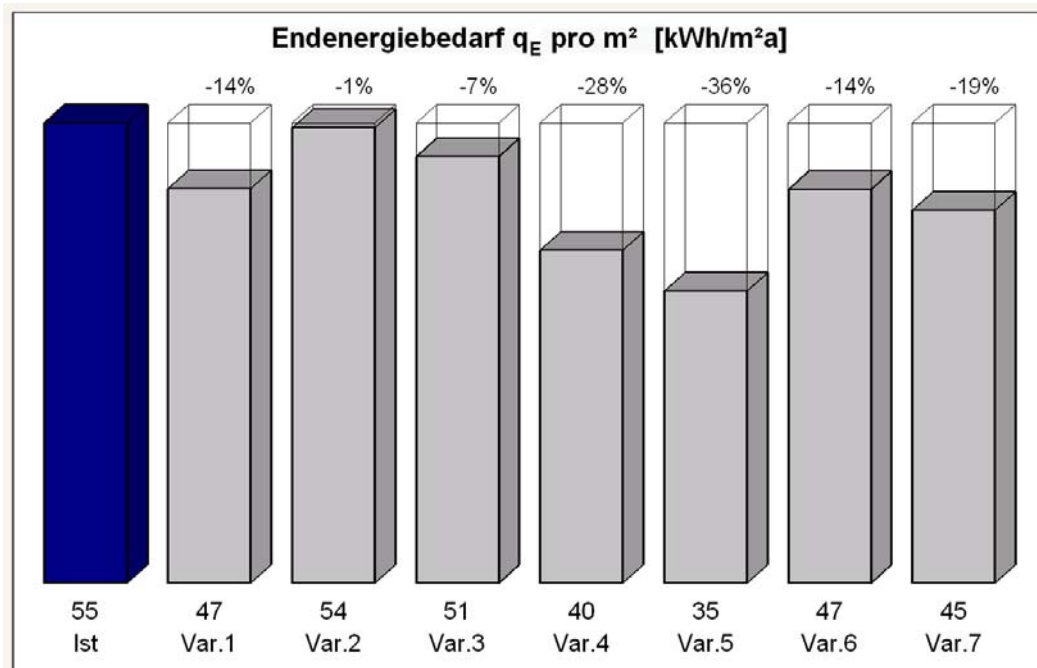


Abbildung 34 Auf die Nutzfläche nach EnEV bezogener Endenergiebedarf für die betrachteten Lüftungsvarianten in der Etagenwohnung

Eine einfache ökologische Bewertung kann durch den Vergleich der Primärenergiekennwerte vorgenommen werden. Ähnliche Ergebnisse ergäben sich bei einer Betrachtung der CO₂-Emissionen. Es sei allerdings darauf hingewiesen, dass bei dieser Art der Bewertung die Art des Energieträgers für die Heizung eine wesentliche Rolle spielt. In vorliegendem Fall wurde von einer Beheizung mit einem Ölbrennwertkessel gem. Referenzgebäude der EnEV gerechnet. Bei Einsatz von Biomasse oder Fernwärme aus KWK (Kraft-Wärme-Kopplung) würde sich ein deutlich reduzierter Primärenergiebedarf ergeben und somit wären auch die zusätzlichen Effekte durch Wärmerückgewinnung geringer. Aus den Diagrammen kann zusammenfassend abgeleitet werden:

Abluftanlagen:

Eine Abluftanlage ohne Wärmerückgewinnung mit Betriebsrandbedingungen gem. EnEV führt zu keiner Einsparung gegenüber der freien Lüftung. Durch eine bedarfsgeführte Abluftanlage mit insgesamt reduzierten Außenluftvolumenströmen ist allerdings bereits eine deutliche Reduzierung des Primär- und des Endenergiebedarfs möglich. Dies wird auch in einer aktuellen Untersuchung des Fraunhofer Institutes für Bauphysik im Auftrag der Fa. Aereco am Beispiel einer bedarfsgeführten Abluftanlage mit der Raumluftfeuchte als Führungsgröße bestätigt [9].

Zu- Abluft mit Wärmerückgewinnung:

Diese Anlagen führen unter allen Bedingungen zu einer deutlichen Reduktion des Primär- und Endenergiebedarfs. Eine erhöhte Gebäudedichtheit im Vergleich zu den Anforderungen der EnEV wirkt sich zusätzlich positiv aus. Durch zusätzliche bedarfsgeführte Regelung (z. B. CO₂-Konzentration in der Abluft) sind weitere Einsparpotenziale realisierbar, was in einer Studie der Hochschule Luzern bestätigt wird [10]

Einzelraumlüftungsgeräte mit Wärmerückgewinnung:

Über diese Geräte ist ebenfalls eine merkliche Primär- und Endenergie-Reduktion möglich, falls eine raumweise bedarfsgeführte Regelung verwendet wird.



6.3 Vergleichsberechnungen Wirtschaftlichkeit

Ein Vergleich der Wirtschaftlichkeit der betrachteten Varianten wurde nach der Annuitätenmethode in Anlehnung an VDI 2067 vorgenommen. Dabei werden die

- verbrauchsgebundenen Kosten,
- betriebsgebundene Kosten und
- Investitions- bzw. kapitalgebundenen Kosten.

summiert. Verbrauchsgebundene Kosten sind die für den Endenergiebedarf anfallenden Energiekosten unter Beachtung von Arbeitspreisen und ggf. Verrechnungspreisen für den Energieträger.

Unter betriebsgebundenen Kosten versteht man die für den bestimmungsgemäßen Betrieb der Haustechnik anfallenden Kosten (Wartung). Um die für die Varianten anfallenden Investitionskosten mit den laufenden jährlichen Ausgaben vergleichen zu können, ist deren Umrechnung erforderlich. Unter Beachtung der Nutzungsdauer, des Instandsetzungsaufwandes, des Kreditzinses und ggf. einer Preisänderungsrate werden mit einem Annuitätsfaktor die über die Nutzungsdauer jährlich anfallenden kapitalgebundenen Kosten berechnet.

Die Berechnungen erfolgten wiederum mit der Software „Energieberater 7.0“ der Fa. Hottgenroth. Die Randbedingungen für die Berechnungen sind in Tabelle 18 zusammengefasst. Als Vergleichsbasis dient Variante 0, d. h. freie Lüftung mit Luftwechselrate gem. EnEV 2009. Im Einfamilienhaus wird die freie Lüftung über Fensterlüftung zu Grunde gelegt. In der Etagenwohnung ist gem. DIN 1946-6 eine Lüftungstechnische Maßnahme nötig. Diese wurde kostengünstig und ohne weitere Wartungskosten als im Fenster integrierte Falzlüfter angenommen. Die Kosten für die Anlagentechnik sind somit die Mehrkosten gegenüber den Fensterlüftern. Es wurden nur jeweils die energieeffizientesten Varianten betrachtet. Diese Berechnungsansätze weichen von denen der EnEV 2009 ab. Die Wartungskosten sind hauptsächlich durch den Filtertausch bestimmt. Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung gilt aus Sicht eines Eigentümers, der das Objekt selbst bewohnt. Die Kosten sind somit inklusive Mehrwertsteuer. Bei der Etagenwohnung müssten für eine vollständige Betrachtung das gesamte Objekt sowie die jeweilige Heizkostenverteilung und mögliche Umlagen der Investitionsmaßnahmen auf den Mieter berücksichtigt werden. Dies würde jedoch den Umfang dieser Forschungsarbeit sprengen und wurde deshalb nicht durchgeführt.

Tabelle 18 Randbedingungen für die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung. Die Kostenstammen zum Teil aus durchgeführten Projekten oder sind aus Herstellerangaben geschätzt.

	Einfamilienhaus		Etagenwohnung		Nutzungsdauer
	Investitionskosten in € inkl. MWSt.	Wartungskosten in €/a inkl. MWSt.	Investitionskosten in € inkl. MWSt.	Wartungskosten in €/a inkl. MWSt.	
Var. 0	–	–	–	–	–
Var. 3	2.500,- bis 4.500,-	30,- bis 50,-	1.200,- bis 3.500,-	20,- bis 40,-	20 a
Var. 5	7.000,- bis 9.500,-	50,- bis 100,-	3.000,- bis 5.000,-	50,- bis 100,-	20 a
Var. 7	5.000,- bis 7.000,-	100,- bis 150,-	3.000,- bis 4.000,-	60,- bis 100,-	20 a
Sonstige Randbedingungen					
Energiekosten Heizung		0,07 €/kWh			
Haushaltsstrom		0,20 €/kWh			
Teuerungsrate Energie		6,0 %			
Teuerungsrate Wartung		4,5 %			
Kapitalzins		5,5 %			

Tabelle 19 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für das EFH. Alle Ergebnisse stellen gemittelte Werte über den Zeitraum von 20 Jahren dar.

	Investitionskosten	Wartung (Filter+sonst.)	Kapitalkosten	Energiekosteneinsparung	Annuität	Amortisation
Var. 3	2.500,-	60,- €/a	209,- €/a	514,- €/a	245 €/a	9 Jahre
	4.500,-	60,- €/a	377,- €/a	514,- €/a	77 €/a	17 Jahre
Var. 5	7.000,-	113,- €/a	586,- €/a	712,- €/a	13,- €/a	20 Jahre
	9.500,-	113,- €/a	795,- €/a	712,- €/a	-196,- €/a	keine
Var. 7	5.000,-	190,- €/a	418,- €/a	479,- €/a	-129,- €/a	keine
	7.000,-	190,- €/a	586,- €/a	479,- €/a	-297,- €/a	keine



Tabelle 20 Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die EW. Alle Ergebnisse stellen gemittelte Werte über den Zeitraum von 20 Jahren dar.

	Investitionskosten	Wartung (Filter+sonst.)	Kapitalkosten	Energiekosteneinsparung	Annuität	Amortisation
Var. 3	1.500,-	38,- €/a	126,- €/a	17,- €/a	-147,- €/a	keine
	3.500,-	38,- €/a	293,- €/a	17,- €/a	-314,- €/a	keine
Var. 5	3.000,-	114,- €/a	251,- €/a	152,- €/a	-213,- €/a	keine
	5.000,-	114,- €/a	418,- €/a	152,- €/a	-380,- €/a	keine
Var. 7	3.000,-	121,- €/a	251,- €/a	35,- €/a	-337,- €/a	keine
	4.000,-	121,- €/a	335,- €/a	35,- €/a	-421,- €/a	keine

Die Ergebnisse für die betrachteten Varianten sind in Tabelle 19 und Tabelle 20 zusammengefasst. Mit den zu Grunde gelegten Kosten ergibt sich durch den Einsatz der Anlagentechnik bis auf Var. 3 und Var. 5 für das EFH keine Amortisation innerhalb der angesetzten 20 Jahre Nutzungszeit. Einige Maßnahmen amortisieren sich nie, da die laufenden Kosten für Wartung höher sind als die Energiekosteneinsparung. Einen großen Einfluss auf derartige Betrachtungen hat naturgemäß die Teuerungsrate für Energie.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass ventilatorgestützte Systeme aus rein wirtschaftlichen Gründen gegenüber einer freien Lüftung unter den hier gewählten Randbedingungen nur zum Teil Vorteile bringen. Aus ökologischer Sicht, d. h. nach primärenergetischer Bewertung, ergeben sich jedoch deutliche Vorteile für Anlagen mit Wärmerückgewinnung.

7 Weitere wesentliche Eigenschaften

7.1 Schalldämmung

7.1.1 Eigengeräusch

Bei der Beurteilung der Geräuschbelastung durch motorisch betriebene Lüfter unterscheidet DIN 1946-6 zwischen Geräuschen, die in den eigenen Wohnbereich oder in fremde Wohnbereiche (Nachbarwohnungen) übertragen werden.

7.1.1.1 Geräusche von Geräten in fremde Nutzungseinheiten

Bei der Übertragung von Eigengeräuschen in Nachbarwohnungen ist zu beachten, dass diese Eigengeräusche zunächst in den eigenen Wohnbereich abgestrahlt werden, um dann von dort über Trennwände und Trenndecken in die Nachbarwohnung übertragen zu werden. Da Trennwände und Trenndecken nach DIN 4109 [11] mit einem Mindestschallschutz von $R'_w = 53$ dB bzw. 54 dB belegt sind, ist für derzeit am Markt erhältliche Fensterlüfter bei üblichen Eigengeräuschen mit keinen signifikanten Belästigungen in die Nachbarwohnung hinein zu rechnen.

7.1.1.2 Geräusche von Geräten in der eigenen Nutzungseinheit

Zur Beurteilung der Geräuschabstrahlung von Fensterlüftern in die eigene Wohneinheit wird die sich momentan in Bearbeitung befindliche DIN 4109-1 [12] herangezogen. Dieses zukünftige Regelwerk stellt Mindestanforderungen an den Standard Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$, getrennt für Wohn- und Schlafräume sowie Wohnküche bzw. Bad und Küche. Die Mindestanforderungen gelten für Anlagen, die fest installiert sind und vom Bewohner nicht selbst betätigt werden können. Da die ventilatorgestützten Lüftungssysteme den Luftvolumenstrom des Auslegungszustands nutzerunabhängig erbringen sollen, kann davon ausgegangen werden, dass dies mit einer „Nichtbetätigung“ gleichgesetzt werden kann. Für ventilatorgestützte Fensterlüfter ist entsprechend ift-Richtlinie LU-01/1 die schalltechnisch maßgebliche Kenngröße nicht der Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$, sondern der normierte Schallpegel L_N . Daher ist es notwendig, die Anforderungen hinsichtlich des Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$ auf den normierten Schallpegel L_N zu übersetzen.



Es ist festzustellen, dass für Räume mit einem Raumvolumen von $31,25 \text{ m}^3$ der normierte Schallpegel L_N dem Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$ entspricht. Geht man von einer Raumhöhe von $2,5 \text{ m}$ aus, entspricht dies einer Grundfläche des Raums von $12,5 \text{ m}^2$. Für größere Raumvolumen bzw. größere Raumflächen würde sich der zulässige normierte Schallpegel erhöhen. Im Detail hängt der Zusammenhang von normiertem Schallpegel und Standard-Schalldruckpegel von den Raumeigenschaften (Volumen) in dem individuellen Bauvorhaben ab.

Tabelle 21 Beispielhafter Zusammenhang zwischen normiertem Schallpegel L_N und dem Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$

Raumvolumen V	Differenz des normierten Schallpegels L_N zum Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$
50 m^3	2,0 dB(A)
80 m^3	4,1 dB(A)

Es ist daher sinnvoll für vereinfachte Planungsempfehlungen die Anforderungen an Standard-Schalldruckpegel $L_{AF,max,nT}$ eins zu eins auf den normierten Schallpegel L_N zu übertragen. Die entsprechenden Mindestanforderungen sind in Tabelle 22 dargestellt.

Tabelle 22 Mindestanforderungen an den normierten Schallpegel L_N von Fensterlüftern

Nutzung	max. zulässiger normierter Schallpegel L_N in dB(A)
Wohn- und Schlafräume	35
Küche, Bad und Arbeitsräume	40

Diese Mindestanforderungen gelten für Fensterlüfter mit Dauergeräuschen ohne auffällige Einzeltöne. Im Rahmen des Forschungsvorhabens waren keinen Fensterlüfter bekannt geworden, bei denen auffällige Einzeltöne vorhanden sind.

Für speziell schutzbedürftige Räume, z. B. Schlafzimmer, kann ein besserer Schallschutz notwendig werden. Dieser sollte im Einzelfall gesondert vereinbart werden.

Zur Orientierung ist in Tabelle 23 ein Vorschlag von Anforderungsstufen für einen verbesserten Schallschutz gegeben. Diese Anforderungsstufen orientieren sich an Vorgaben aus der VDI-Richtlinie 4100 [13] und der DEGA-Empfehlung 103 [14], wobei hier der Zuschlag von 5 dB(A) für Fensterlüfter mit Dauergeräuschen ohne auffällige Einzeltöne entsprechend der Vorgaben aus DIN 4109:1989-11 angesetzt wurde. Hierbei ist jedoch zu beachten, dass ein normierter Schallpegel L_N von 25 dB(A) u. U. nur in reduzierten Lüftungsstufen erreicht werden kann.

Tabelle 23 Vorschlag der Anforderungsstufen für einen verbesserten Schallschutz

Nutzung	normierter Schallpegel L_N in dB(A)	
	Stufe Komfort	Stufe Premium
Wohn- und Schlafräume	30	25
Küche, Bad und Arbeitsräume	35	30

7.1.2 Schalldämmung gegen Außenlärm

Die bauaufsichtlichen Regelungen zum Schallschutz von Außenbauteilen sind in Deutschland im Wesentlichen in DIN 4109 festgelegt. Unter Außenbauteil ist in diesem Zusammenhang die komplette Wand, d. h. inkl. Fenster und Fensterlüfter zu sehen.

DIN 4109 legt fest, wie die erforderliche Schalldämmung des Außenbauteils $R'_{w,res}$ in Abhängigkeit des Außenlärmpegels, der Raumnutzung und geometrischen Korrekturen für die Raumtiefen festzulegen ist. Tabelle 24 und Tabelle 25 zeigen die entsprechenden Tabellen aus DIN 4109:1989-11.



Tabelle 24 Anforderungen an die Luftschalldämmung von Außenbauteilen (Tab. 8 aus DIN 4109)

Spalte	1	2	3	4	5
Zeile	Lärmpegelbereich	„Maßgeblicher Außenlärmpegel“ dB(A)	Raumarten		
			Bettenräume in Krankenanstalten und Sanatorien	Aufenthaltsräume in Wohnungen, Übernachtungsräume in Beherbergungsstätten, Unterrichtsräume und ähnliches	Bürräume ¹⁾ und ähnliches
			erf. $R_{w,res}^l$ des Außenbauteils in dB		
1	I	bis 55	35	30	–
2	II	56 bis 60	35	30	30
3	III	61 bis 65	40	35	30
4	IV	66 bis 70	45	40	35
5	V	71 bis 75	50	45	40
6	VI	76 bis 80	2)	50	45
7	VII	> 80	2)	2)	50

1) An Außenbauteile von Räumen, bei denen der eindringende Außenlärm aufgrund der in den Räumen ausgeübten Tätigkeiten nur einen untergeordneten Beitrag zum Innenraumpegel leistet, werden keine Anforderungen gestellt.
2) Die Anforderungen sind hier aufgrund der örtlichen Gegebenheiten festzulegen.

Tabelle 25 Korrekturwert für das erforderliche resultierende Schalldämm-Maß in Abhängigkeit des Verhältnisses $S_{(W+F)}/S_G$ (Tab. 9 aus DIN 4109)

Spalte/Zeile	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$S_{(W+F)}/S_G$	2,5	2,0	1,6	1,3	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4
2	Korrektur	+5	+4	+3	+2	+1	0	–1	–2	–3

$S_{(W+F)}$: Gesamtfläche des Außenbauteils eines Aufenthaltsraumes in m²
 S_G : Grundfläche eines Aufenthaltsraumes in m².

Da die erforderliche Schalldämmung für das gesamte Außenbauteil (d. h. Außenwand, Fenster und sonstige Bauelemente, wie z. B. Lüfterelemente) gilt, muss die Schalldämmung des gesamten Außenbauteils aus den Einzelwerten ermittelt werden.

Für die Einsatzempfehlungen von Fenstern mit Lüftern beschränken wir uns auf den Nachweis über Tabellenverfahren, siehe Tabelle 26 (entspricht Tabelle 10 aus DIN 4109).

Tabelle 26 Erforderliche Schalldämm-Maße $R'_{w,res}$ von Kombinationen von Außenwänden und Fenstern (Tab. 10 aus DIN 4109)

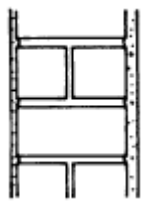
Spalte	1	2	3	4	5	6	7
Zeile	erf. $R'_{w,res}$ in dB nach Tabelle 8	Schalldämm-Maße für Wand/Fenster in ... dB/... dB bei folgenden Fensterflächenanteilen in %					
		10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %
1	30	30/25	30/25	35/25	35/25	50/25	30/30
2	35	35/30 40/25	35/30	35/32 40/30	40/30	40/32 50/30	45/32
3	40	40/32 45/30	40/35	45/35	45/35	40/37 60/35	40/37
4	45	45/37 50/35	45/40 50/37	50/40	50/40	50/42 60/40	60/42
5	50	55/40	55/42	55/45	55/45	60/45	–

Diese Tabelle gilt nur für Wohngebäude mit üblicher Raumhöhe von etwa 2,5 m und Raumtiefe von etwa 4,5 m oder mehr, unter Berücksichtigung der Anforderungen an das resultierende Schalldämm-Maß erf. $R'_{w,res}$ des Außenbauteiles nach Tabelle 8 und der Korrektur von -2 dB nach Tabelle 9, Zeile 2.

Alternativ kann auch ein rechnerischer Nachweis nach Abschnitt 11 aus Beiblatt 1, DIN 4109 unter Einrechnen der genauen Flächenverhältnisse und Schalldämmwerte von Außenwand, Fenster und Lüfter erfolgen (s. a. die Anmerkungen in ift-Richtlinie LU-01/1). Für die Anwendung ist zu beachten, dass die Schalldämmung des Lüfters bei geöffneter Lüfterstellung eingehalten werden muss.

Die Schalldämmung der Außenwand kann für die unterschiedlichen Konstruktionen aus unterschiedlichen Regel- und Tabellenwerken gewonnen werden, z. B. nach der Beispielsammlung in Beiblatt 1, DIN 4109, Informationsdienst Holz [18] oder einer Studie zu Baukonstruktionen [15]. Für Ziegelwände aus Hochlochsteinen mit unterschiedlichen Rohdichten und Dicken werden exemplarisch Schalldämm-Maße in Tabelle 27 dargestellt. Für typische Außenwandkonstruktionen kann in Deutschland ein Schalldämm-Maß von mindestens $R_{w,R} \geq 35$ dB angenommen werden.

Tabelle 27 Beispiele für das bewertete Schalldämm-Maß von einschaligen Außenwänden in Ziegelbauweise (beidseitig verputzt) nach Beiblatt 1 DIN 4109 und [15]

Bauteil	Rohdichte HLZ	Dicke in mm	$R_{w,R}$ in dB ¹⁾
	0,8	240	45
		300	47
		365	49
	1,2	300	51
		365	53
	1,8	365	58

¹⁾ Werden auf die Wandkonstruktion zusätzlich Wärmedämmplatten aufgebracht, so sind die Konstruktionen als zweischalige Konstruktionen zu betrachten, die eine gegenüber den angegebenen Werten reduzierte Schalldämmung aufweisen können.

Zur Veranschaulichung wurden für eine Raumnutzung als Aufenthalts- und Schlafraum in Wohnungen und Hotels die Anforderungsniveaus des erforderlichen $R'_{w,res}$ verschiedenen Lärmbelastungen gegenübergestellt, siehe Tabelle 28.

Tabelle 28 Gegenüberstellung Lärmsituation zu Anforderung an das erforderliche Schalldämm-Maß $R'_{w,res}$ der Gesamtaußenwand für eine Raumnutzung als Aufenthalts- und Schlafraum in Wohnungen und Hotels (entspricht Tab. 8 aus DIN 4109)

Lärmpegelbereich	maßgeblicher Außenlärmpegel in dB(A)	Beschreibung einer exemplarischen Lärmsituation	erf. $R'_{w,res}$
I – II	Bis 60	ruhige Wohnlage bis Gemeindestraße innerorts, ca. 1000 Kfz am Tag, 10 m Abstand Fenster zur Straße	≥ 30 dB
III	61 bis 65	Gemeindestraße innerorts, ca. 2000 Kfz am Tag, 10 m Abstand Fenster zur Straße	≥ 35 dB
IV	66 bis 70	Gemeindestraße als Durchgangsstraße, ca. 3000 Kfz am Tag, 10 m Abstand Fenster zur Straße	≥ 40 dB
V	71 bis 75	Autobahn, ca. 10.000 Kfz am Tag, 25 m Abstand Fenster zur Straße	≥ 45 dB
VI	76 bis 80	Autobahn, ca. 30.000 Kfz am Tag, 25 m Abstand Fenster zur Straße	≥ 50 dB

Wird ein Fenster mit einem integrierten Lüfter eingesetzt, so gilt die Anforderung direkt an das kombinierte Bauteil aus Fenster und integriertem Lüfter. Falls Lüfter und Fenster getrennt beurteilt werden, z. B. im Falle eines Aufsatzelementes im Sinne des Teil 1 der Lüfterrichtlinie, so muss der gesamte zulässige Schalldurchgang auf die Bauelemente Fenster und Lüfter aufgeteilt werden. Für die Erarbeitung von Zielgrößen für die Luftschalldämmung eines Aufsatzelementes wird angenommen, dass der maximale zulässige Schall-Energiefluss durch das gesamte Bauteil (Fenster plus Lüfter) zu gleichen Teilen auf beide Bauelemente verteilt wird. Mit diesem Ansatz wurden für exemplarische Anforderungen an erforderliches $R'_{w, \text{res}}$ und Fensterflächenanteile (bei einer Gesamtaußenwandfläche von 10 m^2 und vorgegebenen Lüfteransichtsflächen) Richtwerte für die notwendige Schalldämmung von Aufsatzelementen festgelegt (in Form eines erforderlichen bewerteten Schalldämm-Maßes $\text{erf. } R_{w, \text{Lü}, \text{R}}$)¹.

Zur Anwendung der Lüfterrichtlinie muss das erforderliche bewertete Schalldämm-Maß des Lüfters $\text{erf. } R_{w, \text{Lü}, \text{R}}$ in eine erforderliche bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $\text{erf. } D_{n, e, w, \text{R}}$ für den Anwendungsfall umgerechnet werden.

$$\text{erf. } D_{n, e, w, \text{R}} = \text{erf. } R_{w, \text{Lü}, \text{R}} + 10 \cdot \log \left(\frac{A_0}{S_{\text{Lü}}} \right) \text{ dB} \quad (4)$$

Bei Anwendung der Kenndaten aus einem Klassifizierungsbericht nach ift-Richtlinie LU-01/1 ist zu beachten, dass die im Klassifizierungsbericht angegebene bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n, e, w}$ in der Regel aus einer Laborprüfung im Fensterprüfstand an einem Aufsatzelement mit einer Länge $l_0 = 1,23 \text{ m}$ ermittelt wurde. Für den Abgleich dieses Laborwerts mit dem Anwendungsfall muss die bewertete Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n, e, w}$ noch auf die Situation im Objektfall umgerechnet werden, wobei die Lüfterlänge l sowie das Vorhaltemaß von 2 dB berücksichtigen muss.

$$D_{n, e, w} = \text{erf. } D_{n, e, w, \text{R}} + 10 \cdot \log \left(\frac{l}{l_0} \right) \text{ dB} + 2 \text{ dB} \quad (5)$$

¹ Wird die Schalldämmung eines Fensters oder eines Lüfterelementes aus einer Laborprüfung ermittelt so wird zur „Abfederung“ von Bauteil-Schwankungen und Messunsicherheiten ein Sicherheitsabschlag (Vorhaltemaß) von dem Laborprüfwert R_w abgezogen. Der so ermittelte Rechenwert $R_{w, \text{R}}$ wird für den Nachweis der Schalldämmung herangezogen. Für Fenster und Lüfter beträgt das Vorhaltemaß 2 dB.



LEGENDE:

A_0	Bezugs-Absorptionsfläche = 10 m ²
erf. $D_{n,e,w,R}$	erforderliche bewertete Normschallpegeldifferenz des Lüfters im Anwendungsfall als Rechenwert in dB ($D_{n,e,w,R}$ ist auf eine Lüfterlänge l im Anwendungsfall bezogen)
$D_{n,e,w}$	bewertete Normschallpegeldifferenz des Lüfters als Aufsatzelement in der Laborprüfung bei $l_0 = 1,23$ m in dB
erf. $R_{w,Lü,R}$	erforderliches bewertetes Schalldämm-Maß des Lüfters als Rechenwert in dB
S_F	Fläche des Lüfters in m ²
l	Länge des Lüfters im Anwendungsfall in m
l_0	Bezugslänge des Lüfters bei der Prüfung in m

Auf Grundlage der oben genannten Beziehungen sind in Tabelle 29 Richtwerte für die Schalldämmung von Fenstern und Fensterlüftern angegeben. Den Abschätzungen wurde Tabelle 10 aus DIN 4109 zugrunde gelegt. Die Tabelle geht von einer Raumtiefe von 4,5 m aus (in Tabelle 29 wurden die daraus resultierenden Korrekturterme entsprechend Tabelle 9 der DIN 4109, siehe Tabelle 25 dieser Richtlinie, bei der Angabe des erf. $R'_{w,res}$ bereits eingerechnet). Die Gesamtaußenwandfläche wurde mit 10 m² angenommen; der Fensterflächenanteil variiert von 20 % bis 60 %. Die in der Tabelle 29 angegebenen $D_{n,e,w}$ -Werte korrespondieren mit einer Lüfterlänge bei der Prüfung von 1,23 m. Die erforderliche Schalldämmung der Fensterlüfter ist bei geöffneter Stellung anzusetzen.

Tabelle 29 Richtwerte für die Schalldämmung von Fenstern und Lüfter in Abhängigkeit des erforderlichen Schalldämm-Maße $R'_{w,res}$ der Gesamtaußenwand, die Richtwerte für $D_{n,e,w}$ beziehen sich auf einen Prüfstandswert gemessen an einer Lüfterlänge von 1,23 m

erf. $R'_{w,res}$ inkl. Korrektur nach Tab. 9 DIN 4109	Schalldämmung von Wand / Fenster / Lüfter bei einem Fensteranteil von 20 % Lüfteransichtsfläche = 0,15 m ² , Lüfterlänge = 1,5 m				
	Wand alleine erf. $R_{w,R}$	Fenster inkl. Lüfter erf. $R_{w, Fenster+Lüfter,R}$	Fenster alleine erf. $R_{w,Fenster,R}$	Lüfter alleine	
28 dB	35dB	25dB	28 dB	erf. $R_{w,Lüfter,R}$	$D_{n,e,w}$
33 dB	35dB	30dB	33 dB	17 dB	38 dB
38 dB	40 dB	35 dB	38 dB	22 dB	43 dB
43 dB	45 dB	40 dB	43 dB	27 dB	48 dB
48 dB	55 dB	42 dB	45 dB	32 dB	53 dB
48 dB	55 dB	42 dB	45 dB	34 dB	55 dB
erf. $R'_{w,res}$ inkl. Korrektur nach Tab. 9 DIN 4109	Schalldämmung von Wand / Fenster / Lüfter bei einem Fensteranteil von 40 % Lüfteransichtsfläche = 0,30 m ² , Lüfterlänge = 3,0 m				
	Wand alleine erf. $R_{w,R}$	Fenster inkl. Lüfter erf. $R_{w, Fenster+Lüfter,R}$	Fenster alleine erf. $R_{w,Fenster,R}$	Lüfter alleine	
28 dB	35 dB	25 dB	28 dB	erf. $R_{w,Lüfter,R}$	$D_{n,e,w}$
33 dB	40 dB	30 dB	33 dB	17 dB	38 dB
38 dB	45 dB	35 dB	38 dB	22 dB	43 dB
43 dB	50 dB	40 dB	43 dB	27 dB	48 dB
48 dB	55 dB	45 dB	48 dB	32 dB	53 dB
48 dB	55 dB	45 dB	48 dB	37 dB	58 dB
erf. $R'_{w,res}$ inkl. Korrektur nach Tab. 9 DIN 4109	Schalldämmung von Wand / Fenster / Lüfter bei einem Fensteranteil von 60 % Lüfteransichtsfläche = 0,45 m ² , Lüfterlänge = 4,5 m				
	Wand alleine erf. $R_{w,R}$	Fenster inkl. Lüfter erf. $R_{w, Fenster+Lüfter,R}$	Fenster alleine erf. $R_{w,Fenster,R}$	Lüfter alleine	
28 dB	35 dB	30 dB	33 dB	erf. $R_{w,Lüfter,R}$	$D_{n,e,w}$
33 dB	45 dB	32 dB	35 dB	22 dB	43 dB
38 dB	40 dB	37 dB	40 dB	24 dB	45 dB
43 dB	60 dB	42 dB	45 dB	29 dB	50 dB
48 dB	—	—	—	34 dB	55 dB
48 dB	—	—	—	—	—



7.1.3 Überströmöffnung

Überströmöffnungen werden benötigt, um den Luftaustausch innerhalb der Wohnung zu gewährleisten (siehe Kapitel 5.5). Da Überströmöffnungen in der Regel über (schalltechnisch ungedämmte) Öffnungen in den Innentüren realisiert werden, wird hierdurch auch der Schallschutz im eigenen Wohnbereich tangiert.

Ausgehend von einer typischen Innentür (siehe Tabelle 30) wurden für verschiedene Werte der Bodenluft die in Tabelle 30 dargestellten Schalldämmmaße der Türelemente selbst abgeschätzt. Geht man davon aus, dass in der Regel Innentüren ohne Bodendichtung mit einer Mindest-Bodenluft von 2 mm eingebaut werden, so wird durch eine Vergrößerung der Bodenluft (Erhöhung des Lüftungsquerschnitts) auf 8 mm eine Reduzierung der Schalldämmung des Türelements von ca. 5 dB erwartet.

Prinzipiell ist anzumerken, dass ein über das Übliche hinausgehender Schallschutz innerhalb des eigenen Wohnbereichs einer detaillierten Planung bedarf, die neben der Festlegung der Anforderungen auch die Planung der erforderlichen konstruktiven Details erfordert.

Tabelle 30 Richtwerte für die Schalldämmung von Innentürelementen; Sperrtür mit Füllung aus Röhrenspanplatte mit einer Zargendichtung und ohne Bodendichtung (glatter Bodenbelag), unter Berücksichtigung von [19]

Türelement	R_w
Türblatt ohne Fugenanteil	ca. 25 dB
mit 2 mm Bodenluft	ca. 20 dB
mit 5 mm Bodenluft	ca. 18 dB
mit 8 mm Bodenluft	ca. 15 dB

7.2 Brandschutz

Bezüglich der Anforderungen an den Brandschutz von Fensterlüftern als Bestandteil eines Fensters bestehen die gleichen Anforderungen wie sie an das Bauteil „Fenster“ gestellt werden. Es ist dabei zu unterscheiden, ob im jeweiligen Einsatz/der jeweiligen Verwendung Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit des Bauteils gestellt werden oder nicht.



Brandschutz ist als übergeordneter Begriff zu verstehen, der in drei wichtige Leistungseigenschaften zu unterteilen ist:

1. Brandverhalten der Baustoffe (Baustoffklassen: normal,- schwerentflammbar, nichtbrennbar)
2. Feuerwiderstandsfähigkeit des Bauteils (Feuerwiderstandsklassen: feuerhemmend, hochfeuerhemmend, feuerbeständig, hochfeuerbeständig)
3. Verhinderung der Brandweiterleitung/Erhalt des Feuerüberschlagsweges z. B. bei Brüstungen im Bereich oberhalb von Geschossdecken oder Schürzen unterhalb der Decken (W-Bauteile gemäß DIN 4102-3)

In Deutschland besteht immer die Anforderung an das Brandverhalten in der Form:

1. Das Bauteil muss aus mindestens „normalentflammbaren“ Baustoffen hergestellt werden und
2. es darf keine Brandgefährdung von diesem Bauteil ausgehen.

Für die Anwendung in Sonderbauten, wie z. B. in Hochhäusern, sind in den entsprechenden Landesbauordnungen und den zusätzlich geltenden Sonderbau- Richtlinien/ -Verordnungen weitergehenden Anforderungen wie „Schwerentflammbarkeit“ oder „Nichtbrennbarkeit“ gefordert, die dann zwangsweise auch von dem Fensterlüfter bzw. dessen Bestandteilen zu erfüllen sind.

Werden an das Fenster mit Fensterlüftern Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit gestellt, ist diese im Rahmen einer Brandprüfung an einem kompletten Bauteil nachzuweisen. Die Mindestanforderung an das Brandverhalten (normalentflammbar) bleibt unabhängig von der nachgewiesenen Feuerwiderstandsklasse bestehen.

Zur Festlegung der Feuerwiderstandsfähigkeit eines Bauteils muss dieses einschließlich etwaiger Einbauten nachgewiesen werden. Dieser Nachweis erfolgt auf Grundlage von Feuerwiderstandsprüfungen. Die Verwendung wird auf Basis von allgemeinen bauaufsichtlichen Zulassungen geregelt. Fenster, welche Anforderungen an die Feuerwiderstandsfähigkeit erfüllen sollen/müssen und mit integrierten Lüftern ausgestattet sind, müssen die aufgeführten Feuerwiderstandsprüfungen nachweisen. Die bauaufsichtliche Verwendung in Deutschland wird durch das DIBt mittels allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung geregelt.



7.3 Luftdichtheit

DIN 1946-6 stellt bzgl. der Luftdichtheit folgende Anforderung:

„Verschließbare ALD dürfen im geschlossenen Zustand bei einem Differenzdruck von 10 Pa eine Luftdurchlässigkeit von höchstens 5 m³/h besitzen. Es wird jedoch empfohlen, verschließbare ALD im geschlossenen Zustand dichter auszuführen.“

Diese Anforderung leitet sich daraus ab, dass im Rahmen von bauaufsichtlichen Zulassungen des DIBt diese Anforderung an verschließbare ALD gestellt wird. Es ist jedoch festzustellen, dass der Wert von 5 m³/h sehr hoch gewählt ist. Zudem muss festgestellt werden, dass die Anforderung an die Luftdurchlässigkeit nicht nur bei 10 Pa einzuhalten ist. Der Sinn eines verschließbaren ALD ist es, speziell bei hohen Windgeschwindigkeiten (entspricht hohen Differenzdrücken) im geschlossenen Zustand „luftdicht“ zu sein. Daher dürfen verschließbare Fensterlüfter im geschlossenen Zustand einen maximalen Luftvolumenstrom von 5 m³/(h daPa^{2/3}) aufweisen.

Empfehlungen hinsichtlich einer dichteren Ausführung gibt DIN 1946-6 nicht. Daher sind niedrigere Werte schriftlich zu vereinbaren.

Hinweise, welche niedrigeren Luftdurchlässigkeiten von ALD im geschlossenen Zustand in Frage kommen würden, ergeben sich z. B. durch die Wärmeschutz- und Energieeinsparverordnungen der Vergangenheit. So ist z. B. bis zur EnEV 2004 folgende Anforderung gestellt:

„Lüftungseinrichtungen in der Gebäudehülle müssen einstellbar und leicht regulierbar sein. Im geschlossenen Zustand müssen sie der Tabelle 1 genügen. Soweit in anderen Rechtsvorschriften Anforderungen an die Lüftung gestellt werden, bleiben diese Vorschriften unberührt. Satz 1 ist nicht anzuwenden, wenn als Lüftungseinrichtungen selbsttätig regelnde Außenluftdurchlässe unter Verwendung einer geeigneten Führungsgröße eingesetzt werden.“

Sinngemäß waren diese Anforderung auch in der WSchVO 82, in der WSchVO 95 sowie in der EnEV 2002 enthalten.

Die dort (*Tabelle 1*) festgelegten Anforderungen entsprechen den Anforderungen an die Fugendurchlässigkeit für Fenster. Die Fugendurchlässigkeit nach EN 12207-1 muss bis zu zwei Vollgeschosse mindestens Klasse 2, ab drei Vollgeschossen mindestens Klasse 3 erfüllen. Dies würde übersetzt folgende Grenzwerte ergeben:

Tabelle 31 Vorschlag zur erhöhten Anforderung an die Luftdichtheit von verschließbaren ALD

Anzahl der Vollgeschosse	Luftvolumenstrom in $\text{m}^3/(\text{h daPa}^{2/3})$
bis 2 Vollgeschosse	1,5
3 und mehr Vollgeschosse	0,5

7.4 Schlagregendichtheit

Durch die Forderung einer nutzerunabhängigen Lüftung entsprechend DIN 1946-6 muss davon ausgegangen werden, dass die Fensterlüfter auch in der Abwesenheit der Bewohner nicht verschlossen sind. Somit ist auch eine entsprechende Dichtheit gegenüber Schlagregen sicherzustellen. Hierzu existieren bislang noch keine Anforderungen bzw. Empfehlungen. DIN 1946-6 führt hinsichtlich der Schlagregendichtheit aus: „ALD müssen so ausgeführt oder so eingebaut sein, dass sie gegen Schlagregen dicht sind und evtl. entstehendes Kondensat abgeführt wird.“ Auch hier wird also keine konkrete Anforderung definiert.

Die Ermittlung der Schlagregendichtheit von Fensterlüftern erfolgt entsprechend **ift**-Richtlinie LU-01/1 nach EN 13141-1. Hierbei wird die Schlagregendichtheit bis zu einer maximalen Druckdifferenz von 150 Pa ermittelt.

Empfehlung an die Schlagregendichtheit von Fenstern, die dazu dienen können auch entsprechende Empfehlungen für Fensterlüfter abzuleiten, finden sich in der **ift**-Richtlinie FE-05/1. Hier werden an die Schlagregendichtheit von Fenstern in Abhängigkeit der Windzone, der Gebäudehöhe etc. Empfehlungen für die Schlagregendichtheit gegeben. Die niedrigste Klasse, die für einen bestimmten Einsatzzweck empfohlen wird, ist Klasse 4A. Dies entspricht einer Schlagregendichtheit bis zu einem Prüfdruck von 150 Pa. Dies bedeutet, dass auch der Fensterlüfter bis zu diesem Prüfdruck schlagregendicht sein müsste. Entsprechend der **ift** Richtlinie LU-01/1 würde dies Klasse 5 entsprechen und somit die höchste Druckstufe entsprechend der Prüfnorm EN 13141-1 sein. Höhere Druckstufen werden normativ nicht gefordert.

Da bislang keine wissenschaftlichen Untersuchungen vorliegen, die einen Zusammenhang zwischen der Klasse der Schlagregendichtheit und der Anwendungssituation herstellen könnte, ist es nicht möglich im Rahmen dieses Pro-



jektet Empfehlungen zur Klasse der Schlagregendichtheit zu geben. Eine mündliche Befragung von Herstellern von Fensterlüftern sowie Außenluftdurchlässen hat ergeben, dass für die wenigsten Produkte eine Prüfung der Schlagregendichtheit nach EN 13141-1 vorliegt. Somit ist es auch nicht möglich aufgrund von Erfahrungen der Produkthersteller Empfehlungen auszusprechen.

7.5 Raumlufthängige Feuerstätten

Bei freier Lüftung beeinträchtigen Fensterlüfter die Funktionsweise von raumlufthängigen Feuerstätten nicht. Die Verbrennungsluftzufuhr ist separat entsprechend den Landes-Feuerungsverordnungen zu planen.

Ventilatorgestützte Fenster bzw. Fensterlüfter in Verbindung mit Abluftanlagen dürfen den ordnungsgemäßen Betrieb von Feuerungsanlagen nicht beeinträchtigen. Näheres wird durch DIN 1946-6 sowie die entsprechenden Landes-Feuerungsverordnung geregelt.

8 Verbreitung der Projektergebnisse

Die Ergebnisse des Forschungsvorhabens werden in vielfältiger Form verbreitet. Die im Rahmen des Vorhabens erarbeitete Windkarte (siehe Kapitel 3 sowie Anhang A) wurde in DIN 1946-6:2009 als auch der **ift**-Richtlinie LU-02/1 der Öffentlichkeit zugänglich gemacht.

Die Ergebnisse des Vorhabens werden im Rahmen der **ift**-Richtlinie LU-02/1 zusammen gefasst. Ziel dieser Richtlinie ist es, Hilfestellungen und Empfehlungen für den Einsatz von Fensterlüftern zur Umsetzung einer lüftungstechnischen Maßnahme im Wohnungsbau nach DIN 1946-6 zu geben. Neben der Erfüllung von reinen lüftungstechnischen Aspekten werden auch Empfehlungen für sekundäre Anforderungen des Fensterlüfters wie z. B. an die Luftdichtheit oder an den Schallschutz gegeben. Die Richtlinie kann auf der Homepage des **ift** unter www.ift-rosenheim.de bezogen werden. Dort sind ebenfalls die beiden im Rahmen des Vorhabens entwickelten Exceltools für die Berechnung der lüftungstechnischen Maßnahme für freie Lüftung nach DIN 1946-6 sowie die Berechnung der Luftschalldämmung von Fensterlüftern erhältlich.

Der komplette Abschlussbericht kann über das **ift** Rosenheim bezogen werden.

Das Thema Fensterlüfter sowie das Forschungsvorhaben wurden auf folgenden Messen präsentiert:

1. Messe Fensterbau frontale 2008 in Nürnberg
2. Messe Saie Spring 2008 in Bologna

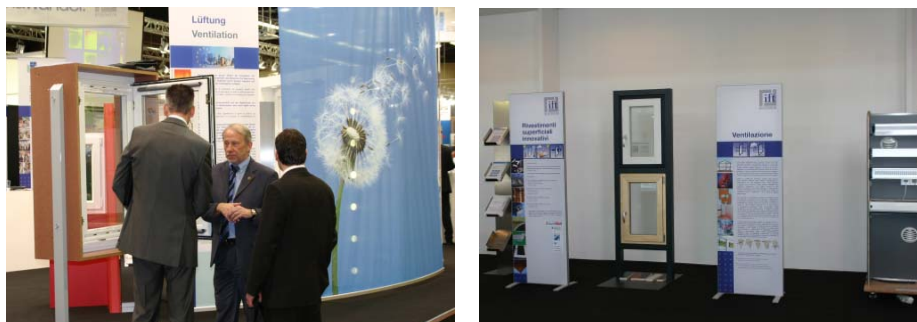


Abbildung 35 Darstellung des Themas Fensterlüfter auf der fensterbau/frontale 08 sowie auf der saie spring in Bologna



Fachvorträge zur Thematik Fensterlüfter wurden auf folgenden Veranstaltungen gehalten:

- Rosenheimer Fenstertage 2008, Rosenheim
- Rosenheimer Fenstertage 2009, Rosenheim
- **ift** Sachverständigenforum 2010, Rosenheim
- Messe Deubau 2010, Vortragsveranstaltung des BMVBS, Essen
- Messe Bautech 2010, Vortragsveranstaltung des BMVBS, Berlin

Der **ift** Forschungstag 2010 wird gemeinsam mit der Hochschule Rosenheim durchgeführt. Dieser widmet sich der Thematik Lüftung mit der Darstellung von konkreten Ergebnissen aus aktuellen Forschungsvorhaben und Projekten. Im Mittelpunkt stehen die Möglichkeiten der Umsetzung von Lüftung mit Fensterlüftern, also Lüftungselementen, die in das Fenster integriert sind oder in direktem Zusammenhang mit dem Fenster stehen. Eine den Forschungstag parallel begleitende Fachausstellung informiert über konkrete Produktlösungen von Fensterlüftern.

9 Fazit

Einer der Hauptgründe, dass im Altbau der Austausch von Fenstern eher zögerlich angegangen wird, ist die in der Öffentlichkeit verbreitete Angst vor Tauwasser und Schimmelpilzbildung nach der Sanierung. Durch die Ergebnisse dieses Projektes werden den Bauherren für eine Vielzahl von „Standardfällen“ konkrete Lösungsansätze zur Vermeidung der ok. Probleme gegeben.

Der Nutzen für den Verbraucher liegt des Weiteren in der einfachen und aussagekräftigen Vergleichbarkeit der am Markt erhältlichen Produkte sowie einer Zuordnung dieser Produkte für seine speziellen Anforderungen. Auf Basis der Einsatzempfehlung könnte es möglich sein, bei einem Großteil von praktischen Sanierungsfällen auf eine komplexe Lüftungsbemessung zu verzichten und somit Kosten einzusparen. Hierdurch ergibt sich auch die Chance eines höheren Einsatzes von nutzerunabhängigen Lüftungssystemen.

Durch Erkenntnisse des Projektes sowie durch die Erarbeitung einer einfachen Möglichkeit zur Umsetzung der Ergebnisse ergeben sich folgende, umweltrelevante Bezüge:

- Energieeinsparung durch eine geplante und kontrollierte Lüftung infolge der Reduzierung der Lüftungswärmeverluste,
- Erhaltung der Bausubstanz durch Vermeidung von Schimmelpilzwachstum und Tauwasserbildung,
- Verbesserung der Raumluftqualität durch kontrollierten Luftwechsel,
- gesteigerte Akzeptanz der energetischen Modernisierung von Fenstern, speziell bei Bauherren, die aufgrund des Schimmelpilzproblems vor einer energetischen Modernisierung der Fenster Abstand nehmen.

Durch die Mitarbeit von 13 Industriepartnern ist sichergestellt, dass die im Rahmen des Vorhabens erarbeiteten Ergebnisse auch von den verantwortlichen Gewerken fachlich getragen werden und somit die Basis für eine umfassende Verbreitung und Nutzung der Ergebnisse gegeben ist.

10 Danksagung

Das diesem Bericht zugrunde liegende Vorhaben wurde mit Mitteln der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert. (Aktenzeichen: 24793-25). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichts liegt bei den Autoren.

Besonderer Dank gebührt auch folgenden Industriepartnern, die das gesamte Projekt sowohl ideell als auch finanziell unterstützt und somit zum Gelingen beigetragen haben:



aereco GmbH, Hofheim Wallau



Aerex Haustechnik Systeme GmbH, Eisdorf



ALCO Systeme GmbH, Münster



Aug. Winkhaus GmbH & Co. KG, Telgte



Ideenschmiede Ybbsitz, Österreich



Innoperform GmbH, Preititz



profine GmbH, Troisdorf



REHAU AG + Co., Erlangen



RENSON VENTILATION N.V., Waregem, Belgien



SCHÜCO International KG, Bielefeld



SIEGENIA-AUBI KG Beschlag- und Lüftungstechnik, Wilnsdorf



VELUX Deutschland GmbH, Hamburg



Verband der Fenster- und Fassadenhersteller e.V., Frankfurt

11 Literaturverzeichnis

- [1] **ift-Richtlinie LU-01/1**
Fensterlüfter – Teil 1 Leistungseigenschaften
ift Rosenheim 2007
- [2] DIN 1946-6 : 2009-05
Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen; Allgemeine Anforderungen, Anforderungen zur Bemessung, Ausführung und Kennzeichnung, Übergabe/Übernahme (Abnahme) und Instandhaltung
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [3] DIN 18017-3 : 2009-09
Lüftung von Bädern und Toilettenräumen ohne Außenfenster – Teil 3: Lüftung mit Ventilatoren
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [4] EN 13465 : 2004
Lüftung von Gebäuden – Berechnungsverfahren zur Bestimmung von Luftvolumenströmen in Wohnungen
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [5] EN 15242 : 2007
Lüftung von Gebäuden – Berechnungsverfahren zur Bestimmung der Luftvolumenströme in Gebäuden einschließlich Infiltration
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [6] DIN 4710 : 2003-01
Statistiken meteorologischer Daten zur Berechnung des Energiebedarfs von heiz- und raumluftechnischen Anlagen in Deutschland
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [7] DIN 18101 : 1985-01
Türen; Türen für den Wohnungsbau; Türblattgrößen, Bandsitz und Schloßsitz; Gegenseitige Abhängigkeit der Maße
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [8] **ift-Richtlinie FE 05/2**
Einsatzempfehlungen für Fenster und Außentüren – Richtlinie zur Ermittlung der Mindestklassifizierung in Abhängigkeit der Beanspruchung Teil 1: Windwiderstandsfähigkeit, Schlagregendichtheit und Luftdurchlässigkeit
ift Rosenheim 2005
- [9] IBP-Bericht RKB 12-2008
Berechnung des Primärenergiebedarfs einer Zu- und Abluftanlage mit Wärmerückgewinnung im Vergleich zu einer bedarfsgeführten (feuchtegeführten) Abluftanlage
aeroco GmbH, www.aeroco.de
- [10] Feuchte in Niedrigenergiebauten
Beat Frei, Schlussbericht 2007, Hochschule Luzern



- [11] DIN 4109 :
DIN 4109, Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise November 1989 und Beiblatt 1 zur DIN 4109 Schallschutz im Hochbau, Ausführungsbeispiele und Rechenverfahren, November 1989
DIN 4109/A1, Schallschutz im Hochbau, Anforderungen und Nachweise, Änderung A1 Januar 2001
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [12] H.M. Fischer
Neufassung der DIN 4109 auf der Basis europäischer Regelwerke des baulichen Schallschutzes
in: Bauphysikkalender 2009, ed. N.A. Fouad, Ernst & Sohn, Berlin, 2009
- [13] VDI 4100 : 2007-08,
Schallschutz von Wohnungen, Kriterien für Planung und Beurteilung
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [14] DEGA-Empfehlung 103
Schallschutz im Wohnungsbau, Schallschutzausweis, Deutsche Gesellschaft für Akustik, 2009
- [15] Gewerbelärm – Kenndaten und Kosten für Schutzmaßnahmen, Schriftenreihe Heft 154 des Bayerischen Landesamt für Umweltschutz, 2000
- [16] Normenreihe ISO 140:
DIN EN ISO 140-1:2005-03, Akustik; Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 1: Anforderungen an Prüfstände mit unterdrückter Flankenübertragung;
DIN EN 20140-2:1993-05, Akustik; Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 2: Angaben von Genauigkeitsanforderungen;
DIN EN ISO 140-3:2005-03, Akustik; Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 3: Messung der Luftschalldämmung von Bauteilen in Prüfständen;
DIN EN 20 140-10:1992-09, Akustik; Messung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen; Teil 10: Messung der Luftschalldämmung kleiner Bauteile in Prüfständen;
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [17] Normenreihe ISO 717:
DIN EN ISO 717-1: 2006-11 Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 1 – Luftschalldämmung
DIN EN ISO 717-2: 2006-11 Akustik - Bewertung der Schalldämmung in Gebäuden und von Bauteilen - Teil 2 – Trittschalldämmung;;
Beuth Verlag GmbH, Berlin
- [18] Holtz, F., Hessinger, J., Rabold, A., Buschbacher, H.P.:
Schallschutz – Wände und Dächer
INFORMATIONSDIENST HOLZ der EGH, hh Reihe 3; Teil 3; Folge 4, August 2004
- [19] Frölich, H., Schumacher, R., Saß, B.:
Konstruktionsmerkmale für schalldämmende Wohnungseingangstüren und Bürotüren aus Holz und Holzwerkstoffen
ift-Forschungsbericht 1996, ift Rosenheim

Anhang A Windkarte Deutschland

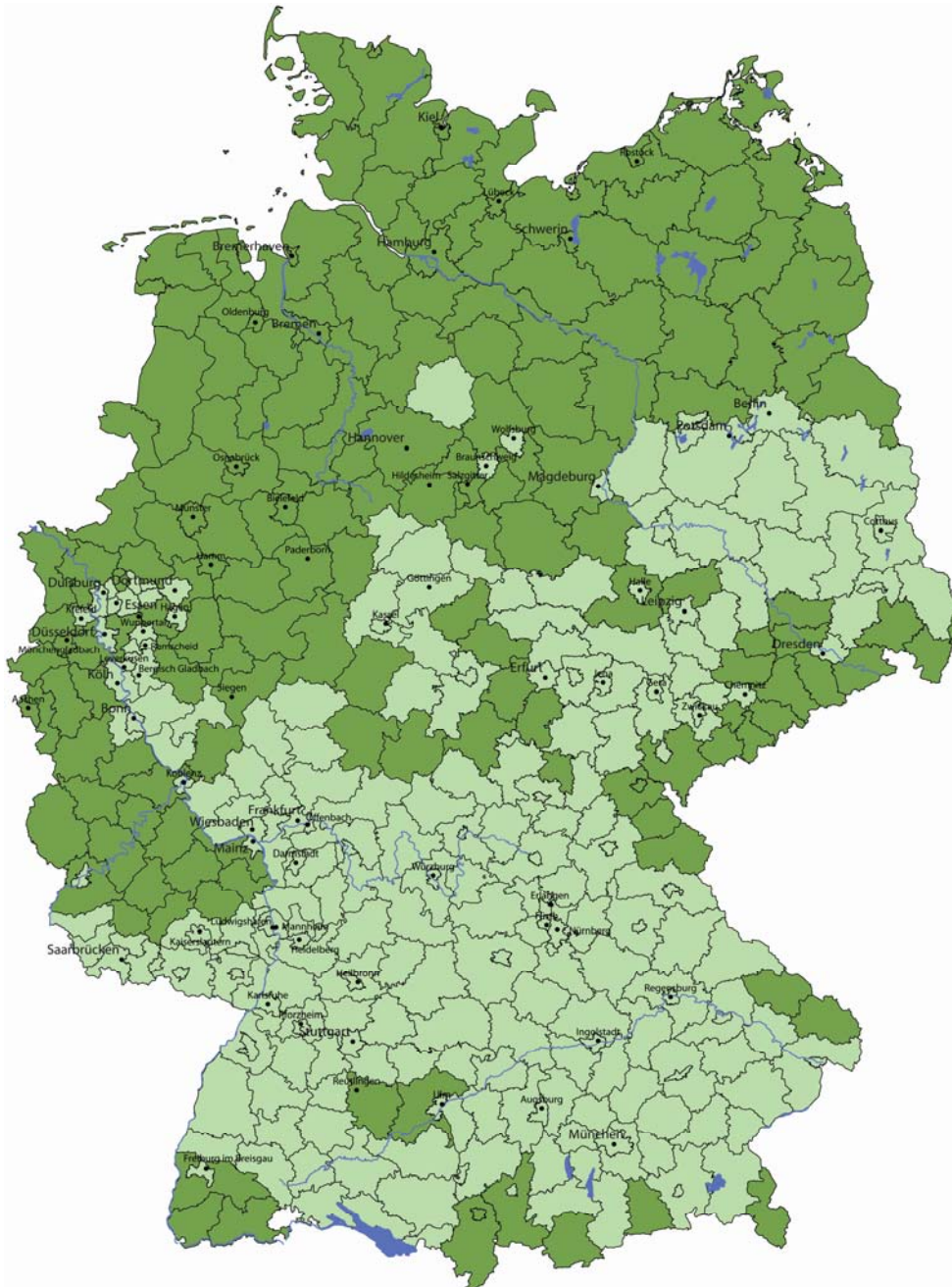


Abbildung A.1 Windstarke und windschwache Landkreise (Datengrundlage DWD)
hellgrün windschwache Landkreise
dunkelgrün windstarke Landkreise

Anhang B Darstellung der berechneten Nutzungseinheiten

Nr.	Wohnfläche in m ²	Anzahl der Zulufträume	Anzahl der Ablufträume
1	28	1	1
2	33	1	1
3	34	1	2
4	45	1	2
5	51	2	2
6	56	1	3
7	56	2	2
8	70	3	2
9	76	3	2
10	77	3	4
11	79	3	2
12	81	3	2
13	86	3	4
14	104	3	4
15	107	4	4
16	110	4	5
17	123	4	4
18	125	4	3
19	126	4	4
20	134	4	3
21	137	5	5

Herausgeber

ift Rosenheim
Theodor-Gietl-Str. 7-9
83026 Rosenheim
Telefon: 0 80 31/261-0
Telefax: 0 80 31/261-290
E-Mail: info@ift-rosenheim.de
www.ift-rosenheim.de

Forschungsbericht

Einsatzempfehlungen für Fensterlüfter – Abschlussbericht
März 2010

Bearbeitung

Dipl.-Phys. Norbert Sack, Dr. Joachim Hessinger,
Dipl.-Ing. (FH) Markus Pütz (alle **ift** Rosenheim)
Prof. Dr. Harald Krause, Dipl.-Ing. (FH) Rafael Botsch,
cand. Ing. Johannes Maderspacher
(alle Hochschule Rosenheim)

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek.
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in
der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliogra-
fische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abruf-
bar.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrecht-
lich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen
Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung
des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere
für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen
und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen
Systemen.

ISBN 978-3-86791-209-9 – **ift** Rosenheim
ISBN 978-3-8167-8289-6 – Fraunhofer IRB Verlag



ift Rosenheim
Theodor-Gietl-Str. 7-9
83026 Rosenheim
Telefon +49 (0) 8031 261-0
Telefax +49 (0) 8031 261-290
E-Mail: info@ift-rosenheim.de
www.ift-rosenheim.de