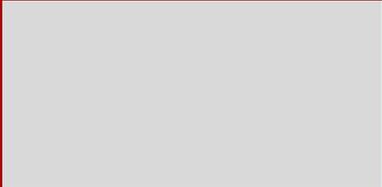




Mechanische Wohnungslüftung

- energetisch sinnvoll?
- hygienisch erforderlich?



Fachforum Mauerwerksbau 2012
Dipl.-Ing. Michael Gierga

Wohnungslüftung in der Normung/Regelsetzung

Energieeinspar-Verordnung und KfW-Förderung

Unterschiede EFH – MFH

Kosten – Nutzen – Betrieb



Normung / Regelwerke

- ❑ DIN 4108 – 2:2012 „Mindestanforderungen an den Wärmeschutz“
- ❑ Musterbauordnung MBO
- ❑ Energieeinsparverordnung EnEV 2009
- ❑ DIN 4108 – 7:2011 „Luftdichtheit von Gebäuden“
- ❑ DIN 1946 – 6:2009 „Lüftung von Wohnungen“
- ❑ Fachbericht DIN 4108 – 8:2010 „Vermeidung von Schimmelpilzwachstum in Wohngebäuden“

Veranlassung Energieeinsparung

Bessere Luft - durch neueste Technik

Traditionelle Fensterlüftung ist Zufallslüftung und reicht nicht aus. Sie macht jedes clevere Energiekonzept zunichte und erhöht unnötig Ihre Heizkosten.

Mit den Systemlösungen von *Effiziento* werden alle Faktoren für besten Wohnkomfort und geringstem Energieverbrauch vereint. Ein gesundes zeitgemäßes Raumklima ist somit immer gewährleistet.

Machen Sie Ihr Haus zum Luftkurort!

Eine Investition die sich rechnet!



Ihre Vorteile

- ✓ **Wirtschaftlich und ökologisch**
bis zu 40% Einsparung von Heizkosten
- ✓ **Geräuscharm und ungestört**
kein Lärm von draußen - Lärm macht krank
- ✓ **Gesundes Raumklima**
Ständig frische Luft bewirkt mehr Wohlbefinden
- ✓ **Pollen und Mücken**
bleiben draußen - Für Allergiker empfohlen
- ✓ **Schimmelbildung**
wird verhindert - ständige Abfuhr von Feuchte
- ✓ **Aktiver Umweltschutz**
Das sind wir unseren Kindern schuldig



Veranlassung Hygiene



DIN 4108-2 Abschnitt 4.2.3

Luftdichtheit und Mindestluftwechsel

- Die Lüftung von Wohnungen ist bauordnungsrechtlich geregelt über DIN 4108-2:2006, Abschnitt 4.2.3:

„Durch undichte Anschlussfugen von Fenstern und Außentüren sowie durch sonstige Undichtheiten, z. B. Konstruktions-Fugen, insbesondere von Außenbauteilen und Rollladenkästen, treten infolge des Luftaustauschs Wärmeverluste auf. Die Außenbauteile müssen nach den allgemein anerkannten Regeln der Technik luftdicht ausgeführt werden. Sie tragen in keinem Fall zum erforderlichen Luftaustausch des Gebäudes bei. Eine dauerhafte Abdichtung von Undichtheiten erfolgt nach DIN 4108-7.“

DIN 4108-2 Abschnitt 4.2.3

Luftdichtheit und Mindestluftwechsel

- Die Lüftung von Wohnungen ist bauordnungsrechtlich geregelt über DIN 4108-2:2006, Abschnitt 4.2.3:

„Auf ausreichenden Luftwechsel ist aus Gründen der Hygiene, der Begrenzung der Raumluchtfeuchte sowie ggfs. zur Zuführung von Verbrennungsluft nach bauaufsichtlichen Vorschriften (z.B. Feueranlagenverordnung der Bundesländer) zu achten. Dies ist in der Regel der Fall, wenn während der Heizperiode ein auf das Luftvolumen innerhalb der Systemgrenze bezogener Luftwechsel von $0,5 \text{ h}^{-1}$ bei der Planung sichergestellt wird.“

Musterbauordnung zur Lüftung

- ❑ Nach § 43 Abs. 1 und § 48 Abs. 1 Satz 2 MBO sind in Wohnungen fensterlose Küchen, Kochnischen, Bäder und Toiletten nur zulässig, wenn eine wirksame Lüftung dieser Räume gewährleistet ist.

„Jeder fensterlose Raum muss unmittelbar durch eine mechanische Lüftungsanlage entlüftet werden können und eine Zuluftversorgung haben. Die der Zuluftversorgung und Entlüftung dienenden Anlagen und Einrichtungen müssen eine Grundlüftung der fensterlosen Räume, in Küchen zusätzlich eine Stoßlüftung ermöglichen. Die Lüftungsanlage muss so ausgeführt werden, dass bei Grundlüftung in der Wohnung keine Zugbelästigungen entstehen und keine Gerüche in andere Räume übertragen werden. Alle fensterlosen Räume der Wohnung müssen gleichzeitig gelüftet werden können.“

Energieeinsparverordnung 2009

§ 6 Dichtheit, Mindestluftwechsel

- (1) Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass die wärmeübertragende Umfassungsfläche einschließlich der Fugen dauerhaft luftundurchlässig entsprechend den anerkannten Regeln der Technik abgedichtet ist...

- (2) Zu errichtende Gebäude sind so auszuführen, dass der zum Zwecke der Gesundheit und Beheizung erforderliche Mindestluftwechsel sichergestellt ist.

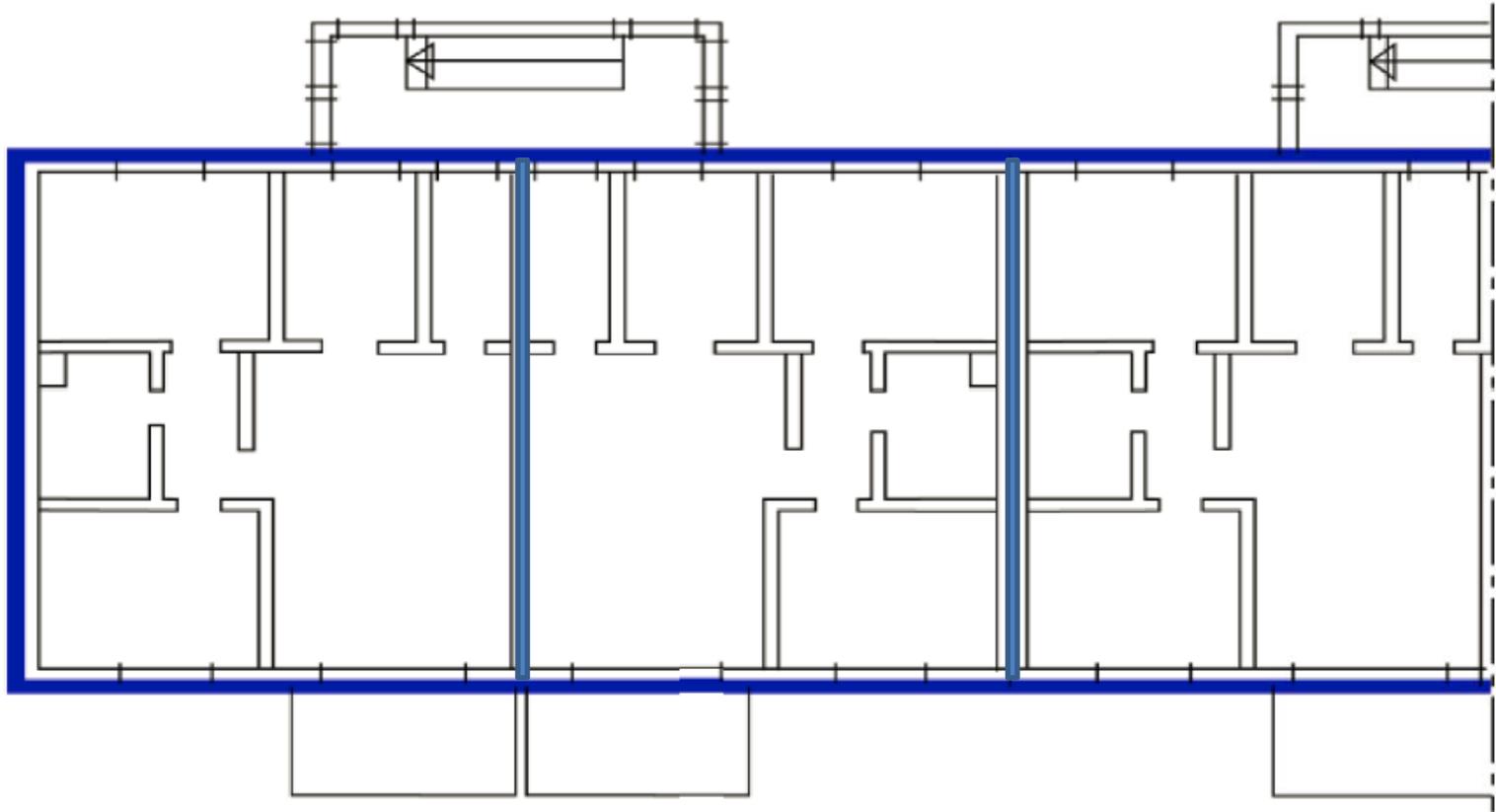
DIN 1946 – 6:2009-05

„Lüftung von Wohnungen“

- ❑ Die Norm erlaubt nur unter günstigen Randbedingungen den Verzicht auf eine maschinelle Lüftung.
- ❑ Im Umkehrschluss muss daher der Planer das Funktionieren einer freien Lüftung nachweisen (siehe auch DIN 4108-2 Abs. 4.2.3).
- ❑ Lüftungstechnische Maßnahmen nach DIN 1946-6 sind dann erforderlich, wenn der notwendige Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz den Volumenstrom aus Infiltration überschreitet.
- ❑ Die Norm ist bauordnungsrechtlich nicht durch die MTB eingeführt worden. Es erfolgt allerdings ein informativer Verweis in DIN 4108-2.

DIN 4108-2 Abschnitt 4.2.3

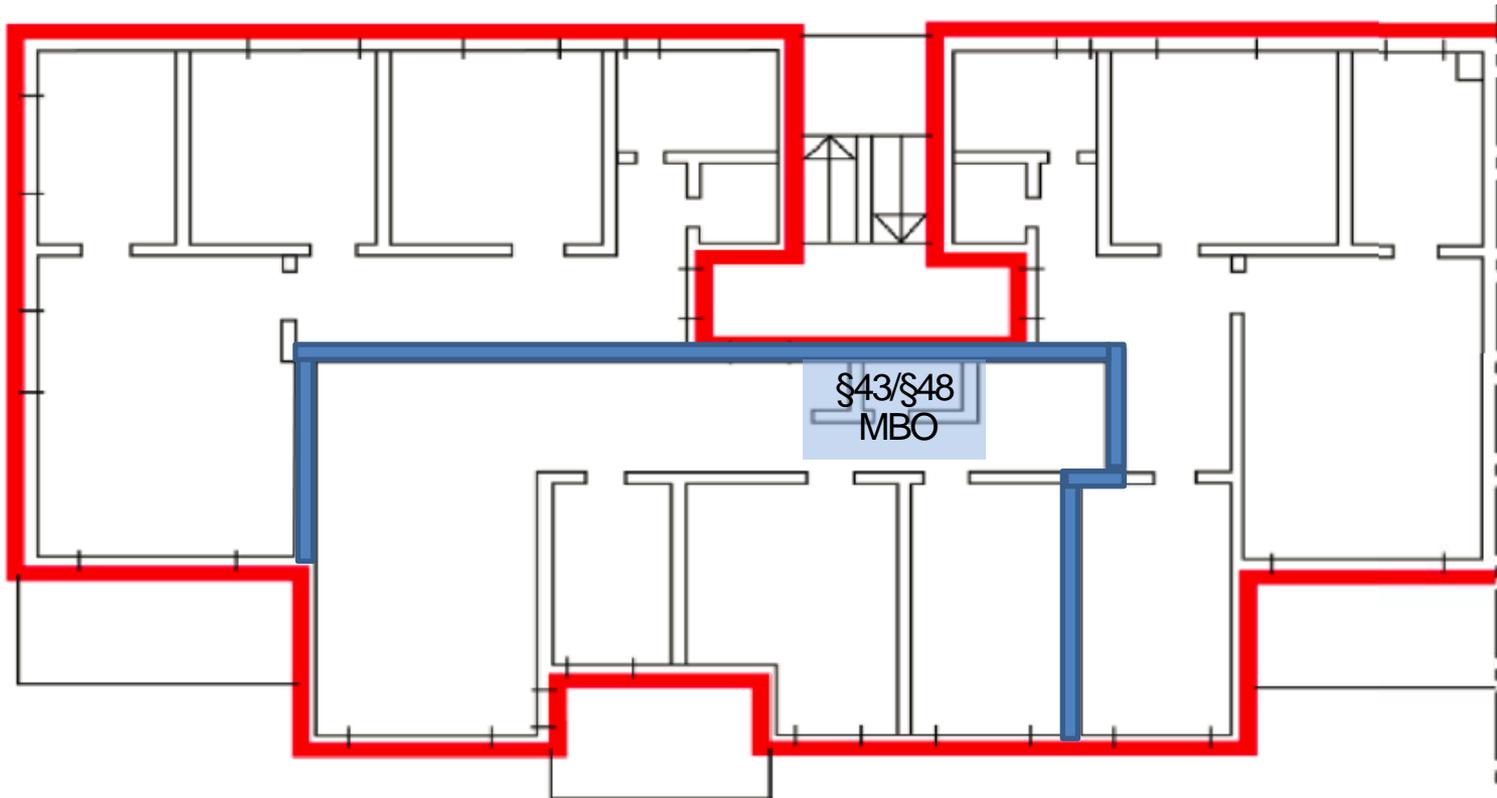
Planung des Luftwechsels? – ja!



Alle Wohnungen sind zur Querlüftung geeignet.

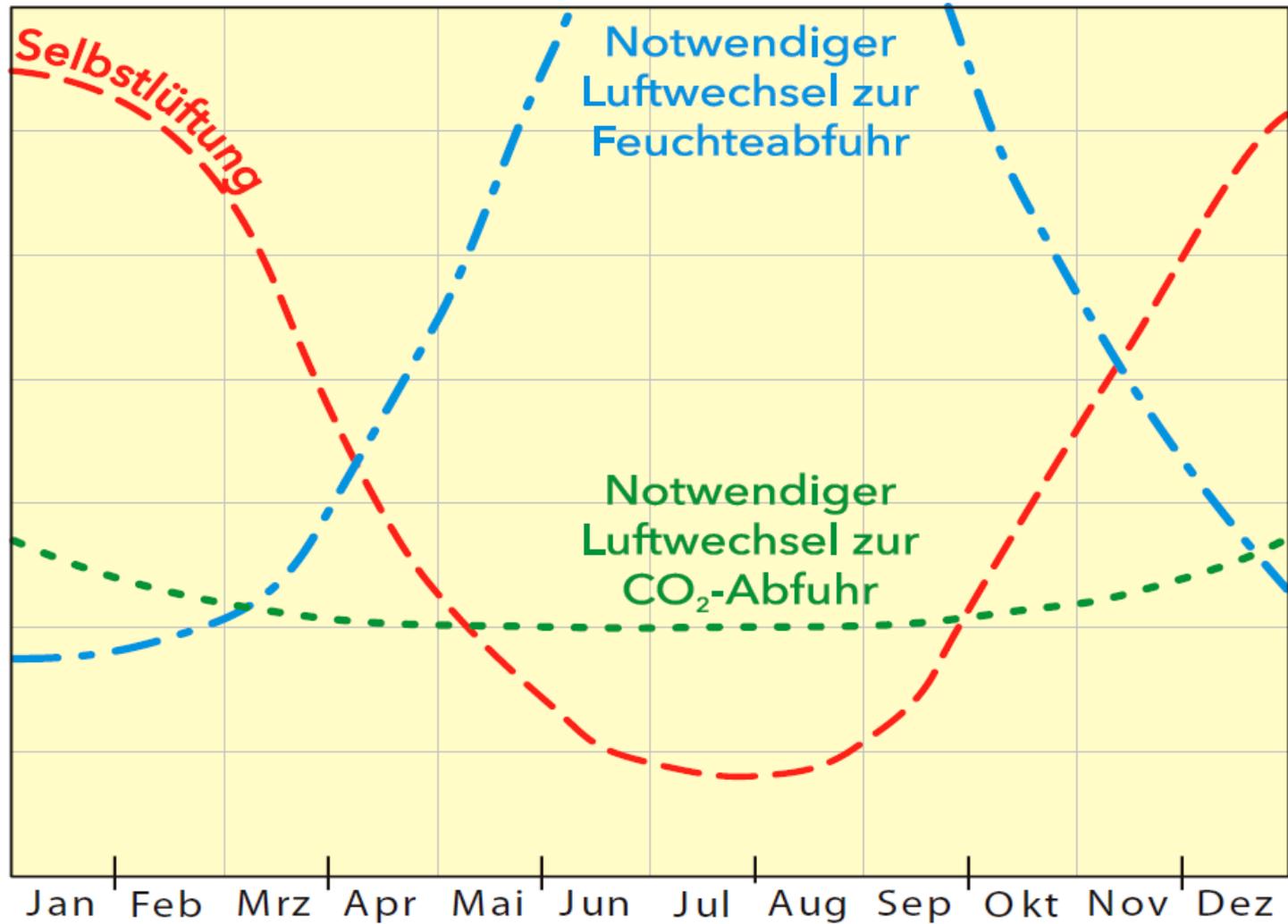
DIN 4108-2 Abschnitt 4.2.3

Planung des Luftwechsels? – ja!

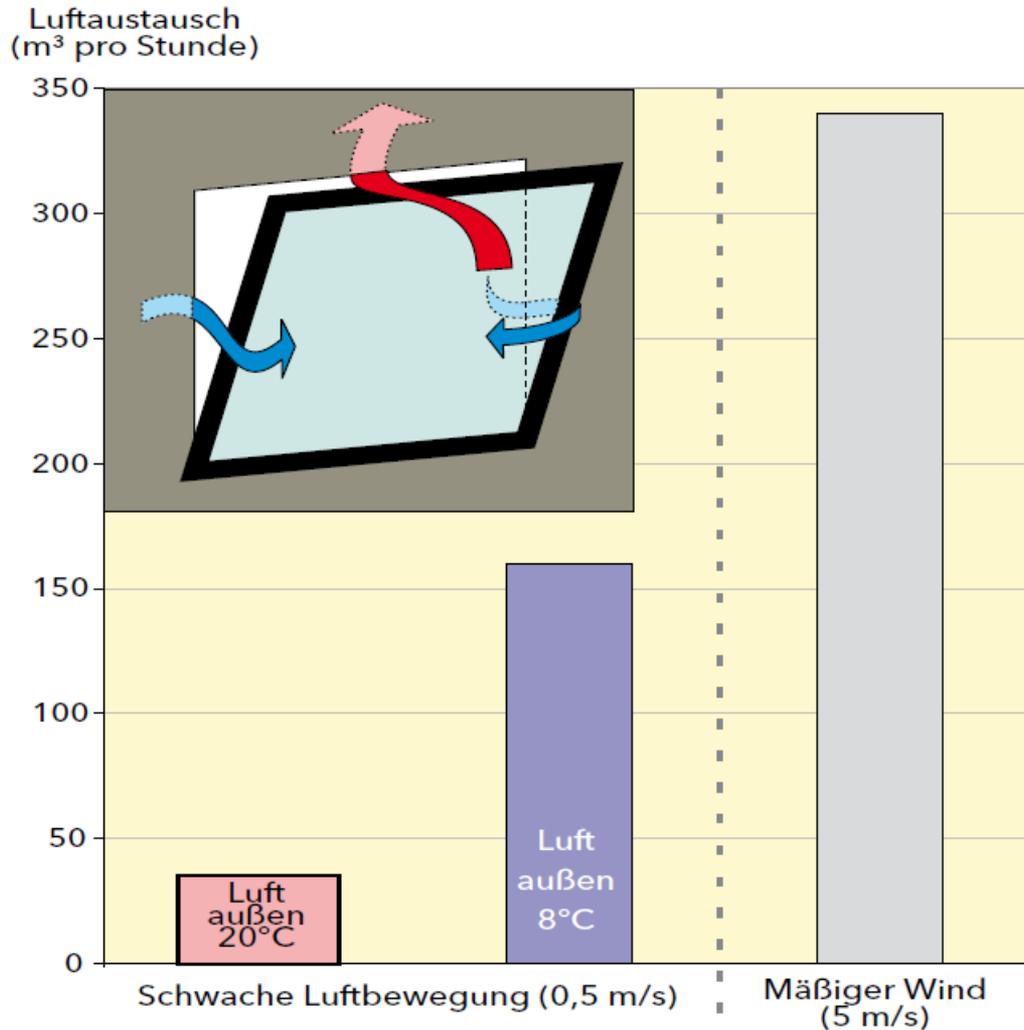


Nicht alle Wohnungen sind zur Querlüftung geeignet.

Notwendiger Luftwechsel und Selbstlüftung über temperaturbedingte Infiltration

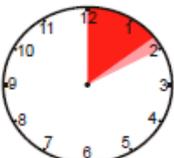
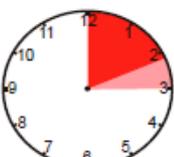
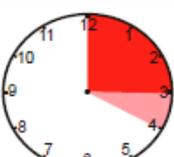
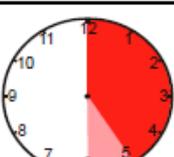


Luftaustausch durch gekippte Fenster



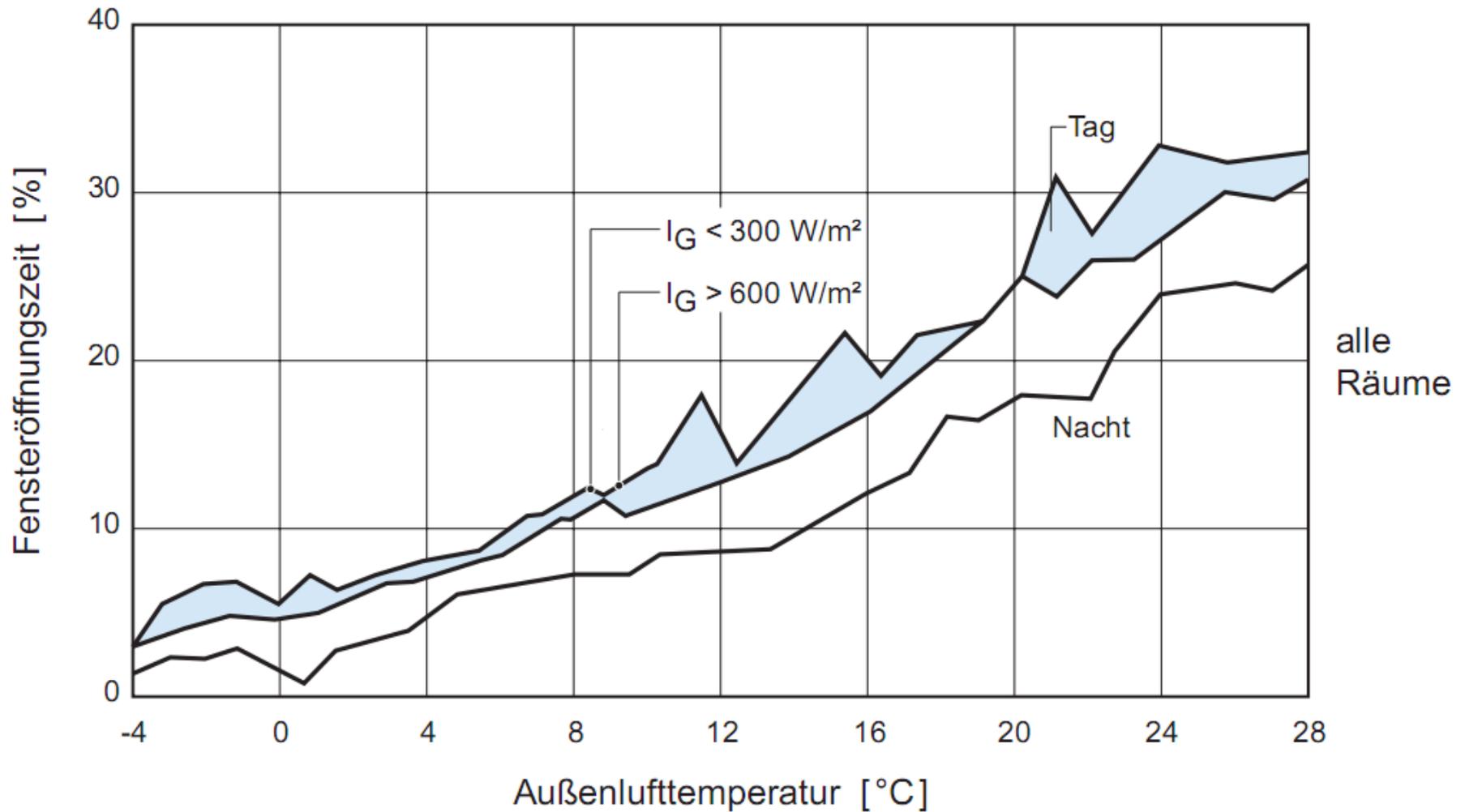
Eine Wohnung mit 100 m² Wohnfläche benötigt im normalen Wohnbetrieb etwa 125 m³ Frischluft pro Stunde...

Erforderliche Lüftungsdauer für einmaligen Luftaustausch des zu belüftenden Raumes

Empfohlene Lüftungsdauer bei Stoßlüftung in den Monaten		
Dezember Januar, Februar	4 - 6 Min	
März, November	8 - 10 Min	
April, Oktober	12 - 15 Min	
Mai, September	16 - 20 Min	
Juni, Juli, August	25 - 30 Min	

Hinweise für Wohnungsnutzer

Lüftungsverhalten in Abhängigkeit der Außenlufttemperatur



Rechtsauffassung



Der Bundesverband für Wohnungslüftung hat ein Rechtsgutachten in Auftrag gegeben, dass zu dem Schluss kommt, „die Fensterlüftung sei eine unsichere Maßnahme, die notwendigen Luftwechsel zu sichern“

DIN 1946-6 Außenluftvolumenströme

Tabelle 5 — Mindestwerte der Gesamt-Außenluftvolumenströme^h $q_{v,ges,NE}$ in $m^3/(h \cdot NE)$ für Nutzungseinheiten (NE)

Fläche der Nutzungseinheit A_{NE}^a (in m^2)	≤ 30	50	70	90	110	130	150	170	190	210
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz hoch ^c $q_{v,ges,NE,FLh}$	15	25	30	35	40	45	50	55	60	65
Lüftung zum Feuchteschutz Wärmeschutz gering ^d $q_{v,ges,NE,FLg}$	20	30	40	45	55	60	70	75	80	85
Reduzierte Lüftung ^e $q_{v,ges,NE,RL}$	40	55	65	80	95	105	120	130	140	150
Nennlüftung ^{f, b} $q_{v,ges,NE,NL}$	55	75	95	115	135	155	170	185	200	215
Intensivlüftung ^g $q_{v,ges,NE,IL}$	70	100	125	150	175	200	220	245	265	285

FL = Nutzerunabhängige permanente Lüftung zum Feuchteschutz (Bautenschutz)

RL = Nutzerunabhängige reduzierte (Mindest)Lüftung zur Beseitigung von Feuchte- und Schadstofflasten

NL = Nutzerabhängige Nennlüftung (Normalbetrieb)

IL = Nutzerabhängige erhöhte Lüftung zum Abbau von Lastspitzen (Partylüftung)

Reichen die Gebäudeundichtheiten zur Feuchtelüftung aus (DIN 4108-6)?

- Wohnung mit 110 m² Wohnfläche erfordert 40 m³/h

$$\begin{aligned} 110 \text{ m}^2 * 2,55 \text{ m} &= 280 \text{ m}^3 \\ 40 \text{ m}^3/\text{h} / 280 \text{ m}^3 &= 0,14 \text{ h}^{-1} \end{aligned}$$

- Bei erfolgreicher Luftdichtheitsprüfung beträgt:

$$\begin{aligned} n_{\text{Inf.}} &= n_{50} * e_{\text{wind}} \\ &= \mathbf{2} * 0,07 = 0,14 \text{ h}^{-1} \end{aligned}$$

Fazit: Im Normalfall reicht bei dichtheitsgeprüften Gebäuden mit $n_{50} > 2 \text{ h}^{-1}$ der Infiltrationsluftwechsel zur Feuchtelüftung!

Achtung: Bei geschützter Lage mit weniger als einer dem Wind ausgesetzter Fassade wird $e_{\text{wind}} < 0,07$!

Fenster gelüftete Gebäude sollten nur so dicht wie nötig sein!

Berechnung der Infiltrationsvolumenströme nach DIN 1946-6

- ❑ Mehrfamilienhaus Nutzungseinheit 1-geschossig, windschwache Lage, Luftdichtheit $n_{50} = 3$ (Grenzwert für luftdicht geprüfte Gebäude):
 $q_{v,inf,wirk} = 0,5 * 110 \text{ m}^2 * 2,5 \text{ m} * 3 \text{ h}^{-1} * (2 \text{ Pa} / 50 \text{ Pa})^{2/3} = 48 \text{ m}^3/\text{h}$ ✓
- ❑ Mehrfamilienhaus Nutzungseinheit 1-geschossig, windschwache Lage, Luftdichtheit $n_{50} = 1$ (Standardwert für luftdicht geprüfte Gebäude):
 $q_{v,inf,wirk} = 0,5 * 110 \text{ m}^2 * 2,5 \text{ m} * 1 \text{ h}^{-1} * (2 \text{ Pa} / 50 \text{ Pa})^{2/3} = 16 \text{ m}^3/\text{h}$ --
- ❑ Einfamilienhaus Nutzungseinheit mehrgeschossig, windschwache Lage, Luftdichtheit $n_{50} = 3$ (Grenzwert für luftdicht geprüfte Gebäude):
 $q_{v,inf,wirk} = 0,5 * 110 \text{ m}^2 * 2,5 \text{ m} * 3 \text{ h}^{-1} * (5 \text{ Pa} / 50 \text{ Pa})^{2/3} = 89 \text{ m}^3/\text{h}$ ✓
- ❑ Einfamilienhaus Nutzungseinheit mehrgeschossig, windschwache Lage, Luftdichtheit $n_{50} = 1,5$ (Standardwert für luftdicht geprüfte Gebäude):
 $q_{v,inf,wirk} = 0,5 * 110 \text{ m}^2 * 2,5 \text{ m} * 1,5 \text{ h}^{-1} * (5 \text{ Pa} / 50 \text{ Pa})^{2/3} = 44 \text{ m}^3/\text{h}$ ✓

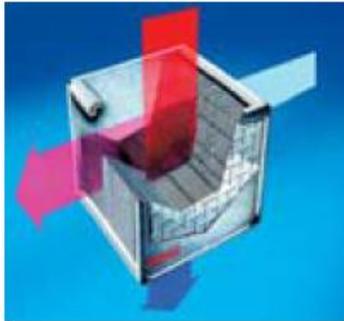
Moderne Hilfsmittel



Der Bundesverband für Wohnungslüftung hat ein App entwickeln lassen, mit dem die Notwendigkeit Lüftungstechnischer Maßnahmen (Zwangslüftung) nach DIN 1946-6 Abschnitt 4.2 geprüft werden kann (3,99 €).

Bauarten von Wärmeübertragern

Kreuzstrom



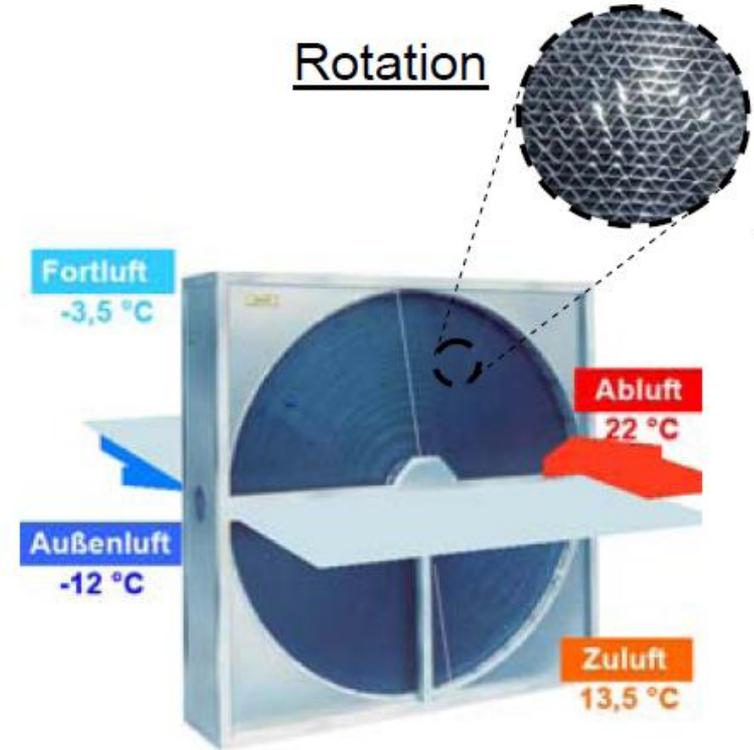
$$55 \% < \eta_{\text{WRG}} < 65 \%$$

Gegenstrom



$$75 \% < \eta_{\text{WRG}} < 90 \%$$

Rotation



$$70 \% < \eta_{\text{WRG}} < 80 \%$$

Konstruktionsprinzipien zentraler Anlagen

Kanalnetz möglichst druckverlustarm planen

- + möglichst kurze Rohrlängen
- + möglichst wenig Formstücke
- + möglichst große Rohr-Durchmesser

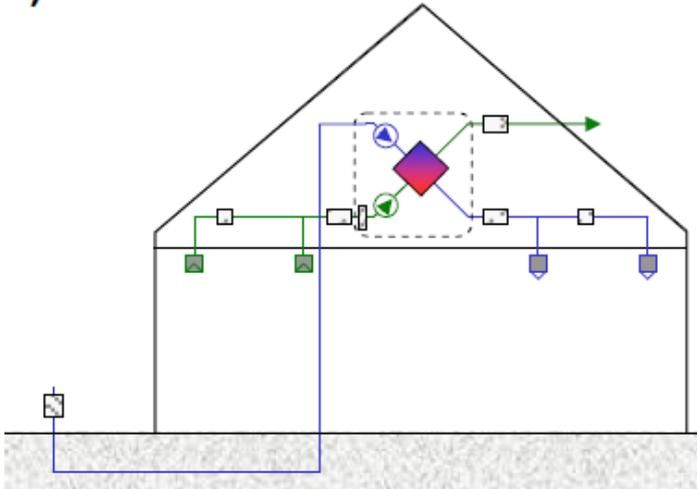
→ **kostengünstig: zentrale Versorgung über abgehängte Flurdecke, Verwendung von Weitwurfdüsen**



Frostschutz von Wärmeübertragern

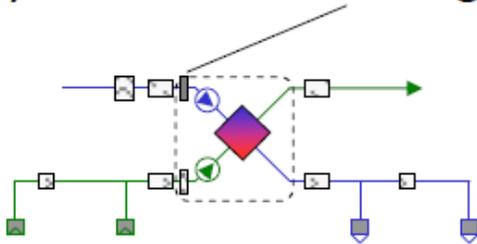
Der Wärmeübertrager kann bei Frost auf der Fortluftseite einfrieren. Daher Frischluftvorwärmung auf etwa 0° C erforderlich.

A) Erdwärmetauscher



- vernachlässigbarer Wärmegewinn
- geringe Kühlfunktion im Sommer ($\sim 2\text{-}3 \text{ W/m}^2$)
- Strombedarf $\sim 0,1$ bis $0,3 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Kosten 1.000,- bis 2.000,- € (EFH)
- Reinigung/Entwässerung vorsehen

B) elektrisches Heizregister



- Dachinstallation, keine Erdarbeiten
- Strombedarf $\sim 0,3$ bis $0,8 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
- Stromkosten $\sim 10,-$ bis $25,- \text{ €/a}$
- Kosten 200,- bis 500,- € (EFH)

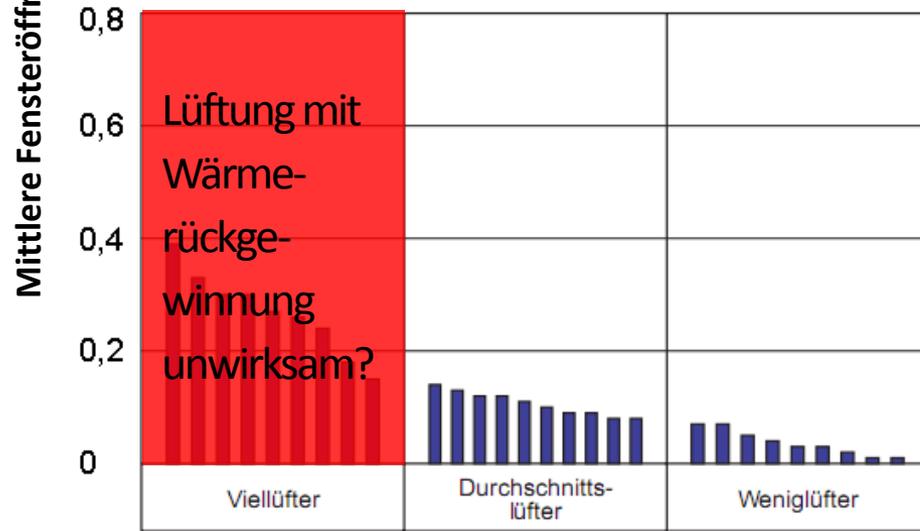
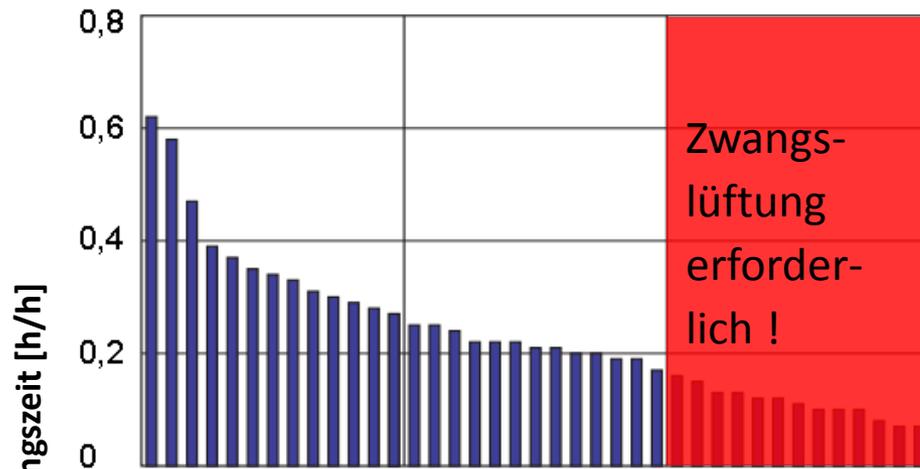
Energetische Bewertung von Wohnungslüftungsanlagen nach DIN V 4701-10/DIN V 18599

- ❑ Mechanische Abluftanlage ist im Referenzgebäude zugrunde gelegt. Primärenergetisch neutral gegenüber freier Lüftung.
- ❑ Abluftanlage mit ALD/LD:
 - Einsparung: $3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) * 169 \text{ m}^2 = 500 \text{ kWh/a}$
 $500 \text{ kWh/a} * 0,07 \text{ €/kWh} = 35 \text{ €/a}$
 - Stromkosten: $1,7 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) * 169 \text{ m}^2 = 288 \text{ kWh/a}$
 $288 \text{ kWh/a} * 0,22 \text{ €/kWh} = 63 \text{ €/a}$
 - Errichtungskosten 2.000 €
- ❑ Wohnungslüftungsanlage mit Wärmerückgewinnung:
 - Einsparung: $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) * 169 \text{ m}^2 = 3400 \text{ kWh/a}$
 $3400 \text{ kWh/a} * 0,07 \text{ €/kWh} = 240 \text{ €/a}$
 - Strombedarf: $2,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a}) * 169 \text{ m}^2 = 422 \text{ kWh/a}$
 $422 \text{ kWh/a} * 0,22 \text{ €/kWh} = 93 \text{ €/a}$
 - Errichtungskosten 5.000 € (EFH)

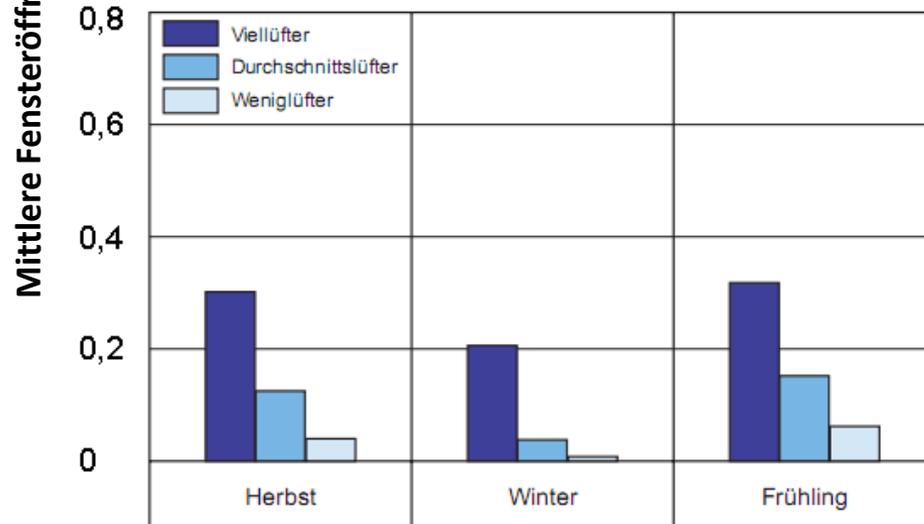
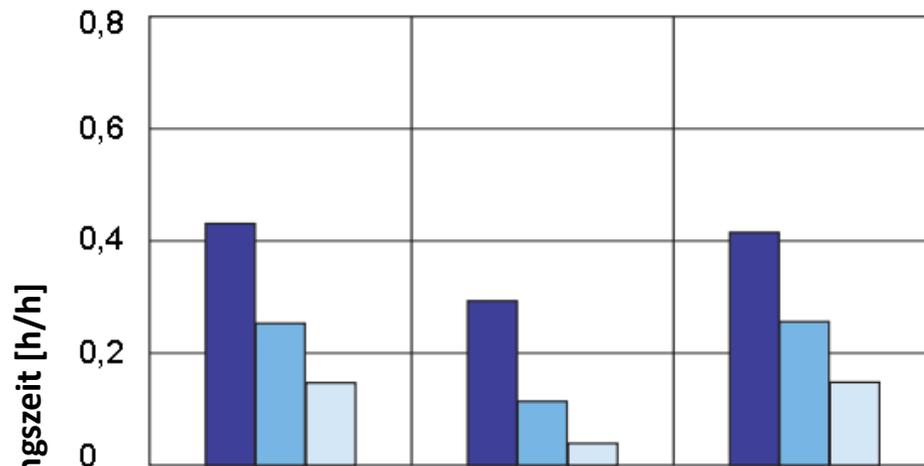
Energetische Mehr-/Minderbedarf von Lüftungsanlagen mit WÜT 95% gegenüber Fensterlüftung

Heiztechnik	Endenergiebedarf [kWh/m ² a]		Primärenergiebedarf [kWh/m ² a]
	elektr. Strom	Brennstoff	
Erdgas Brennwert	+ 2,6	- 19	- 14
Holzpellet-Ofen	+ 2,6	- 11	+ 1,5
Wärmepumpe Sole-Wasser	- 2,6	-	- 7
Fernwärme aus KWK regenerativ	+ 2,6	- 20	+ 7
Erdgas Brennwert + PV Eigenstromnutzung	0	- 19	- 22

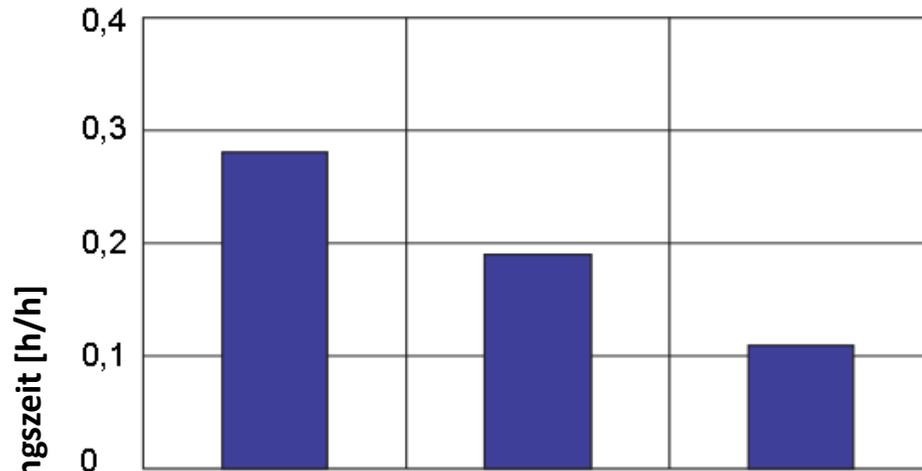
Lüftungsverhalten in Wohngebäuden



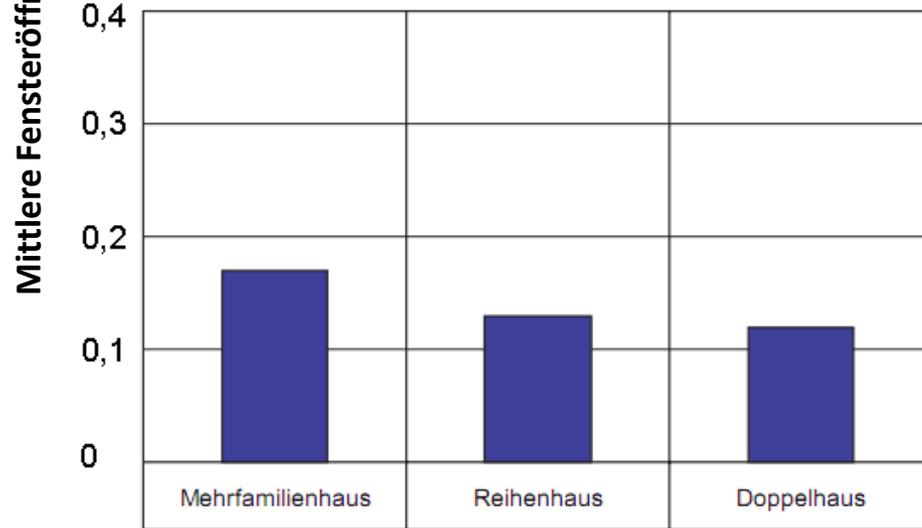
Lüftungsverhalten in Wohngebäuden in den Jahreszeiten



Lüftungsverhalten in Wohngebäuden (MFH – RHH – DHH)

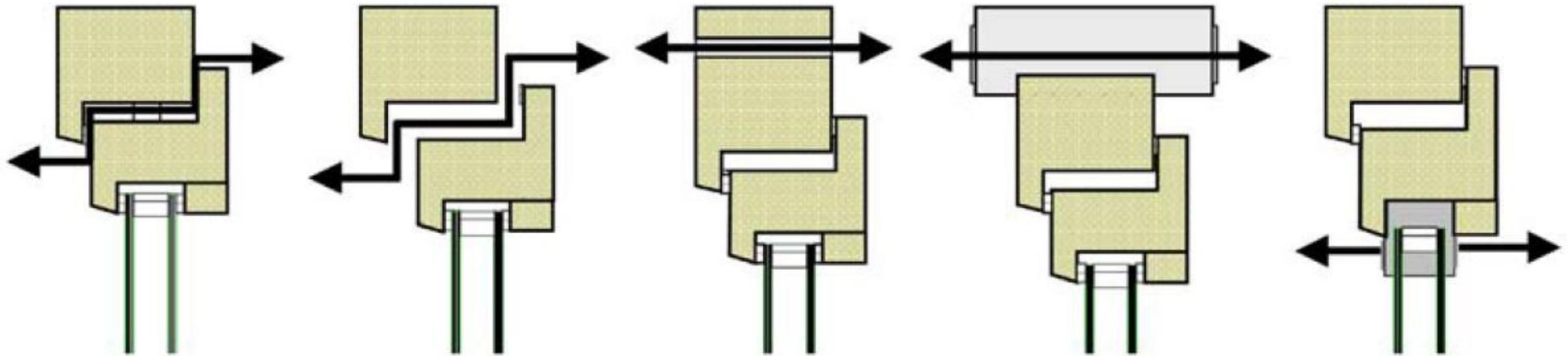


ohne Lüftungsanlage



mit Lüftungsanlage

Fensterlüfter



Fensterfalzlüfter

Beschlags geregelter Lüfter

Aufsatzelement im Blendrahmen

Aufsatzelement an Blendrahmen montiert

Aufsatzelement in Glasfalz integriert

Fensterlüfter - Ausführungen



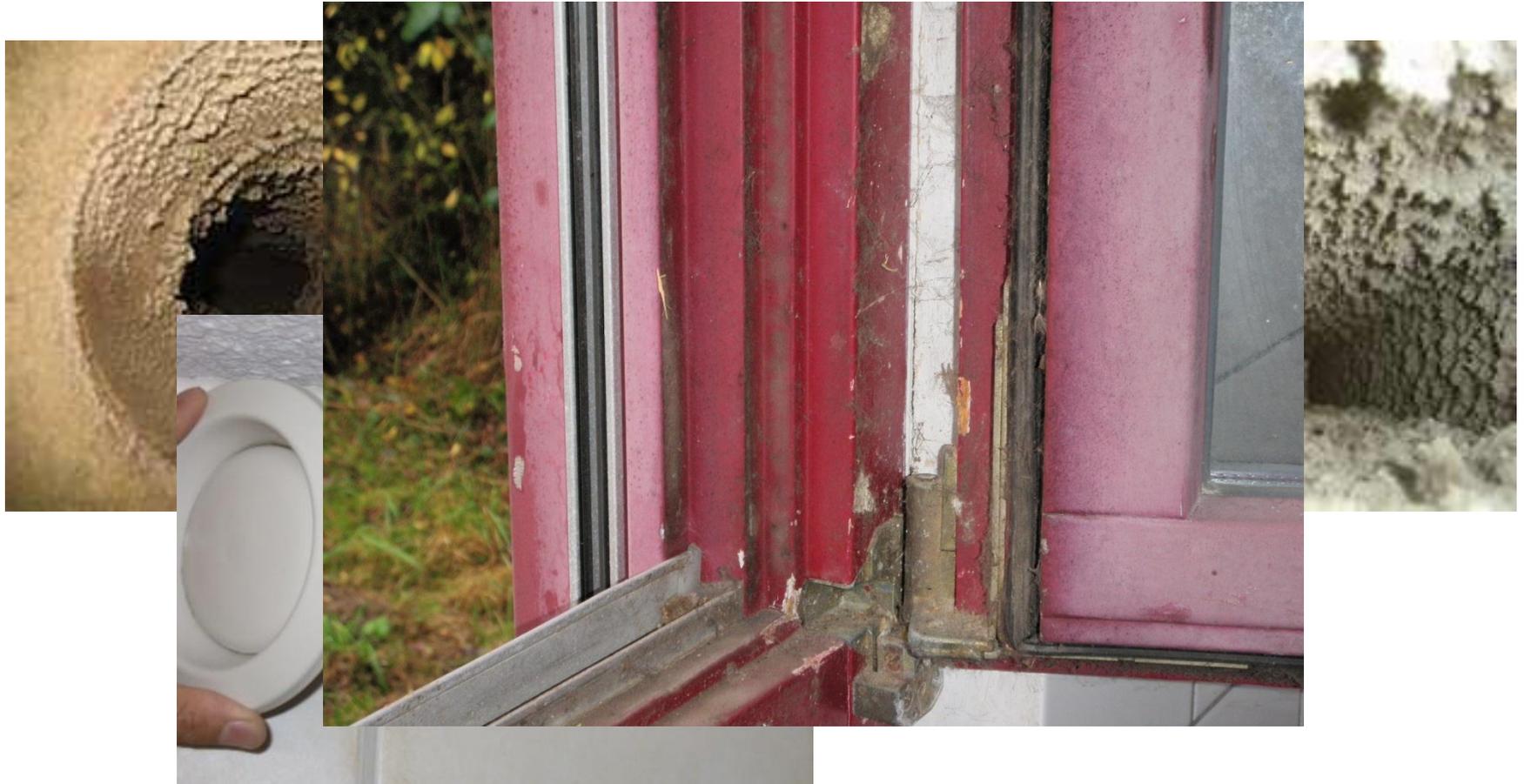
Mechanische Lüftungsverhalten und Schimmelpilzwachstum (Studie)

Besiedlungsversuche auf künstlich angelegten Wärmebrücken in den Prüfräumen haben gezeigt, dass die kontinuierliche Belüftung sich dahingehend auf das Raumklima auswirkt, dass eine Schimmelpilzbildung auf den Oberflächenmaterialien vermieden wird.

Der Nachweis von Pilzen (vor allem auch gesundheitsschädigenden Arten) und Verschmutzungen, die als Nährstoffe dienen, zeigt, dass das Potenzial zur Verkeimung einer Lüftungsanlage vorhanden ist. Bei erhöhter Luftfeuchte innerhalb der Lüftungsanlage kann es zu einer mikrobiellen Kontamination kommen.

Dies kann einerseits vermieden werden, wenn bereits bei der Planung und bei der Installation die Wartungsfreundlichkeit und Reinigungsmöglichkeit gewährleistet wird. Zum anderen ist eine gute Aufklärung des zukünftigen Raumnutzers notwendig. Es muss zur Selbstverständlichkeit werden, dass die Filter regelmäßig fachgerecht gereinigt und nach Bedarf, spätestens aber nach einem Jahr, gewechselt werden.

Verschmutzung von Lüftungseinrichtungen

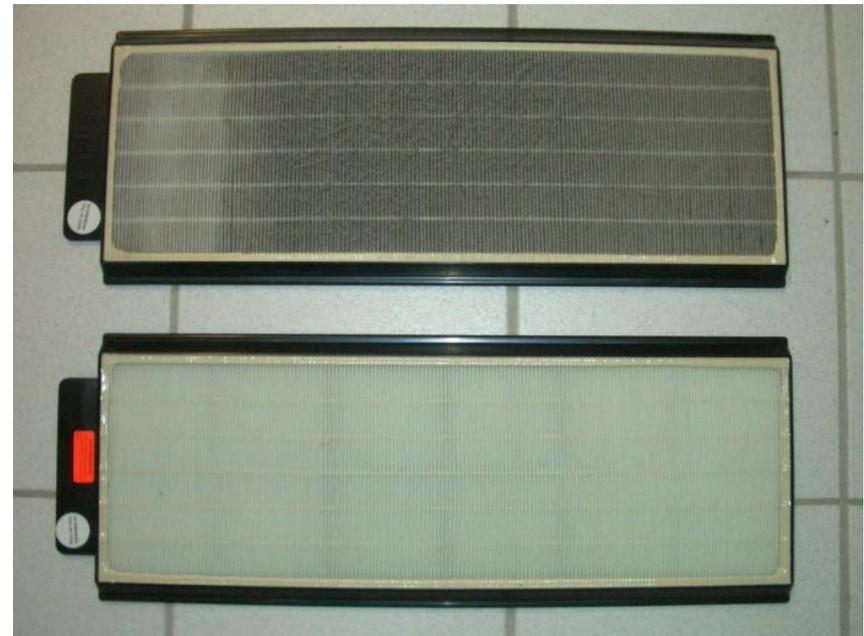


Ohne den Nutzer kein Erfolg!

Fensterlüftung



Mechanische Lüftung



Schlussfolgerungen

- ❑ Zur Feuchtelüftung bei hohem Wärmeschutz können Infiltrationsvolumenströme ausreichen – Prüfung !
- ❑ Die Bedarfslüftung kann über Fenster(stoß)lüftung oder mechanische Lüftung erfolgen.
- ❑ Eine mechanische Lüftungsanlage nach Bedarf, Luftdichtheit und Belegungsdichte einer Wohnung dimensionieren.
- ❑ Bei Anforderungen an den Schallschutz gegen Außenlärm ist eine mechanische Wohnungslüftung obligatorisch.
- ❑ Raumtemperaturen sollen nicht unter 16°C liegen.
- ❑ Eine Nutzeraufklärung ist sowohl bei Fensterlüftung als auch bei mechanischer Lüftung geboten.

Fazit

- ❑ Ein hoher Wärmeschutz und wärmebrückenarme Bauteilanschlüsse sind die Voraussetzung für Schimmelpilzfreiheit.
- ❑ Die freie Lüftung über Fenster oder ALD ist bei nutzungsgerechter Durchführung für den hygienischen Luftwechsel geeignet.
- ❑ Eine mechanische Wohnungslüftung mit nutzungsgerechten Betrieb kann einen erhöhten Wohnkomfort bewirken.
- ❑ Mechanische Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung führt nicht per se zu einem reduzierten Primärenergiebedarf oder zu geringen Betriebskosten.