

BauphysikerInnen-Treffen 2025 - TU Wien

Wandlüfter - Energieeinsparung und Akustik

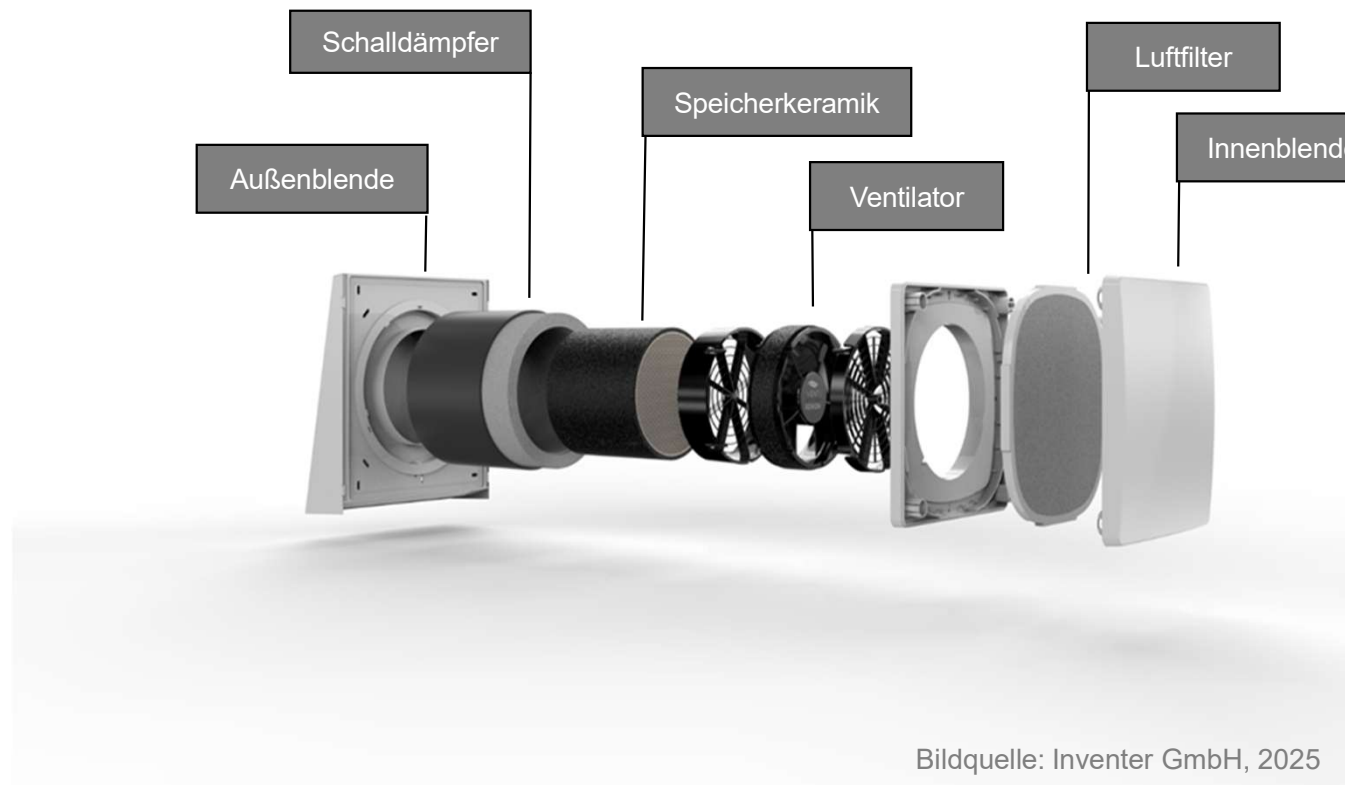
Dr. Jan Krüger

Zentrum für akustische und thermische Bauphysik



Was sind Wandlüfter?

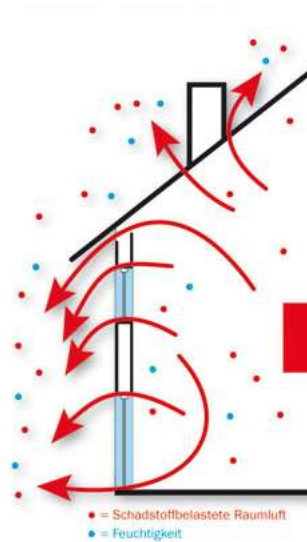
Wandlüfter sind kompakte Lüftungsgeräte, die direkt in die Außenwand eines Gebäudes eingebaut werden. Sie sind häufig mit einer Einrichtung zur Wärmerückgewinnung (WRG) ausgestattet.



Warum Wandlüfter?

Bestandsbauten alt:

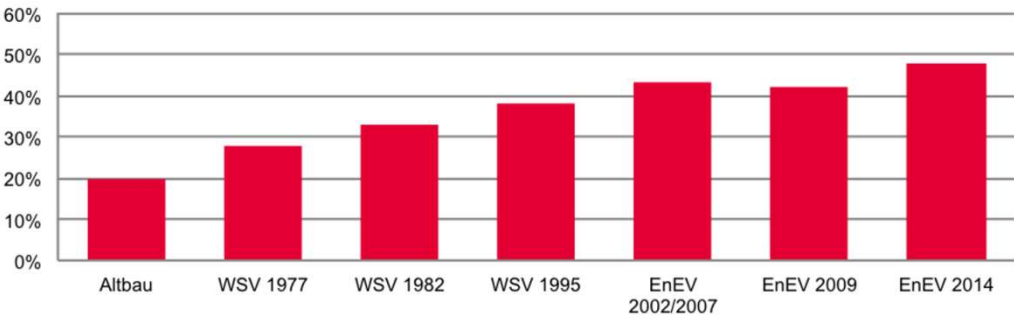
- Außenhülle wenig gedämmt
- Fenster/Hülle nicht luftdicht
- Lüftung erfolgt teilweise unbewusst (Infiltration)
- Nutzer wenig gefordert



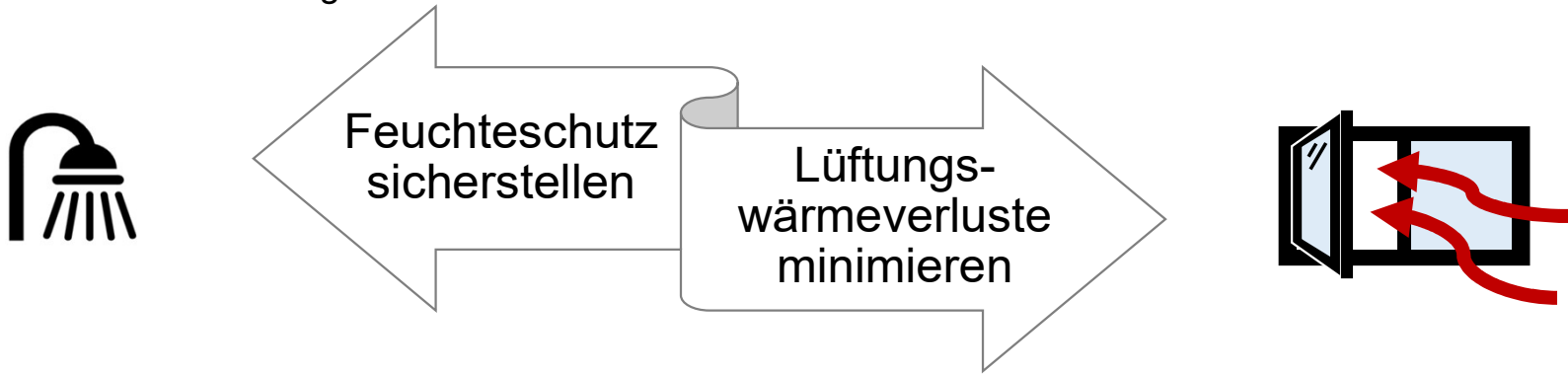
Warum Wandlüfter?



Feuchteschaden nach Fenstersanierung



Lüftungswärmeverluste als Anteil der gesamten Wärmeverluste nach Vondung et al



Vorteile von Wandlüftern im Vergleich zur Fensterlüftung

Verbesserung im Vergleich zur Lüftung über geöffnete Fenster bei:



Lärm



Insekten



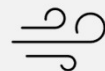
Komfort



Einbruch



Staub



nutzerunabhängiger
Luftwechsel



Fragen bei:



Einfluss auf
Schallschutz



Energieeffizienz

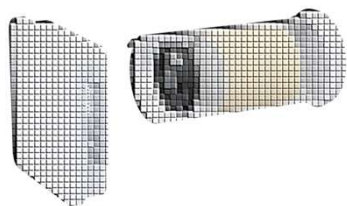


Feuchteschutz



An der HFT untersuchte Wandlüfter

Modell A

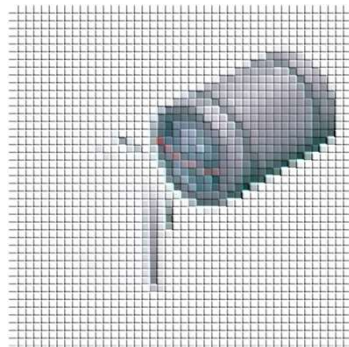


$$\eta_{WRG} = 72 \%$$

$$q_v = 15 - 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

ohne
Schalldämmelement
aber mit
Wetterschutzhaube

Modell B

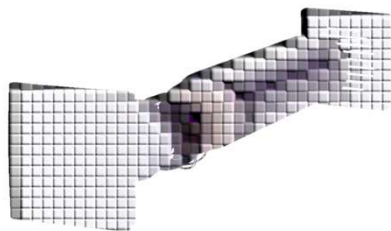


$$\eta_{WRG} = 75 \%$$

$$q_v = 14 - 45 \text{ m}^3/\text{h}$$

mit
Schalldämmelement

Modell C

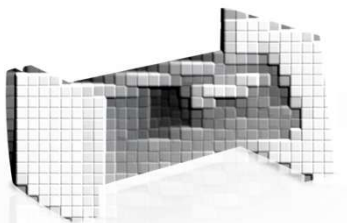


$$\eta_{WRG} = 82 \%$$

$$q_v = 15 - 42 \text{ m}^3/\text{h}$$

mit
Schalldämmelement

Modell D



$$\eta_{WRG} = 80 \%$$

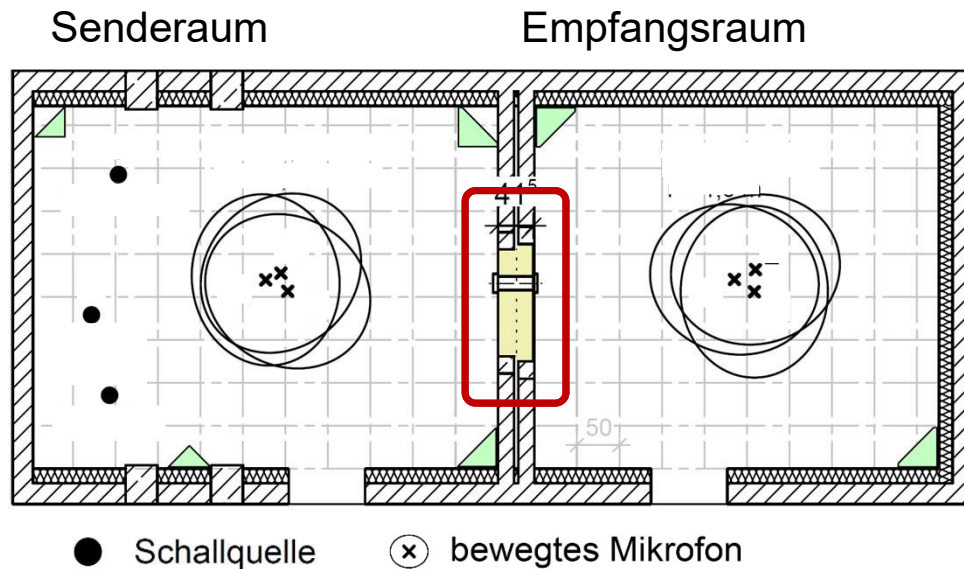
$$q_v = 17 - 58 \text{ m}^3/\text{h}$$

mit kl. & gr.
Schalldämmelement

Akustische Messungen am ZfB: Randbedingungen

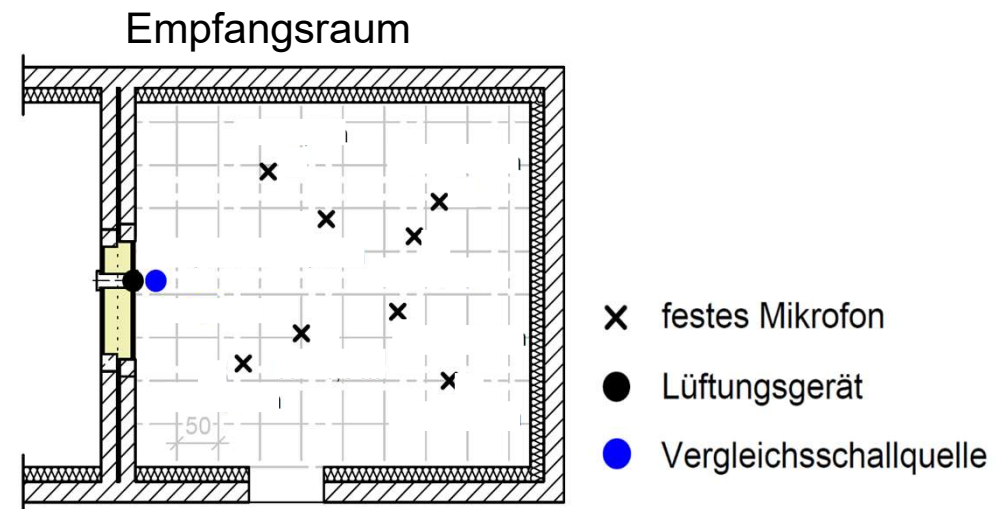
Messung der Schalldämmung

- Nutzung Fenster-Prüfstand
- Schallschutz gegen Außenlärm
- Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e}$ nach DIN EN ISO 10140-2



Messung der Schalleistung

- Nutzung Fenster-Prüfstand
- Schallschutz im Gebäude
- Schalleistungspegel L_{WA} nach Vergleichsverfahren der DIN EN ISO 3743-1



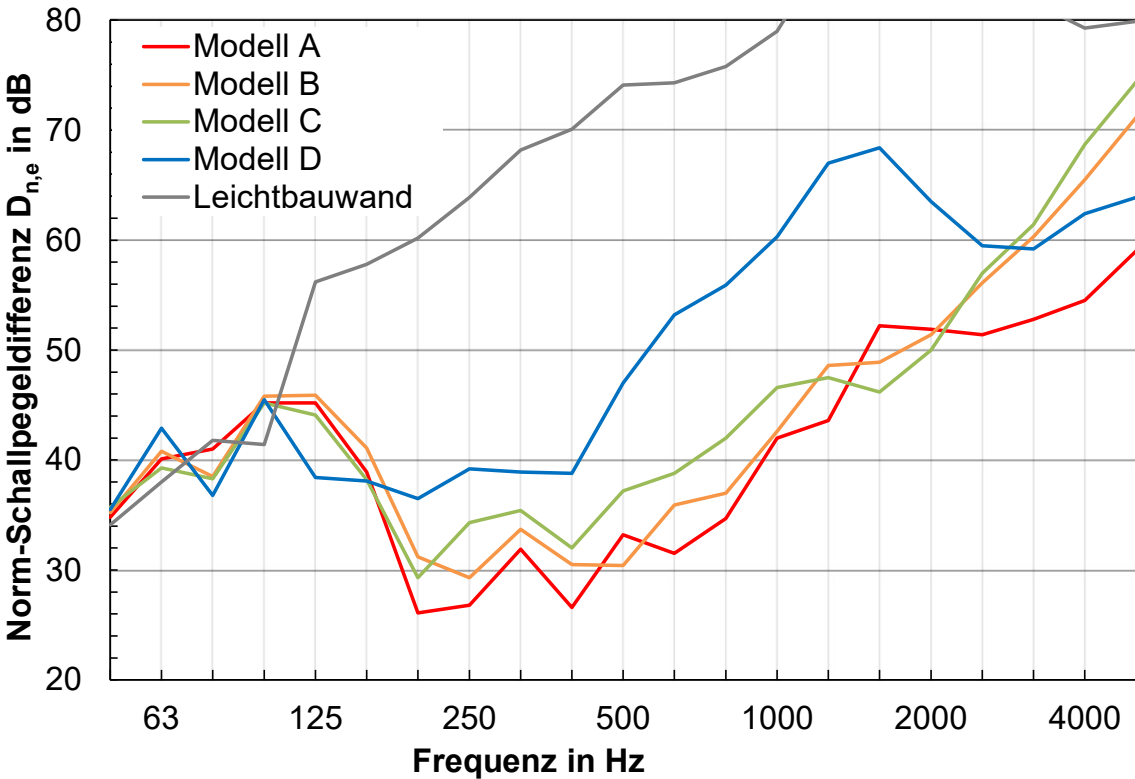
Akustische Messungen am ZfB im Fenster-Prüfstand

- Aufbau einer Leichtbauwand
- 2 Holzrahmen zur Montage der Gipskartonwände
- Senderraum 2-fach beplankt mit GKB 12,5 mm
- Empfangsraum 3-fach beplankt mit GKB 12,5 mm
- Wandabstand 410 mm
- Hohlraum gefüllt mit Mineralwolle
- Messung $D_{n,e}$ zunächst an Wand ohne Loch
- Ziel: hohes $D_{n,e}$ um Dämmung der Lüfter genau zu bestimmen
- später Messung der $D_{n,e}$ der Wandlüfter stets im geöffneten Zustand



Messergebnisse der Norm-Schallpegeldifferenz $D_{n,e}$

- Messergebnisse zeigen meist gute Dämmung bei hohen Frequenzen > 1000 Hz
- $D_{n,e}$ bei tiefen Frequenzen < 125 Hz entspricht der Wand ohne Lüfter
- Einbruch bei ca. 400 Hz bestimmt weitestgehend auch das $D_{n,e,w}$
- Einzahlwert $D_{n,e,w}$ variiert stark zwischen 37 und 51 dB
- Modell D zeigt höchste $D_{n,e,w}$, benötigt aber auch Kernbohrung mit DN 200 statt DN 160 mm
- Frequenzverlauf teilweise ähnlich zu 2-Scheiben-Isolierglasfenster

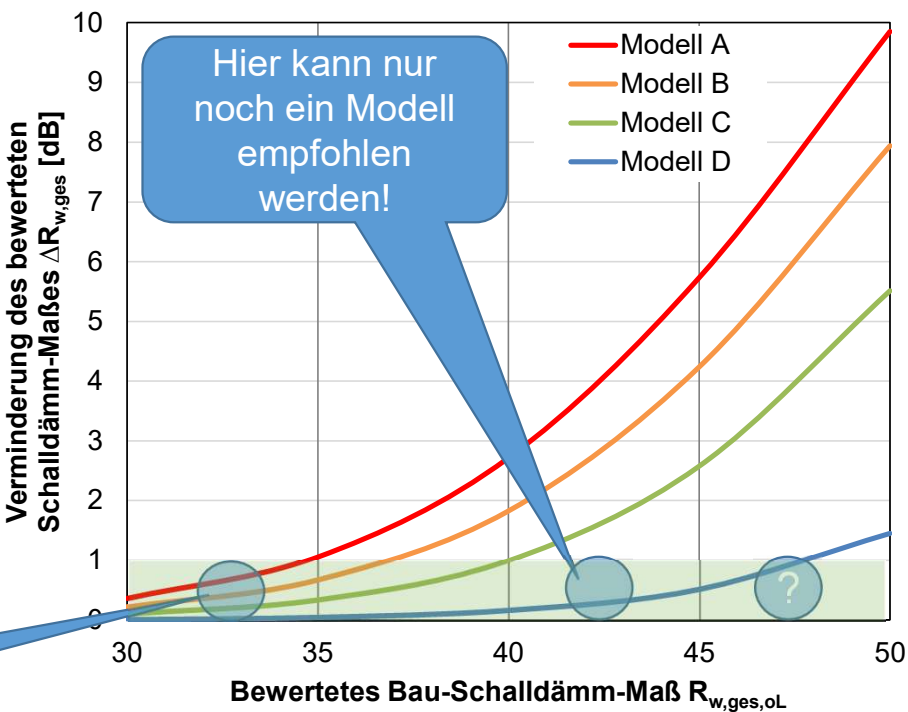


	Wandlüfter Modell			
	A	B	C	D
$D_{n,e,w}$ in dB	37	40	43	51

Einfluss der Wandlüfter mit $D_{n,e,w}$ auf die Fassadendämmung $R'_{w,ges}$

Schallschutzanforderungen nach DIN 4109-1

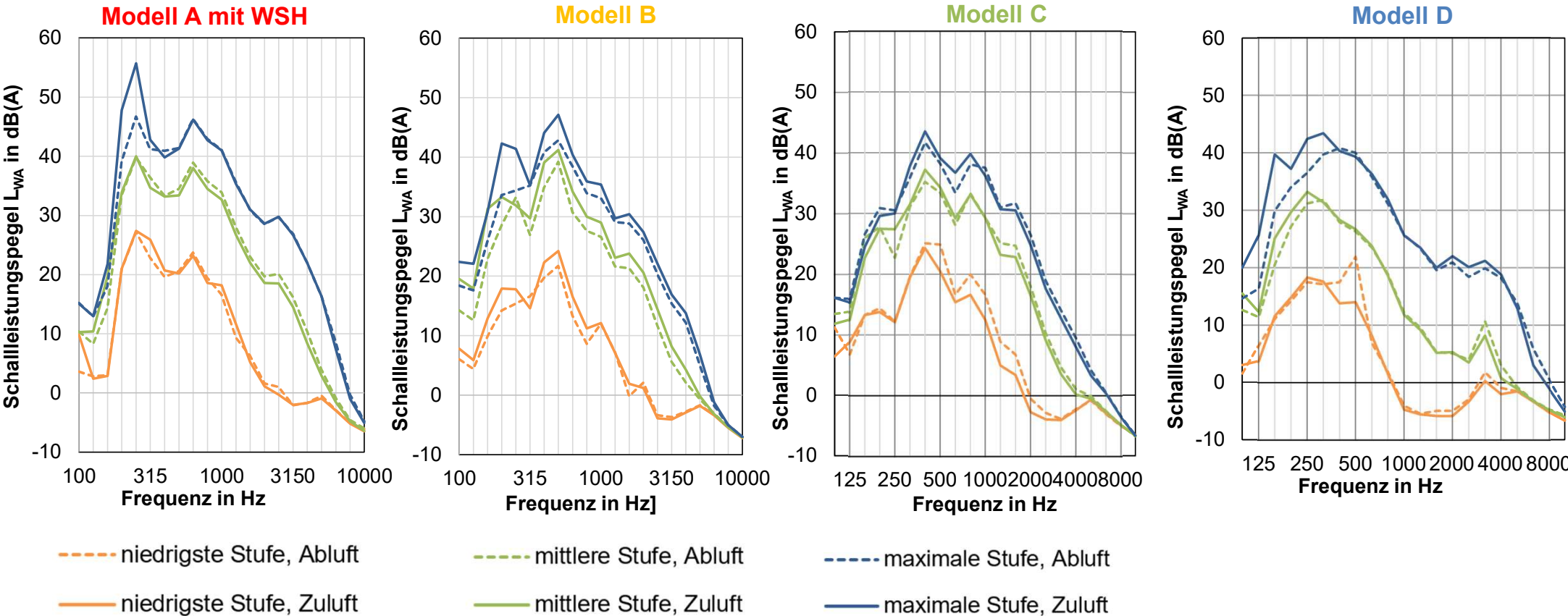
- gilt für Aufenthaltsräume in Wohnungen
- abhängig vom Lärmpegelbereich außen L_a
- erforderliches Bau-Schalldämm-Maß $R'_{w,ges}$
- meist kann Flankenübertragung vernachlässigt werden
- $R_{w,ges}$ der Fassade häufig bestimmt durch die Fenster
- Wandlüfter wirkt wie ein zusätzliches Fenster und verschlechtert damit $R_{w,ges}$
- beispielhafte Betrachtung für Fassade mit $S_s = 21 \text{ m}^2$
- hier nur ein Lüfter pro Raum angesetzt
- Annahme: Verschlechterung $R_{w,ges} < 1 \text{ dB}$ akzeptabel



Hier können noch alle Modelle eingesetzt werden!

Lärmpegelbereich	I & II	III	IV	V
Maßgeblicher Außenlärmpegel L_a [dB(A)]	bis 60	61 bis 65	66 bis 70	71 bis 75

Messergebnisse der Schallleistung L_{WA} - Spektren



Messergebnisse der Schallleistung L_{WA} - Einzahlwerte

- Zuluft und Abluft getrennt gemessen und über 60 s gemittelt
- Zuluft erwartungsgemäß etwas lauter als Abluftbetrieb
- pegelbestimmend ist meist der Frequenzbereich 200-630 Hz
- Modell D erreicht höchsten Volumenstrom

			Modell A Mit WSH	Modell B	Modell C	Modell D gr. SSE
niedrigste Stufe	Volumenstrom q [m³/h]		15	14 ^{b)}	15 ^{b)}	16 ^{a)}
	Schallleistungspegel L _{WA} [dB(A)]	Zuluft	32,2	28,4	28,1	23,7
		Abluft	31,6	26,2	30,1	25,8
mittlere Stufe	Volumenstrom q [m³/h]		32	32 ^{b)}	30 ^{b)}	27 ^{a)}
	Schallleistungspegel L _{WA} [dB(A)]	Zuluft	45,0	45,1	41,7	38,0
		Abluft	45,6	42,4	40,9	36,9
maximale Stufe	Volumenstrom q [m³/h]		45	45 ^{b)}	42 ^{b)}	55 ^{a)}
	Schallleistungspegel L _{WA} [dB(A)]	Zuluft	57,4	51,3	47,8	49,1
		Abluft	52,5	47,3	46,6	46,6

^{a)} Da die Schallschutzeinlage auf 100 mm gekürzt wurde, wurde der Luftvolumenstrom um 6 % statt den vom Hersteller [31] angegebenen ca. 10 % reduziert.

^{b)} Luftvolumenströme aus den Datenblättern der Hersteller. Eine mögliche Änderung durch die Schalldämmelemente wurde nicht berücksichtigt.

Bewertung der gemessenen Schalleistungen L_{WA}

Umrechnung in Schalldruckpegel im Raum

- nötig für Vergleich mit normativen Anforderungen
- Annahme diffuses Schallfeld nach VDI 2081-1, „wenn das Verhältnis von größter zu kleinster Raumabmessung nicht mehr als 3 beträgt und kein mittlerer Absorptionsgrad einer der sechs Begrenzungsflächen größer als 0,3 ist
- Annahme Absorptionsfläche $A = A_0 = 10 \text{ m}^2$
- dann näherungsweise Umrechnung von L_{WA} in normierten A-bewerteten Schalldruckpegel $L_{AF,n}$ über einfache Formel möglich
- wenn Pendellüfter keine auffälligen Einzeltöne aufweisen und keine besonderen zeitlichen Überhöhungen zeigen, gilt näherungsweise :

$$L_{AF,max,n} \approx L_{AF,n}$$

$$L_{AF,n} \cong L_{WA} + 10 \cdot \lg \left(\frac{4 \cdot 1 \text{ m}^2}{10 \text{ m}^2} \right) \cong L_{WA} - 4,0 \text{ dB(A)}$$

Vorschrift für $L_{AF,max,n}$	Anforderung
DIN 4109-1 Mindestanforderung	$\leq 35 \text{ dB(A)}$
DIN 4109-5 erhöhte Anforderungen bei Dauergeräuschen nachts	$\leq 30 \text{ dB(A)}$
DEGA 104 EW3 für eine „hohe Zufriedenheit“	$< 25 \text{ dB(A)}$

Bewertung der berechneten Schalldruckpegel $L_{A,F,n}$

- in der geringsten Lüfterstufe halten alle Modelle die akustischen Mindestanforderungen ein
- 2 Lüfter liegen sogar $< 25 \text{ dBA}$ => „hohe Zufriedenheit“ wird erreicht
- in der höchsten Lüftungsstufe liegt der $L_{A,F,n}$ bei allen Modellen $> 35 \text{ dBA}$
- d.h. Betrieb in höchster LS nach DIN 4109-1 nicht zulässig...
- im Pendelbetrieb halbiert sich zudem die geförderte Zuluft (Frischlufte)
- Frage: Welcher Volumenstrom ist erforderlich?
- zum Glück gibt es auch hierfür eine DIN...☺

			Modell A Mit WSH	Modell B	Modell C	Modell D gr. SSE
niedrigste Stufe	Volumenstrom q_v [m³/h]		15	14 ^{b)}	15 ^{b)}	16 ^{a)}
	Schalldruckpegel $L_{AF,n}$ dB(A)	Zuluft	28	24	24	20
		Abluft	28	22	26	22
mittlere Stufe	Volumenstrom q_v [m³/h]		32	32 ^{b)}	30 ^{b)}	27 ^{a)}
	Schalldruckpegel $L_{AF,n}$ dB(A)	Zuluft	41	41	38	34
		Abluft	42	38	37	33
maximale Stufe	Volumenstrom q_v [m³/h]		45	45 ^{b)}	42 ^{b)}	55 ^{a)}
	Schalldruckpegel $L_{AF,n}$ dB(A)	Zuluft	53	47	44	45
		Abluft	48	43	43	43
≤ 25 dB(A)			≤ 30 dB(A)	≤ 35 dB(A)	> 35 dB(A)	

DIN 1946-6: Raumluftechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen

Lüftungsarten

- **Lüftung zum Feuchteschutz** => notwendige Lüftung zur Sicherstellung des Bautenschutzes (Feuchte) bei zeitweiliger Abwesenheit der Nutzer und kein Wäschetrocknen
- **Reduzierte Lüftung** => notwendige Lüftung zur Sicherstellung der gesundheitlichen Mindestanforderungen sowie des Bautenschutzes (Feuchte) bei reduzierter Anwesenheit der Nutzer oder geringerer Raumlufqualität
- **Nennlüftung** => notwendige Lüftung zur Sicherstellung der gesundheitlichen Anforderungen sowie des Bautenschutzes bei Anwesenheit aller Nutzer (Normalbetrieb)
- **Intensivlüftung** => zeitweilige Lüftung mit erhöhtem Luftvolumenstrom zum Abbau von Lastspitzen (Lastbetrieb)

Wie hoch muss der Gesamt-Außenluft-Volumenstrom nach DIN 1946-6 nun für die o.g. Lüftungsarten sein?

DIN 1946-6: Raumlüftungstechnik – Teil 6: Lüftung von Wohnungen

Lüftungsanforderungen

Anforderung an Volumenstrom:

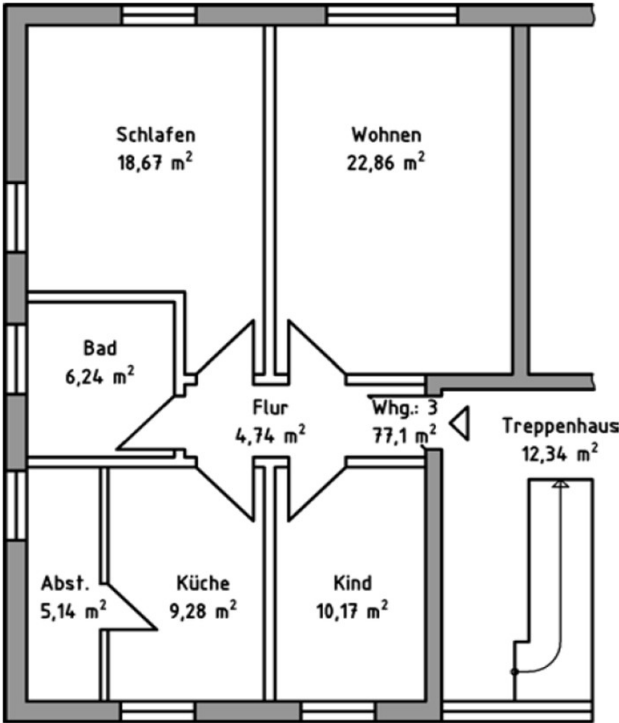
- a) abhängig von **Personenzahl** => Nennlüftung mind. 15 m³/ h pro Person (nach Tabelle 17)
- b) abhängig von **Fläche der Nutzungseinheit A_{NE}** => Berechnung nach Gleichung (8):

$$q_{V,ges,NE} = f_{LSt}(-0,002 A_{NE}^2 + 1,15A_{NE} + 11)$$

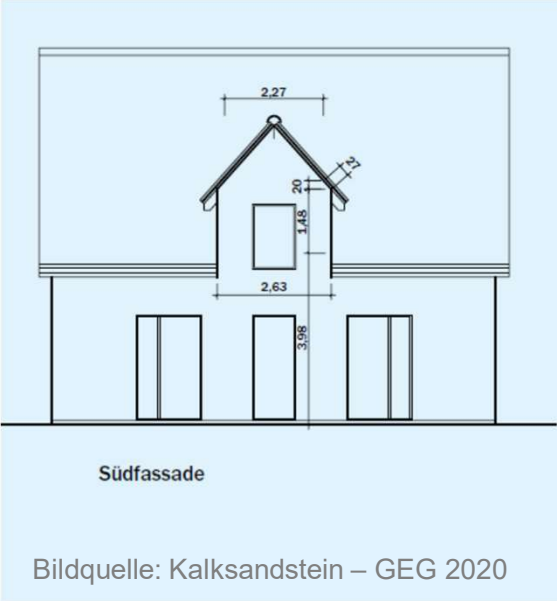
Faktor zur Berücksichtigung der Lüftungsstufe f _{LSt}	Wärmeschutz hoch
Lüftung zum Feuchteschutz geringe Belegung (z.B. EFH)	0,2
Lüftung zum Feuchteschutz hohe Belegung (z.B. 3-Zimmer-Whg.)	0,3
Reduzierte Lüftung	0,7
Nennlüftung	1
Intensivlüftung	1,3

DIN 1946-6: Raumlufttechnik / GEG 2020

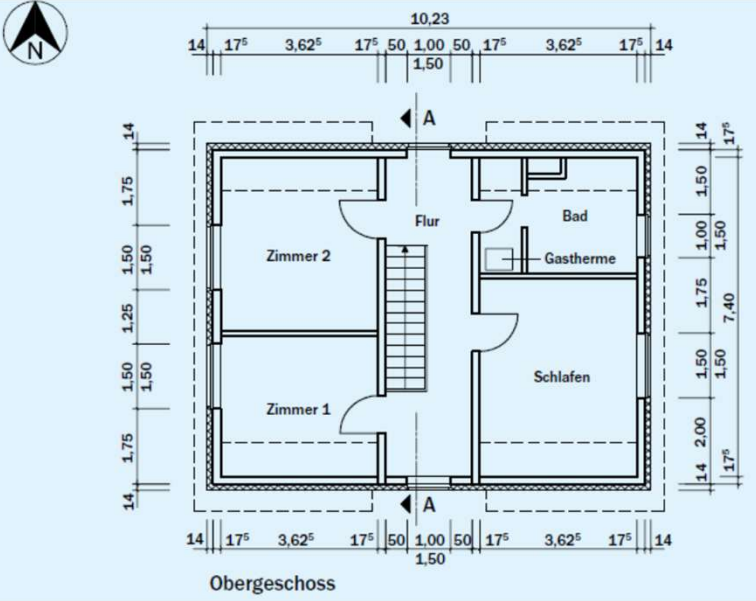
Fallbeispiele von zwei Gebäuden (MFH + EFH)



Grundriss einer beispielhaften 3-Zimmer-Wohnung mit 77 m² Wohnfläche in MFH
Quelle: DIN 4108-8



Bildquelle: Kalksandstein – GEG 2020



Ansicht und Grundriss eines beispielhaften EFH mit 214 m² Wohnfläche

Lüftung und Feuchteschutz

Fallbeispiele von zwei modernen Gebäuden nach GEG 2020

	3-Zimmer-Wohnung in Mehrfamilienhaus	Freistehendes Einfamilienhaus
Wohnfläche A_{NE} [m ²]	77	214
Luftvolumenstrom zum Feuchteschutz $q_{V,ges,NE,FL}$ [m ³ /h]	26	33
Luftvolumenstrom für reduzierte Lüftung $q_{V,ges,NE,RL}$ [m ³ /h]	61	116
Luftvolumenstrom für Nennlüftung $q_{V,ges,NE,NL}$ [m ³ /h]	88	166

*Wandlüfter – Einsatz z.B. mit $q_{V,ges}$ in min. (8 m³/h) und max. (26 m³/h) Lüftungsstufe

Mit einem Lüfter pro Raum für 2 Personen kann ein Feuchteschutz sichergestellt werden, wenn er nachts mit min. Stufe und tagsüber mit max. Stufe betrieben wird !

Energieeinsparung durch Lüftung mit Wärmerückgewinnung

Fallbeispiele von zwei modernen Gebäuden - Berechnung mit Nennlüftung über Fenster

Nennlüftung	3-Zimmer-Wohnung in Mehrfamilienhaus	Freistehendes Einfamilienhaus
Wohnfläche A_{NE} [m ²]	77	214
Transmissionswärmeverlust Q_T [kWh/a]	2.480	11.053
Lüftungswärmeverlust Q_V [kWh/a]	1.755	8.577
Flächenbezogener jährlicher Lüftungswärmeverlust [kWh/m ² a]	23	40
Anteil des Lüftungswärmeverlusts am gesamten Wärmeverlust [%]	41	44
Potential zur Reduzierung der Gesamt-Wärmeverluste bei Einsatz einer mechanischen Lüftung mit $\eta_{WRG} \approx 75$ % [%]	31	33

- **sensationell:** ca. ein Drittel der gesamten Wärmeverluste einer NE könnten eingespart werden, wenn man von Fensterlüftung auf mechanische Lüftung mit WRG umstellt
- aber (leider) erfordert dies viele Wandlüfter, die in hoher Stufe laufen müssen und dann recht laut sind
- andererseits heißt Nennlüftung mit Fenster bei $n=0,5\text{ h}^{-1}$ auch: 12 mal komplett durchlüften pro Tag, d.h. ca. **alle 2 h**

Lüftung, Feuchteschutz, Schallschutz und Energieeinsparung

Gegenüberstellung der Lüftungsmöglichkeiten mit Wandlüftern

Lüftung zum Feuchteschutz

- Ersatz für realistische Fensterlüftung (2-3 x täglich)
- wenige Wandlüfter nötig
- sicherer Feuchteschutz
- akzeptabler Schallschutz
- Luftqualität eingeschränkt
ggfs. zusätzliche Fensterlüftung nötig
- geringe Energieeinsparung

Aufwand vs. Nutzen



Nennlüftung

- Ersatz für normative Fensterlüftung (12 x täglich)
- viele Wandlüfter nötig
- hohe Luftqualität und sicherer Feuchteschutz
- hohe Energieeinsparung
- Schallschutz eingeschränkt
bzw. nur mit Zusatzmaßnahmen möglich

DIN 1946-6: Raumluftechnik / GEG 2020

Einsatz von Wandlüftern bei Sanierungen im Bestand sowie Neubau nach GEG

- Nennlüftung ist mit Wandlüftern kaum umsetzbar
- ein Feuchteschutz sowie eine Reduzierte Lüftung kann mit realistischer Anzahl von Wandlüftern aber sichergestellt werden
- Energie-Einsparung fällt dann aber geringer aus und
- der akustische Komfort ist je nach Modell leicht eingeschränkt, aber

DIN 1946-6 fordert:

„Bei der Auslegung ist für die gesamte Nutzungseinheit durch das ventilatorgestützte Lüftungssystem **mindestens die Nennlüftung** nach Gleichung (8) ... ohne Nutzerunterstützung sicherzustellen. Die Nennlüftung schließt die dauernde Lüftung zum Feuchteschutz (24 h je Tag bei geschlossenen Fenstern) und die Reduzierte Lüftung mit ein. Eine Auslegung ausschließlich für die Lüftung zum Feuchteschutz oder für die Reduzierte Lüftung **ist nicht zulässig**.“



Ist das wirklich sinnvoll?

Lüftung mit WRG im Vergleich zum COP von Wärmepumpen

Studie ITG Dresden von Schulze Darup & Leppig zu:

- Wohnungslüftung mit Wärmerückgewinnung als nachhaltige Schlüsseltechnologie zur Erreichung der Klimaziele (COP-Äquivalenzstudie)
- Ergebnis 1: die äquivalenten Leistungszahlen der Lüftung mit WRG liegen stets über denen der Wärmepumpe
- Ergebnis 2: die höchsten äquivalenten Leistungszahlen der Lüftung mit WRG werden bei niedrigen Außentemperaturen erreicht
- dies macht die Lüftung mit WRG zu einem natürlichen Komplementärsystem von Wärmepumpen, **d.h. eine Kombination ist besonders sinnvoll**

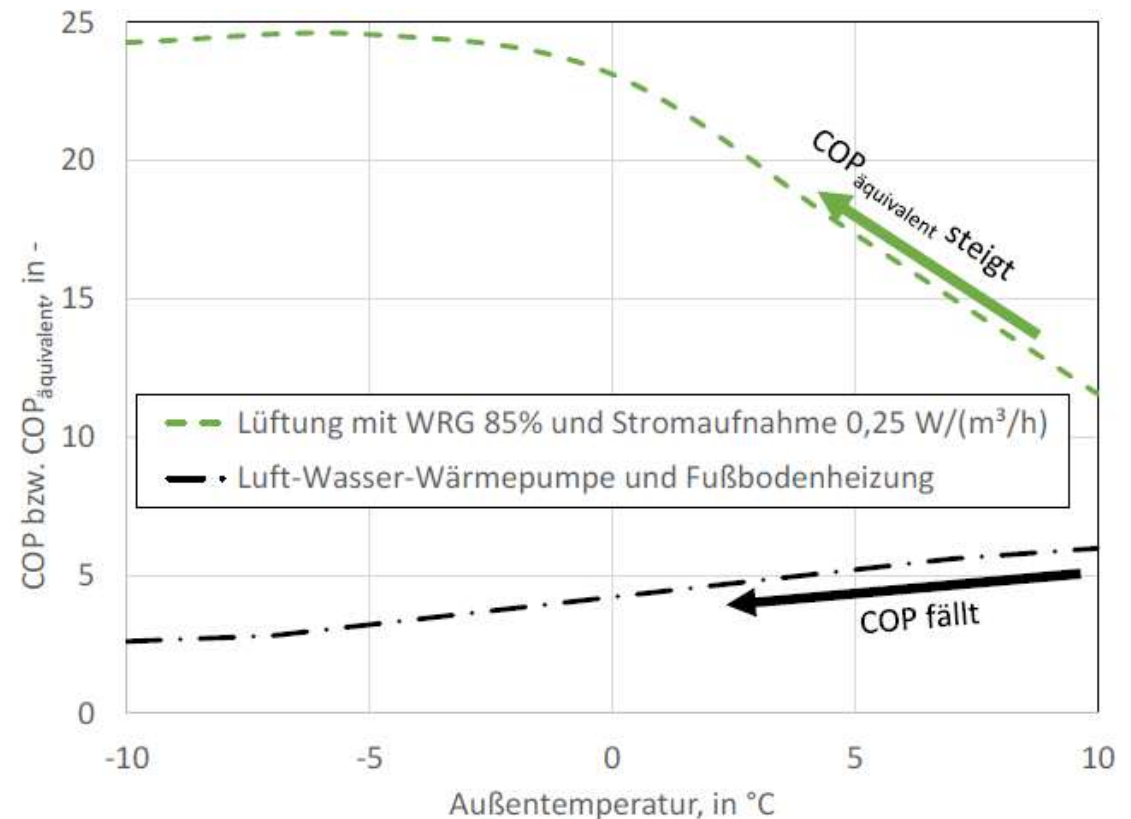


Abbildung 1: Vergleich von äquivalenten Leistungszahlen der Wärmerückgewinnung mit Leistungszahlen COP von Wärmepumpen

Lüftung im Kontext Wärme, Schall und Feuchte

Gestern

- Bestandsbauten mit geringer Wärmedämmung und undichter Gebäudehülle
- hohe Wärmeverluste (Transmission und Lüftung)
- Feuchteschutz auch bei geringer Fensterlüftung durch Infiltration

Heute

- Neubauten mit guter Wärmedämmung und dichter Gebäudehülle
- Wärmeverluste durch Transmission gering, aber durch Fensterlüftung hoch
- Feuchteschutz nur bei entsprechendem Nutzerverhalten

Morgen

- Neubauten mit guter Wärmedämmung und dichter Gebäudehülle
- Wärmeverluste durch Transmission und Lüftung mit WRG gering
- Feuchteschutz und Luftqualität stets sichergestellt

Zusammenfassung

Anwendung von Wandlüftern

- Einsatz im Neubau und bei Altbau-Sanierung möglich
- Ersatz für traditionelle manuelle Fensterlüftung sowie aufwändige zentrale Lüftung
- erhöhter Komfort durch Automatik sowie Sicherheit gegen Ungeziefer und Diebe

Lüftung und Energieeinsparung

- Nennlüftung erfordert unrealistische Zahl von Lüftern
 - mit ca. 1 Lüfter pro Raum ist aber Feuchteschutz und Reduzierte Lüftung möglich
- Primär-Energieeinsparung ist selbst bei Reduzierter Lüftung signifikant
 - dadurch weniger Verbrauch bzw. kleinere Heizungen möglich

Akustik

- Schalldämmung ähnlich wie Fenster => reduziert Fassadenschalldämmung
 - dadurch eher im geringen Außen-Lärmpegelbereich einsetzbar
- Eigengeräusch bei geringster Stufe vernachlässigbar / in höchster Stufe zu laut
 - dadurch muss der Luftwechsel je nach Anwesenheit gesteuert werden
 - Weiterentwicklung der Wandlüfter-Technologie sinnvoll

ICH HOFFE,
ES WAR INTERESSANT FÜR SIE!

DANKE FÜR IHRE ZEIT,
IHRE AUFMERKSAMKEIT...
UND IHR VERTRAUEN!

Dieses Projekt wurde
unterstützt von:



Baden-Württemberg

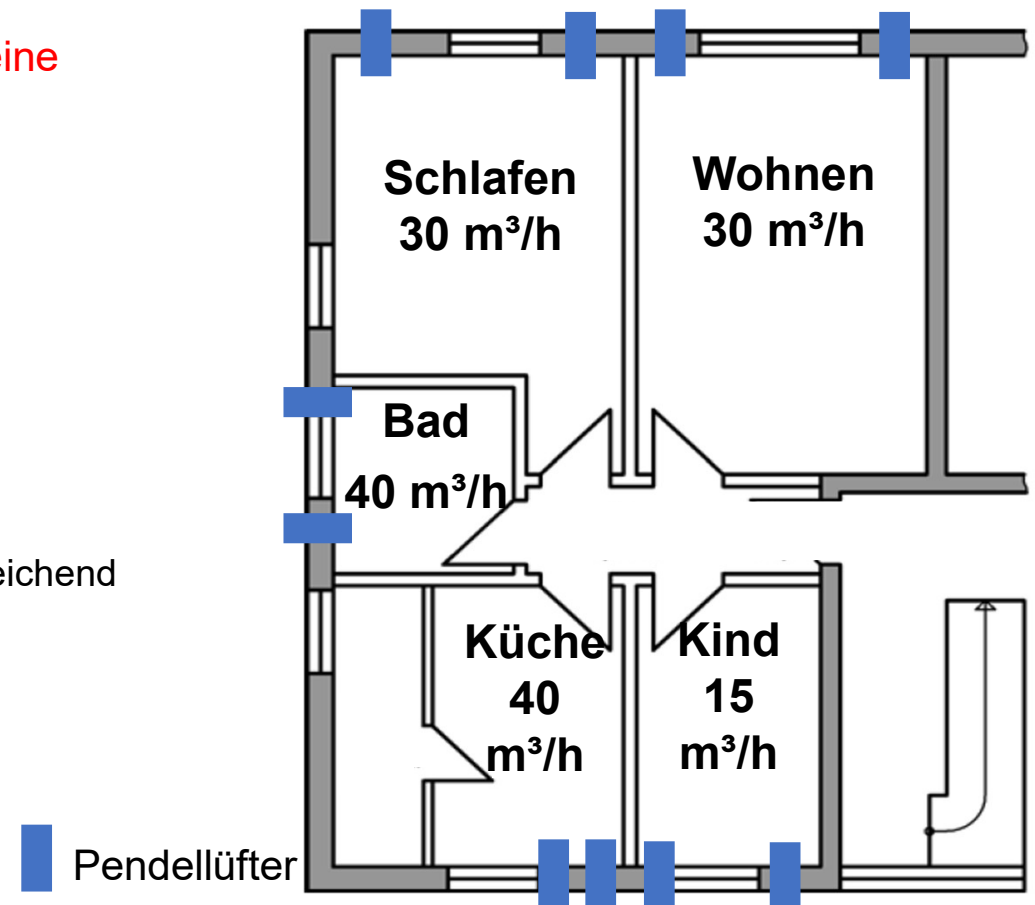
VERMÖGEN UND BAU



Beispiel: 3-Zimmerwohnung für 3 Personen

DIN 1946-6 schreibt für ventilatorgestützte Lüftung eine Auslegung nach Nennlüftung vor...

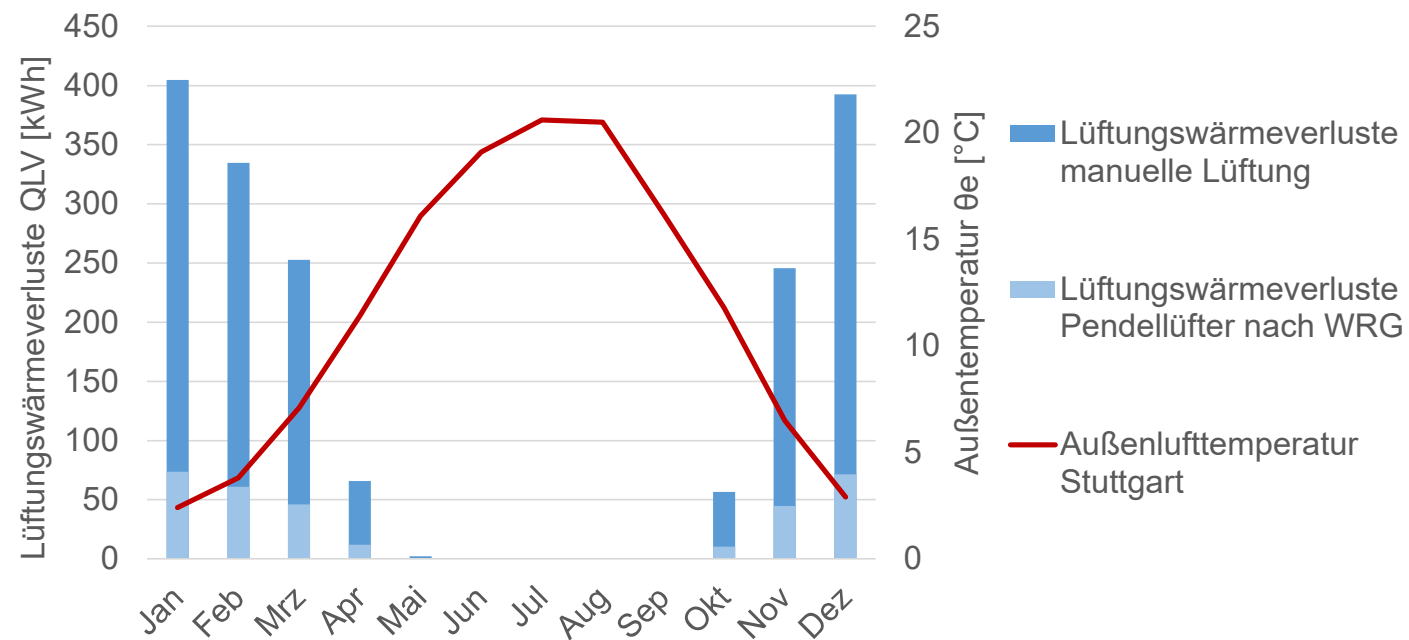
- kritischste Räume: Schlafräume und Wohnzimmer
- min. $q_v = 15 \text{ m}^3/\text{h}$ pro Person $\Rightarrow q_v = 30 \text{ m}^3/\text{h}$
- es sind also mind. 2 Lüfter pro Raum nötig
- dies erhöht $L_{W,A}$ und $L_{A,F}$ um 3 dB
- weiterhin würde $R'_{w,ges}$ nochmals reduziert
- hoher Aufwand und geringer akustischer Komfort, aber
- alternative Auslegung mit einem Lüfter pro Raum ausreichend zumindest für:
 - Reduzierte Lüftung nur: $q_v = 21 \text{ m}^3/\text{h}$
 - Lüftung zum Feuchteschutz sogar nur: $q_v = 9 \text{ m}^3/\text{h}$



Lüftungswärmeverluste für Drei-Zimmer-Wohnung

Annahmen

- Drei-Zimmer-Wohnung mit 3 Personen nach aktuellem GEG-Standard
- $V = 192,75 \text{ m}^3$, $A = 77,1 \text{ m}^2$
- Luftwechsel von $n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ mittels Fensterlüftung nach DIN V 18599-10 für Wohngebäude
- Luftwechsel von $n_{\text{mech}} = 0,4 \text{ h}^{-1}$ mittels je 2 x Pendellüfter
- Raumlufttemperatur $\theta_i : 19 \text{ °C}$
- Außenlufttemperaturen θ_e entsprechen den Monatsmittelwerten des TRY17 für Stuttgart
- Wärmebereitstellungsgrade gemäß den Zulassungen der Hersteller der Pendellüfter

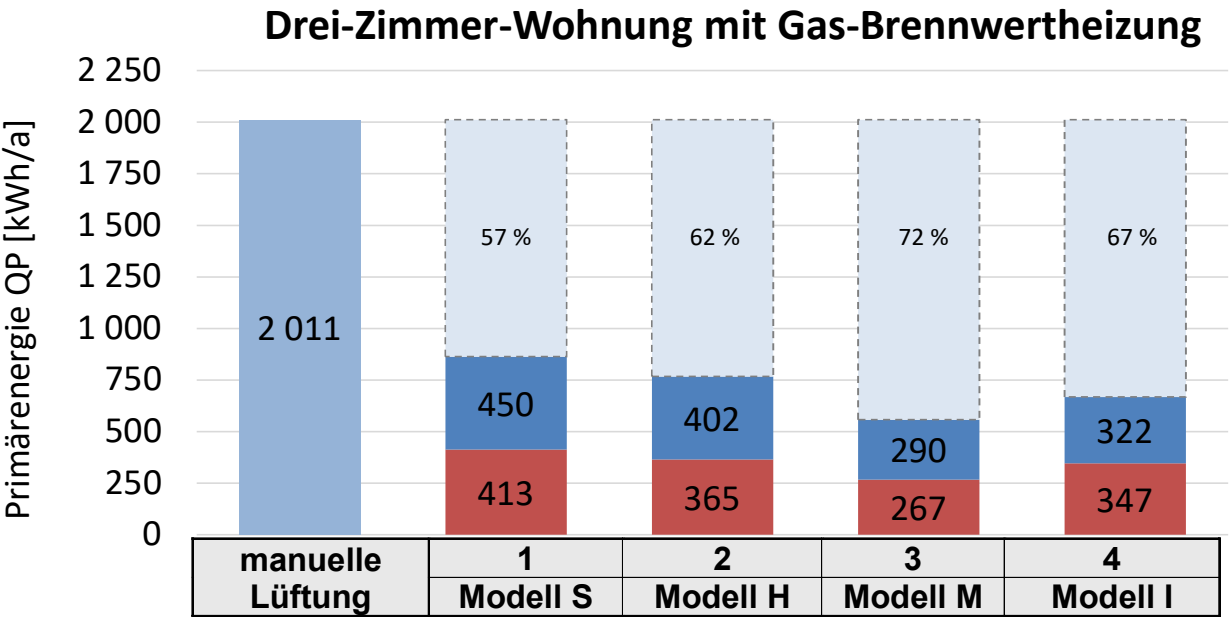


Lüftungswärmeverluste für Drei-Zimmer-Wohnung

Drei-Zimmer-Wohnung <i>V = 192,75 m³, A = 77,1 m²</i>		manuelle Lüftung	1	2	3	4
			Modell S	Modell H	Modell M	Modell I
Luftvolumenstrom q _v	m³/h	96	77			
Elektroenergiebedarf E _{el}	kWh/a	-	229,6	202,6	148,6	192,6
bezogen auf die Nutzfläche	kWh/(m²a)	-	3,0	2,6	1,9	2,5
Lüftungswärmeverluste Q _{LV}	kWh/a	1755,0	393,1	351,0	252,7	280,8
bezogen auf die Nutzfläche	kWh/(m²a)	22,8	5,1	4,6	3,3	3,6
Heizwärme-Einsparung	kWh/a	-	1361,9	1404,0	1502,3	1474,2
	kWh/(m²a)	-	17,7	18,2	19,5	19,1
	%	-	78	80	86	84

Lüftungswärmeverluste p.a. bei manueller Lüftung sowie nach Einbau der Pendellüfter im Wärmerückgewinnungsbetrieb, Elektroenergiebedarf E_{el} der untersuchten Pendellüfter bei ganzjährigem Betrieb und mittlerem Luftvolumenstrom q_v sowie Heizwärme-Einsparung im Vergleich zur manuellen Lüftung

Lüftungswärmeverluste für Drei-Zimmer-Wohnung



Die Einsparung an Primärenergie durch die Nutzung von Pendellüftern ist erheblich!

Primärenergiebedarf Q_p einer Drei-Zimmer-Wohnung bei manueller Lüftung und Lüftung mittels Pendellüfter mit Primärenergie-Einsparpotential bei Nutzung einer Gas-Brennwertheizung