Mythos „Lüften“

Vortrag

„new energy“
Husum

17. u. 18.03.2017

Dipl.-Ing. Eberhard Paul

Kontakt

Dipl.-Ing. Eberhard Paul

Büro:
Lindenstraße 21
08132 Mülsen

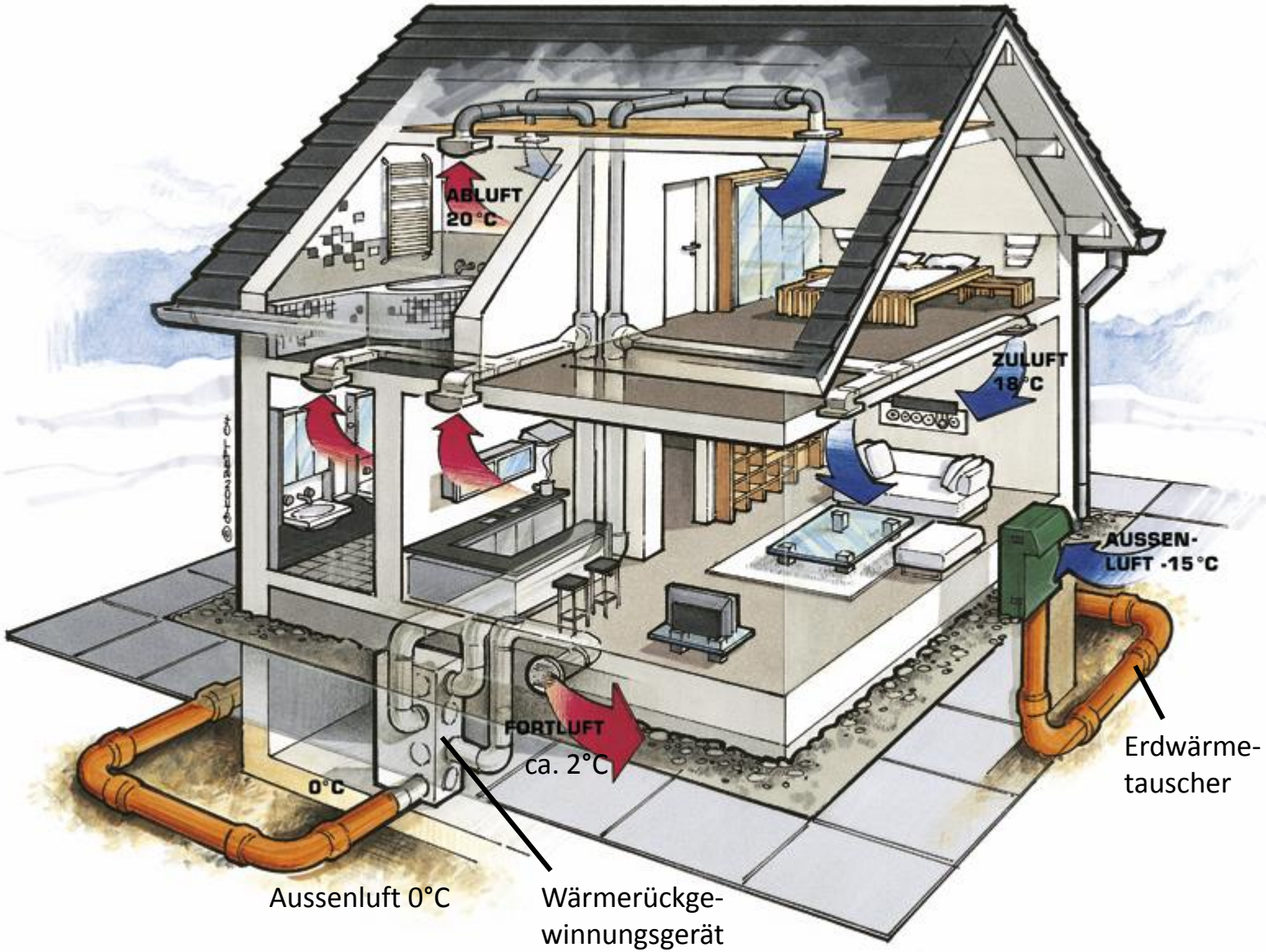
Tel.: 037204 50913
E-Mail: eberhard.paul.1@gmx.de

Themenübersicht

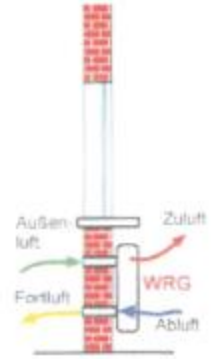
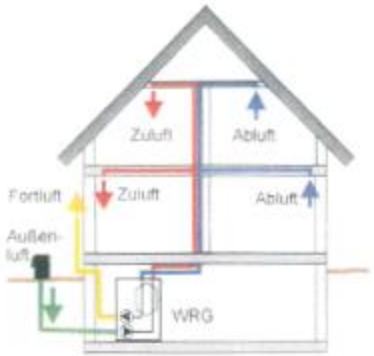
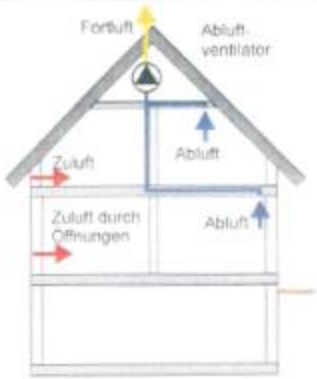
1. Funktion und Anlagenübersicht zu Wohnungslüftungsanlagen
2. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung bei der Altbausanierung
3. Energie-Einspareffekte
4. Hinweise zur Abluftanlage
5. Passivhaus- Kompaktgeräte
6. Zu trockene Luft bei Lüftungsanlagen?
7. Hygiene bei Wohnungslüftungsanlagen

1. Funktion und Anlagenübersicht zu Wohnungslüftungsanlagen

Kontrollierte Be- und Entlüftung mit Wärmerückgewinnung

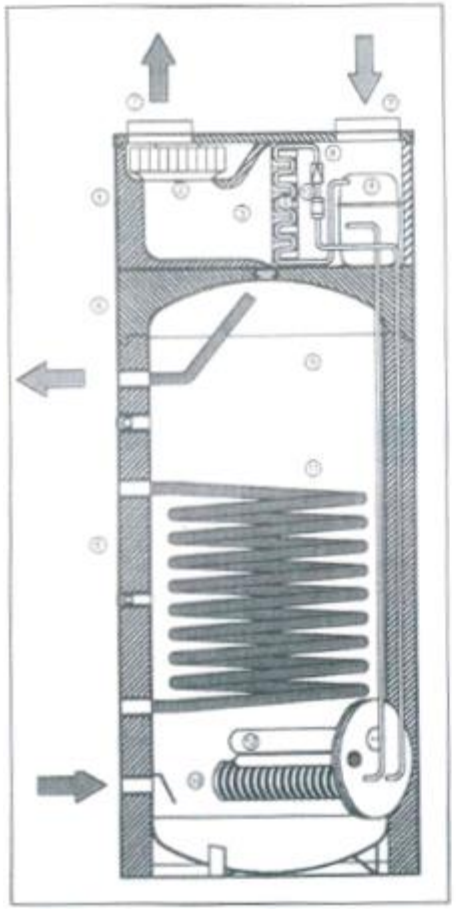


Lüftungssysteme

dezentrale Lüftung mit WRG	Komfortlüftung = kontrollierte Be- und Entlüftung mit WRG	Abluftanlage = kontrollierte Entlüftung
		
• Bedienung für jeden Raum • Luftaustausch begrenzt • Ventilatoren im Raum • keine langen Rohre • Wärmerückgewinnung, dadurch: warme Zuluft	• kontrollierte Abfuhr verbrauchter Luft • kontrollierte Frischluftversorgung • Frischluft – Filter bis F8 • Dosierbarkeit durch 2 Ventilatoren (Zu- und Abluft) sehr gut • Wärmerückgewinnung, dadurch: warme Zuluft, hohe Behaglichkeit • durch ausbalancierte Volumenströme für Kaminbetrieb zu empfehlen • Leistungsfaktor ε = 10…20	• kontrollierte Abfuhr verbrauchter Luft • Frischluftversorgung über Außenwand-Luftdurchlässe, teilweise feuchtegeregelt • Frischluftversorgung unkontrolliert und oft ungenügend (windabhängig) • Frischluft – viele Filter • Dosierbarkeit nur bedingt • keine Wärmerückgewinnung kalte Zuluft, Zugerscheinung möglich • durch das Unterdruckprinzip nicht für Kaminbetrieb und Radonminimierung zu empfehlen

Abluft- Wärmepumpe

Abluft-Warmwasser-Wärmepumpe mit Speicher



1 Wärmepumpenmodul
2 Radialventilator
3 Spiralgehäuse
4 Kompressor
5 Lamellenverdampfer
6 Speicherisolierung
7 Luftanschlüsse ∅ 150
8 Sicherheitsarbeitsmittel
9 Warmwasserspeicher
10 Kondensator
11 Heizregister
12 E-Heizstab
13 Heißgasabtauung

JAZ = 2,6 (laut Feldtests (Agendagruppe Lahr)
ε = 3…3,5

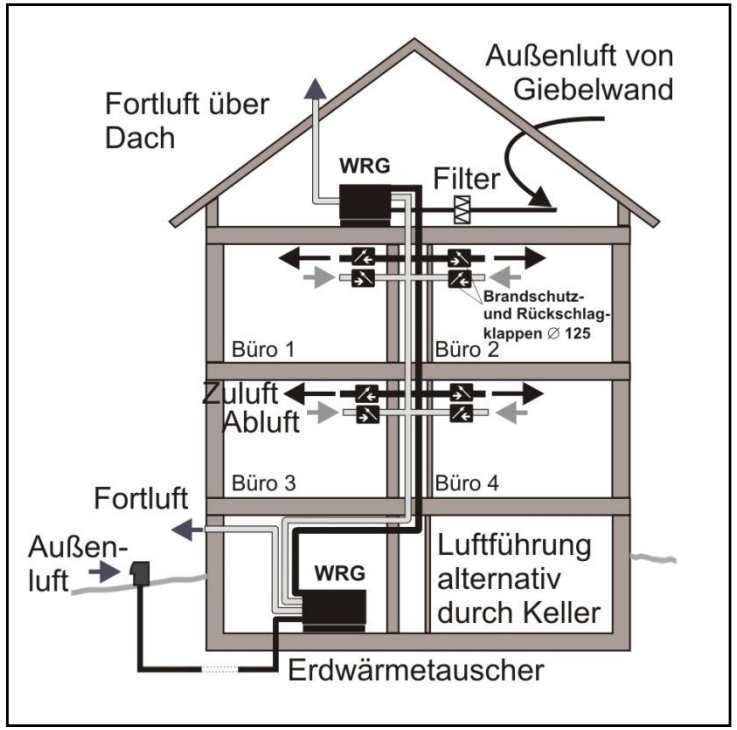
Mängel:
siehe bei Frischluftmängel trotz Abluftanlage

Quelle: Ochsner

2. Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung bei der Altbausanierung

Lösungsvariante im Mehrfamilienhaus

Gebäude mit zentraler Außenluft- und Fortluftführung, Brandschutz- und Rückschlagklappen und zentralem Wärmerückgewinnungsgerät



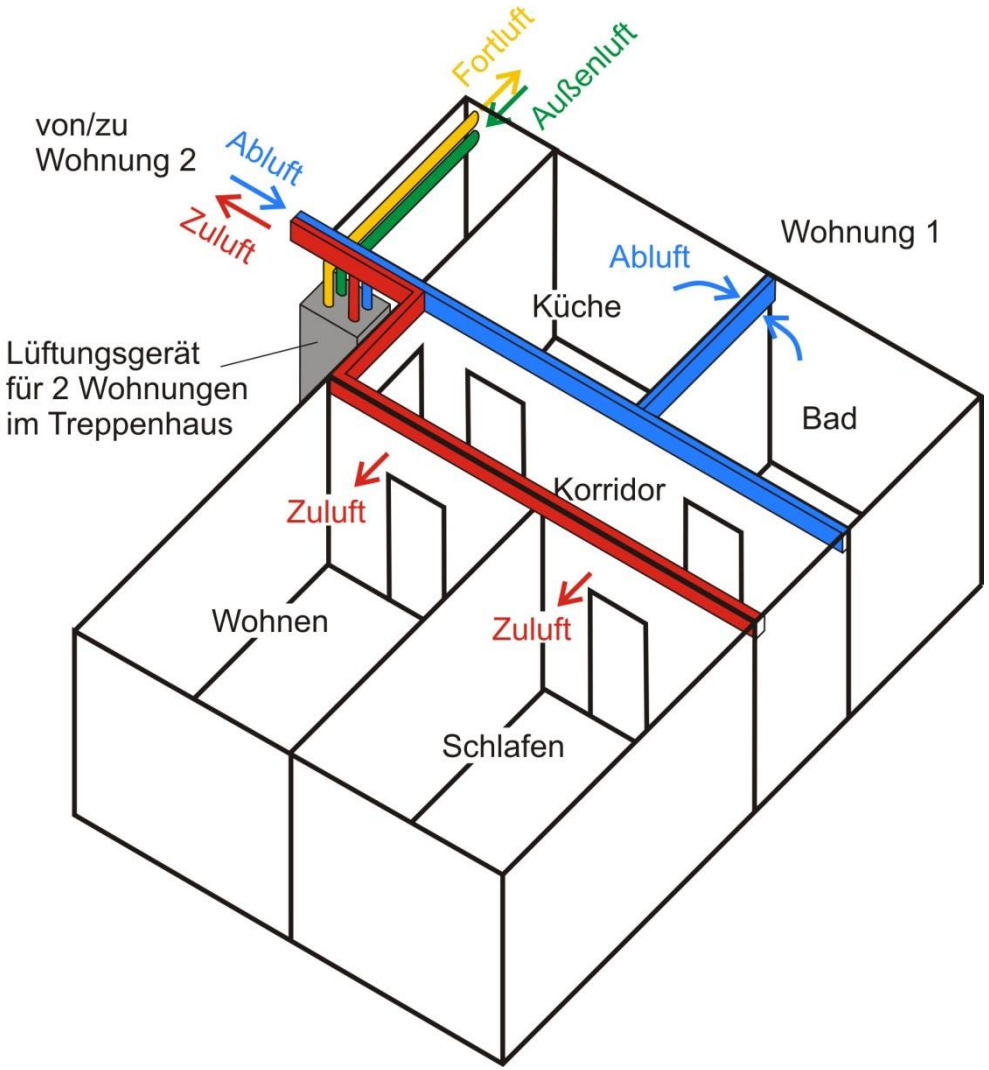
Vorteile:

1. Das Wärmerückgewinnungsgerät mit den Ventilatoren ist nicht in der Wohneinheit platziert → Platz eingespart, keine Geräuschabstrahlung in der Wohnung

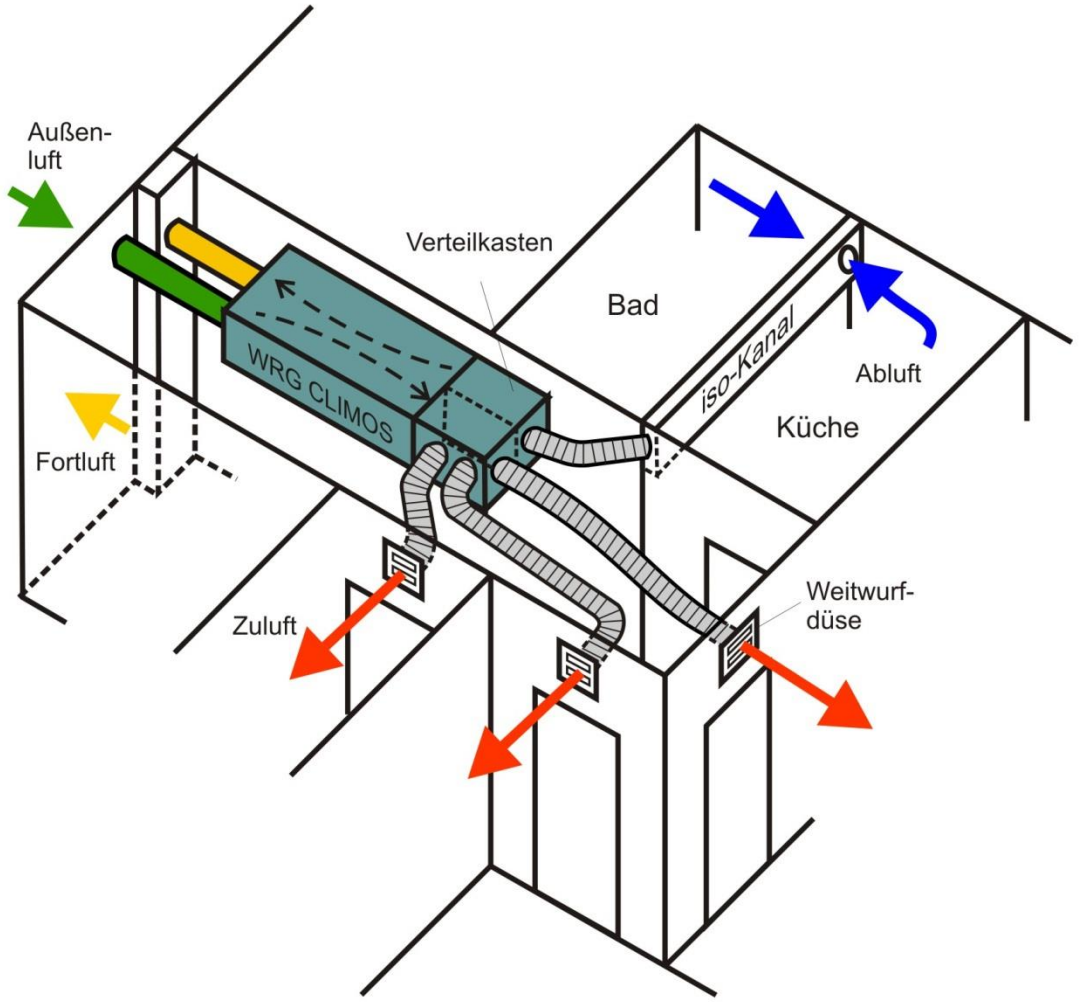
Nachteile:

1. Keine wohnungsweise Wärmerückgewinnung – der Wärmetauscher arbeitet mit einem Mix aller Abluftströme aus allen Wohnungen, wobei keine Unterschiede der mehr oder minder warmen Abluft aus den einzelnen Wohnungen gemacht werden können! Der Zuluftstrom wird mit einer Temperatur allen Wohnungen zugeführt (Wärmeklau).

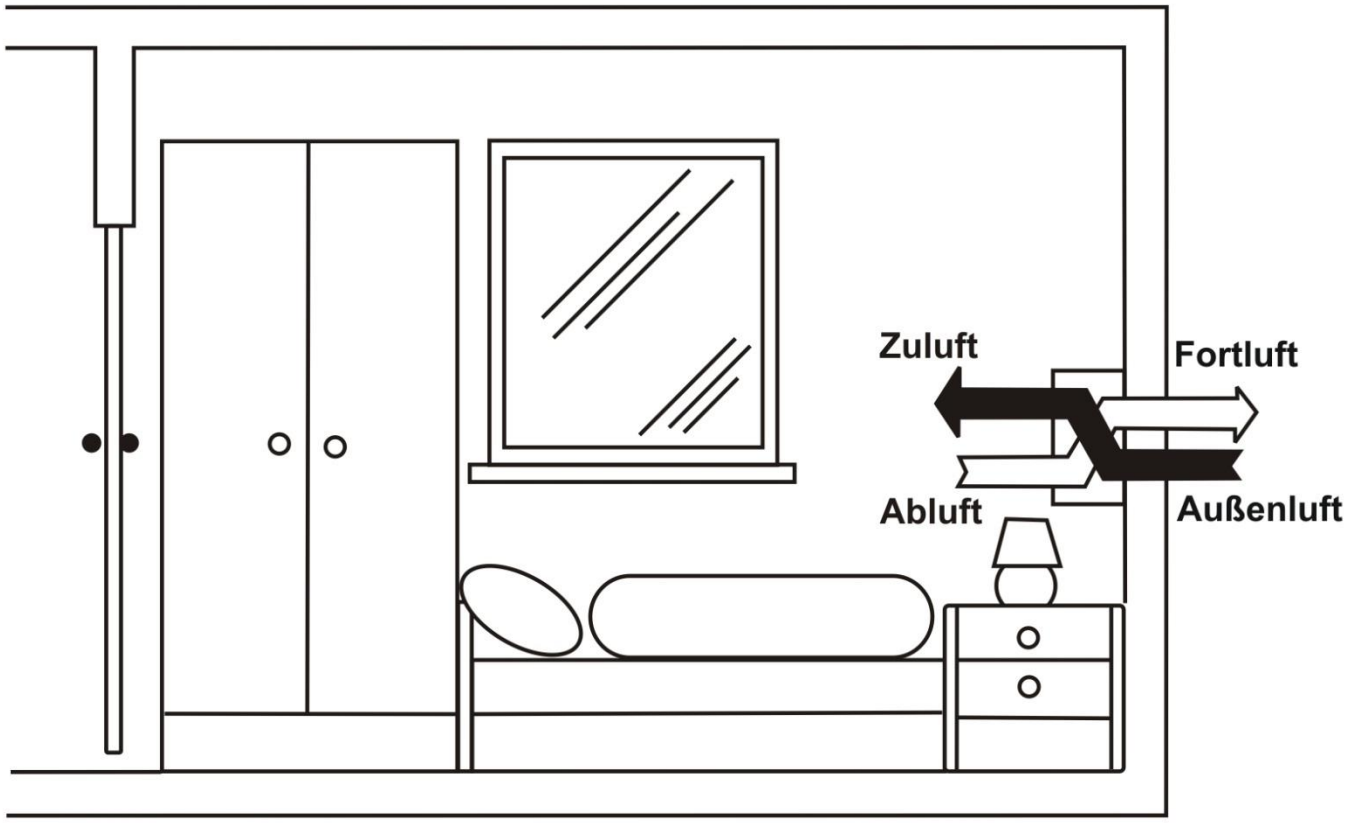
Wärmerückgewinner für 2 Wohnungen im Treppenhaus



Zwischendeckengerät mit Verteil-Rohren zu jedem Zimmer im Einfamilienhaus oder in der Wohnung

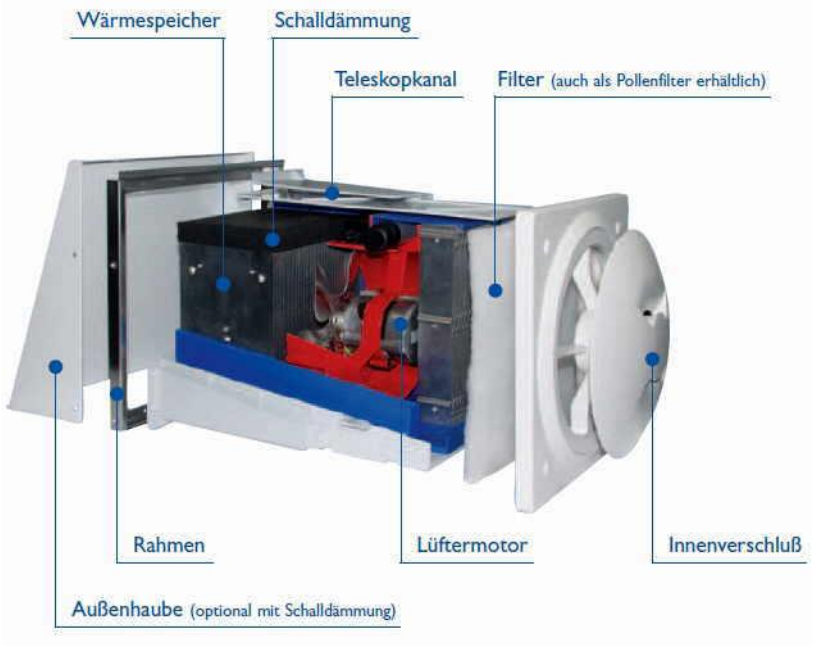


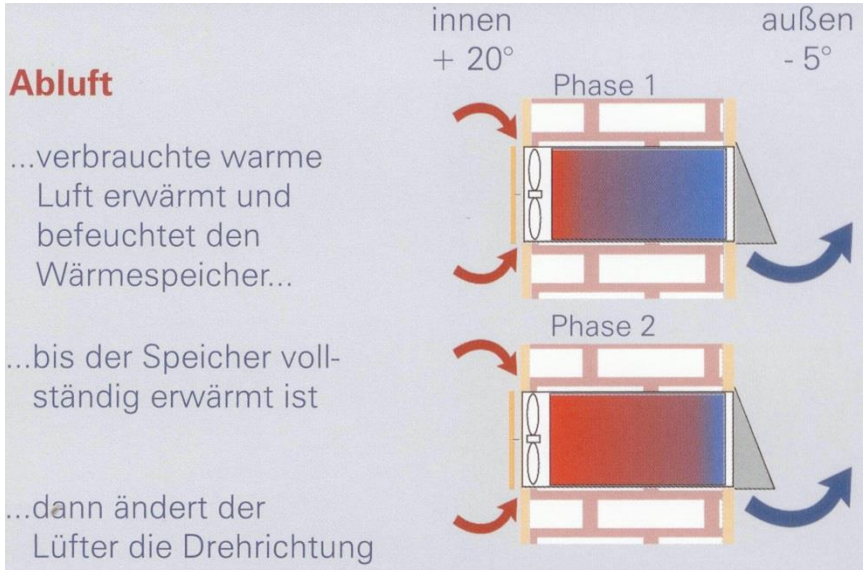
Dezentrale Lüftung mit Wärmerückgewinnung mit rekuperativem Wärmetauscher

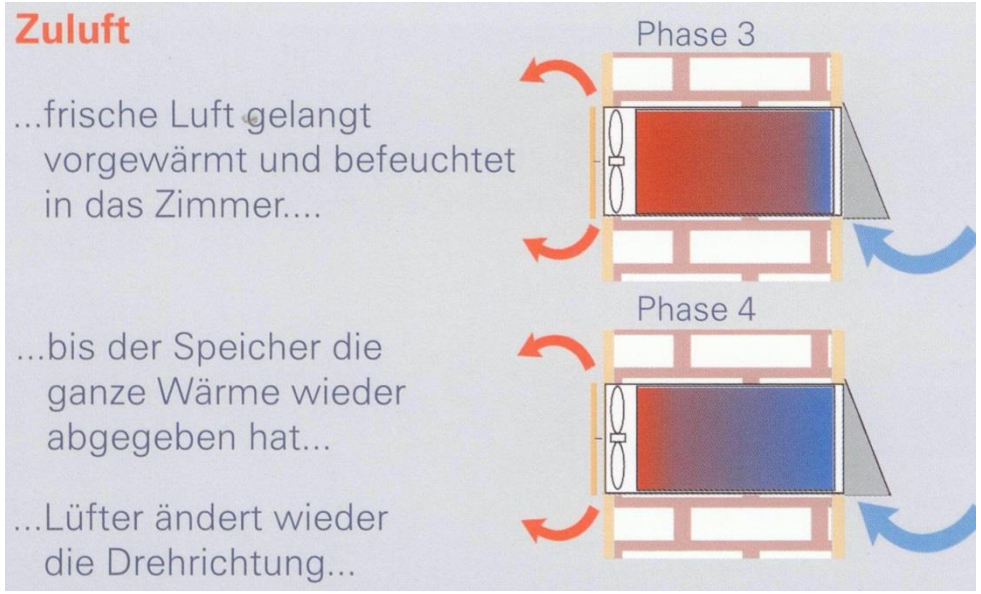


Platzierung des Lüftungsgerätes „VENTOS“ neben dem Heizkörper

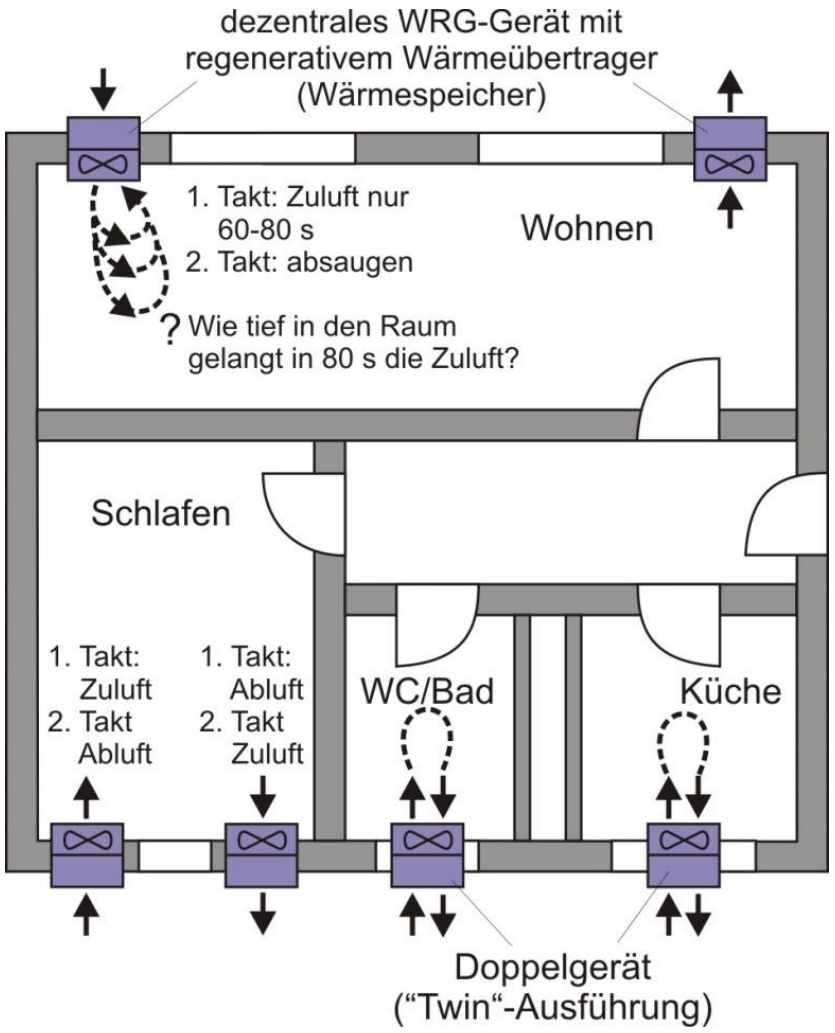
Dezentrales Gerät mit regenerativem Wärmespeicher



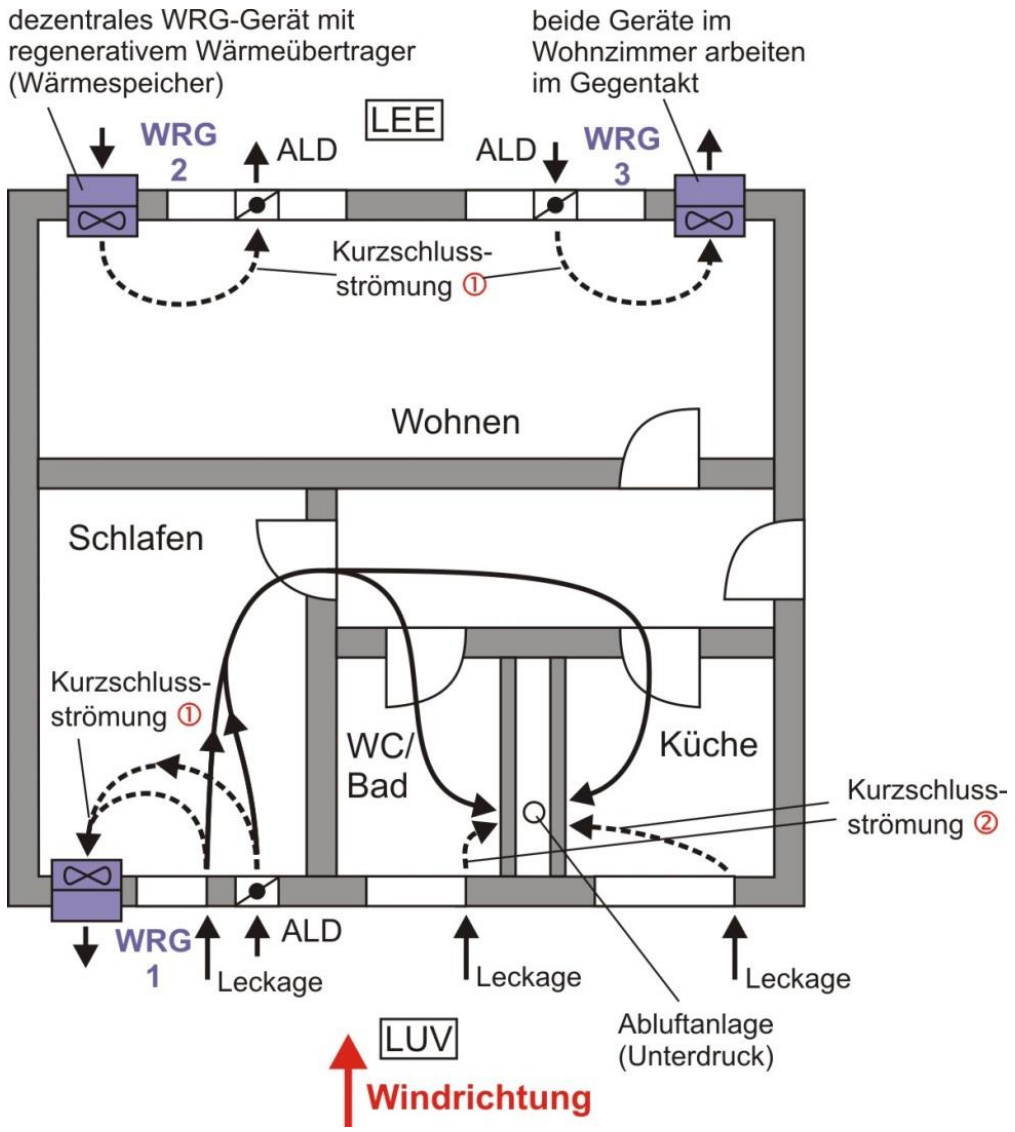




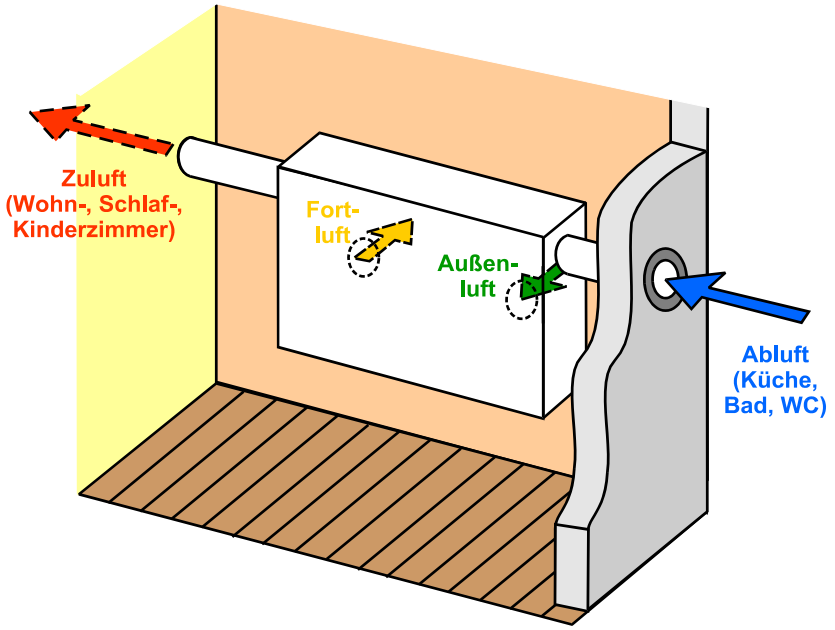
Dezentrales Wärmerückgewinnungsgerät mit regenerativem Wärmespeicher in einer Wohnung ohne Abluftanlage



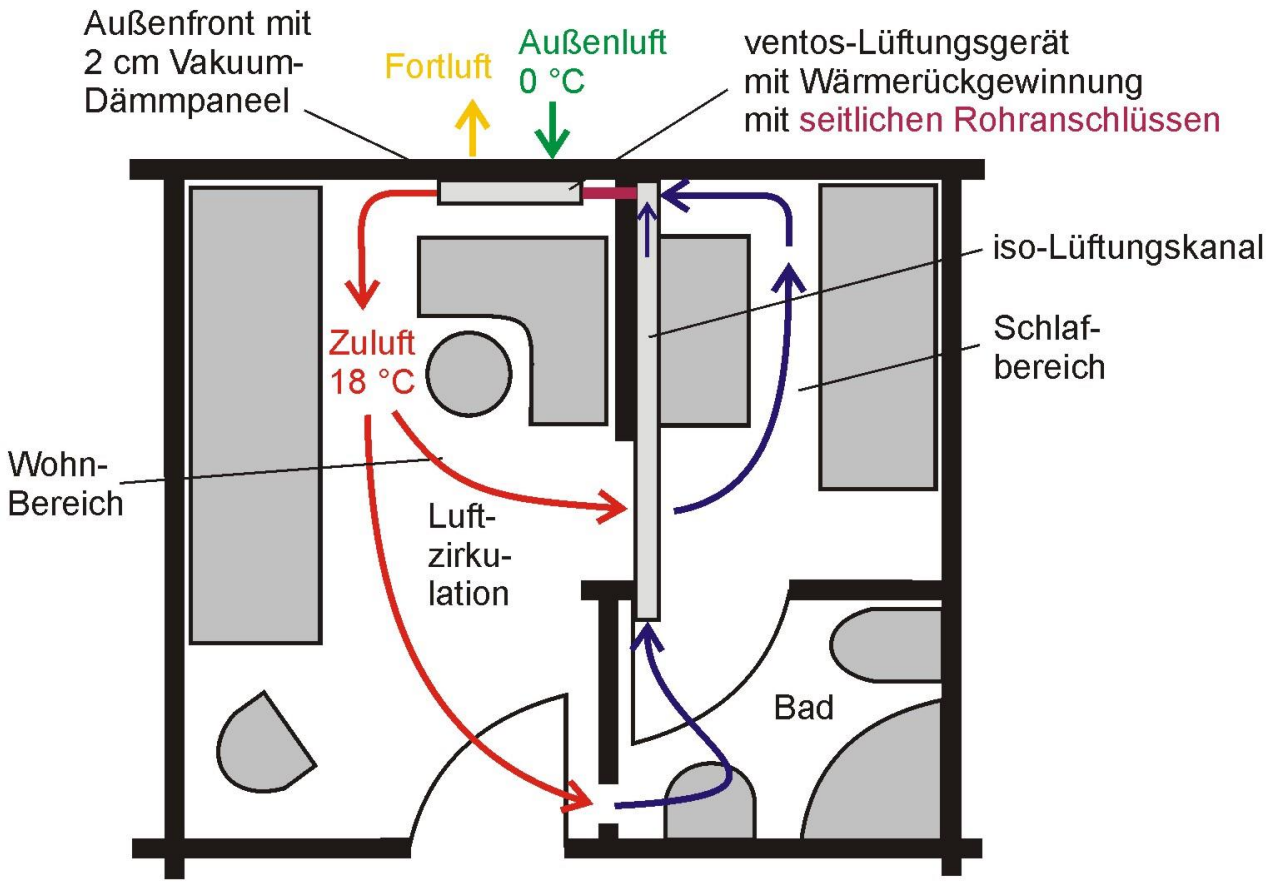
Dezentrales Wärmerückgewinnungsgerät mit regenerativem Wärmespeicher in einer Wohnung mit Abluftanlage inklusive Außenluftdurchlass (ALD)



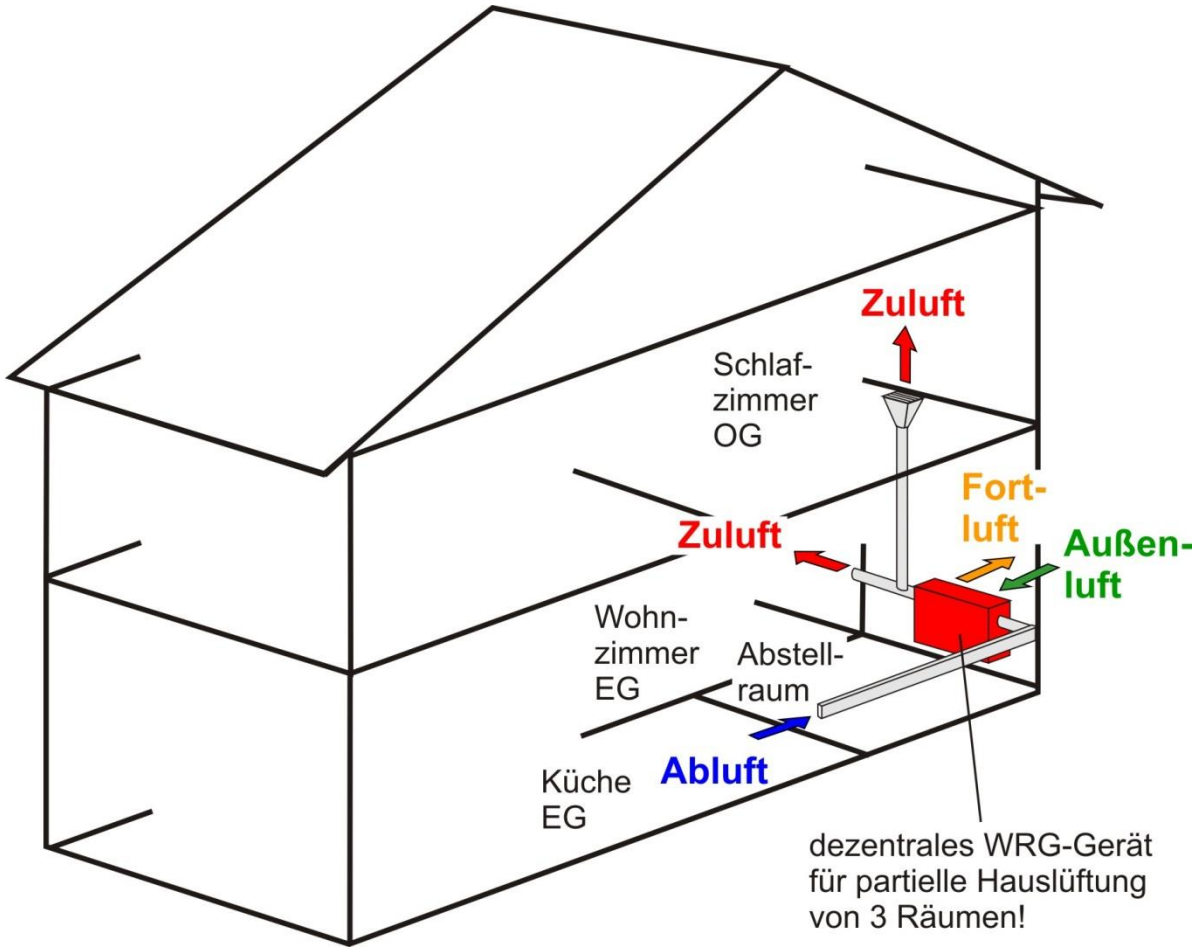
Insellösung mit „VENTOS“-Gerät eingebaut



Appartement mit Wärmerückgewinnungsgerät „VENTOS“ und guter Luftzirkulation (Insellösung)



Insellösung im Einfamilienhaus zur partiellen Hauslüftung mit super kurzen Leitungen



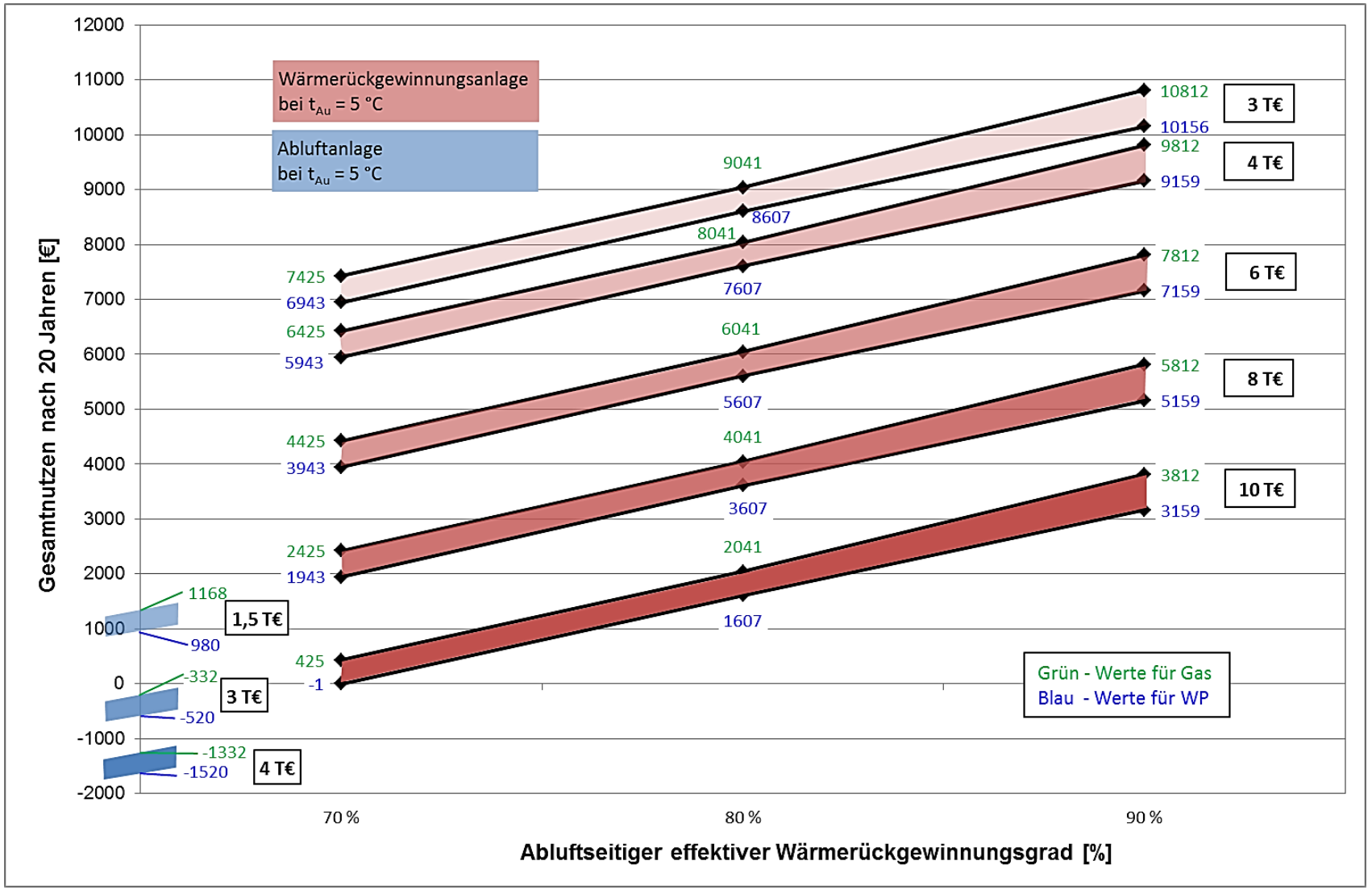
3. Energie-Einspareffekte

Lohnt sich die Investition einer Lüftungsanlage mit WRG bei 20 Jahren Betriebsdauer?

Gesamt-nutzen	=	Betriebskosten-Einsparung in 20 Jahren	-	Investitions-kosten

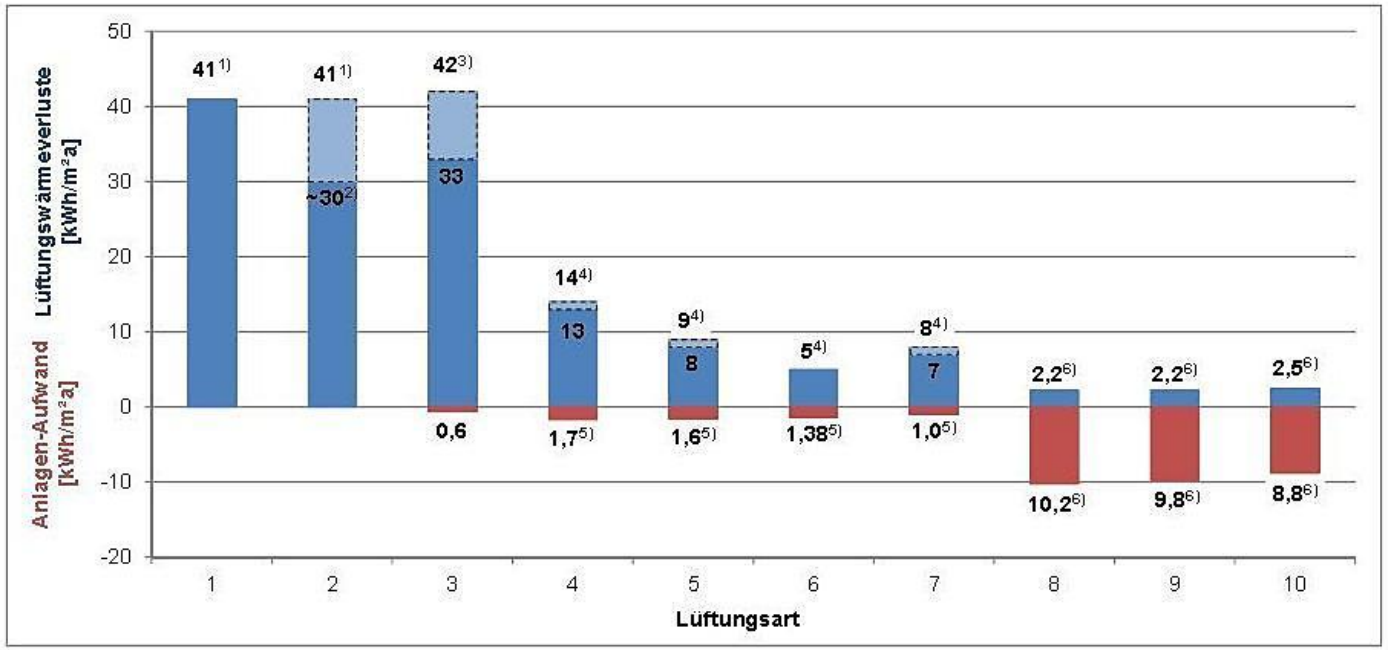
- im gemäßigten Klima: Deutschland, New York
  Außentemperatur 5 °C (in Heizperiode)
- bei verschiedenen Investkosten 3 bis 10 T€
- bei verschiedenen Wärmerückgewinnungsgraden
- mit steigenden Energiepreisen: Steigerung 3 % pro Jahr

Lohnt sich die Investition einer Lüftungsanlage mit WRG bei 20 Jahren Betriebsdauer?



Übersicht zum Lüftungswärmeverlust, Anlagen-Aufwand und Luftwechsel bei verschiedenen Lüftungsarten (im Buch Bild 5.222)

freie Lüftung		ventilatorgestützte Lüftung								
			Zu-/Abluftanlage ...							
			... mit WRG				... mit WP			
Quer-lüftung (Fenster-lüftung)	Schacht-lüftung	Abluft-anlage	normaler WÜT η_{eff} =			Feuchte-WÜT η_{eff} =	Zu-/Abluft-WP		Abluft-Wasser-WP	
			70%	80%	95%	84%	ohne WÜT	mit WÜT		



n_{Fe}	0,42-0,64	./.	0,15 13)	0,08 8)	0,07	0,05 10)	0,05 10)	0,05	0,05	0,15 13)
n_{Sch+Fe}	./.	0,47-0,62	./.	./.	./.	./.	./.	./.	./.	./.
n_{Inf}	0,09-0,20	0,11-0,15	0,06	0,06 9)	0,04	0,03 11)	0,03 11)	0,04	0,04	0,06
n_{Anl}	./.	./.	0,35-0,5 7)	0,35-0,4	0,33-0,4	0,307-0,35 12)	0,307-0,35 12)	0,4	0,4	0,35-0,5 7)
Σn	0,51-0,84 1)	0,58-0,77	0,56-0,71	0,49-0,54	0,44-0,51	0,39-0,43	0,39-0,43	0,49	0,49	0,56-0,71

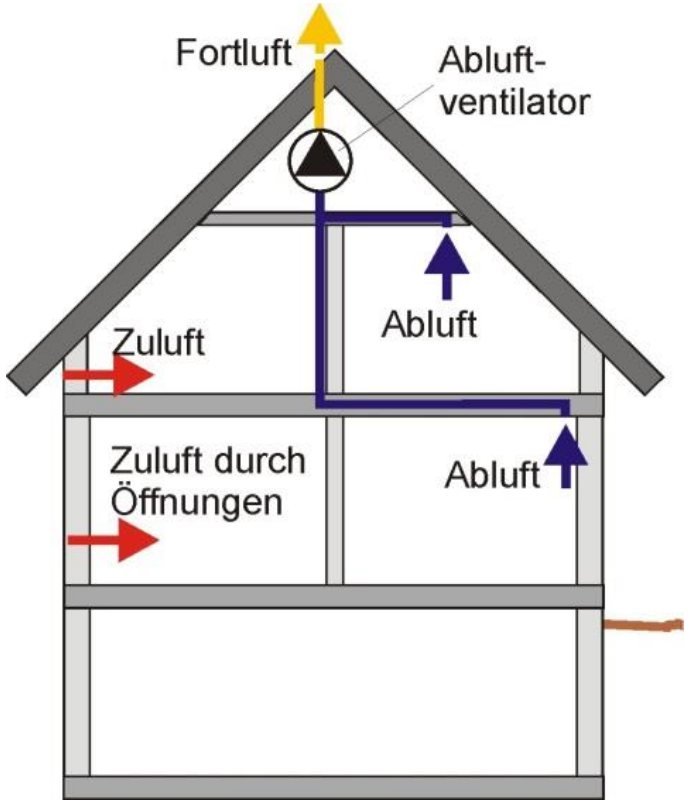
Übersicht zum Lüftungswärmeverlust, Anlagen-Aufwand und Luftwechsel bei verschiedenen Lüftungsarten (im Buch Bild 5.222)

1) lt. DIN V 4108-6, Gl. (12), (15), n = 0,7 h^{-1}
2) Bild 5.10: Schachtlüftung, n = 0,3…0,5 h^{-1}
3) Tabelle 5.9
4) Tabelle 5.17, mit ausbalancierten Volumenströmen (Zuluft = Abluft) → volumenstrom-konstantgeregelte Ventilatoren
5) Aufwand: Strom für Ventilatoren und E-Defroster → Bild 5.222 und Tabelle 5.78
6) aus DIN V 4701-10, Pkt. 5.2.3.3.1, Tab. C.1-4a+d, hoher Aufwand bei WP durch Kompressor
7) keine kontrollierte Zuluft-Einbringung
8) η = 70 % → Zugluft + Gerätegeräusche → Ventilator-Drosselung + Fensterlüftung
9) bei n_{50} = 1 h^{-1}
10) Tabelle 5.18
11) Tabelle 5.19
12) Tabelle 5.12
13) Bild 5.23 und Punkt 5.1.4 j) $n_{Fe,Ab} = 3 \cdot n_{Fe,WRG} = 3 \cdot 0{,}05\ h^{-1} = 0{,}15\ h^{-1}$

n [h^{-1}] – Luftwechsel bei …..
n_{Fe} – Fensterlüftung
n_{Sch+Fe} – Schacht- und Fensterlüftung
n_{Inf} – Infiltration
n_{Anl} – Anlagenlüftung

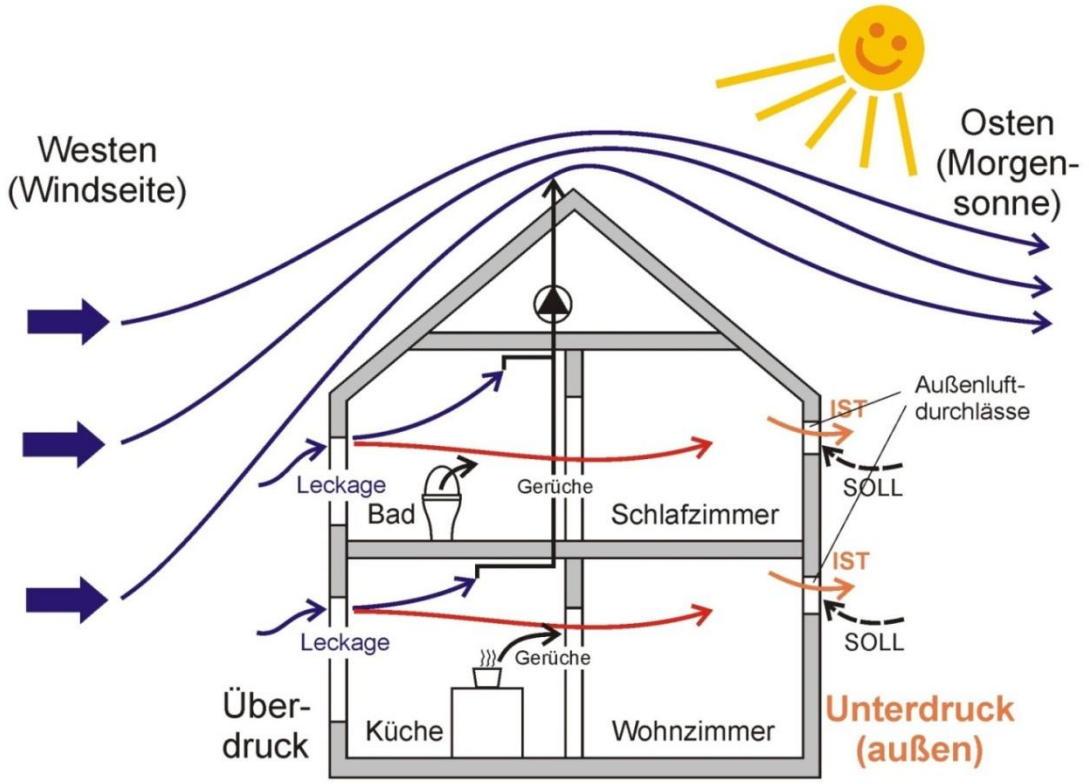
4. Hinweise zur Abluftanlage

Abluftanlage = kontrollierte Entlüftung



- kontrollierte Abfuhr verbrauchter Luft
- Frischluftversorgung über Außenwand-Luftdurchlässe, teilweise feuchtegeregelt
- Frischluftversorgung unkontrolliert und oft ungenügend (windabhängig)
- Frischluft – viele Filter
- Dosierbarkeit nur bedingt
- keine Wärmerückgewinnung
  kalte Zuluft, Zugerscheinung möglich
- durch das Unterdruckprinzip nicht für Kamin-betrieb und Radonminimierung zu empfehlen

Luftstromrichtungen in einem EFH mit Abluftanlage infolge der Ventilator- und äußeren Windkräfte (im Buch Bild 5.15)



Quelle:

[1] Heinz, E.: Wohnungslüftung – frei und ventilatorgestützt, Anforderungen, Grundlagen, Maßnahmen, Normenanwendung; Beuth Verlag GmbH, S. 211

[2] Reichel, D.: zur Zuluftsicherung von nahezu fugendichten Gebäuden mittels dezentraler Lüftungseinrichtungen – Dissertationsschrift, Dresden 1999

Abluftanlage

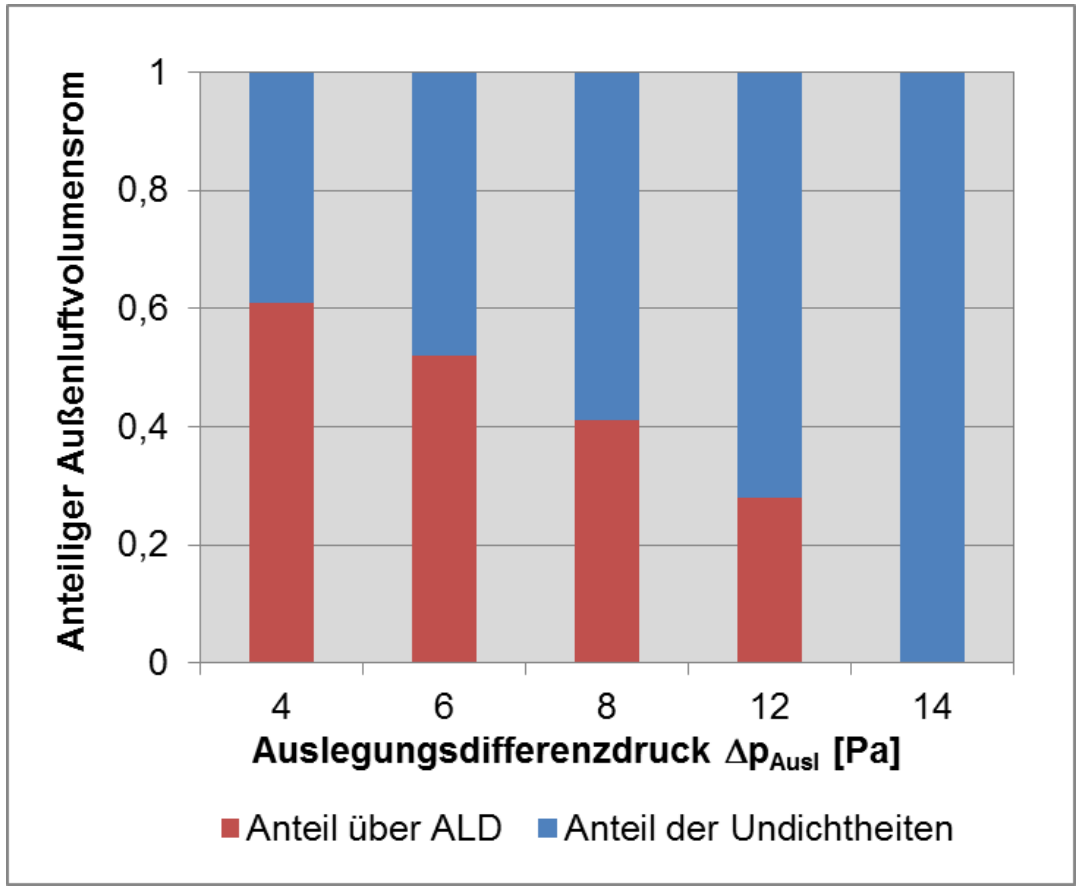
- Luftstromrichtung: Abluftzimmer → Zuluftzimmer
- Der Anteil dieser Luftstrom-richtung ist abhängig von der Windstärke (Druckdifferenz zwischen Innen und Außen)
- Windrichtung: Westen
- Schlafzimmer: Osten

Wenn der Unterdruck auf Außenseite > Innenseite (Schlafzimmer, Wohnzimmer) → bei $v \geq 9...13$.m/s Windgeschwindigkeit (kleine Bäume schwanken), dann strömt Abluft über das Zuluftzimmer nach draußen. [1] [2]

↓

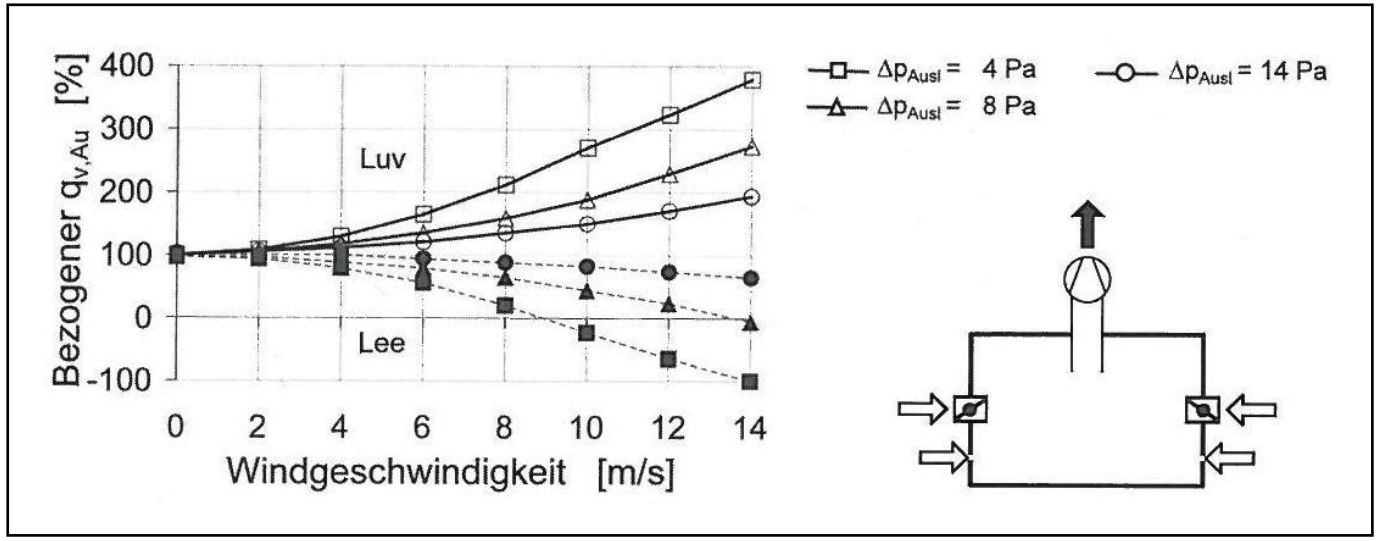
unkontrollierte Luftrichtung!

Über die ALD einströmender Außenluftanteil in Abhängigkeit vom Auslegungsdifferenzdruck Δp_{Ausl} der ALD (im Buch Bild 5.16)



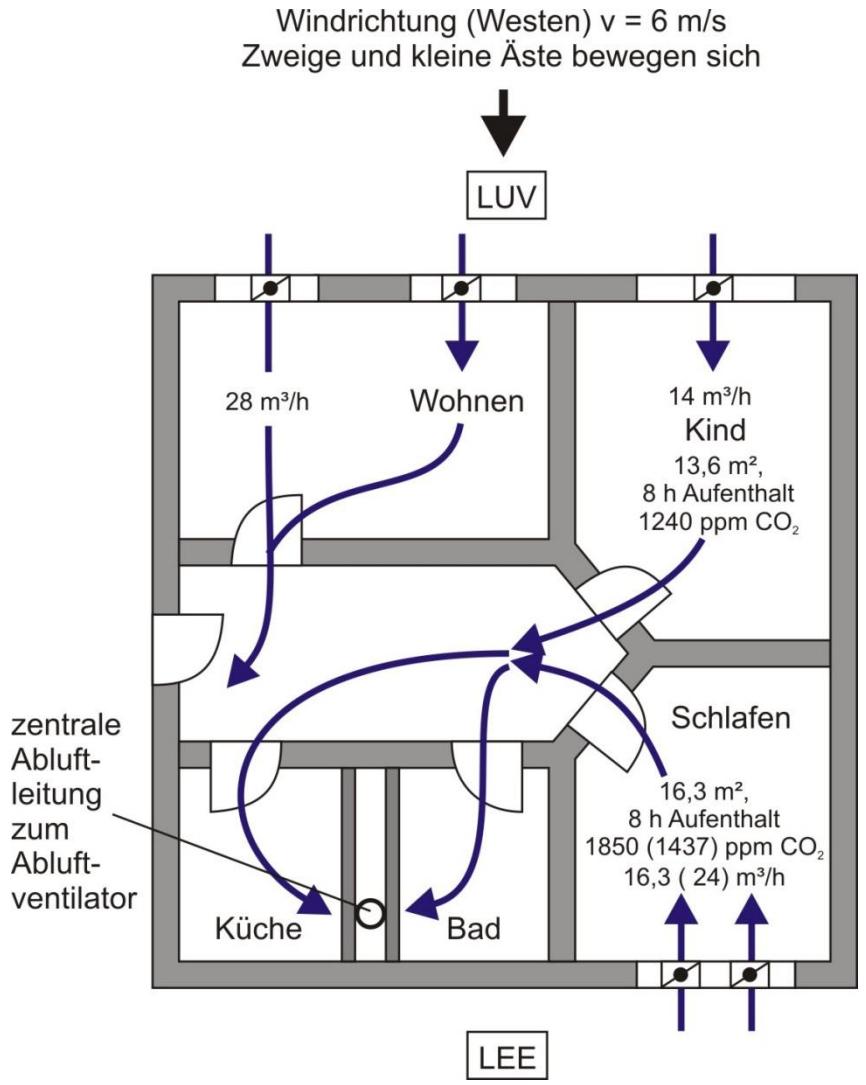
Quelle: Reichel, D.: kritische Anmerkungen zur Zuluftversorgung von Etagenwohnungen, TAB Technik am Bau 12/1998

Einfluss des Auslegungs-Differenzdrucks vom ungeregelten ALD auf die Stabilität der Luftvolumenströme von Abluftanlagen (im Buch Bild 5.17)



Quelle: Reichel, D.: Zur Zuluftsicherung von nahezu fugendichten Gebäuden mittels dezentraler Lüftungseinrichtungen – Dissertationsschrift, Dresden 1999

Wohnung mit Abluftanlage und ALD bei einer Windgeschwindigkeit von 6 m/s, Außenluftvolumenströme und CO_2-Konzentration in den Räumen auf Luv- und Leeseite (im Buch Bild 5.20)

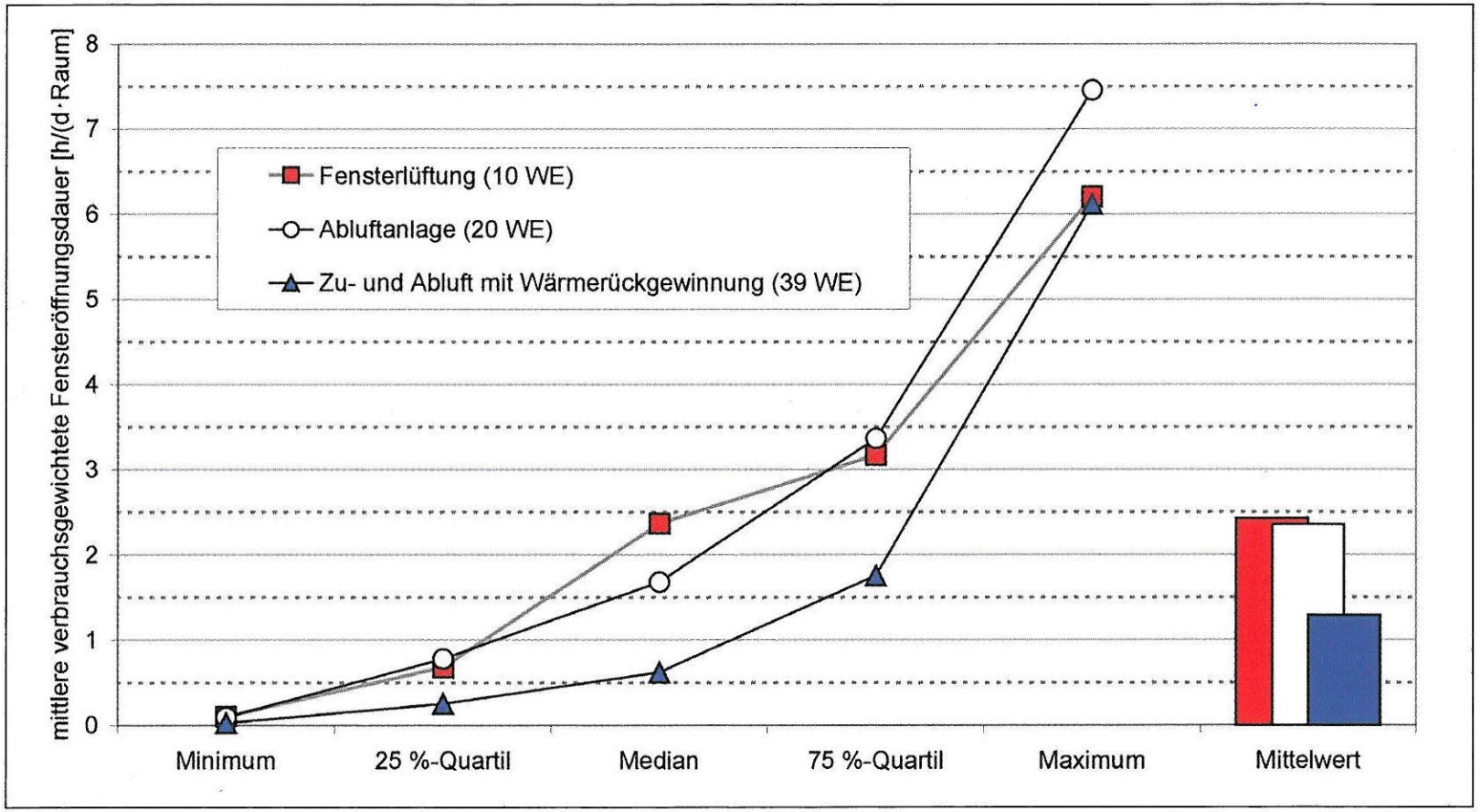


Windgeschwindigkeit, Windrichtung, Schwankungen des Außenluftvolumenstromes und CO_2Konzentration

Aus der Windgeschwindigkeit und der Windrichtung (LUV, LEE) resultierende Schwankungen des Außenluftvolumenstromes über ALD in zwei Räumen, sowie sich einstellende CO_2Konzentration ohne Beachtung des Infiltrationsvolumenstromes (Tab. 5.6)

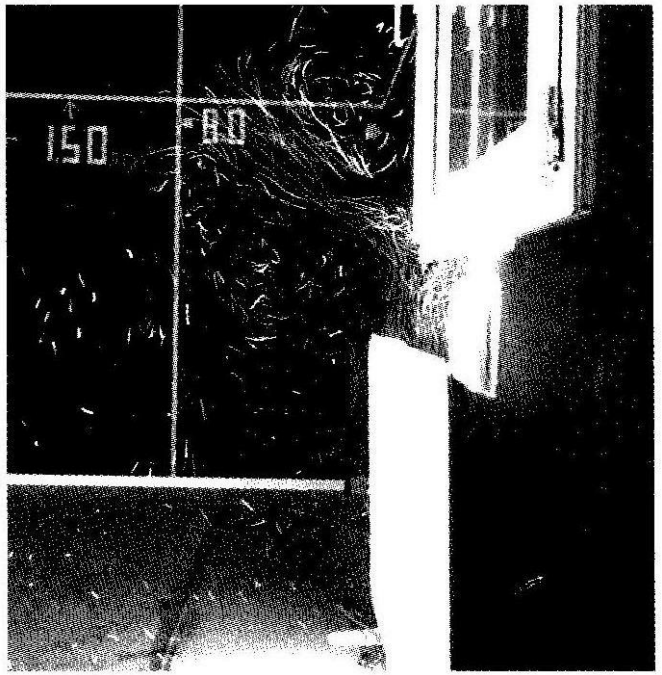
Windgeschwindigkeit v [m/s]		0	4	6	8	10
Auslegungsdifferenzdruck Δp_{Ausl} [Pa]		8				
Klassifizierung der Raumluftqualität IDA1 – hohe Raumluftqualität IDA2 – mittlere Raumluftqualität IDA3 – mäßige Raumluftqualität IDA4 – niedrigste Raumluftqualität	Kind	4	3	3	3	3
	Schlafen	4	4	4	4	4
Häufigkeit der Windgeschwindigkeit und der Raumluftqualität in der Heizperiode		48 %		49 %		3 %

Verbrauchsgewichtete Fensteröffnungszeiten von Neubauten mit verschiedenen Lüftungsarten (im Buch Bild 5.23)

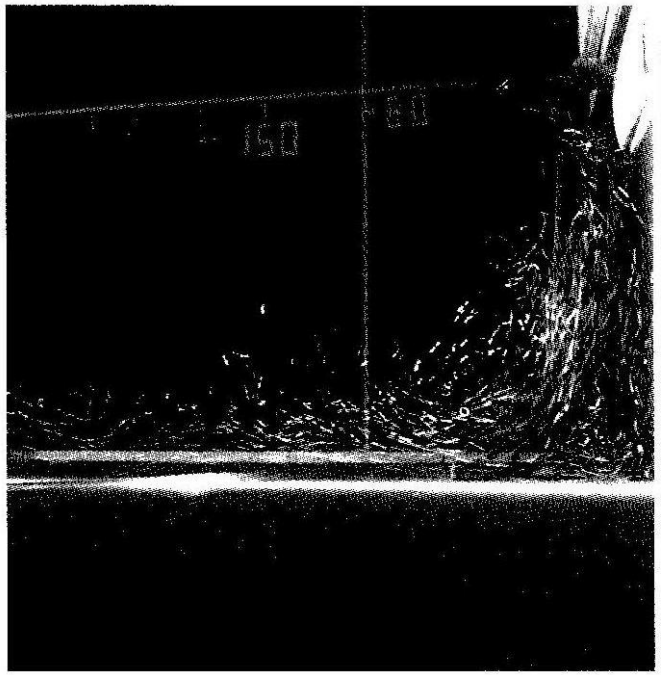


Quelle: Großklos, M.; Knissel, J.; Loga, T.: Fensterlüftung in Passivhäusern – in Künzel, H.: Wohnraumlüftung und Raumklima, Fraunhofer irb Verlag, 2009

Zuluftführung kalter Außenluft sowohl mit als auch ohne Heizkörpereinfluss (im Buch Bild 5.21)



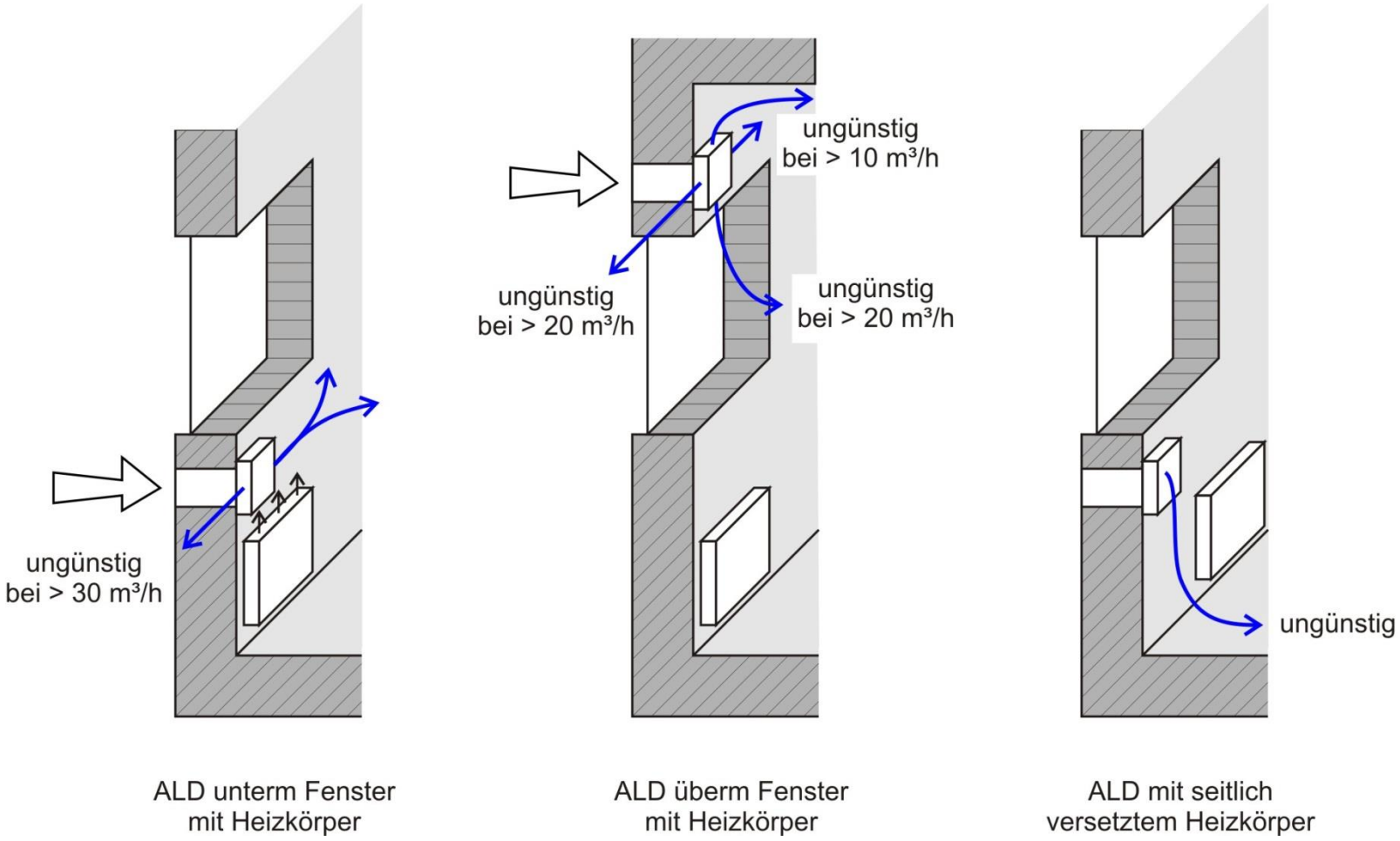
Raumluftströmung mit Heizkörper
Außenlufttemperatur $\Theta_{au} \approx 5\,°C$
Differenzdruck $\Delta p \approx 8$ Pa,
Temperatur Heizkörper $\Theta_{HK} \approx 26\,°C$,
Zuluftvolumenstrom $q_V \approx 19$ m³/h



Raumluftströmung ohne Heizkörper
Außenlufttemperatur $\Theta_{au} \approx 5\,°C$
Differenzdruck $\Delta p \approx 8$ Pa,
Zuluftvolumenstrom $q_V \approx 19$ m³/h

Quelle: Markfort / Heinz in AIRTec 3/2004, S. 12

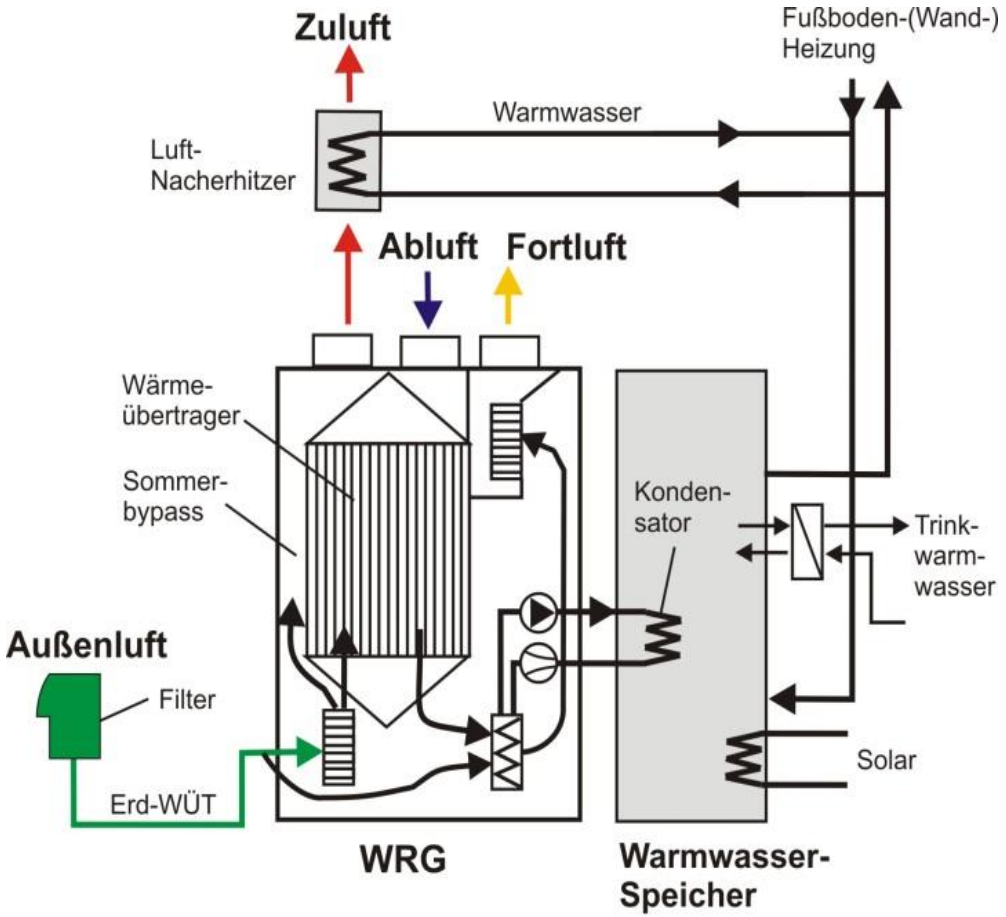
Luftströmung von ALD in Kombination mit Heizkörper, abgeleitet aus [1] (im Buch Bild 5.22)



Quelle: [1] Markfort / Heinz in AIRTec 3/2004, S. 8 -13

5. Passivhaus- Kompaktgeräte

WRG mit Fortluft-Wasser-Wärmepumpe mit zusätzlicher Außen-luftansaugung (Passivhaus-Kompaktgerät) (im Buch Bild 5.148)

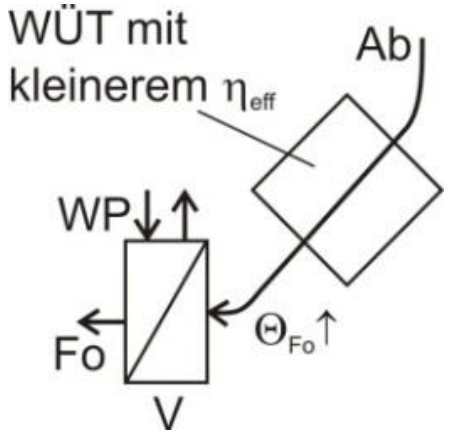
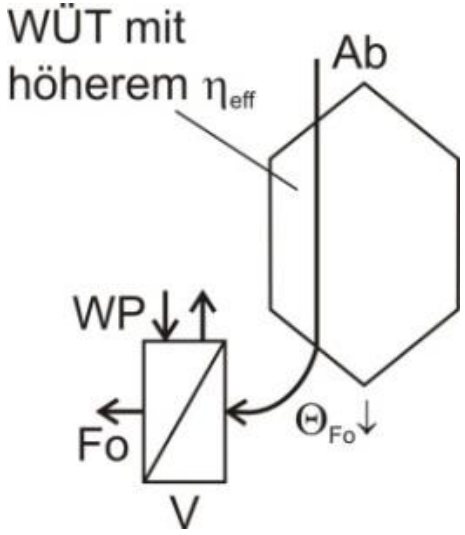


ε = 3,4...5,2 (bei 35 °C Wassertemperatur)
ε = 2,8...4,6 (bei 50 °C Wassertemperatur)

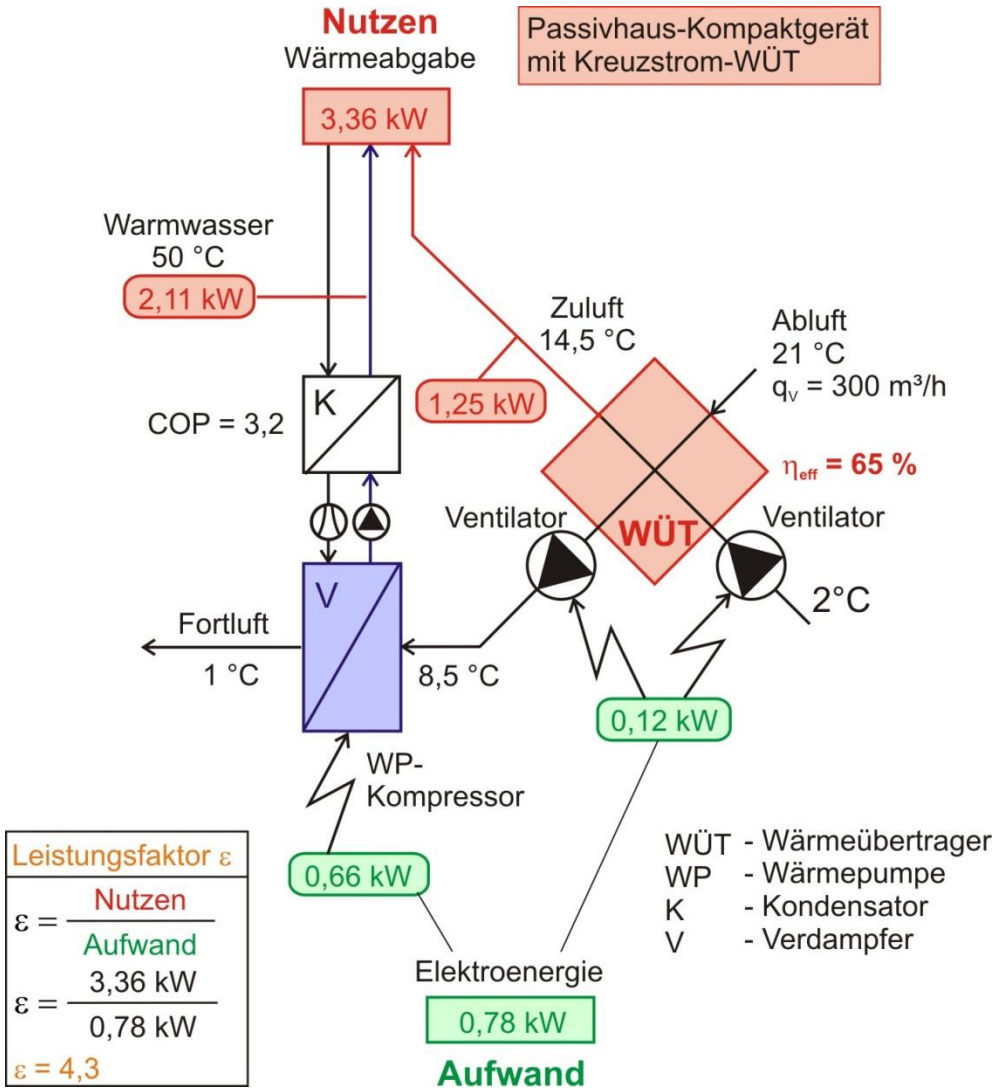
Passivhaus-Kompaktgerät (WÜT + WP) – Vergleich

bei WÜT mit unterschiedlichem η_{eff} und Auswirkung auf Gesamt-COP

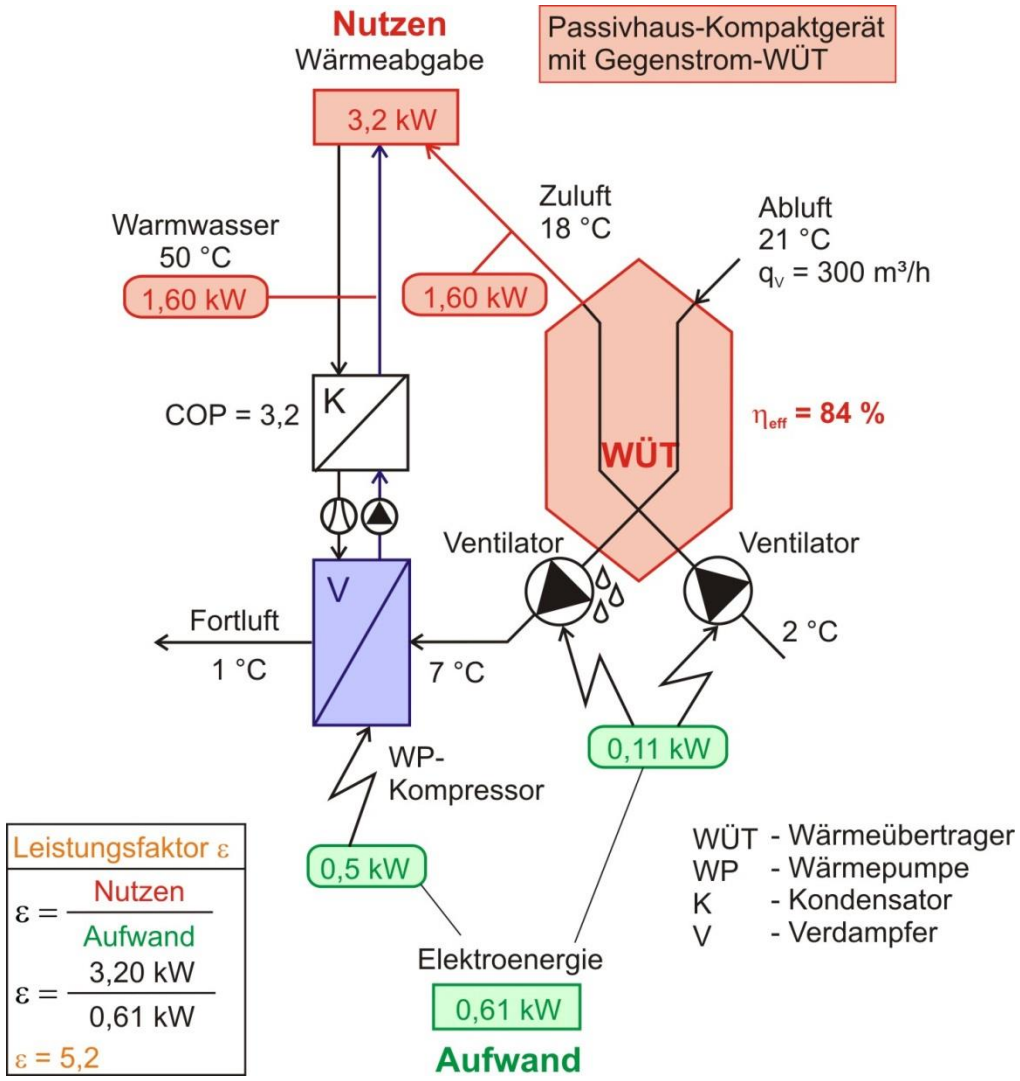
(im Buch Tab. 5.44)

		
Fortluft-Temperatur	höher	niedriger
WP-Leistung deswegen:	höher	niedriger
WP-ε-Wert (COP)	höher	niedriger
ABER: Gesamt-ε (COP) für WÜT + WP	niedriger	höher

Passivhaus-Kompaktgerät mit Kreuzstrom-WÜT sowie Fortluft-Wasser-Wärmepumpe (WP) – resultierender Leistungsfaktor ε vom Gesamtgerät (WÜT + WP) (im Buch Bild 5.154)



Passivhaus-Kompaktgerät mit Gegenstrom-WÜT sowie Fortluft-Wasser-Wärmepumpe (WP) – resultierender Leistungsfaktor ε vom Gesamtgerät (WÜT + WP) (im Buch Bild 5.155)

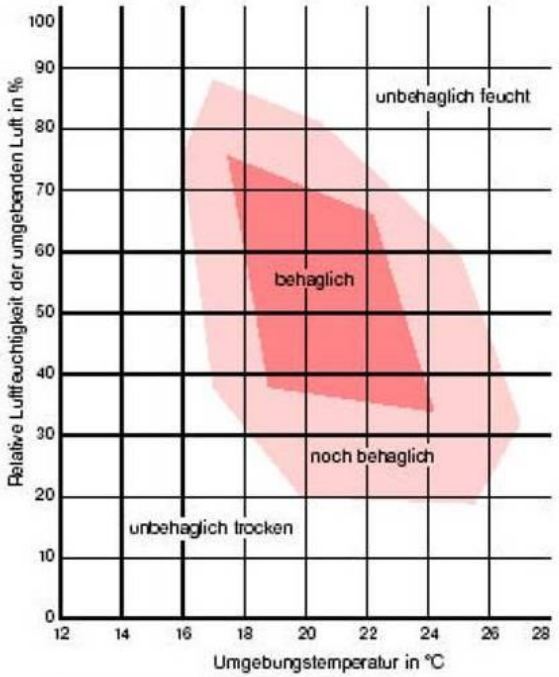


6. Zu trockene Luft bei Lüftungsanlagen?

Raumluftfeuchte

Komfortanforderungen des Menschen

Thermische Behaglichkeit



- Komfortgleichung nach Fanger, in EN ISO 7730 eingegangen,
  - abhängig von Lufttemperatur, Strahlungstemperatur, Luftfeuchte, Luftbewegung, Aktivität (met), Kleidung (clo)
  - komplexes Gleichungssystem, per Rechner iterativ zu lösen
  - Berechnung PMV (durchschnittliche Zufriedenheit)
  - daraus PPD (Anteil der Unzufriedenen)
- Minimaler PPD bei vielen Personen, gleichem Zustand: 5%

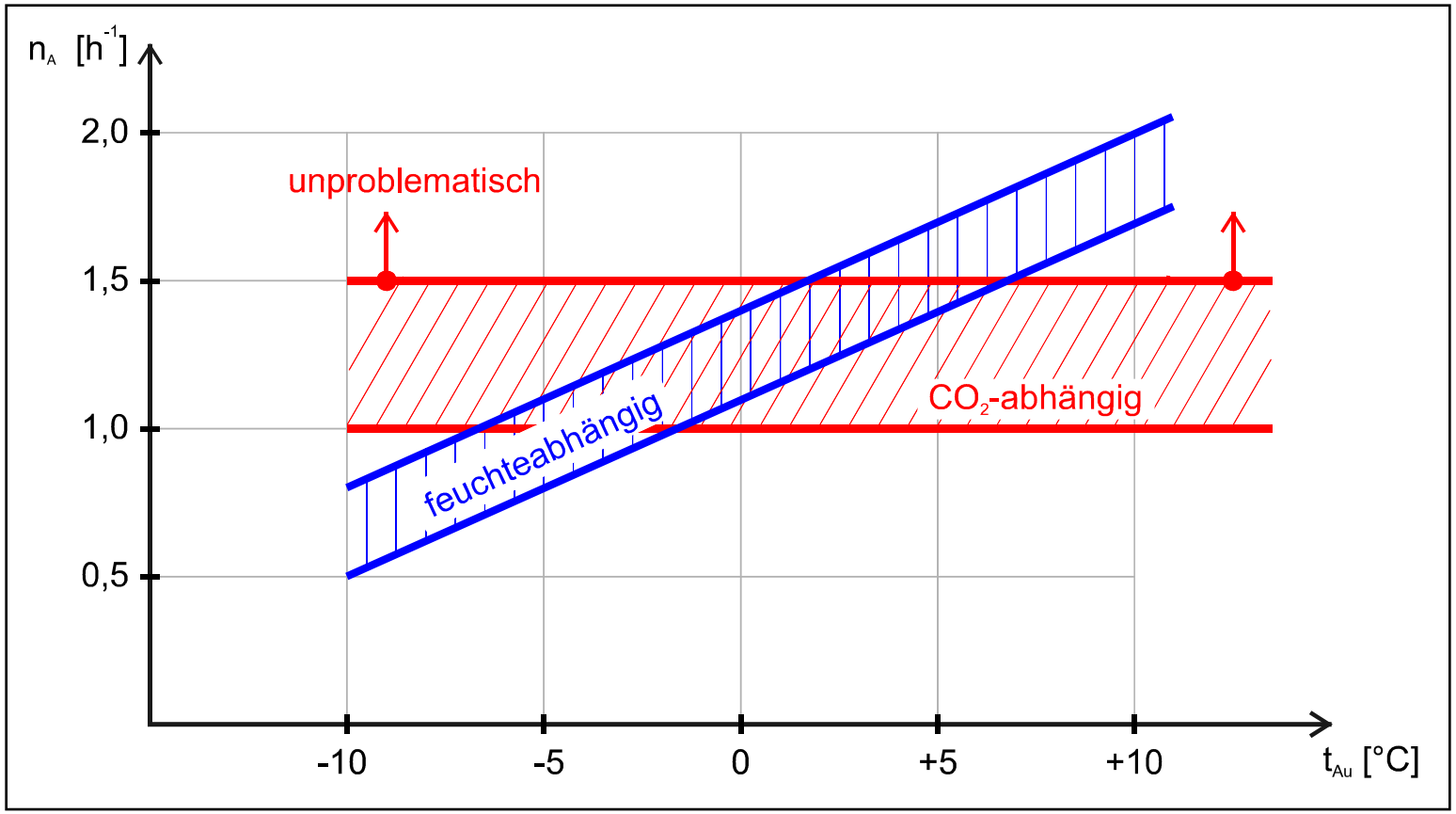
  -> individuelle Feinregulierung notwendig

Fraunhofer Institut Solare Energiesysteme

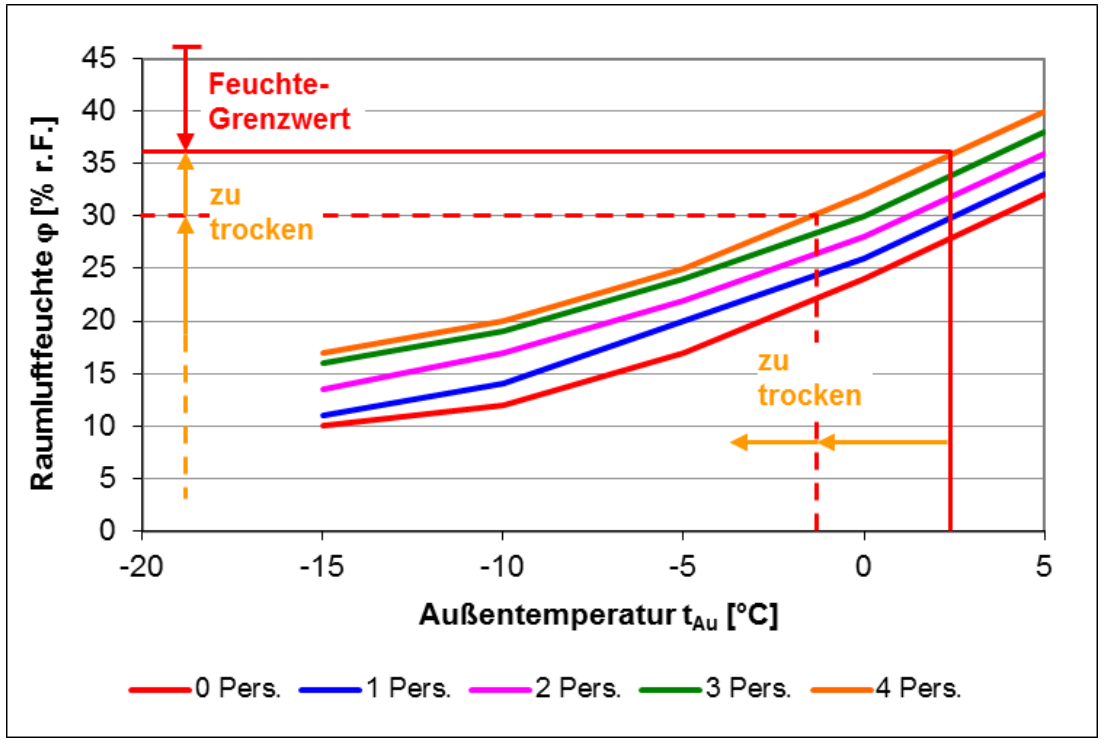
Erforderlicher Anlagenluftwechsel n_A hinsichtlich des CO_2-Gehaltes und der Raumluftfeuchte bei verschiedenen Außentemperaturen t_{Au}

Beispiel: Schlafzimmer 27 m³,
2 Personen, 8 h, t_{Raum} = 18 °C, φ_{Au} = 80 %

Grundregel: Schlafzimmer
t_{Au} = - 10 °C → 0,7 h^{-1}
t_{Au} = + 10 °C → 1,7 h^{-1}



Raumluftfeuchte bei Einhaltung des CO_2-Grenzwertes nach Pettenkofer



$\dot{V}_{Anlage}$ = 128 m³/h für 170 m² EFH

n_{Anlage} = 0,3 h^{-1}

$\dot{V}_{Infiltration}$ = 22 m³/h

$n_{Infiltration}$ = 0,05 h^{-1}

$\dot{V}_{Anlage} + \dot{V}_{Infiltration}$ = 150 m³/h

ca. 1.000 ppm CO_2 in allen Zimmern erreicht (Pettenkofer-Grenzwert!)

normal **dicht**!:

- n_{50} = 1,0 h^{-1}
- mittelmäßig windexponiert nach EN 832
- windschwach nach DIN 1946-6:2009-05

durchschnittliche Personenbelegung im 3 Personenhaushalt (1 Berufstätiger, 1 Kind: Kindergarten oder Schule): ∅ 2,2 Personen/d anwesend

Einhaltung des CO_2-Grenzwertes nach Pettenkofer

Zur Einhaltung des CO_2-Grenzwertes nach Pettenkofer (1.000 ppm) ist bei 170 m² Wohnfläche erforderlich:

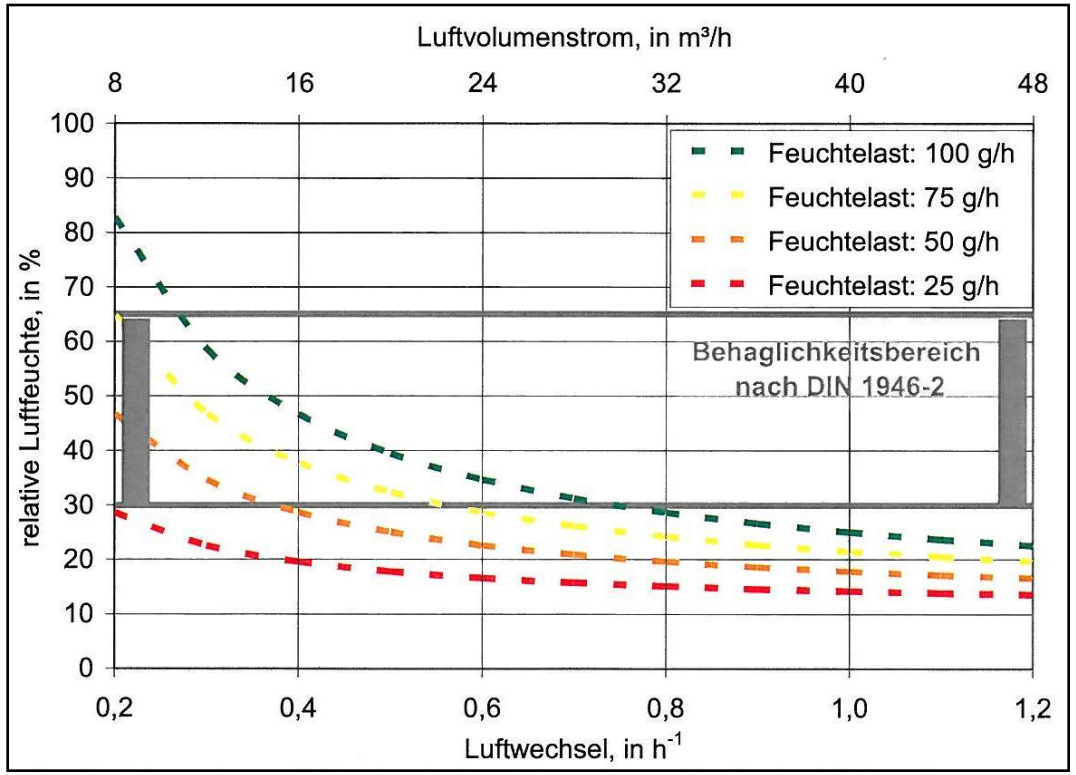
$n = 0{,}35\ h^{-1} \rightarrow n_A + n_I = 0{,}3\ h^{-1} + 0{,}05\ h^{-1}$

n_A - Anlagenluftwechsel → $n_A = 0{,}3\ h^{-1} \mathrel{\widehat{=}} \dot{V} = 128\ m^3/h$

n_I - Infiltration (sehr dicht = $0{,}05\ h^{-1}$) $\mathrel{\widehat{=}} \dot{V} = 22\ m^3/h$

für relative Feuchtewerte - Berechnung liegt zugrunde:
40 Pflanzen (60 g H_2O/d·Pflanze)
Kochen + Geschirrspülen (800 g/d) und … Personen (50 g/h·Person)

Relative Luftfeuchte in Abhängigkeit von Luftwechsel und Feuchtelast – stationäre Bilanz „Frosttemperaturen“



Randbedingungen:
A_{Raum} = 16 m²
V_{Raum} = 40 m³
t_i = 20 °C
t_a = -10 °C
φ_a = 95 %

Feuchtelast 25 g/h:
- 5 Pflanzen
  (5 · 2 g/h = 10 g/h)[1)]
- 1 Person
- ca. 7 h/d anwesend
  (50 g/h · 7h/24h = 15 g/h)[1)]

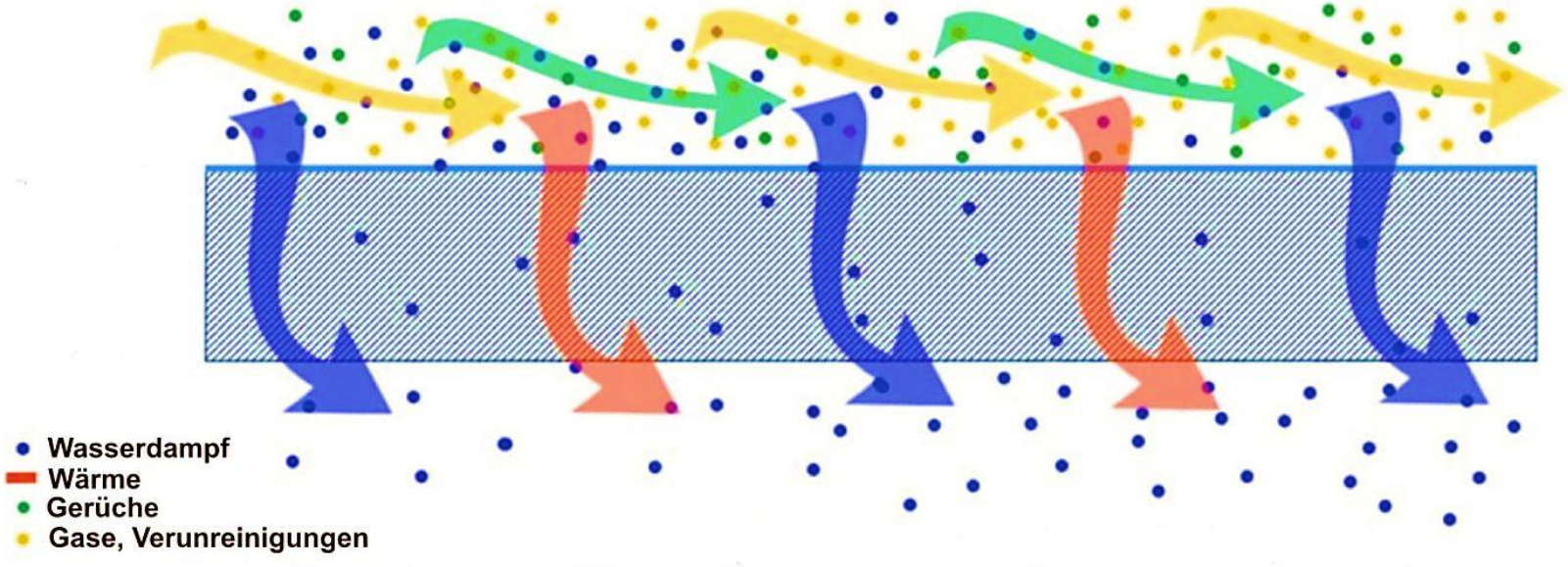
Feuchtelast 100 g/h:
- 10 Pflanzen
  (10 · 2 g/h = 20 g/h)[1)]
- 2 Personen
- ca. je 19 h/d anwesend
  (50 g/h · 2 Pers. · 19h/24h = 80 g/h)[1)]

[1)] Nebenrechnung von E. Paul

Anmerkung von E. Paul: Beim Betreten eines Raumes und vorhergehender Abwesenheit von Personen wird man eine Raumluftfeuchte von 15…20 % vorfinden.

Quelle: „Lüftungsdiskussion – quo vadis?“, überarbeiteter Nachdruck aus „HLH Heizung-Lüftung/Klima-Haustechnik“, 53. Jahrgang, Juni 2002, Dr. Thomas Hartmann, ITG - Institut für Technische Gebäudeausrüstung Dresden - Forschung und Anwendung GmbH, Prof. Dr. Wolfgang Richter, Dipl.-Ing. Joachim Seifert, Institut für Thermodynamik und Technische Gebäudeausrüstung, Technische Universität Dresden

Physik des Feuchtigkeitstransports durch die Feuchte-Wärmetauscher-Membran

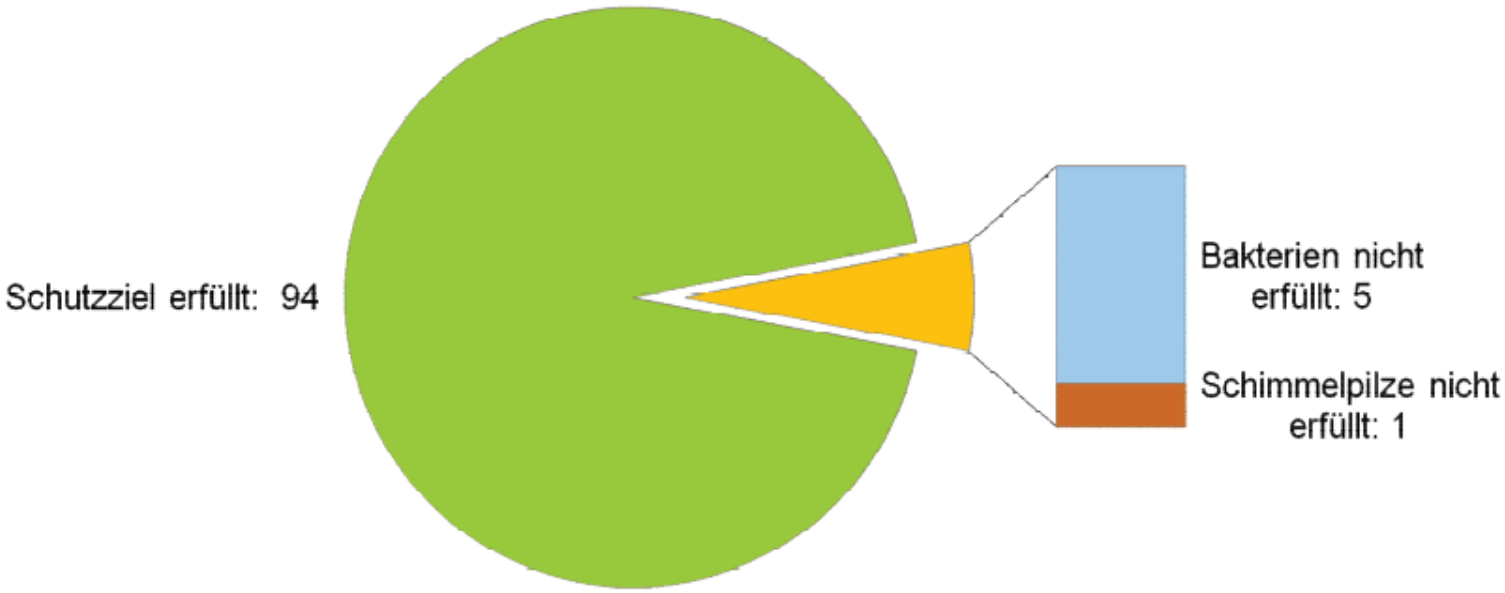


7. Hygiene bei Wohnungslüftungsanlagen

Lüftungsanlage – Feldtest zur Hygiene in der Schweiz

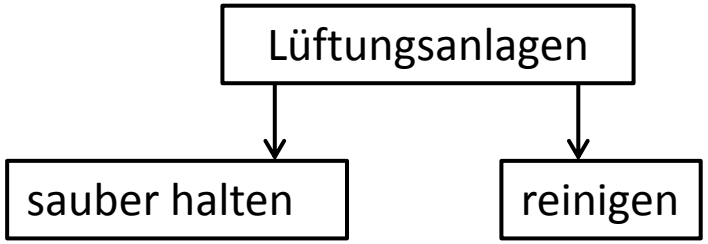
VORGE-HEN | RESUL-TAT | KORRE-LATION | FAZIT

Schutzziel



Quelle: 2. Schweizer Hygienetagung – Roland Graz – 26. Januar 2013

Lüftungsanlagen reinigen – sauber halten



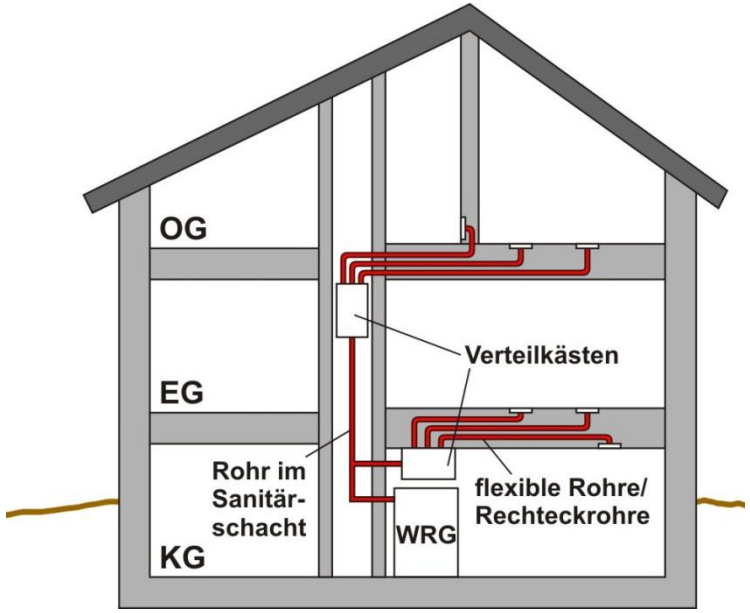
Das Reinigen von

verschmutzten!

Rohren ist → teurer und
→ unhygienischer
gegenüber dem Sauberhalten!

Reinigen

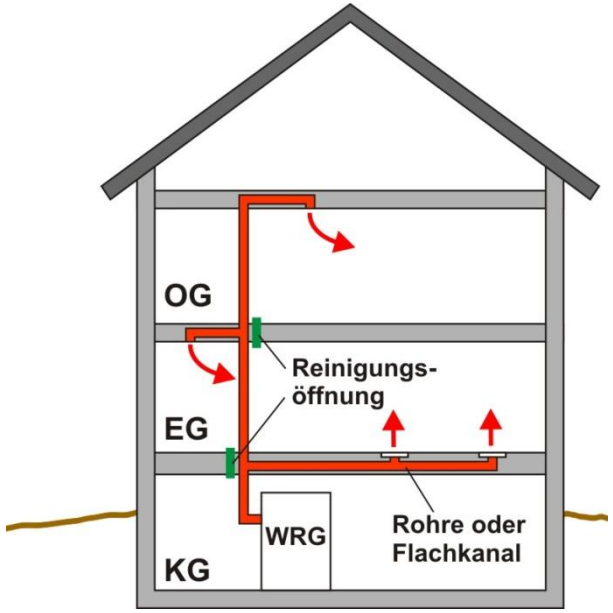
Spaghettisystem (Zuluftsystem) OCTOPUS



leicht reinigbar:

- vom Verteilkasten aus
- Bögen mit großem Biegeradius

Astsystem (Zuluftsystem)



schlecht reinigbar:

- Reinigungsöffnungen erforderlich
- enge Bögen und T-Stücke

Wellrohr (Kunststoff)

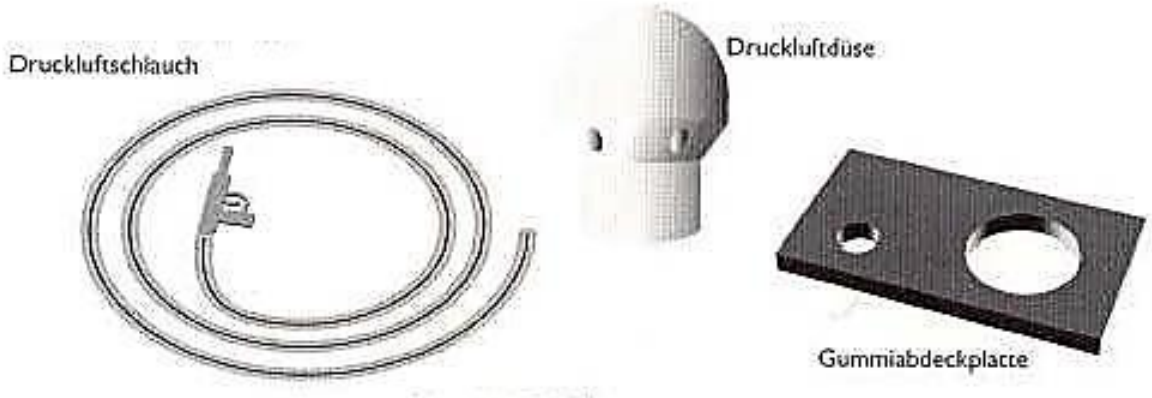
Easy-Flex-Schlauch (OCTOPUS-System)

- ein weißes, innen glattes und außen geripptes Rohr
- Bögen mit großem Biegeradius **r**

Reinigung mit Bürste
vom Verteilkasten aus
über die Revisionsöffnung

Handwerkszeug für die Reinigung

Druckschlauch und Bürste



Das Reinigungsset
Mit dem Reinigungsset können Sie Kanäle bis zu 10 m Länge reinigen. Sie erreichen ein Ergebnis von weniger als 1 g Staub/m², was der Vorschrift der schwedischen Behörde entspricht.
Für das Luftleitungs-System findet das Reinigungsset Verwendung. Es ist mit zwei Nylonbürsten (100 und 160 mm) ausgerüstet. Das 10 m lange Drahtseil wird an einer Bohrmaschine befestigt und rotierend in das System eingeführt. Zur Absaugung wird ein Staubsauger mit Filter verwendet.

Verschmutzung und Reinigung von Abluft-“Kegelfiltern“ (zum Rohreinbau)

Reinigung wird meist vergessen, da

- der Filter (im Rohr eingebaut) vom Nutzer zunächst nicht sichtbar ist … folglich der Verschmutzungsgrad (ohne Ausbau) nicht bekannt ist
- der Nutzer oft nicht weiß, dass hinter dem Abluft-Tellerventil ein Filter eingebaut ist
- der Nutzer oft nicht weiß, in welchen Ablufträumen (Küche, Bad, WC) ein solcher Filter hinter dem Tellerventil eingebaut ist

Abluft-Tellerventil

Abluft-Kegelfilter

„Aus den Augen – aus dem Sinn“

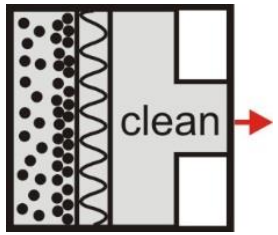
Verschmutzung und Reinigung von Abluft-“Kegelfiltern“ (zum Rohreinbau)

Bei vergessenem Filtertausch führt der hohe Verschmutzungsgrad am Filter zu einem erhöhten Druckverlust und letztlich

- zu geringerem Abluft-Volumenstrom in diesem Raum und
- zu einer schlechteren Luftqualität

Vorschaltfilter an Abluftventilen

Abluftventil mit Filter schützen



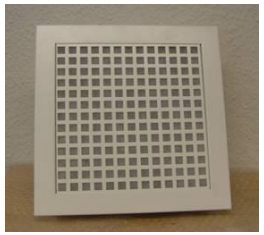
- das Abluftventil und
- die Abluftleitung

vor Verschmutzung schützen

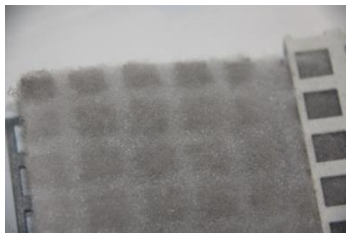
Vorschaltfilter für

Bad

Küche



Schmutz bleibt im Vorschaltfilter hängen



Filterreinigung: alle 1 bis 2 Monate → Bad, WC
alle 4 bis 5 Monate → Küche

- Vorschaltfilter sind vom Raum aus leicht sichtbar
- leicht zugänglich für Reinigung und Wechsel

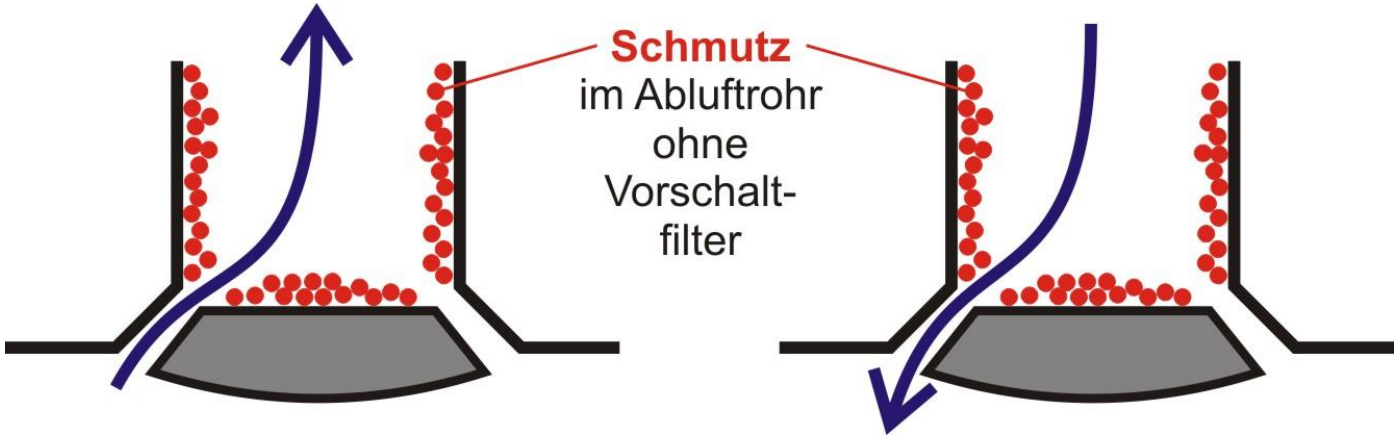
Vorschaltfilter an Abluftventilen

Vorschaltfilter

Sauberes Abluftrohr unmittelbar hinter …
… Vorschaltfilter: Bad (nach 11,5 Jahren Betrieb)

… Vorschaltfilter: Küche (nach 11,5 Jahren Betrieb)

Vorschaltfilter an Abluftventilen



These

Abluft gelangt immer nur

- in das Rohr

und

- nicht in den Raum zurück

→ deshalb sei kein Filter nötig

Gegenargument

Bei kurzzeitiger Abschaltung des Lüftungsgerätes gelangt Luft aus dem Rohr in den Raum durch

- Thermik

und

- äußeren/inneren Luftdruck

→ deshalb ist ein Filter nötig

Vorschaltfilter an Abluftventilen

VDI 6022 (2006): „Luftfilter … sind grundsätzlich so … anzuordnen, dass die Komponenten der RLT-Anlage … ausreichend geschützt sind.“
Bemerkung hierzu: Jede Luftleitung ist eine „Komponente der RLT-Anlage“.

DIN 1946/6:2009-5 (Pkt. 9.2.5.4): „Abluftdurchlässe in Küchen müssen Luftfilter besitzen. In den anderen Ablufträumen sollten ebenfalls Luftfilter verwendet werden.“

In Bädern gibt es oft eine stärkere Staubbelastung als in Küchen; daher sind Abluftventile bzw. Abluftrohre stärker von Verschmutzung betroffen als in Küchen. Gründe: textiler Staub vom Abtrocknen mit (Frottee-)Handtüchern, vom An- und Auskleiden; Schuppen vom Haarfönen.

Bei Anlagen mit erhöhten Hygiene-Anforderungen muss auch in Bad und WC ein Abluft-Vorschaltfilter eingebaut sein.

Vorschaltfilter an Abluftventilen

Kostenvergleich: Abluftventil ohne und mit Filter

ohne Filter

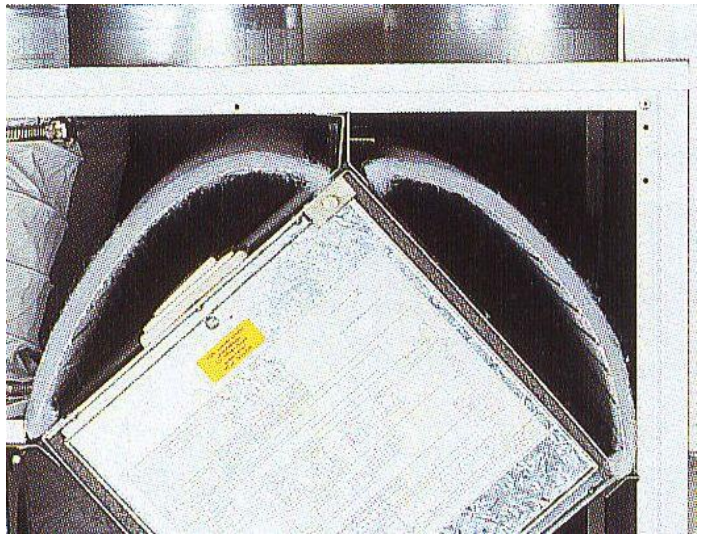
mit Filter

Laufzeit: 20 Jahre	**Abluftventil**	**(Abluft-)Vorschaltfilter**	
		ohne Drossel	**mit Drossel**
Anschaffungs-kosten	19,- €/Stck. x 3 Stck.	59,- €/Stck. x 3 Stck.	89,- €/Stck. x 3 Stck.
Betriebs-kosten	Abluftrohrreinigung alle 9 Jahre ca. 500,- €	3 neue Filter/a ca. 6,- €/a	
		4,- €/a für Filterreinigung alle 1-2 Monate	
Gesamtkosten	58,- €/a	ca. 18,- €/a	ca. 23,- €/a

kostengünstiger und hygienischer

Preise Fa. Paul Wärmerückgewinnung für ein Einfamilienhaus mit 3 Abluftventilen

Dichter Filtersitz im Lüftungsgerät



G3-Filtermatte mit Stützgitter;
mangelhafte Abdichtung

G4-Filter in Z-Bauform;
Filter in Kunststoffhülse:
dichter Filtersitz im Gehäuse

undichter Filtersitz → Folgen:

- Wärmetauscher verschmutzt
- (Zu-)Luftleitungen verschmutzt

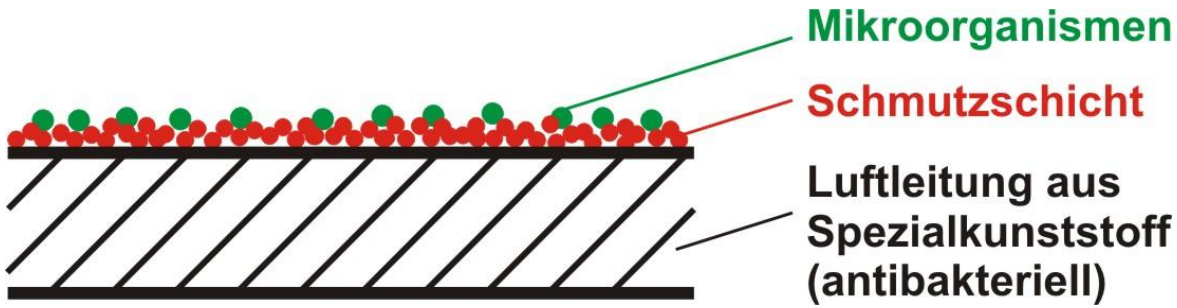
Dichter Filtersitz im Lüftungsgerät

Verschmutzter Wärmetauscher hinter Abluftfilter mit undichtem Filtersitz

Saubere Luftleitungen bei dicht sitzenden Filtern

Zuluftleitung hinter Gerät sauber:
(nach 11,5 Jahren Betrieb) Wischprobe

Saubere Luftleitungen/Spezialkunststoffe?



Die Sauberhaltung von

- Lüftungsrohren und
- Wärmetauscher

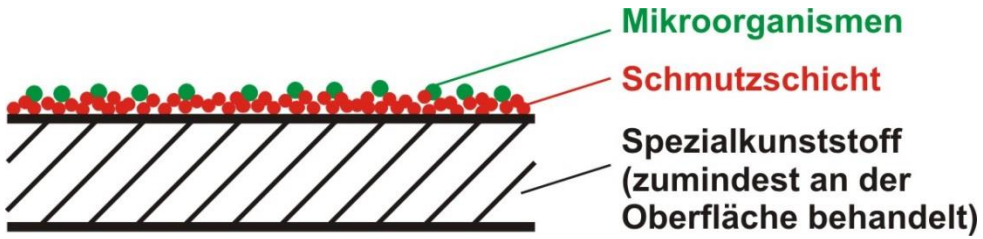
durch dicht sitzende Filter hat Vorrang gegenüber

Einsatz von

- speziellen Kunststoffen oder
- Beschichtungen

zum Schutz vor Schimmelpilz und Mikroorganismen

Luftleitungen aus Spezialkunststoff



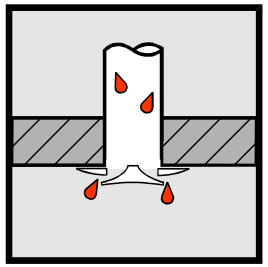
These:

Mit Silberionen (oder anderen Mittel(n)) behandelte Kunststoffe sollen lt. Hersteller das Mikroorganismen-Wachstum hemmen oder vermeiden. Dieser Wirkmechanismus muss aus folgenden Gründen bezweifelt werden:

Gegenargumente:

1. Die Wirkung lässt mit der Werkstoffalterung nach – die Wirkung wurde bisher nur bei fabrikneuem Werkstoff getestet.
2. Wenn Mikroorganismen auf dem Lüftungsmaterial abgetötet werden sollen, müssen sie zunächst dort vorhanden sein! → Dies ist bereits ein unhygienischer Zustand
3. Die Wirkung der Spezialkunststoff-Oberfläche bleibt dann aus, wenn diese Oberfläche belegt ist mit Staub/Schmutz (Nahrungsgrundlage für Mikroorganismen) und (teils abgestorbenen) Mikroorganismen. Durch diese Schicht hindurch kann sich die abtötende Wirkung nicht entfalten.

Ausgeschaltete Lüftungsanlage



Wasser tropft aus den Luftleitungen (Ventilen).

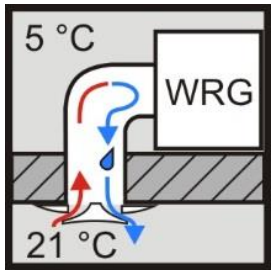
Ursachen:

- Lüftungsgerät nicht in Betrieb → aufsteigende Feuchtigkeit (Thermik) kondensiert im Rohr bei Verlegung in kalten Bereichen
- Rohre sind verlegt – Gerät wird erst 1 Jahr später eingebaut
- Luftleitungen (Abluft) nicht isoliert bei Verlegung langer Strecken in (noch) kalten Räumen

Lösungen:

- Enden der Luftleitungen verschließen während der Montagearbeiten (VDI 6022, Pkt. 4.2.3)
- Luftleitungen nicht in kalten Räumen installieren
- ausreichende Wärmedämmung: 50 mm außerhalb der thermischen Hülle
- ständig Gerät in Betrieb halten, insbesondere bei kalten Außentemperaturen

Ausgeschaltete Lüftungsanlage



(0) WRG-Gerät außer Betrieb

(1) feucht-warme Abluft steigt nach oben – zusammen mit Staub und Mikroorganismen

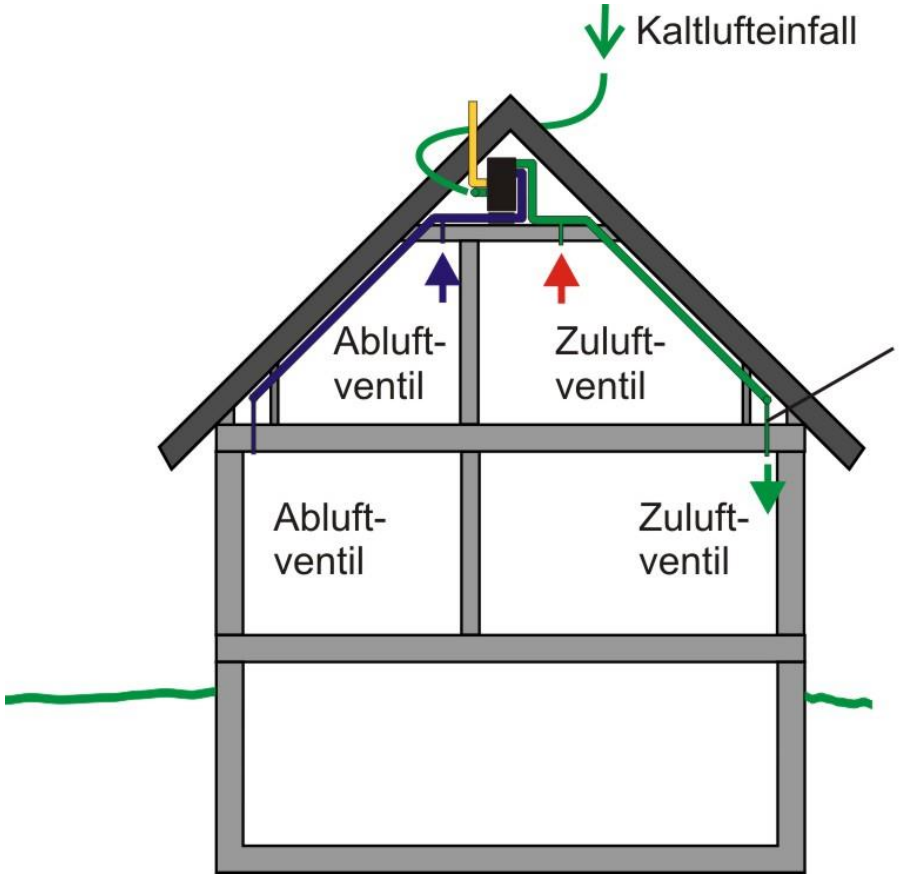
(2) Abluft kühlt sich ab und kontraktiert

(3) weitere feuchtwarme Luft strömt nach

(4) Kondensatbildung

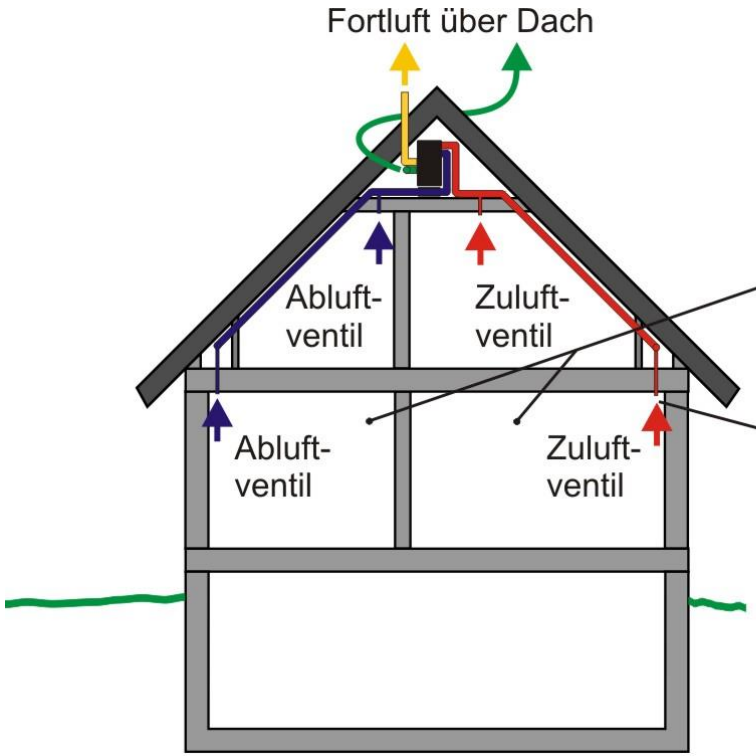
(5) abgekühlte Luft sinkt nach unten

Ausgeschaltete Lüftungsanlage



Kondensatbildung möglich:
- im Rohr durch Kontakt mit aufsteigender Warmluft
- an der Außenwand des kalten Rohres (ohne Wärmedämmung)

Ausgeschaltete Lüftungsanlage



- Lüftungsanlage abgeschaltet
- zu geringe Abfuhr feuchter Raumluft
- Raumluftfeuchte steigt an

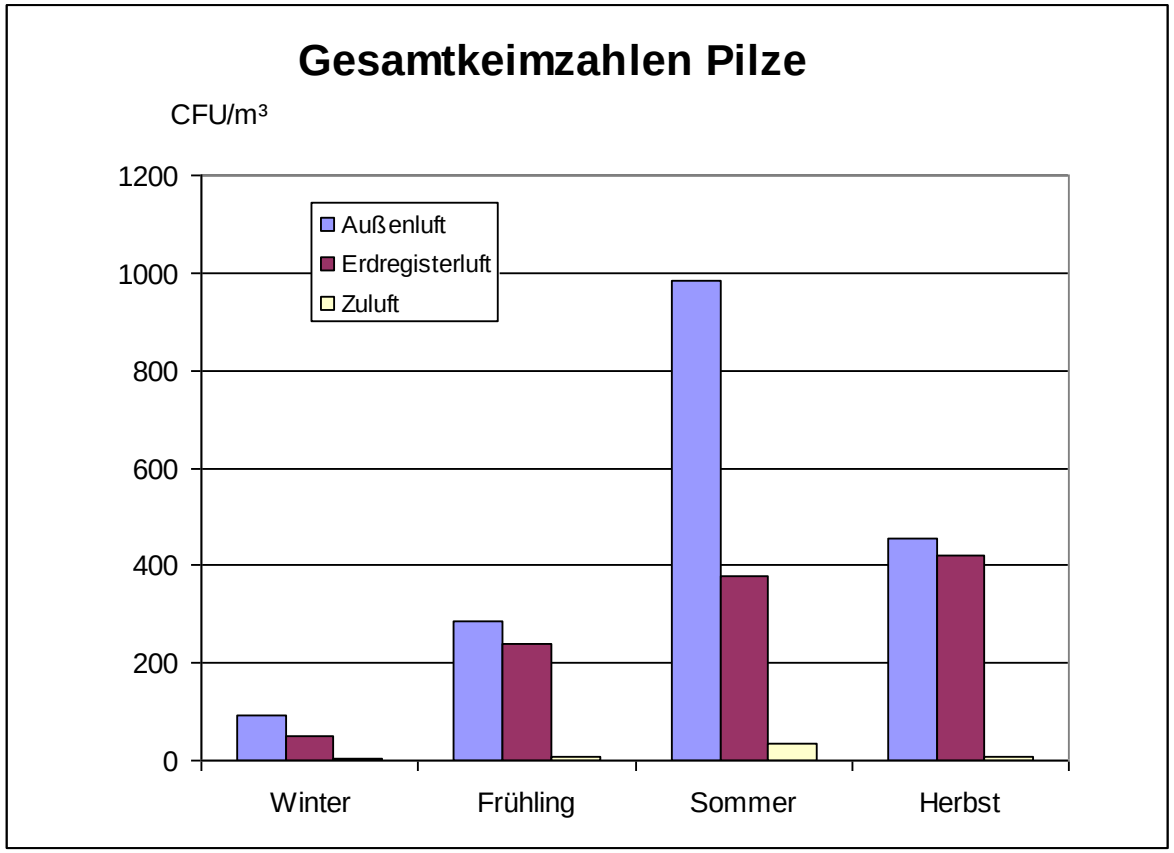
- ↑↑ feuchte Raumluft steigt im Rohr langsam nach oben (feuchte Luft ist leichter! als trockene)
- Luftabkühlung im Rohr
- relative Feuchte steigt an
- zusammen mit Staub und Mikroorganismen bildet sich Schimmelpilz im Rohr und evtl. im Wärmerückgewinnungsgerät

Erläuterungen:

↑↑↑↑ – Luftstromrichtungen der Luft bedingt durch thermischen Auftrieb

Hygiene im Erdwärmetauscher

Jahresverlauf der Keimkonzentrationen von Pilzen in der Erdregisteranlage MFH Hausäcker – ähnliche Konzentration im EFH Kurt und im Schulhaus Steinmaur



CFU – colony forming units
– keimbildende Einheiten

Literaturquelle: Mikrobielle Untersuchungen von Luftansaug-Erdregistern, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich)

Kontakt

Dipl.-Ing. Eberhard Paul

Büro:
Lindenstraße 21
08132 Mülsen

Tel.: 037204 50913
E-Mail: eberhard.paul.1@gmx.de

Der Vortrag enthält Auszüge aus dem Fachbuch:

„PlanungsPraxis – Lüfung in Wohngebäuden“

Autoren: E. Paul, E. Heinz, T. Hartmann

Forum - Verlag Herkert

ISBN: 978-3-86586-342-3

Ich danke für Ihre Aufmerksamkeit.