

Energieapéro Graubünden

Energie-Treff SG

Lucerne University of  
Applied Sciences and Arts

**HOCHSCHULE  
LUZERN**

Technik & Architektur

**Alle wollen gute Luft - Wohnungslüftung als Lösung**

# **Systeme und Herausforderungen**

Institut für Gebäudetechnik und Energie IGE

**Prof. Heinrich Huber**

Leiter Prüfstelle Gebäudetechnik

T direkt +41 41 349 32 75

heinrich.huber@hslu.ch

Chur, 21.11.2018 / St. Gallen, 28.11.2018

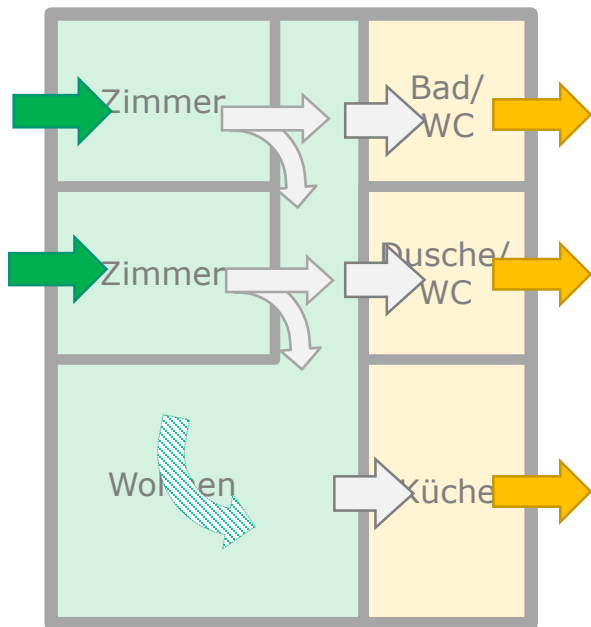
# Inhalt

- 1. Überblick Wohnungslüftungssysteme**
- 2. Resultate der Untersuchung  
«Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen  
im Vollzug Energie»**
- 3. Fazit für die Beurteilung von  
Wohnungslüftungssystemen**

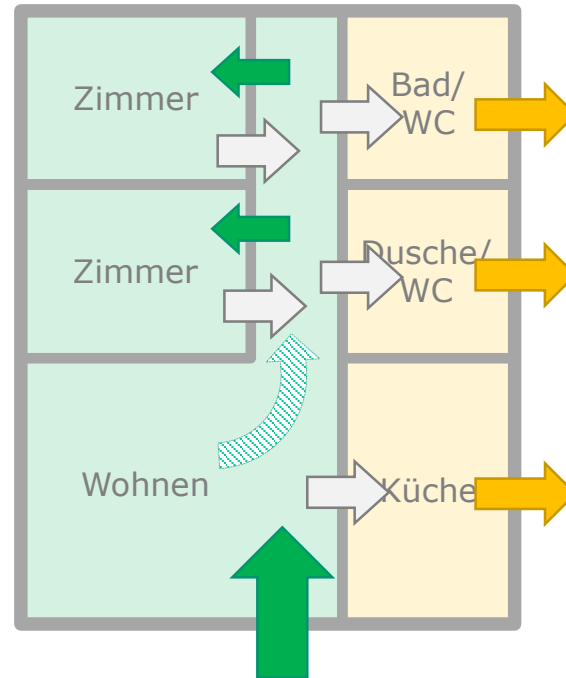
# 1. Überblick Wohnungslüftungssysteme

Wann und wieso will ich in einem Raum Luft zuführen oder abführen?

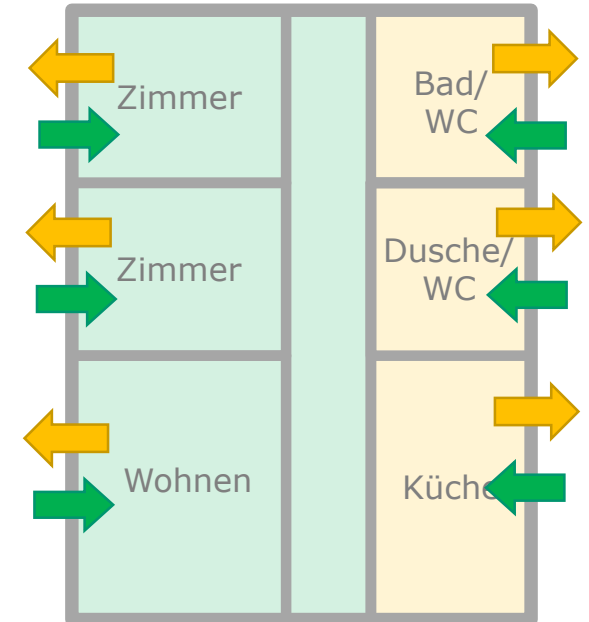
Wann und wieso will ich einen Raum nicht oder möglichst wenig lüften?



Kaskade

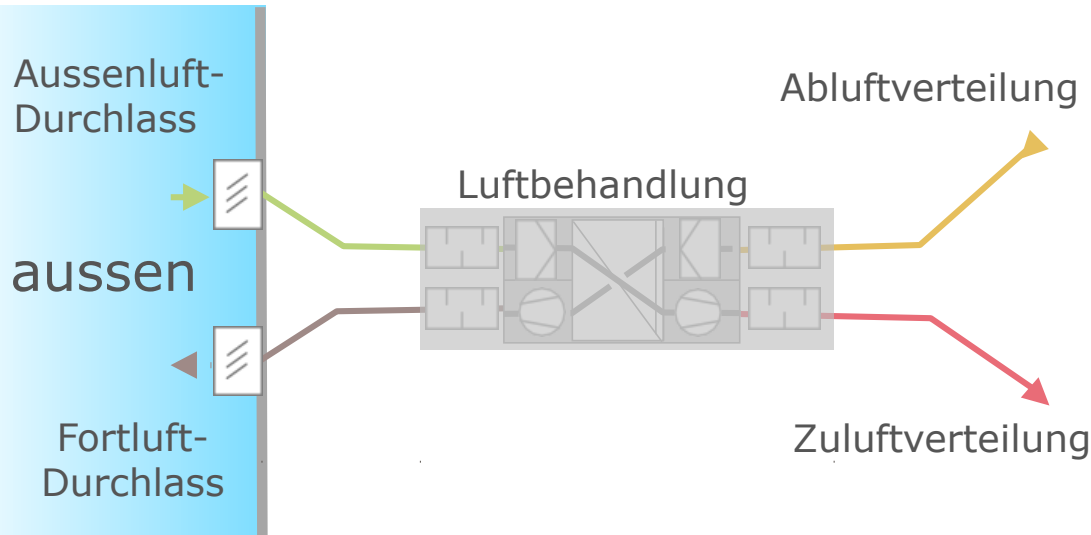


Verbund



Einzelraum

# Komfortlüftung



## Luftverteilung in der Wohnung

Prinzip	geeignet?
Kaskade	ja
Verbund	ja
Einzelraum	nein

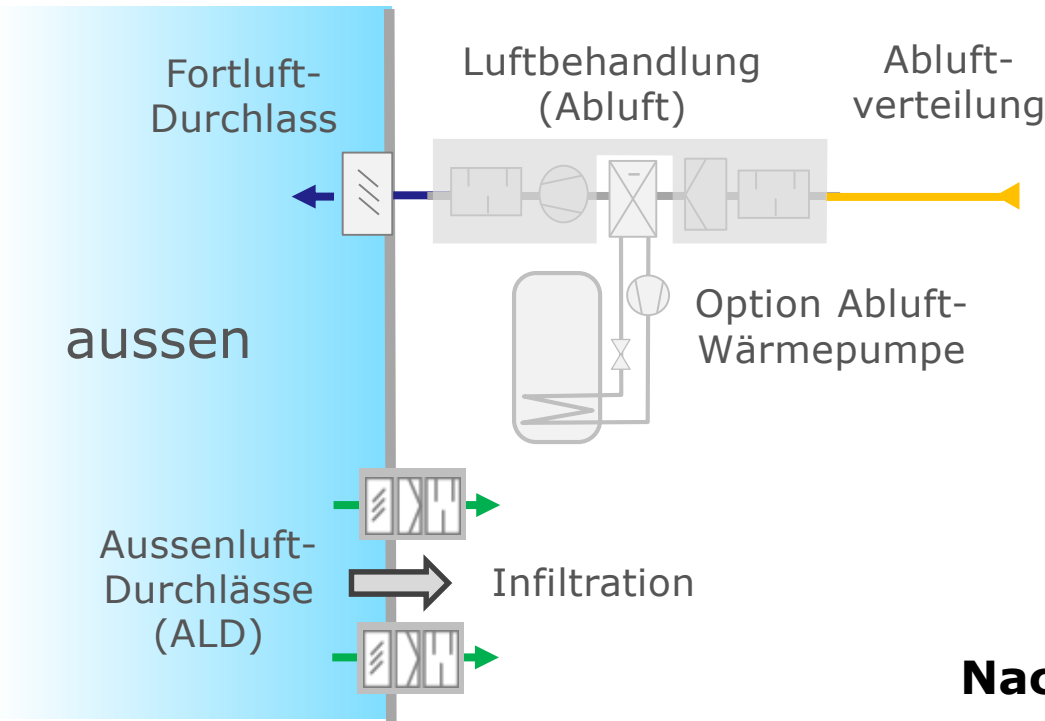
## Vorteile

- Effiziente Wärmerückgewinnung
- Hohe Filterstufen möglich
- Guter Schallschutz möglich
- Feuchtrückgewinnung möglich
- Zuverlässiger Betrieb und hoher Komfort auch bei tiefen Temperaturen und starkem Wind
- Zentrale Wartung

## Nachteile

- Muss in einer frühen Planungsphase berücksichtigt werden
- Erfordert Fachwissen und Erfahrung
- Aufwändig bei bestehenden Gebäuden

# Abluftanlage mit Aussenluft-Durchlässen (ALD)



Luftverteilung in der Wohnung

Prinzip	geeignet?
Kaskade	ja
Verbund	nein
Einzelraum	nein

## Vorteile <sup>1)</sup>

- Keine Zuluftleitungen
- Systemwahl kann spät erfolgen
- Abwärmenutzung für Wassererwärmung

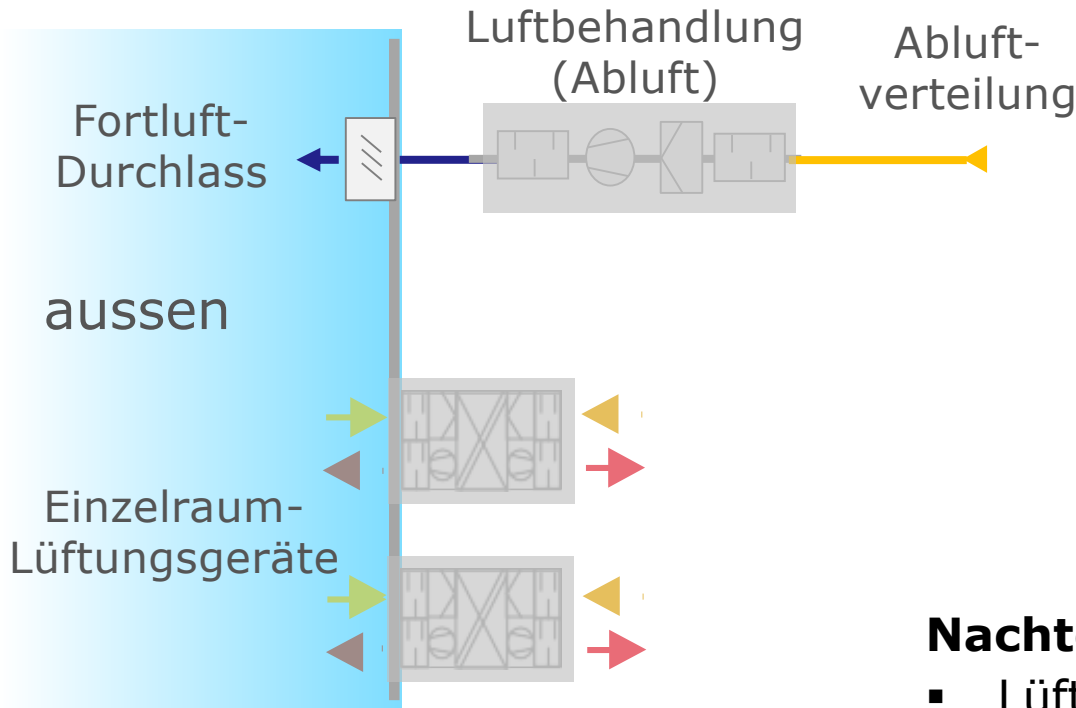
1) gegenüber Komfortlüftung

## Nachteile <sup>1)</sup>

- Reduzierter Komfort bei tiefen Temperaturen <sup>2)</sup>
- Unterdruck (Cheminée, Radon)
- Reduzierter Schallschutz
- Wartung pro Zimmer
- Fachwissen erforderlich

2) s. Befragung Hunziker-Areal; Stadt Zürich AHB

# Einzelraum-Lüftungsgeräte kombiniert mit Abluftanlage



Luftverteilung in der Wohnung

Prinzip	geeignet?
Kaskade	nein
Verbund	bedingt
Einzelraum	ja







## Vorteile

- Keine Zuluftleitungen
- Systemwahl kann spät erfolgen
- Wärmerückgewinnung
- Option Feuchterückgewinnung

## Nachteile

- Lüftungsgeräusche der Geräte
- Reduzierter Komfort bei tiefen Temperaturen (Frostschutz)
- Reduzierte Effizienz bei Wind, Verschmutzung und Abluft-Betrieb
- Wartung pro Zimmer
- Fachwissen erforderlich

# Markt

Lüftungssystem	Minergie	Trend	
Komfortlüftung	ca. 80%	Schweiz	
		Europa	
Abluftanlage mit ALD	ca. 10 %	Schweiz	
		Europa	
Einzelraumlüftung	ca. 10%	Schweiz	
		Europa	

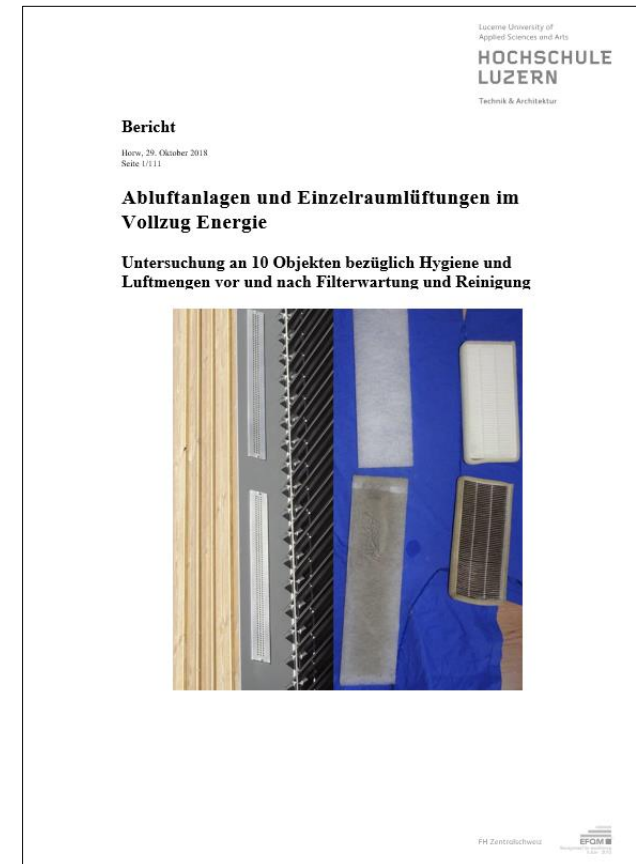
In der Schweiz wird in den Städten über die Hälfte aller Neubauwohnungen mit mechanischen Wohnungslüftungssystemen ausgerüstet.

In der Schweiz wurde in den letzten 15 Jahre ein überdurchschnittlich hoher Anteil an Komfortlüftungen realisiert.

## 2. Abluftanlagen und Einzelraumlüftungen im Vollzug Energie

Untersuchung im Auftrag der  
EnFK Regionalkonferenz Ostschweiz

- Wie funktionieren diese Systeme in der Praxis?
- Wieweit werden die Anforderungen (Normen) eingehalten?
- Stimmen die Leistungskenngrößen mit den Werten überein, die in Energienachweisen verwendet werden?





# Untersuchte Objekte

## Abluftanlagen mit Aussenluftdurchlässen (ALD)

5 Objekte mit 13 Wohnungen



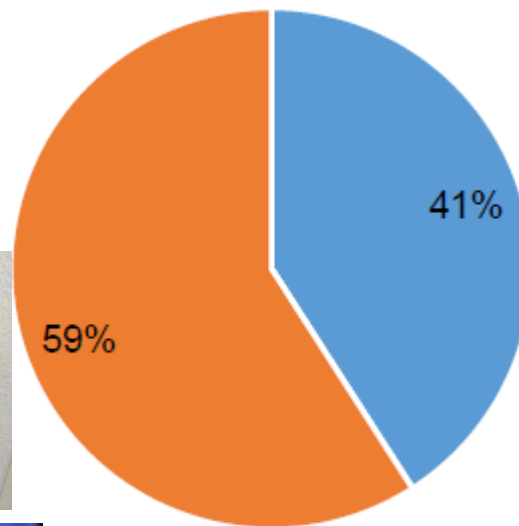
Total 59 ALD,  
31 Abluft-Durchlässe

## Anlagen mit Einzelraum-Lüftungsgeräten

5 Objekte mit 9 Wohnungen

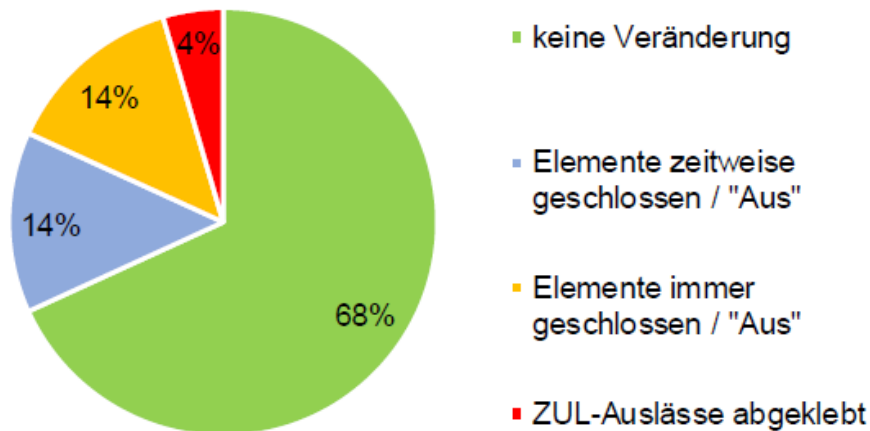


Total 16 Geräte  
(keine Pendellüfter)



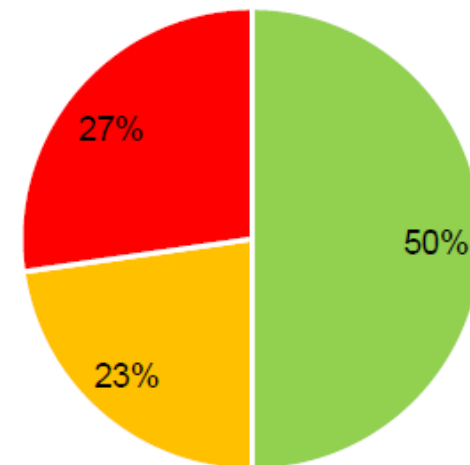
# Zustand der Anlagen

## Veränderungen an ALD und Geräten durch die Nutzer



1/3 der Elemente wurden durch die Nutzer dauernd oder zeitweise verändert.

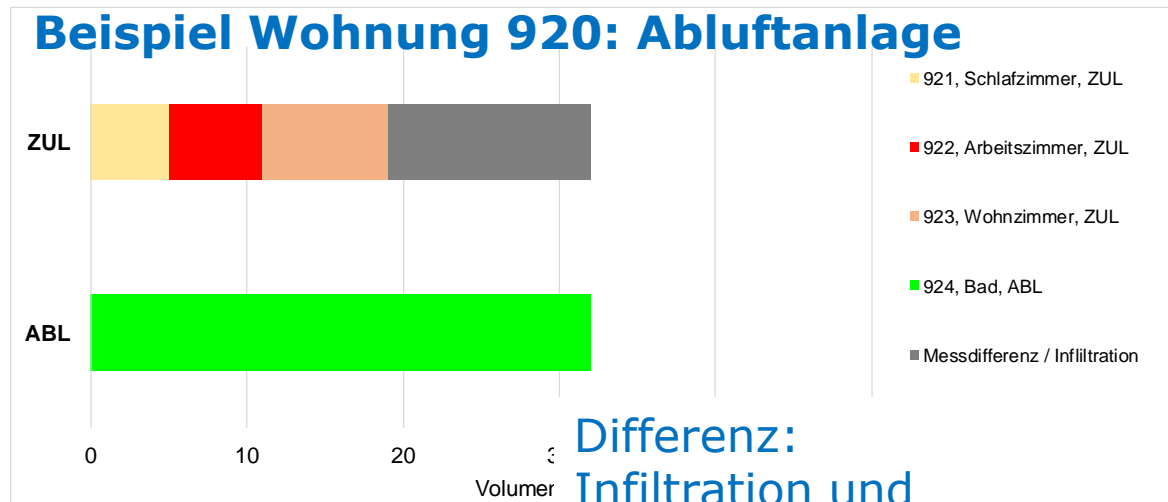
## Filterwechsel



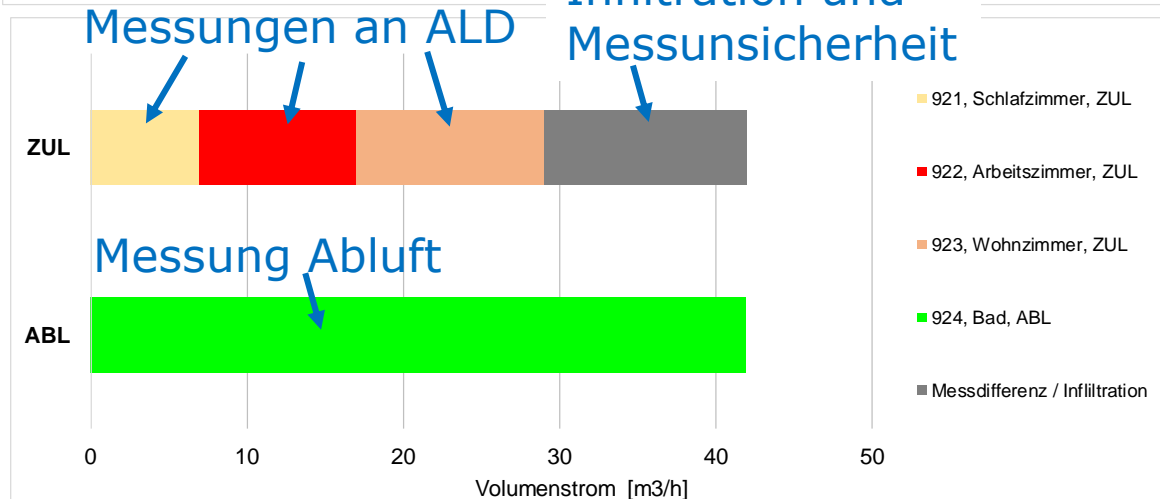
Bei der Hälfte der Wohnungen wurden die Filter vor 1 Jahr (oder weniger) gewechselt

# Messung der Luftvolumenströme

Die Luftvolumenströme wurden im angetroffenen und im gereinigten Zustand gemessen.



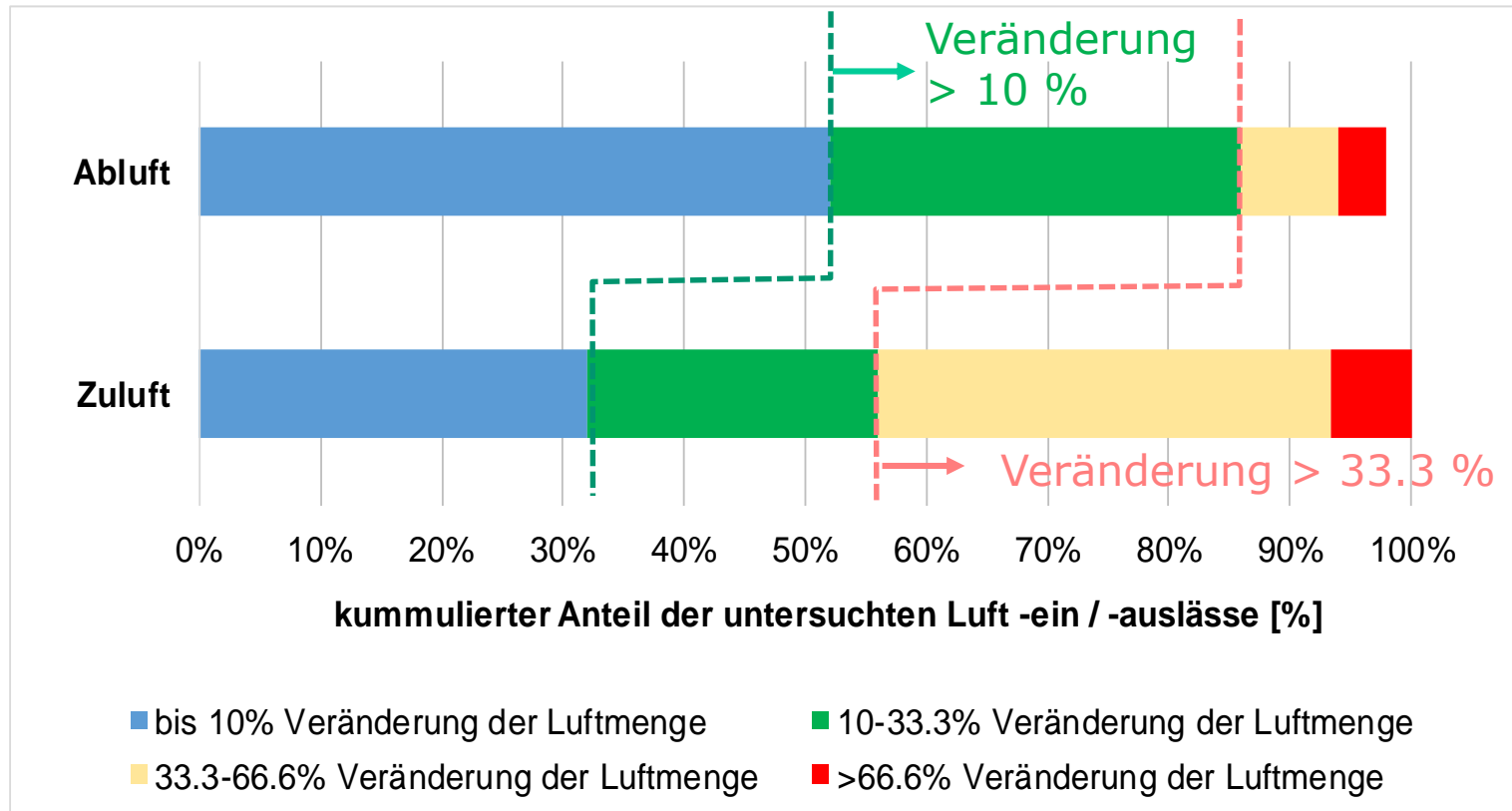
Angetroffener Zustand



Gereinigter Zustand

Im Beispiel nahmen die Luftvolumenströme um ca. 1/3 zu. Sie lagen aber immer noch deutlich unter den Normwerten.

# Veränderungen der Luftvolumenströme durch Reinigung und Filterwechsel bei allen Anlagen

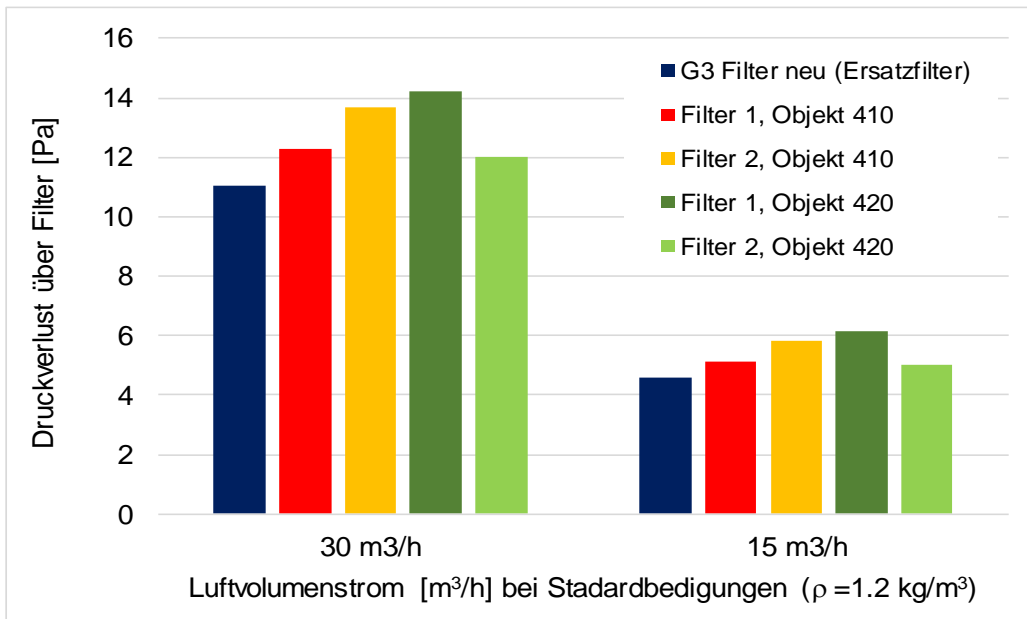


Bei 2/3 der Zuluft-Elemente und bei knapp der Hälfte der Abluft-Elemente hat sich der Luftvolumenstrom um mehr als 10% erhöht. Bei 45 % der Zuluft-Elemente lag die Zunahme sogar über 33%.

## Einfluss der Verschmutzungen auf der Aussenluft-/Zuluftseite

Druckverlustmessungen an einem neuen und 4 verschmutzten ALD-Filtern im Labor

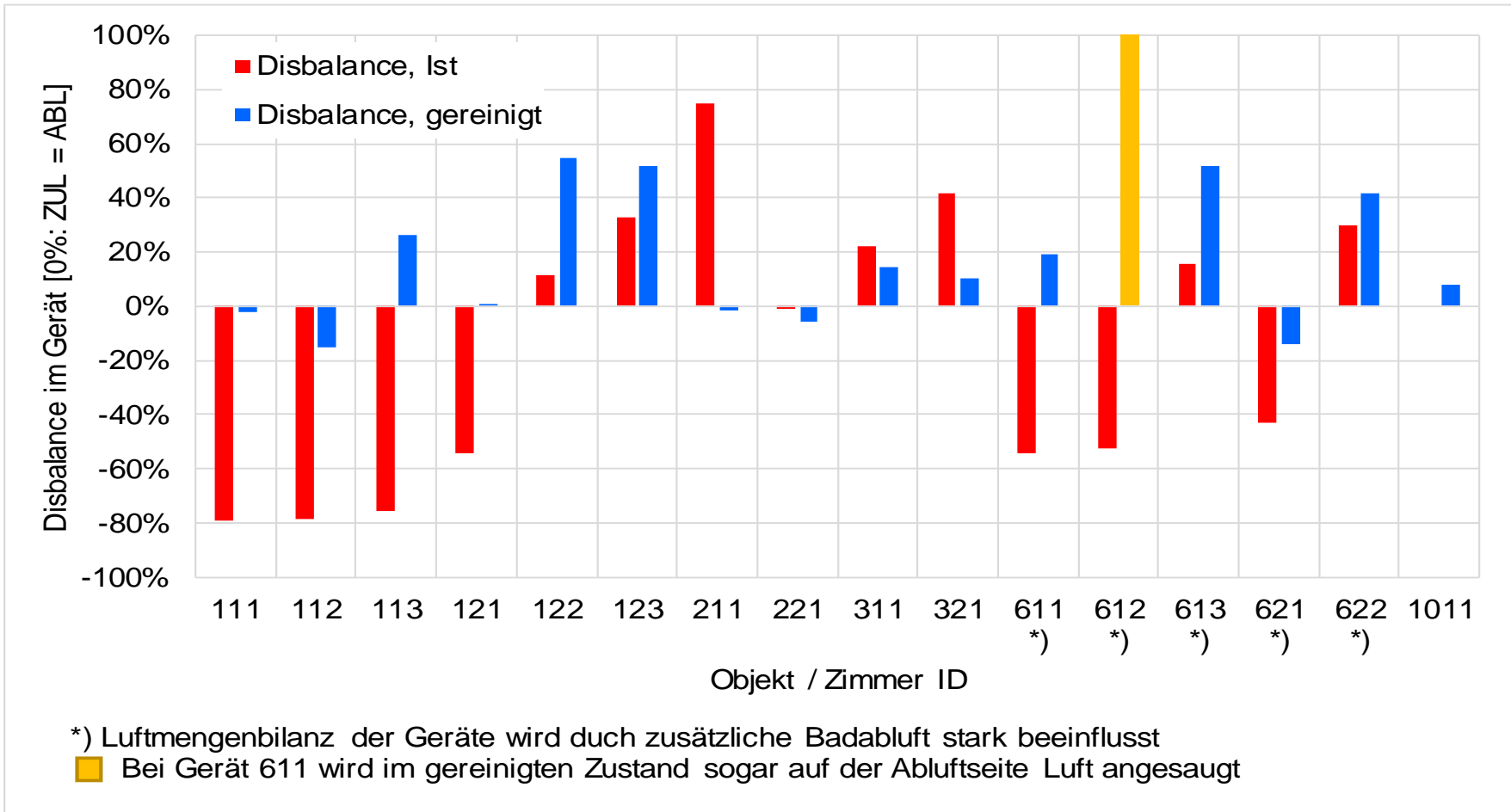
Insektenschutzgitter



Bei der exemplarischen Messung lag der Druckverlust der verschmutzten Filter 10 % bis 30 % über demjenigen des neuen Filters (was eher unter den Erwartungen lag).

**Andere Verschmutzungen, insbesondere an (teilweise schlecht zugänglichen) Insektenschutzgittern verändern den Volumenstrom mindestens so stark wie die Filter.**

# Disbalance der Luftvolumenströme bei Einzelraumlüftungsgeräten

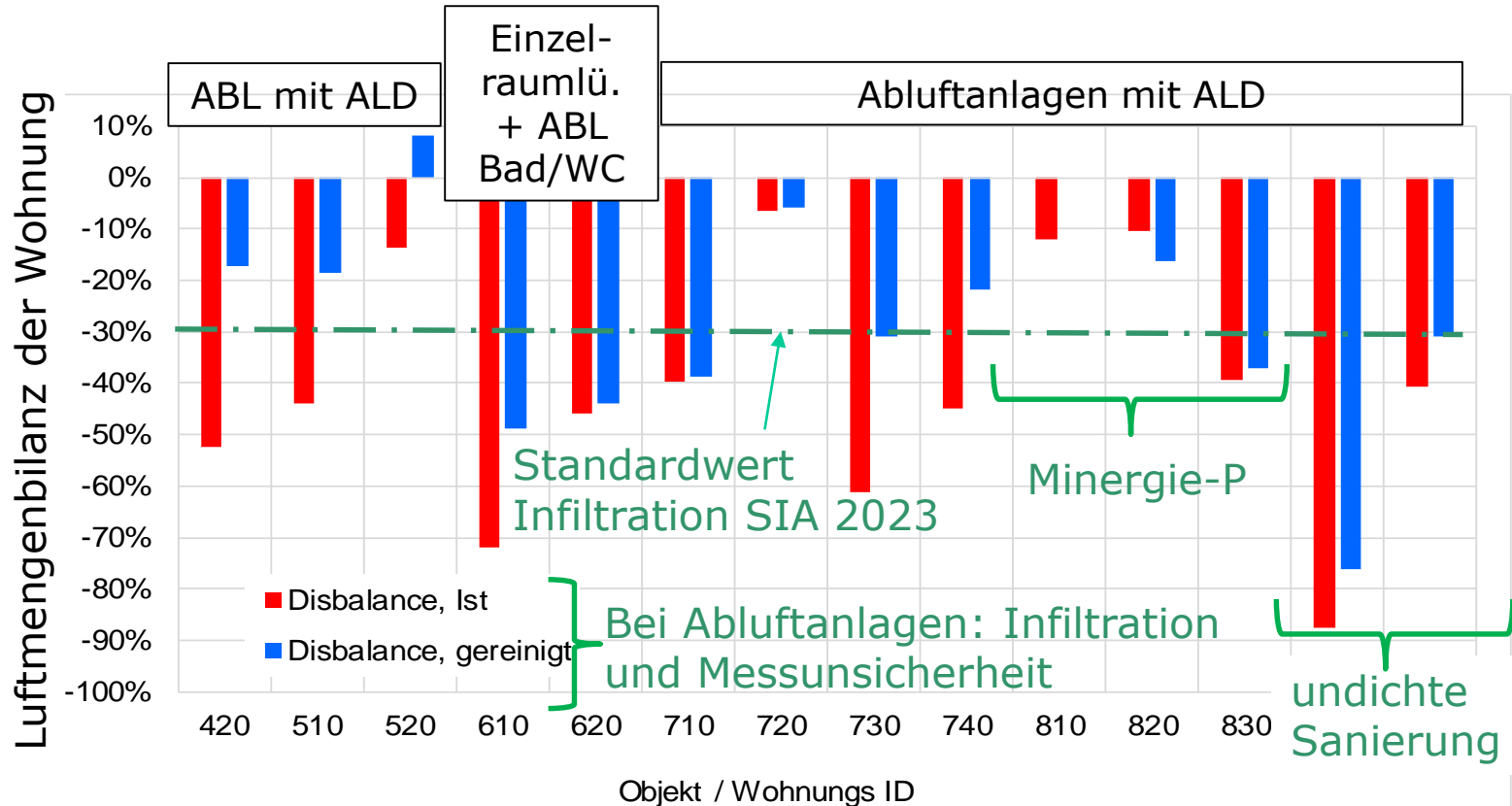


Die Disbalance war kleiner als 10% bei:

- 6 (von 16) der gereinigten Geräte (38 %)
- 2 Geräten im angetroffenen und gereinigten Zustand (13 %)

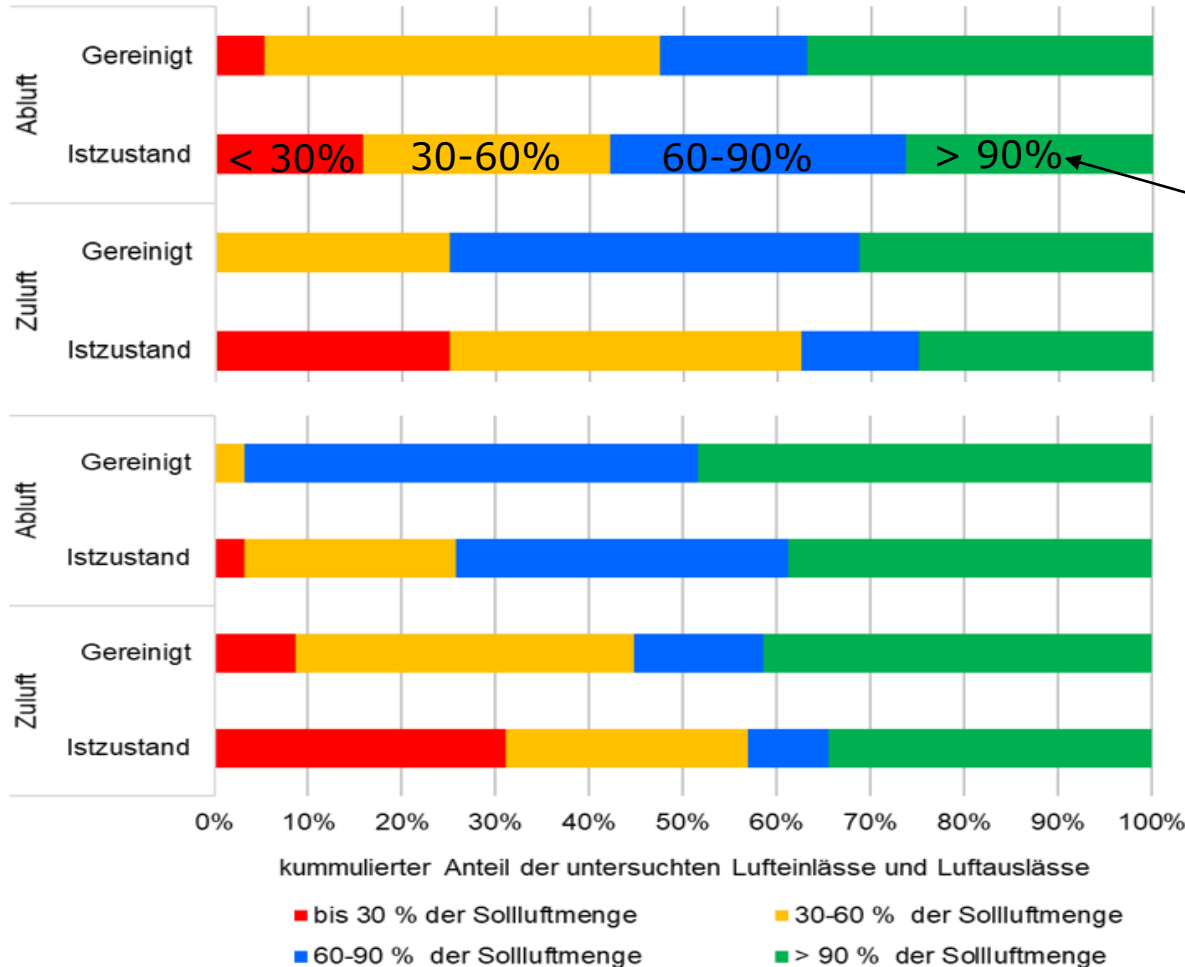
# Disbalance der Luftvolumenströme der gesamten Wohnungen

(von Wohnungen, bei denen alle Durchlässe gemessen werden konnten)



Im Mittel trifft der Standardwert der SIA 2023 für die Infiltration bei Abluftanlagen gut zu, wobei aber die Unterschiede zwischen den verschiedenen Wohnungen (teilweise im gleichen Objekt) gross sind.

# Vergleich der gemessenen Luftvolumenströme mit SIA 2023



## Einzelraum-lüftungsgeräte

Gemessene Werte im Vergleich zur Sollluftmenge

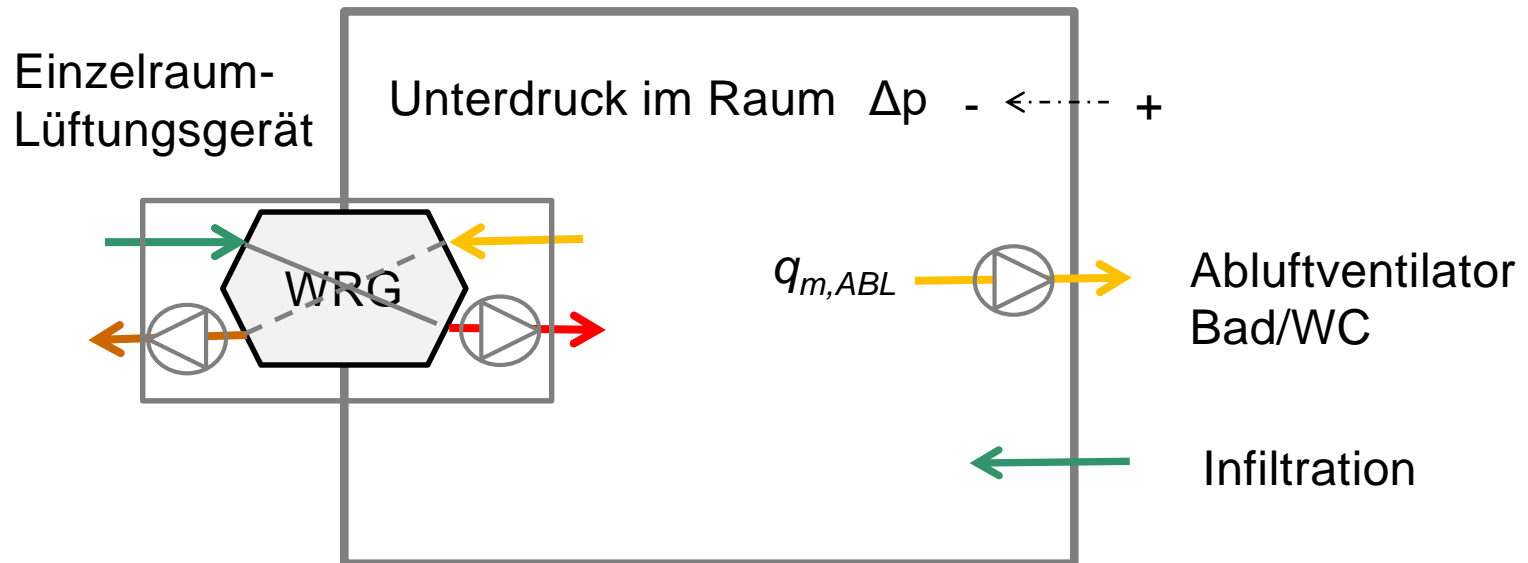
## Abluftanlagen

Gemessene Unterdrücke:  
In 6 Wohnungen 10 bis 18 Pa, 1 Wohnung 2 Pa  
(SIA 2023: 4 - 5 Pa)

Die Soll-Luftvolumenströme werden bei 3/4 der Einzelraumlüftungsgeräte und 2/3 der Abluftanlagen im angetroffenen Zustand um mehr als 10 % unterschritten.



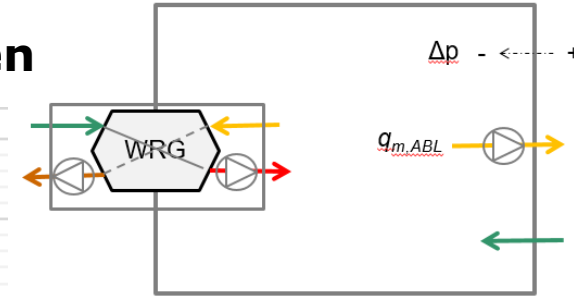
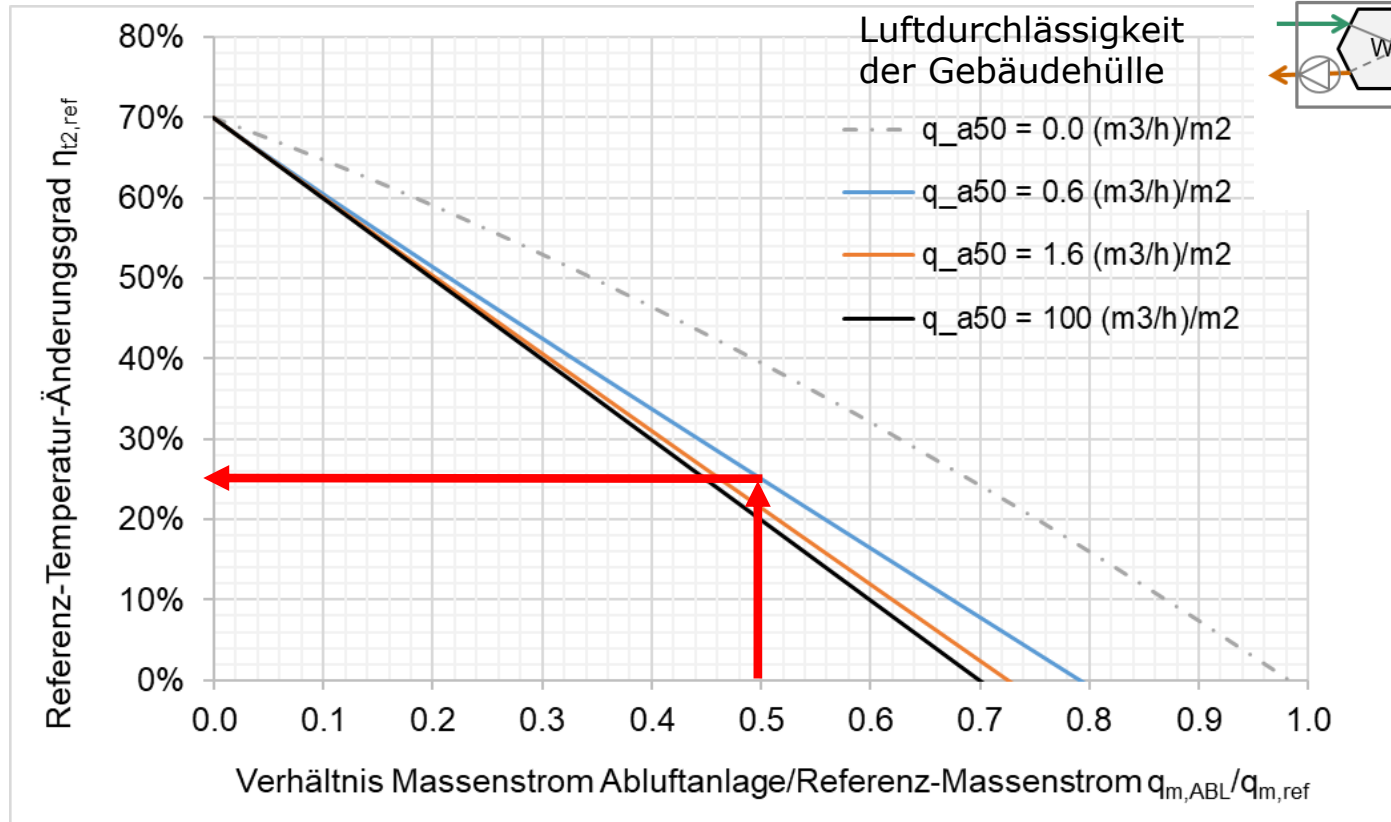
# Einfluss der Disbalance auf den Nutzen der Wärmerückgewinnung bei einer Kombination mit einer Abluftanlage



«Referenz-Temperatur-Änderungsgrad» (Nutzen der WRG):  
Wärmeleistung der WRG im Verhältnis zu den Lüftungswärme-  
verlusten (ohne WRG) beim Referenzmassenstrom.

Referenzmassenstrom  $q_{m,ref}$  = Massenstrom des Einzelraum-Lüftungs-  
gerätes bei einem Differenzdruck von 0 Pa (Zu- und Abluft gleich gross)

# Einfluss der Disbalance auf den Nutzen der WRG bei einer Kombination mit Abluftanlagen



*Beispiel Neubauwohnung, Luftdichtheit der Gebäudehülle  $q_{a50} = 0.6 \text{ (m}^3\text{/h)/m}^2$   
Zuluftvolumenstrom aller Einzelraumlüftungsgeräte  $90 \text{ m}^3\text{/h}$   
Luftvolumenstrom der Abluft in Bad/Dusche/WC  $45 \text{ m}^3\text{/h}$   
Der Nutzen der WRG sinkt von 70 % auf 25 %  
(Bei bedarfsgesteuerter Abluft im Tagesmittel auf ca. 60 bis 65 %)*

# 3. Fazit für Einzelraumlüftungsgeräte und Abluftanlagen

Was bedeuten die Resultate der Untersuchung bezüglich Energieeffizienz, Komfort, Schall und Betrieb?

# Energieeffizienz von Einzelraumlüftungsgeräten

Das Temperatur-Verhältnis («Wirkungsgrad der WRG») gemäss Lieferantenangaben wird reduziert durch:

- Wind, Stackeffekt (thermischer Auftrieb) und Verschmutzung (zus. Druckverlust) um ca. 5 bis 20 % <sup>1)</sup>
- Disbalance bei Kombination mit Abluftanlage um 5 bis 50 % <sup>2)</sup>
- Vereisungsschutz der WRG um 0 bis 35 % <sup>3)</sup>

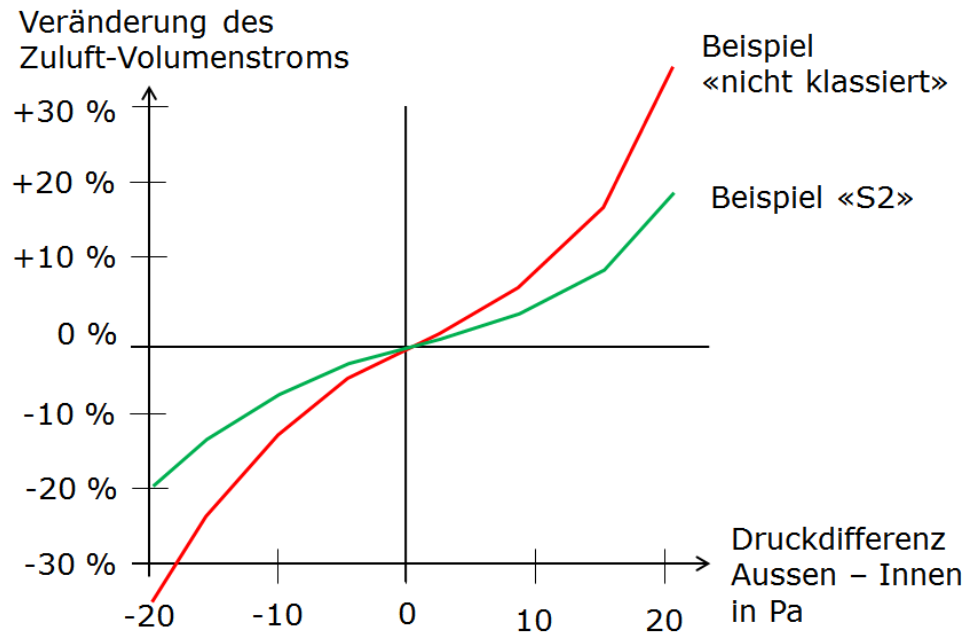
Der **Nettonutzen der WRG** liegt im schweizerischen Mittelland typischerweise im Bereich von **40 bis 60 %** und im alpinen Raum bei 20 bis 50 %.

- 1) Wesentlicher Kennwert: Empfindlichkeit des Luftstroms, s. prEN 13142:2018
- 2) Abhängig von Betriebszeit und Luftvolumenstrom der Abluftanlage
- 3) Abhängig von Klimastation und Art des Vereisungsschutzes

# Einzelraumlüftungsgeräte: Beeinflussung durch Wind, Stackeffekt und Verschmutzung

Die **Empfindlichkeit des Luftstroms** wird bei einem Differenzdruck von +20 Pa und -20 Pa gemessen und klassiert.

Klasse	Abweichung des Luftstroms im Vergleich zum maximalen Luftvolumenstrom	
	+ 20 Pa	- 20 Pa
S1	≤ 10 %	≤ 10 %
S2	≤ 20 %	≤ 20 %
S3	≤ 30 %	≤ 30 %
nicht klassifiziert	> 30 %	> 30 %



Gemäss prEN 13142:2018

# Schall

Die Schallemissionen sind eine Schwäche von vielen Einzelraumlüftungsgeräten.

Zu laute Geräte bringen energetisch keinen Nutzen, da sie von den Nutzern ausgeschaltet werden.

Der Nutzen der WRG sollte nur berücksichtigt werden, wenn der Schallpegel bei Auslegebedingungen (30 m<sup>3</sup>/h) folgende Werte nicht übersteigt:

Bodenfläche des Zimmers	Schalldleistungspegel $L_{WA}$ <sup>2)</sup>	Schalldruckpegel $L_{pA}$ in einem Abstand <sup>1)</sup> <sup>2)</sup> von	
		1 m	3 m
bis zu 10 m <sup>2</sup>	25 dB(A)	17 dB(A)	7 dB(A)
von >10 m <sup>2</sup> bis 20 m <sup>2</sup>	26 dB(A)	18 dB(A)	8 dB(A)
> 20 m <sup>2</sup>	28 dB(A)	20 dB(A)	10 dB(A)

1) Bei einer Freifeldmessung

2) Bei zwei Geräten in einem Raum muss der Pegel jedes Geräts 3 dB tiefer sein

## Beispiele von Herstellerangaben zum Schallpegel

<b>Förderleistung auf Stufe</b> Zu-/Abluft V m³/h	60	45	30	17
<b>Geräusch dB(A)</b> Abstrahlung L <sub>PA</sub> in 3 m	30	29	22	18

Schalleistungsepegel ca. 39 dB(A) ->  
Schalldruckpegel in einem Schlafzimmer ca. 37 bis 38 dB(A) !

	Luftaustausch lt. Prüfbericht [REDACTED]	Leistungs-aufnahme lt. Prüfbericht PL.13. [REDACTED]	Wirkungsgrad nach EN13141-8 lt. Prüfbericht [REDACTED]	Standardschall- druckpegel L <sub>aeq,nT</sub> lt. Prüfbericht [REDACTED]
Standby		1,5 W		
Stufe 1	9 m³/h	6 W	93,2 %	≤ 22,1 dB
Stufe 2	15 m³/h	8 W	86,9 %	33,4 dB
Stufe 3	31 m³/h	24 W	77,4 %	49,3 dB
Stufe 4 (Turbo)	39 m³/h	36 W	73,9 %	

Kann ohne Prüfbericht nicht def. beurteilt werden, aber zu laut.

# Kondensat

Allfälliges Kondensat fliesst über die Fassade ab.

In üblichen Zimmern fällt kaum Kondensat an.

Bei Räumen mit hohem Feuchtanfall (Bad, Küche, Hauswirtschaftsraum) ist aber Kondensat möglich.



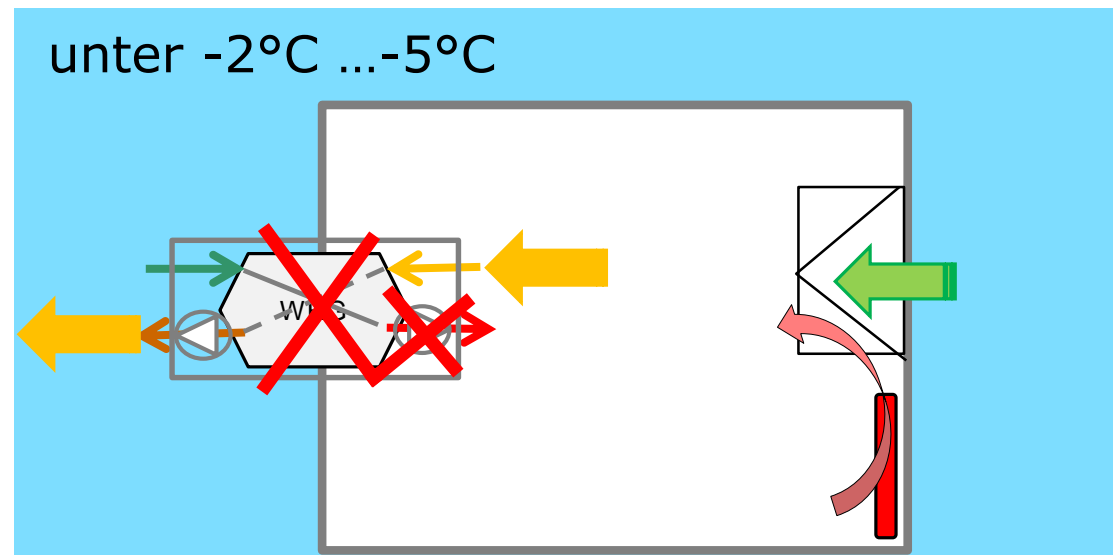
Hauswirtschaftsraum  
innen 21 °C, 60 % r.F.  
ausser +6 °C



## Heizleistung bei Einzelraum-Lüftungsgeräten

Bei der Berechnung der Norm-Heizlast kann in der Regel keine Leistungsreduktion durch die WRG angerechnet werden. Bei den typischen Vereisungsschutzstrategien werden die Geräte zwischen  $-2\text{ °C}$  und  $-5\text{ °C}$  ganz oder teilweise ausgeschaltet.

Geräte mit Enthalpietauschern sind allenfalls bei tieferen Temperaturen noch in Betrieb (Lieferantenangaben beachten).

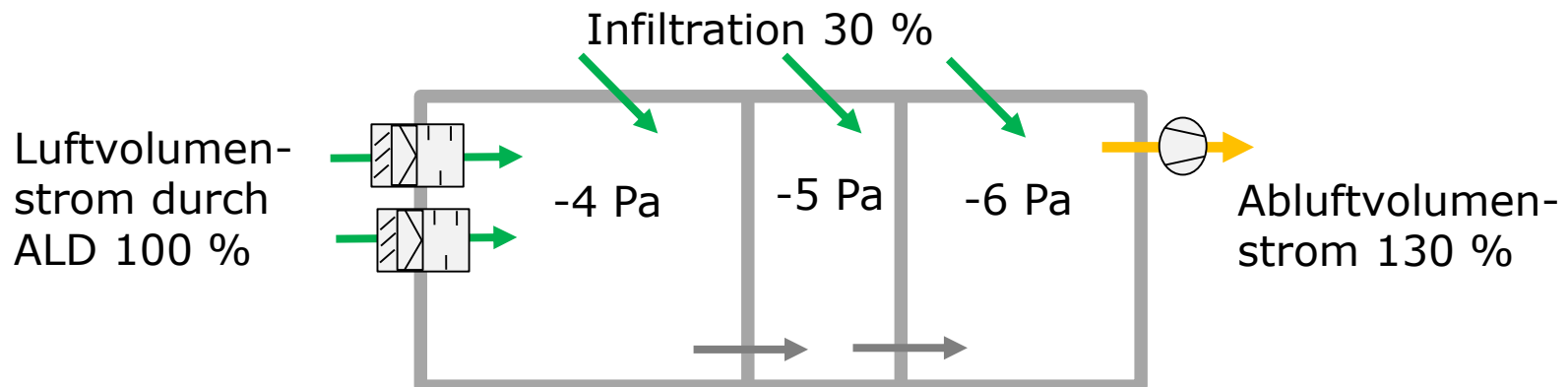


## Abluftanlagen mit Aussenluft-Durchlässe (ALD)

Die Auslegung nach SIA 2023 resp. prSIA 385/2 ist angemessen:

- Druckabfall ALD 4 Pa (bei sauberem Filter)
- Im Standardfall ist der Abluftvolumenstrom 30% grösser als gesamte Luftvolumenstrom durch die ALD (30 % Infiltration)
- Bei einer sehr guten Luftdichtheit (z.B. Minergie-P) kann mit einer Infiltration von 15 bis 20 % dimensioniert werden.

**Für ein Schlafzimmer sind bei typischen Produkten zwei ALD erforderlich.**

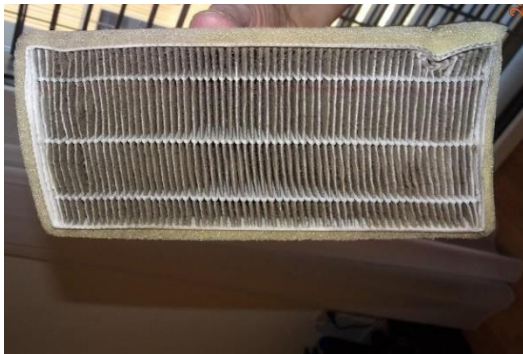


## Betrieb

Sowohl Abluftanlagen mit ALD wie auch Einzelraum-Lüftungsgeräte reagieren empfindlich auf Verschmutzungen. Die Wartungsintervalle sollen kürzer gewählt werden als bei Komfortlüftungen.

Es wird empfohlen Wartungsverträge abzuschliessen mit:

- Typischerweise zwei Filterwechseln pro Jahr (je nach Aussenluftqualität und Filterqualität)
- Eine jährliche Inspektion mit Reinigung aller sensiblen Teile, wie z.B. Insektenschutzgitter.



# Schlussbemerkungen

Bei Wohnungslüftungssystemen müssen Energieeffizienz, Komfort, Schall und Wartung künftig differenzierter beurteilt werden.

Abluftanlagen mit ALD und Einzelraumlüftungsgeräte bieten einen geringeren Nutzen als die Komfortlüftung. Zudem sind sie im Betrieb heikler.

**Bei Modernisierungen haben diese Systeme ihre Berechtigung.**

Allerdings lassen sich auch kostengünstige Lösungen mit Komfortlüftungen realisieren (Verbundlüftung).

Bildquelle: <https://blog.zhaw.ch/humancapital/2016/05/21/externe-lohnvergleiche-teure-aepfel-und-birnen/>

# Danke für die Aufmerksamkeit.

## Disclaimer

- Im Rahmen dieses Referates können die Inhalte der aufgeführten Quellen nicht vollständig dargestellt werden.
- Aus Platzgründen werden Anforderungen und Resultate teilweise vereinfacht und in gekürzter Form wiedergegeben.
- Massgebend sind die Originaltexte der Quellen.

# Fragen?