

# Online-Talk

# Lüftung, Ventilatoren und Klimatisierung

Elisabeth Sibille, Österreichische Energieagentur  
Felix Hochwallner, Austrian Institute of Technology  
Nicole Hartl, Österreichische Energieagentur

16. Mai 2024

[oehv.at](https://oehv.at)

 [hoteliervereinigung](#)

 [oehv.hoteliervereinigung](#)

 [österreichische-hoteliervereinigung](#)

powered by



**FÜR**WÄRTS. DIE ÖHV.

# Organisatorische Hinweise

- ✓ Bitte Ihre Mikrofone „stumm“ geschaltet lassen.
- ✓ Fragen bitte in den Chat schreiben.  
Wir arbeiten sie am Ende ab - versprochen!
- ✓ Dieses Webinar wird zum Nach-Schauen aufgezeichnet.
- ✓ Link zu Aufzeichnung, Zusammenfassung und Präsentation wird zugeschickt.

# Grundlagen Raumluftechnik und Komponente einer Lüftungsanlage

Dr. techn. Elisabeth SIBILLE  
Österreichische Energieagentur  
Wien, 16. Mai 2024

## Agenda

- Aufgaben einer Lüftungsanlagen
- Komponente einer typischen Lüftungsanlagen
- Auslegung und energetische Aspekte
- Mögliche Optimierungsmaßnahmen

## Aufgabe einer Lüftungsanlage



Bilder: [www.jungfrau.ch/](http://www.jungfrau.ch/)



## Aufgabe einer Lüftungsanlage

- Versorgung der Personen in den Innenbereichen mit frischer Luft
- Feuchte- und Schadstoffabfuhr (Hygiene)
- Schutz von Außenbedingungen (Verschmutzung, Lärm)
- Raumkonditionierung (Temperierung)

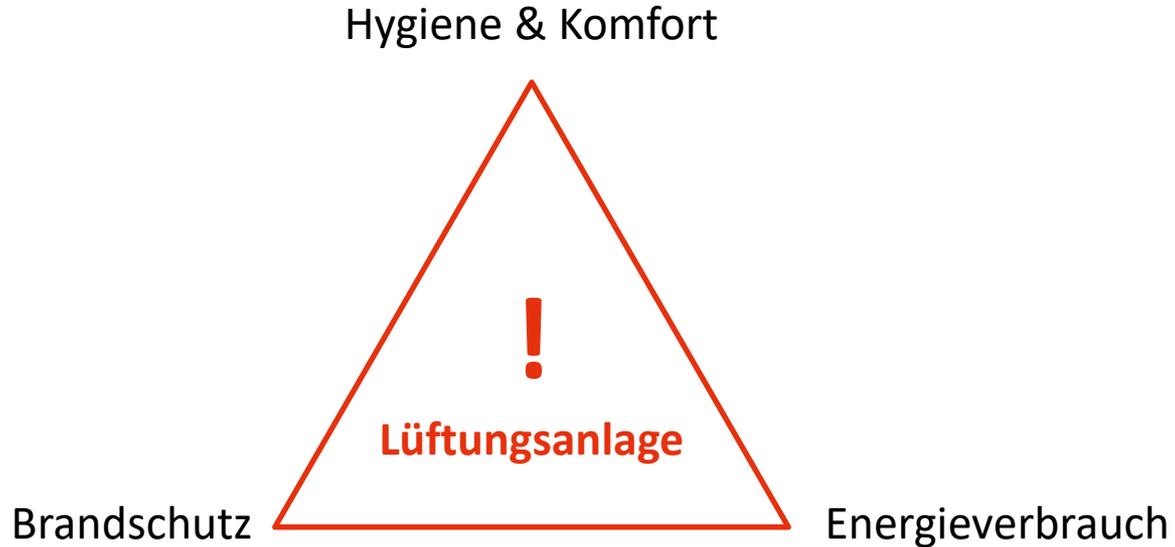
## Aufgaben einer Lüftungsanlage im Hotel

- Versorgung der Personen in den Innenbereichen mit frischer Luft: **zugfrei**
- Feuchte- und Schadstoffabfuhr (Hygiene): **Küchen- und Wellness-Bereiche**
- Schutz von Außenbedingungen (Verschmutzung, Lärm): **auch leise im Raum!**
- Raumkonditionierung (Temperierung): **Soll Temperatur halten**
- **Flexible steuerbar, evtl. vom Gast steuerbar**
- **Ästhetisch (unsichtbar)**

## Arten der Lüftung

- **Fugenlüftung:** zufällig und nach einer Sanierung nicht mehr vorhanden
- **Fensterlüftung:** zufällig, aufwändig, kann aber die Kühlung gut unterstützen (Nachtlüften)
- **Abluftanlage:** übernimmt den Feuchteschutz, Zuluft-Öffnungen vorsehen. Keine Frischluft-Garantie!  
  
Keine Temperierung möglich
- **Komfortlüftung:** Be- und Entlüftung, mit Wärmerückgewinnung und mit Lufttemperierung

# Planung und Betrieb einer Lüftungsanlage



# Planung und Betrieb einer Lüftungsanlage

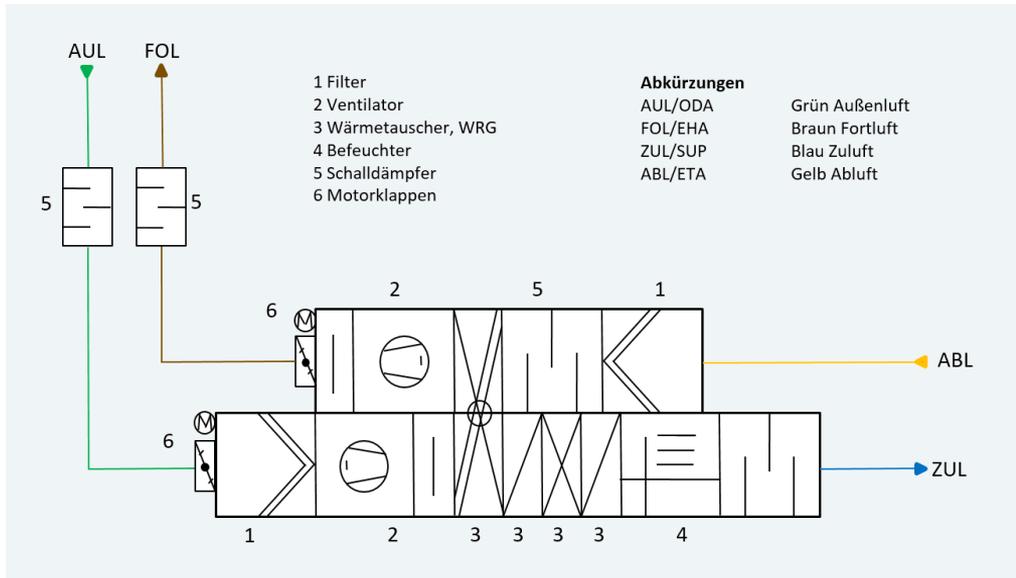
## Gesundheit & Komfort

- 
- ✓ Sorgfältige Planung
  - ✓ Einwandfreie Ausführung
  - ✓ Richtige Regelung
  - ✓ Regelmäßige Wartung & Inspektion

**Brandschutz**

**Energieverbrauch**

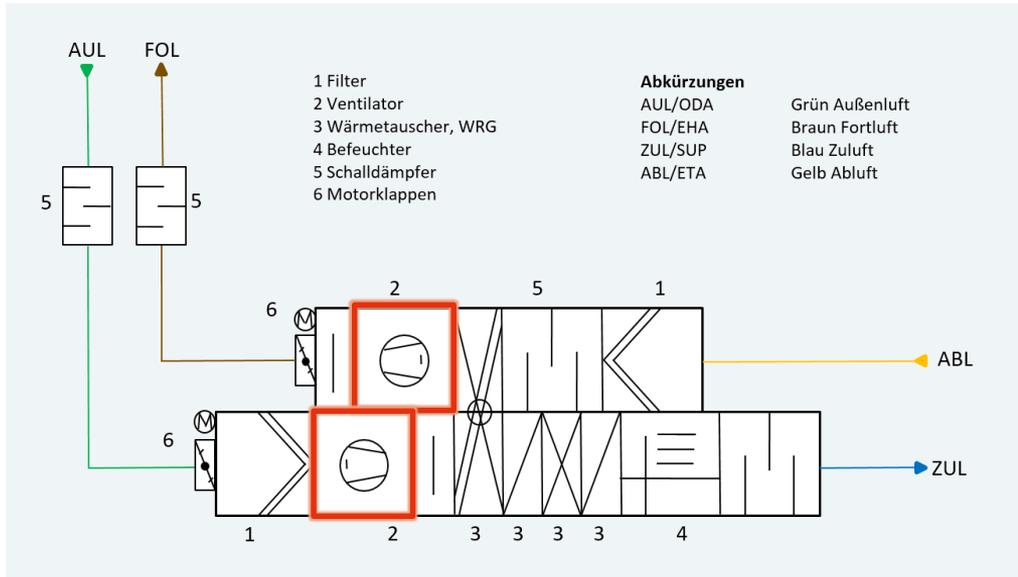
## Planung und Auslegung der Anlage



- **Luftförderung & -Konditionierung:**  
Ventilatoren, Wärmerückgewinnung,  
Register, Befeuchter
- **Hygiene:** Filter, Revisions- und  
Wartungsklappen
- **Schallschutz, Brandschutz:** Schalldämpfer,  
Brandschutzklappen

Beispiel Klimaanlage mit Rotor-WRG, Luftheizung, Kühlung, Be- und Entfeuchtung.

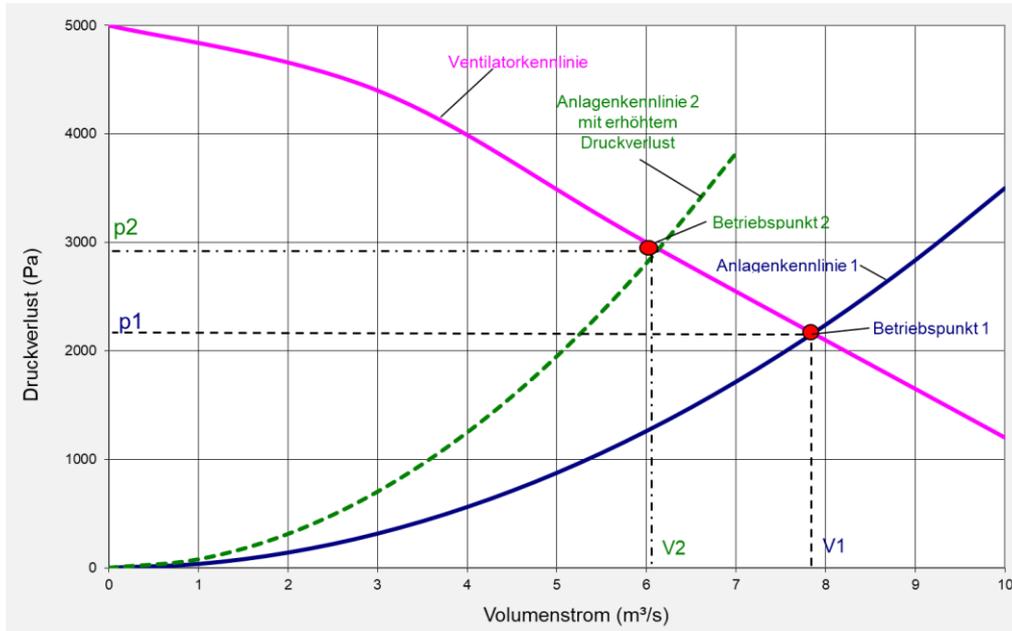
# Ventilator



## Rolle des Ventilators:

Luft fördern mit den erforderlichen  
Volumenstrom und Druck in die Anlage

# Ventilator



Bildquelle: schweizer-fn.de

## Ventilatoren Arten:

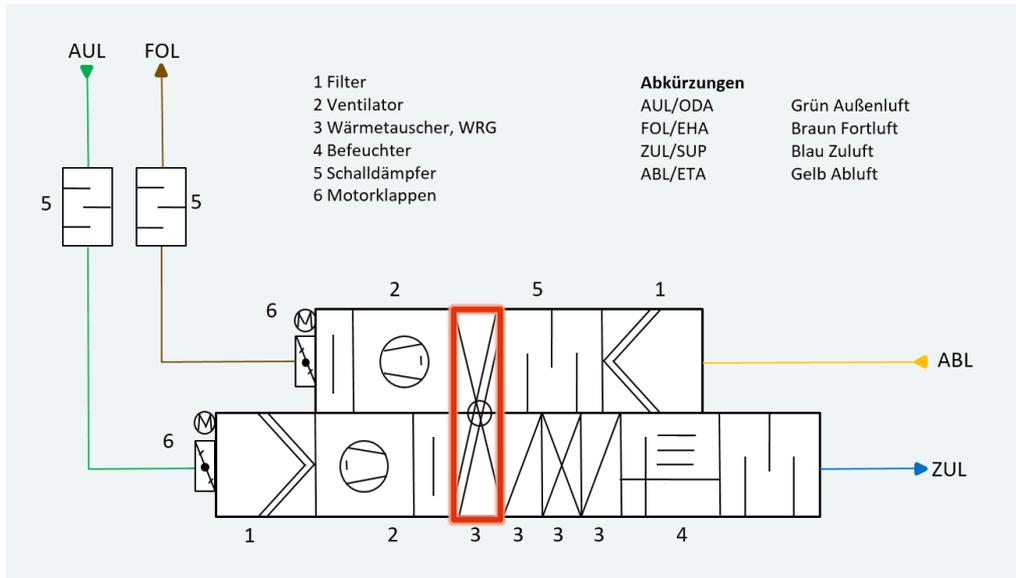
- **Axial:** ideal bei hohen Volumenströmen und geringen Druckverluste
- **Radial:** bei Lüftungs- und Klimakompaktgeräte mit nachgeschalteten Komponenten (Filter, WRG...)

## Leistungsbedarf:

$$P = \frac{dP \cdot \dot{V}}{\eta}$$

**Je höher der Volumenstrom und der Druckverlust, umso höher der Energieverbrauch!**

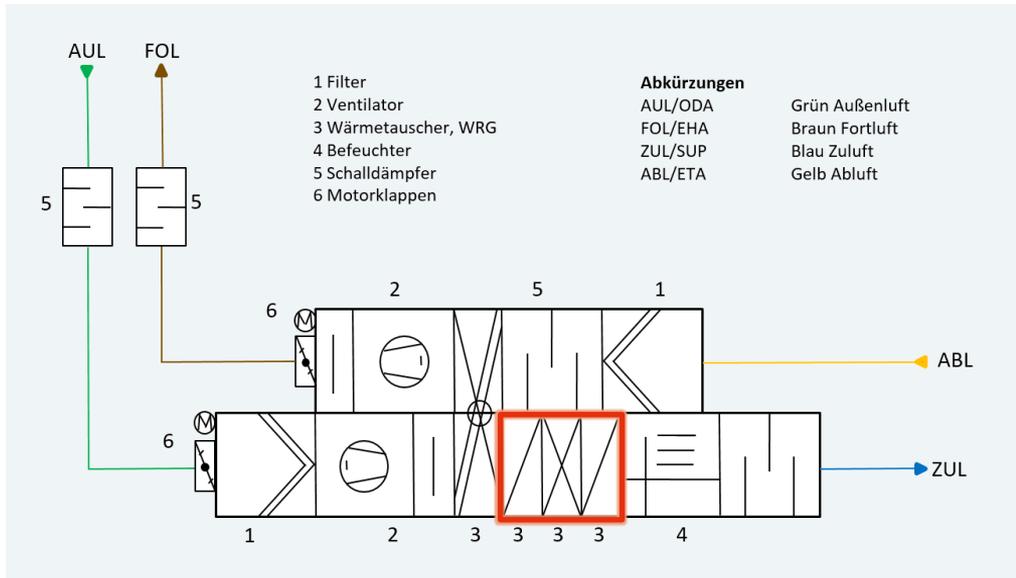
## Wärme- Feuchterückgewinnung



### Rolle der WRG:

Energie (und evtl. Feuchte) aus der Abluft in die Zuluft rückgewinnen

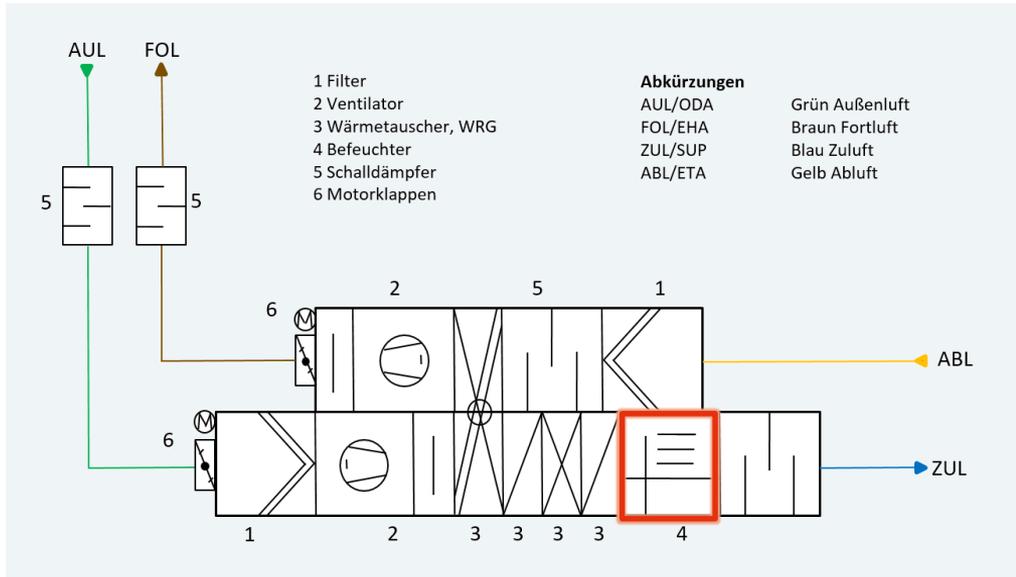
# Heiz- und Kühlregister



## Rolle des Registers:

- Luftkonditionierung: Heizen, Kühlen
- Luftentfeuchtung

# Luftbefeuchter



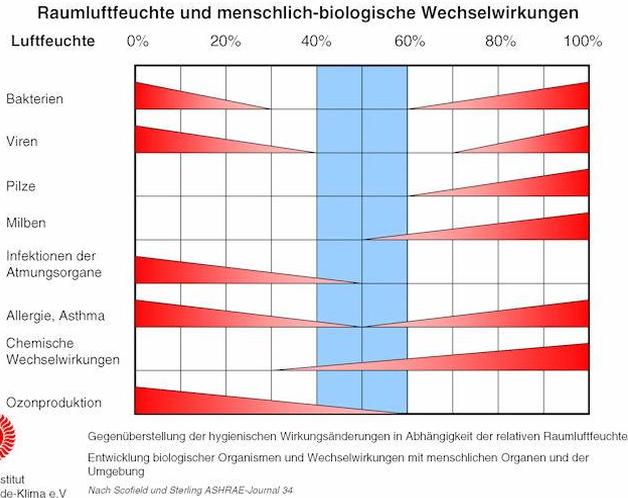
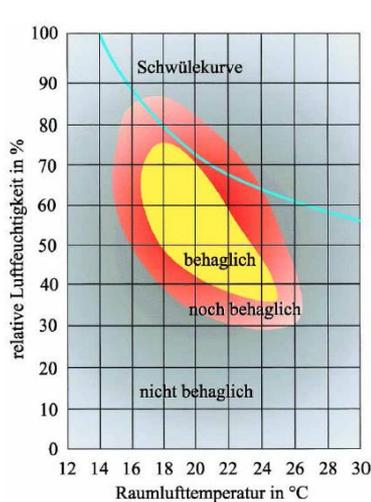
## Rolle des Befeuchters:

- Luftkonditionierung: Befeuchtung (meist in Winter)

## Art der Befeuchtung:

- Adiabater Befeuchter (Kontakt, Hochdruck...)
- Dampfbefeuchter

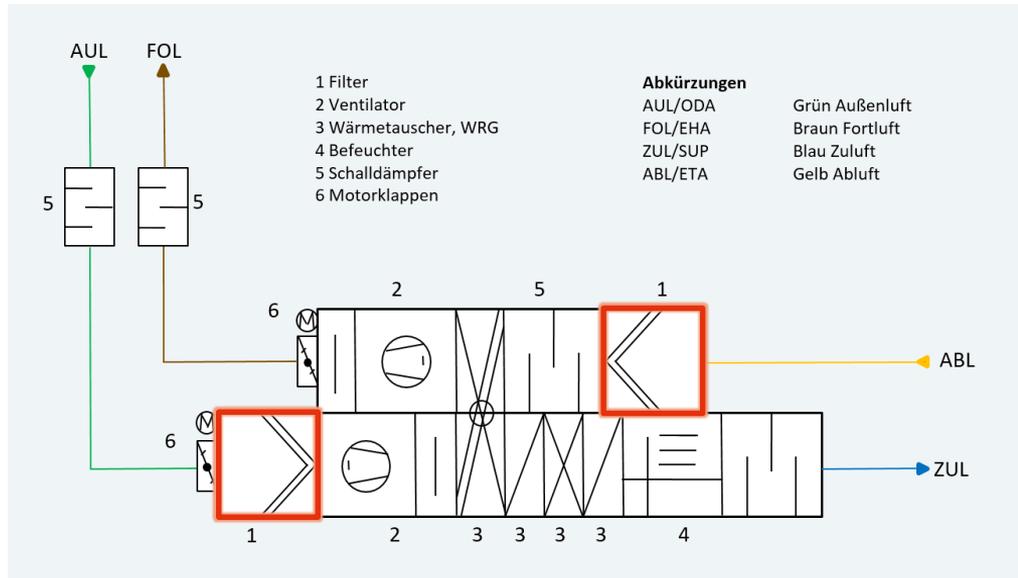
# Luftbefeuchter



## Herausforderungen bei der Luftbefeuchtung:

- Wasserhygiene
- Hoher Energiebedarf
- Schutz der nachgeschalteten Komponenten:  
Abstand zu Filter und Schalldämpfer muss eingehalten werden!

## Filter



### Rolle des Filters:

- Staub, Pollen und sonstige Verschmutzungen aus der AUL ausscheiden
- Komponenten schützen (Abluftfilter)

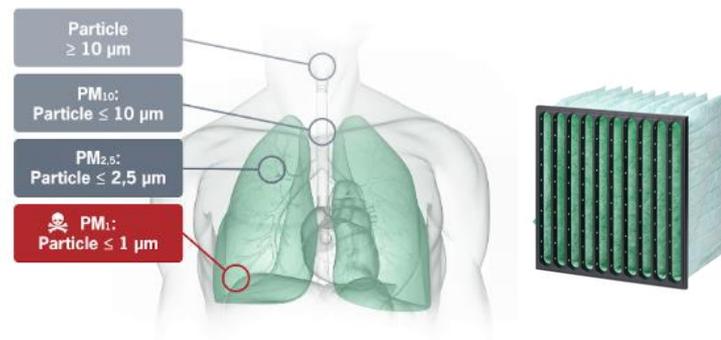
Die Filterklasse ergibt sich aus der Art von Partikeln (Größe), die auszuschleiden sind und aus den Anforderungen an die Zuluft (Büro, Reinraum...).

## Filter

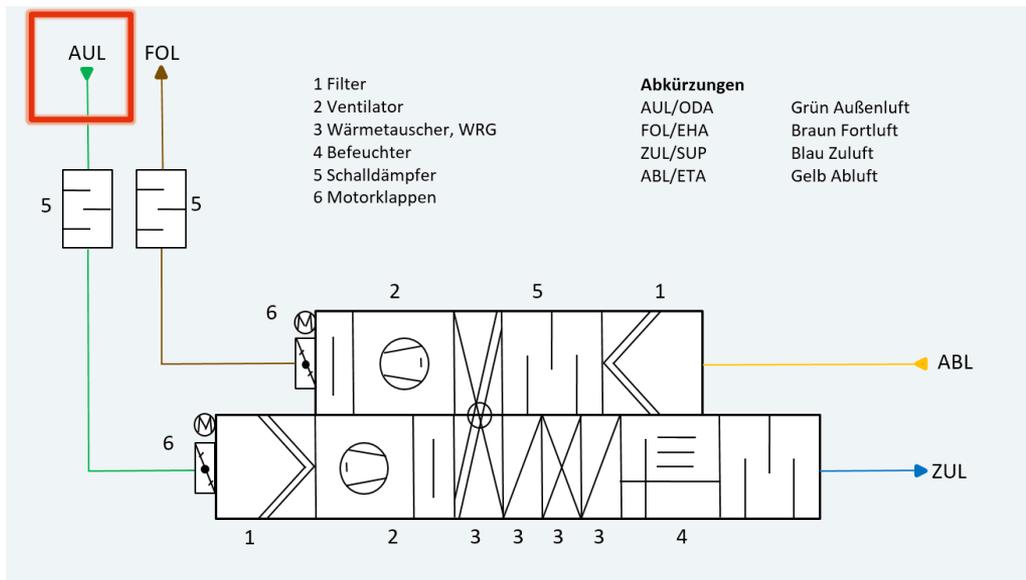
Beispiel Filterklassen nach ISO 16890	Beschreibung
<b>ISO ePM1 80%</b>	Filtert 80% der Partikel > 1µm Entspricht in Etwa die veraltete Klasse F9
<b>ISO ePM1 oder ISO ePM1 50%</b>	Filtert 50% der Partikel > 1µm Entspricht in Etawa die veraltete Klasse F7
<b>ISO ePM2,5 80%</b>	Filtert 70% der Partikel > 2,5µm Entspricht in Etwa die veraltete Klasse F7
<b>ISO ePM2,5 oder ISO ePM2,5 50%</b>	Filtert 50% der Partikel > 2,5µm Entspricht in Etwa die veraltete Klasse M6
<b>ISO ePM10 80%</b>	Filtert 70% der Partikel > 10µm Entspricht in Etwa die veraltete Klasse M6
<b>ISO ePM10 oder ISO ePM210 50%</b>	Filtert 50% der Partikel > 10µm Entspricht in Etwa die veraltete Klasse M5
<b>Coarse</b>	Grobfilter: alle Filter, die weniger als 50 % der Partikel > 10 µm entfernen. Entspricht in Etwa die veraltete Klasse G2 bis G4

### Häufige Mängel bei Filtern:

- Filter nicht rechtzeitig getauscht
- Falsche Filterklasse eingebaut
- Filter falsch eingebaut (Taschen müssen senkrecht zum Boden platziert werden!)
- Filter feucht oder nass (Nähe Befeuchter!)
- Defekter Filterrahmen



## Außenlufteinlass

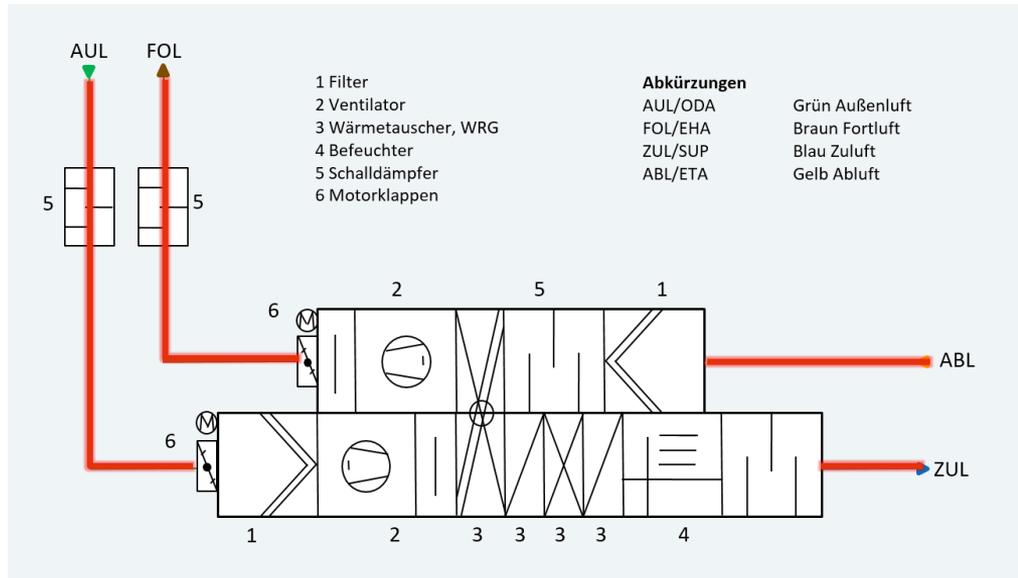


### Außenlufteinlass:

Fern von Verschmutzungen (Laub...),  
Verkehr, weiteren Auslässen (WC),  
Wärmequellen, Feuchtigkeit und Schneefrei



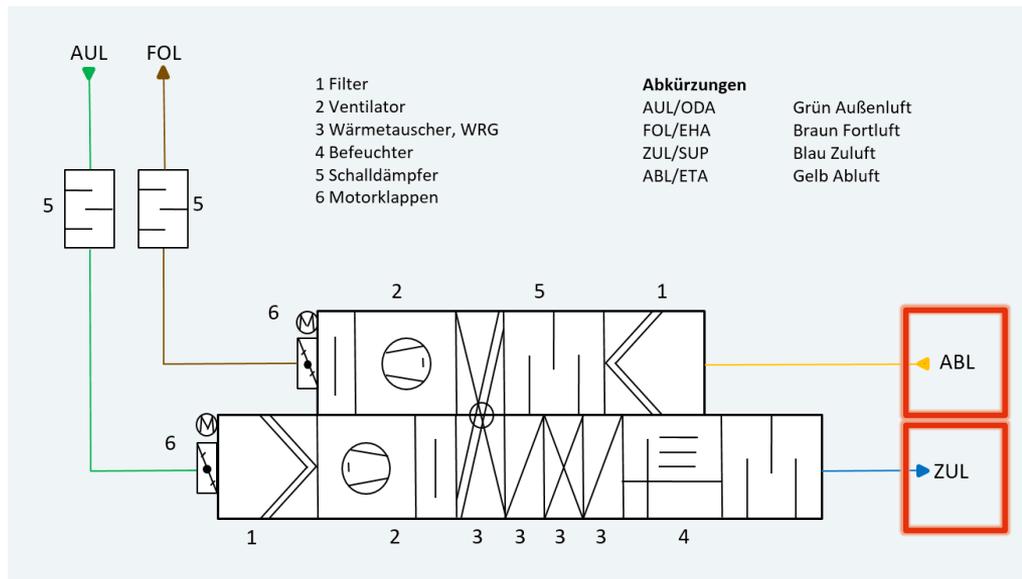
## Luftkanalnetz



### Eigenschaft eines guten Kanalnetzes:

- Luftdicht (Achtung Schrauben, Dichtungsbänder...) mind. Klasse B nach EN 16798-3
- Rein (Zuluft) nach VDI6022
- Zugänglich für Inspektion und Wartung
- Minimiert den Druckverlust und die Geräusche (Geschwindigkeit, Formstücke...)
- Minimiert die Wärme- und Kälteverluste durch Isolierung (Mineralwolle, FEF, Stärke nach DIN 1946-3)
- Minimiert die Geräuschübertragung (Schalldämpfer)

## Zu- und Abluftauslässe im Raum



### Zuluftauslass:

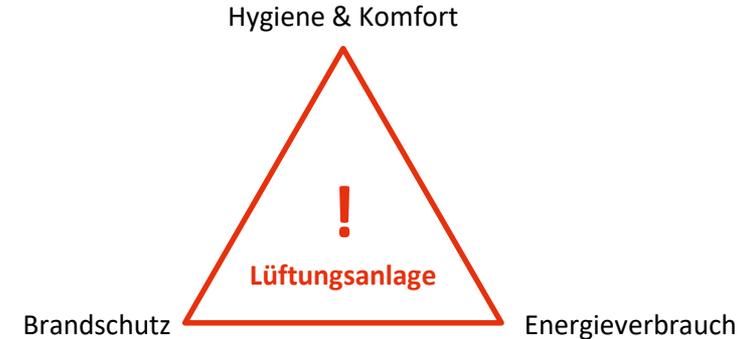
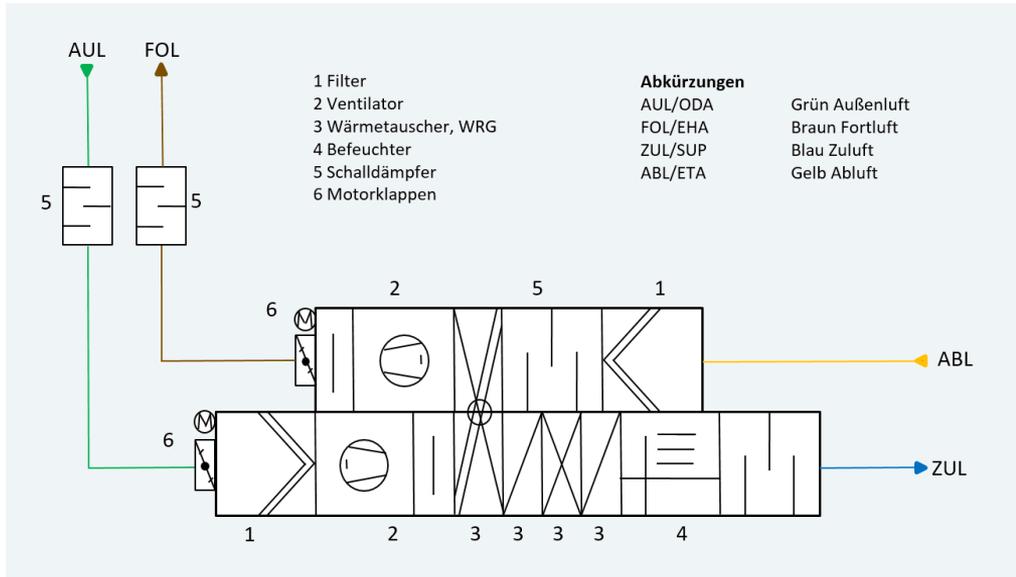
- Passendes Diffusionsbild
- Angemessene Größe
- evtl. verstellbar
- Leicht zu reinigen und desinfizieren

### Abluftauslass:

- Richtige Platzierung im Raum
- evtl. mit Filter
- Leicht zu reinigen und desinfizieren



# Auslegung der Zu- und Abluftvolumenströme



## Auslegung der Zu- und Abluftvolumenströme

### Arbeitsstättenverordnung

- 35 m<sup>3</sup>/h, bei Arbeiten mit geringer körperlicher Belastung
- 50 m<sup>3</sup>/h bei Arbeiten mit normaler körperlicher Belastung
- 70 m<sup>3</sup>/h bei Arbeiten mit hoher körperlicher Belastung

### klimaaktiv

- 25 m<sup>3</sup>/h pro Person in Wohnräumen
- 28-36 m<sup>3</sup>/h pro Person in Bildungsräume (max. 1.000 ppm)

### Spezifische Regelwerke

- Labore, Chemikalienräume: VDI 2051
- Krankenhaus: ÖNORM H6020 März 2024
- Küchen: ÖNORM-EN 16282-1
- Hotel: DIN EN 16798 Reihe 25-45 m<sup>3</sup>/h pro Person

### Spezifische Werte zur Schadstoffabfuhr / Abfuhr eines thermischen Lasts

- Mindestvolumenstrom zur Einhaltung von MAK-Werte
- Mindestvolumenstrom zur Abfuhr eines thermischen Lasts

# Auslegung der Zu- und Abluftvolumenströme

Auf dem Schallschutz achten!

Gebäude	Art des Raums	Schalldruckpegel [dB(A)]	
		typischer Bereich	Standard Auslegungswert
Wohngebäude	Wohnzimmer	25 bis 40	32
	Schlafzimmer	20 bis 35	26
Hotel	Eingangsbereich	35 bis 45	40
	Empfangsraum	35 bis 45	40
	Hotelzimmer (nachts)	25 bis 35	30
	Hotelzimmer (am Tag)	30 bis 40	35

# Typische Soll-Temperaturen

- Zimmer: 18 – 21°C
- Bad: 21 -23°C
- Restaurant: 20-22°C
- Büro: 18-24°C
- Wellness-Bereich: 2-3 K über Wassertemperatur (ca. 30°C, nicht über 34°C)

## Wellness

Wellness ist ein Bereich, in dem große Mengen an Ressourcen (Strom, Wärme, Wasser) verbraucht werden.



Die Raumlufttemperaturen sind etwas höher als in normalen Wohnräumen, die Luft muss entfeuchtet werden, Wasser muss transportiert, gereinigt und erneuert werden etc.

Hier zeigen wir Ihnen einige Maßnahmen, die es Ihnen ermöglichen, in den Bereichen Hallenbad, Ausgleichsbecken, Sauna etc. kleinere bzw. größere Einsparungen zu erzielen, ohne dabei Komfortverluste verzeichnen zu müssen.

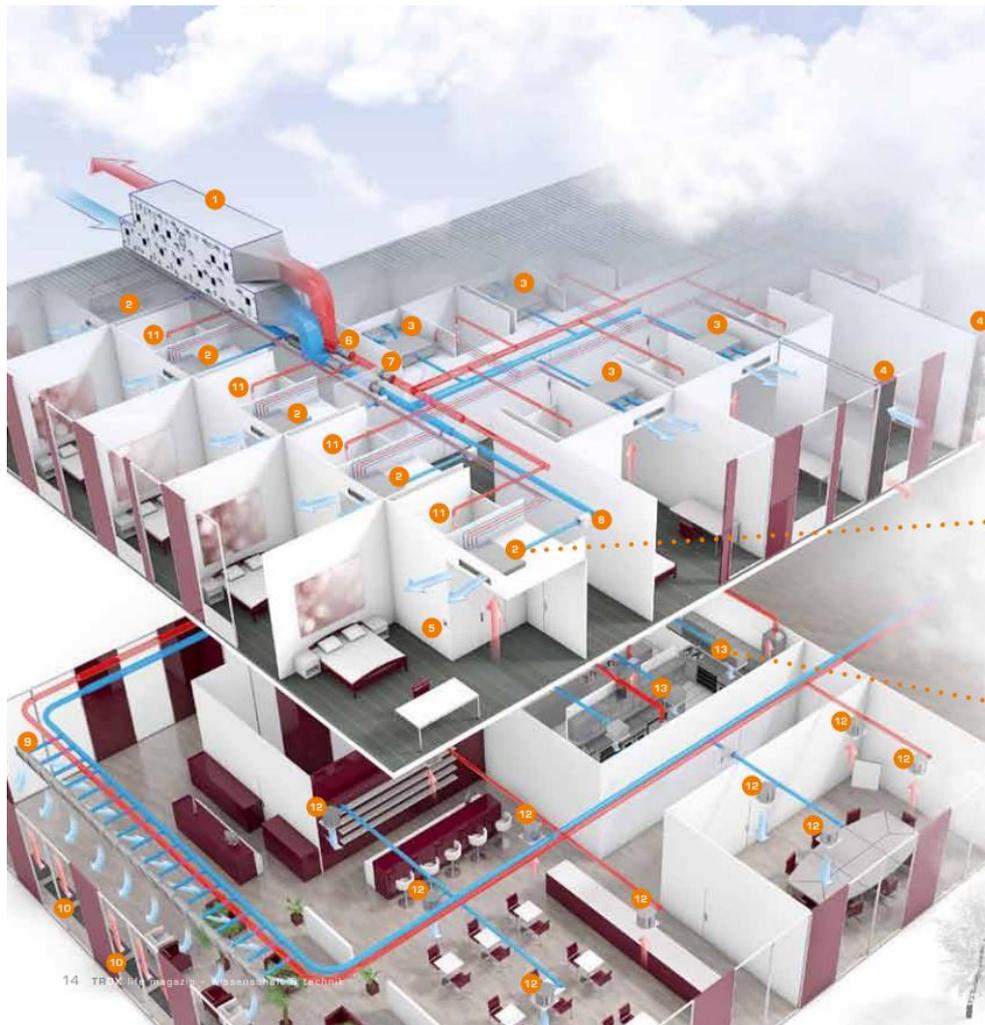
### Wellness

Maßnahme (1 entspricht gering, 4 entspricht hoch)	Nutzen	Zeit	Komplexität	Kosten
<b>Betriebszeiten optimieren (Sofortmaßnahme)</b>				
Legen Sie bestimmte Betriebszeiten der Wellnessanlagen und Attraktionen (Schwimmbecken, Whirlpool, Sauna, Sprudel, Gegenstromanlage, Wasserfälle etc.) fest. Außerhalb dieser Zeiten soll der Betrieb der Haustechnikanlage (Wärme, Lüftung, Umwälzpumpe etc.) auf das hygienisch erforderliche Minimum reduziert werden.	3	1	1	2

<https://www.klimaaktiv.at/energiesparen/tourismus/einsparmassnahmen/Betrieb-und-Prozesse/wellness.html>

## SOLL Temperaturen

- 1 Raumluftechnisches Gerät
- 2 Deckeninduktionsdurchlass
- 3 Fan Coil Units
- 4 Dezentrales Lüftungsggerät – vertikal
- 5 Raumbediengerät
- 6 Rohrschalldämpfer
- 7 Brandschutzklappe
- 8 Volumenstromregler
- 9 Schlitzdurchlass
- 10 Abluftgitter
- 11 Lüftungsventil (Abluft)
- 12 Dralldurchlass
- 13 Absperrvorrichtung für Küchenabluft



## Häufige Mängel bei Lüftungsanlagen

- Schlechtes Regelungsverhalten (Luftmengen, Temperierung)
- Unangepasste Betriebszeiten
- Ineffiziente Kühlung

## Optimierungspotential einer Lüftungsanlage

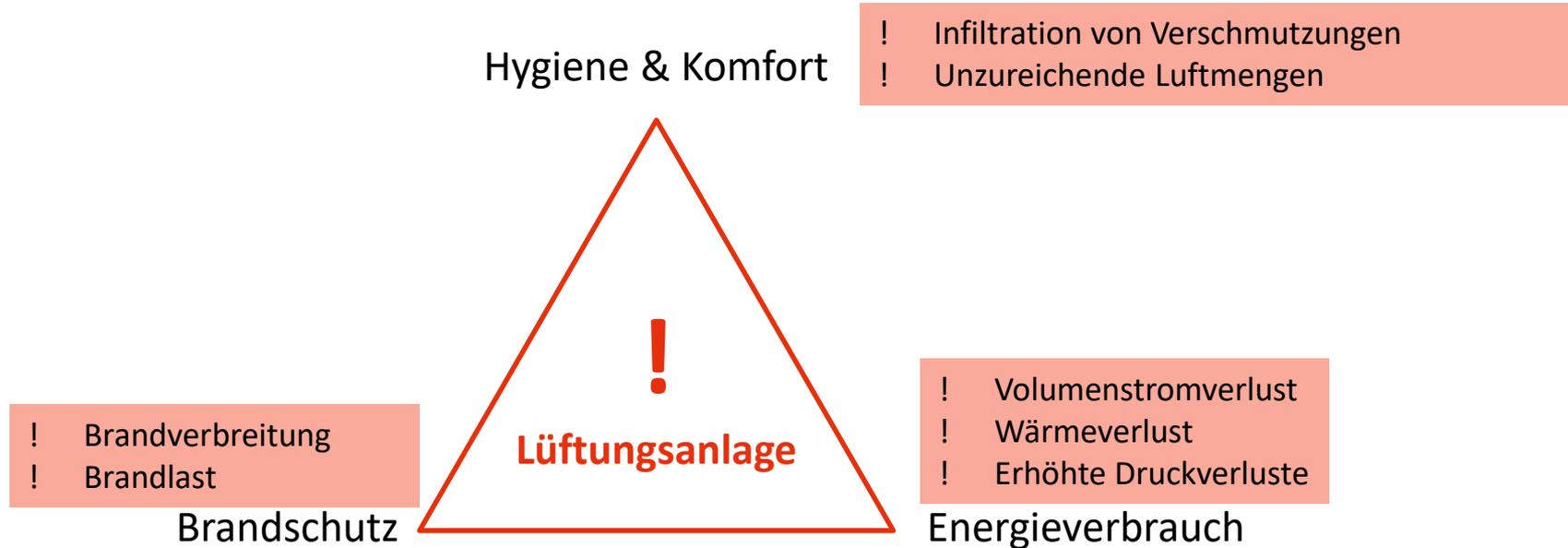
- Regelmäßige Inspektion und Wartung, Monitoring
- Bedarfsorientierter Betrieb (Sensorik, Regelorgane, Gebäudeleittechnik)
- Einsatz Energieeffiziente Komponente (Ventilatoren, Befeuchter, Kühlsysteme, Wärmerücksysteme...)
- Wärmerückgewinnung

## Maßnahme 1: Inspektion und Wartung

- Inspektion Luftdichtheit im Kanalnetz
- Filtertausch
- Inspektion weiterer Komponenten

Hilfreicher Regelwerk zur Inspektion und Wartung (Fokus Hygiene): VDI 6022

## Inspektion und Wartung:



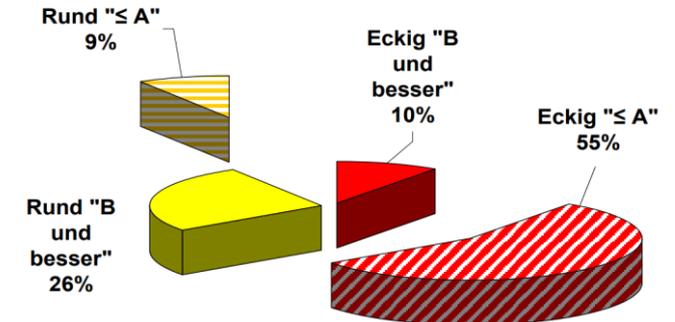
# Luftdichtheit: Dichtheitsklassen

Dichtheitsklassen nach EN 16798-3:

Dichtheitsklasse		Grenzwert der Luftleckrate ( $f_{\max}$ ) $\text{m}^3 \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$
Alt	Neu	
	ATC 7	Nicht klassifiziert
	ATC 6	$0,0675 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
A	ATC 5	$0,027 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
B	ATC 4	$0,009 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
C	ATC 3	$0,003 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
D	ATC 2	$0,001 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$
	ATC 1	$0,00033 \times p_t^{0,65} \times 10^{-3}$

Ziel: Leckage < 2% des Volumenstroms

Über die Hälfte der 2006 in Deutschland montierten Luftleitungen entsprach nicht den Empfehlungen der DIN EN 13779 bezüglich Dichtheit



Luftleitungsproduktion in Deutschland nach Dichtheitsklassen

Bildquelle: J. Luft, Lindab GmbH

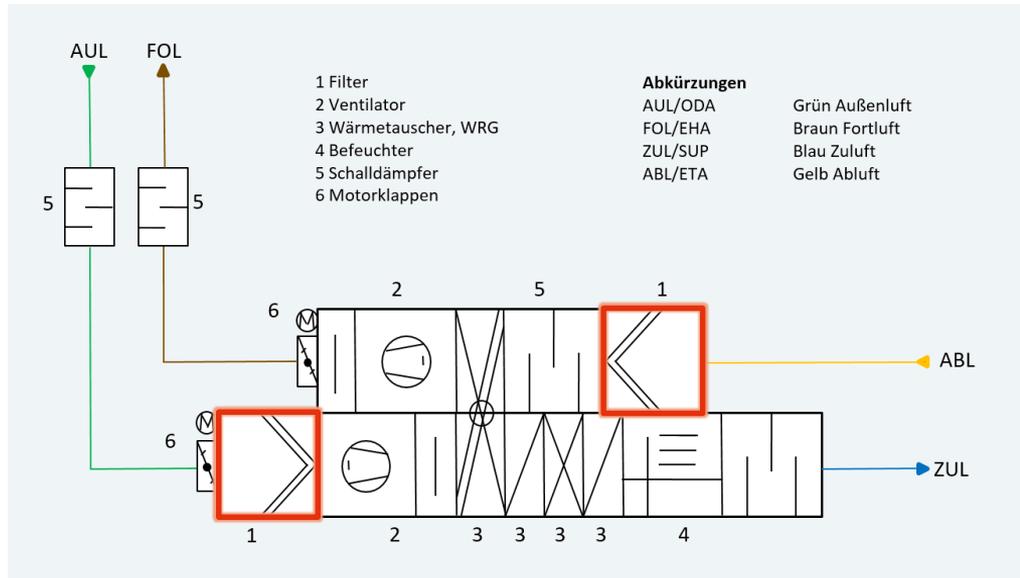
## Luftdichtheit: Hinweise auf Leckagen im Kanalnetz

- Geräusche, Pfeifen, oder spürbare Zugluft
- Unterschied zwischen die Summe aller gemessenen Volumenströme (am Auslass) und den gemessenen Gesamtvolumenstrom am Ventilator
- Zu kleine Volumenströme am Auslass, unwirksame Abfuhr von Schadstoffen oder von thermischen Lasten
- Schwachstellen im Leitungsnetz (mehrfach montierten Leitungen, Revisionstüre)
- Ausgedehnte oder geplatzte Isolierung
- Hinweise auf schwache Stellen im Bericht der letzten Hygiene Inspektion

**Bei Verdacht: Prüfung nach EN 12599**



## Filtertausch: Filterklassen und Lage der Filter



### Hinweise:

- Bei ePM1 (F7 bzw. F9) oder HEPA muss auf Dichtheit der Gebäudehülle und der Luftbehandlungsgeräte geachtet werden
- Filterstufe am Eintritt des Lüftungsgeräts, um das Gerät vor Verschmutzungen aus der AUL zu schützen
- Filter-Differenzdrucküberwachung ist empfohlen (Pflicht bei neuen Anlagen)

## Filtertausch: wann muss getauscht werden?

- Maximaler Druckverlust erreicht (Enddruckverlust wird vom Hersteller festgelegt)
- Schäden am Filter (Filtertaschen gerissen) , Geruchsentwicklung, Verunreinigungen
- Feuchte (> 80%), Nässe oder Schnee am Filter
- Falsche Filterklasse eingebaut
- Defekter Filterrahmen

## Weitere Inspektionenpunkte zur Vermeidung von Energieverlusten

- **Wärmetauscher sowie Heiz- und Kühlregister:** Verschmutzungen führen schnell zu einem schlechteren Wirkungsgrad des Wärmetauschers.
- **Schalldämpfer:** verschmutzte Schalldämpfern verursachen einen hohen Druckverlust und müssen getauscht werden.
- **Ventilator, Riemen und Motor** sind frei von Schäden, Feuchtespuren oder Verschmutzungen, die ihren Betrieb beeinträchtigen.

## Weitere Inspektionenpunkte zur Vermeidung von Energieverlusten

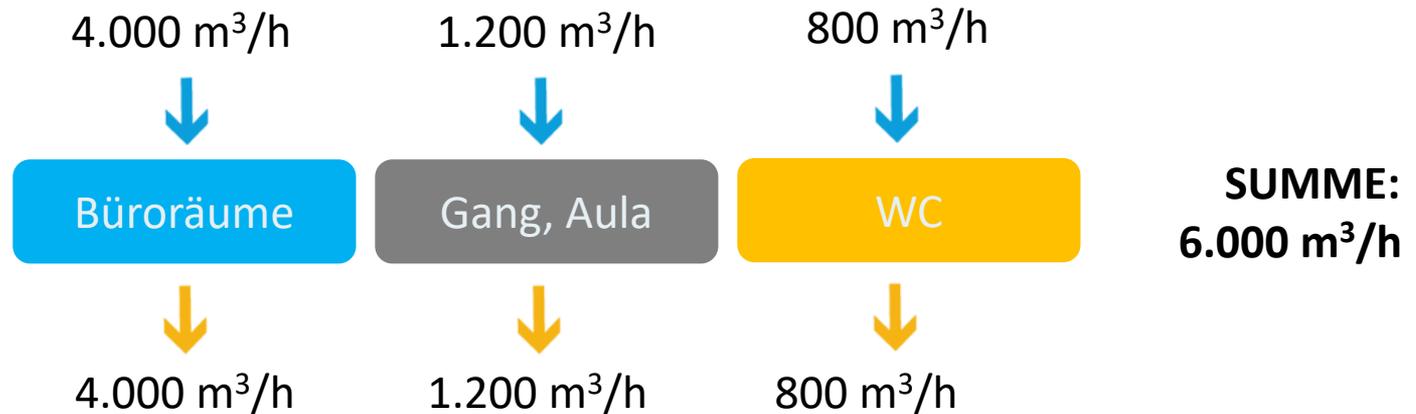
- Komponenten in Kontakt mit Wasser (**Befeuchter**), müssen besonders gut und regelmäßig inspiziert werden, da Verschmutzung oder Verkalkung nicht nur zu erhöhten Energiekosten führen sondern auch zu gesundheitlichen Problemen
- **Isolierung von Kanalnetzen** muss vollständig und frei von Schäden sein, um Wärme- oder Kälteverluste zu vermeiden.
- **Verunreinigungen im Luftkanal** können neben erhöhten Energiekosten auch zu gesundheitlichen Problemen für die Personen im Raum verursachen (ZUL Kanal). Abluftkanäle für belastete Abluft (Fett, Staub) müssen entsprechend dimensioniert und geschützt werden (Brand- und Explosionsgefahr)

## Maßnahme 2: starre Volumenstromreduzierung

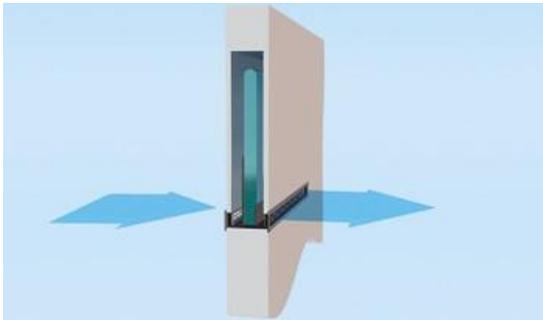
### Anwendungsfälle:

- Überdimensionierung der Nennvolumenströme in der Planungsphase
- Nutzungsänderung
- Möglichkeit zur Kaskadenlüftung in „nicht sensiblen“ Bereichen

## Starre Volumenstromreduzierung: Kaskadenlüftung

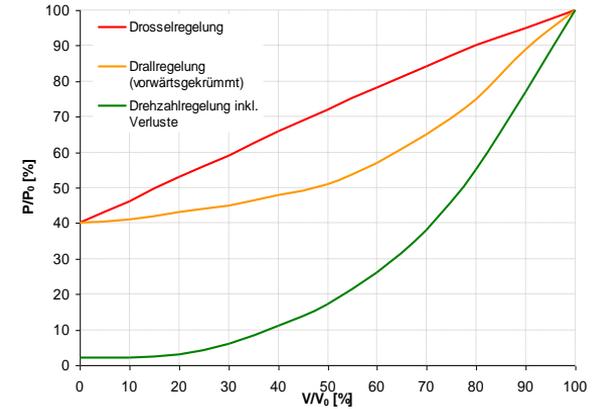
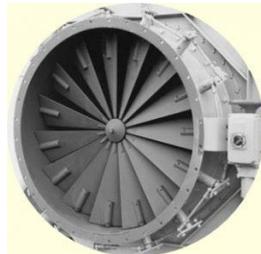


## Starre Volumenstromreduzierung: Kaskadenlüftung



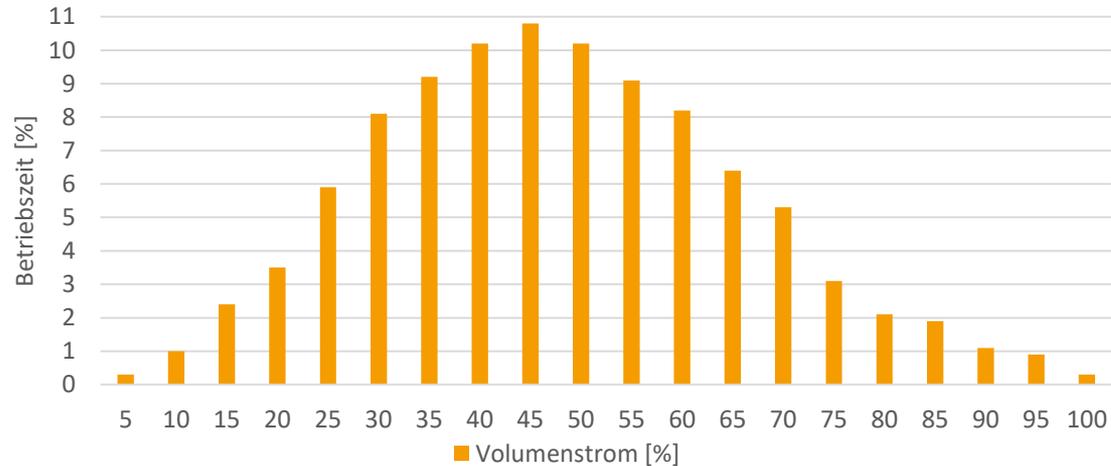
## Starre Volumenstromreduzierung: Umsetzung

- Drosselung durch Einbau einer Klappe im System (Druckverlust!)
- Drallregelung am Ventilator (Wirkungsgrad!)
- „manuelle“ Drehzahlanpassung des Ventilators durch vergrößern der Riemenscheiben
- Motortausch



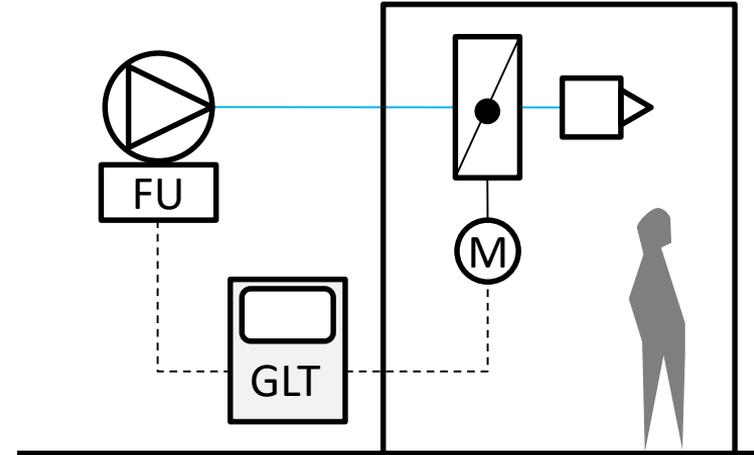
## Maßnahme 3: Variable Reduzierung des Volumenstroms

### Teillastbetrieb und -Profil

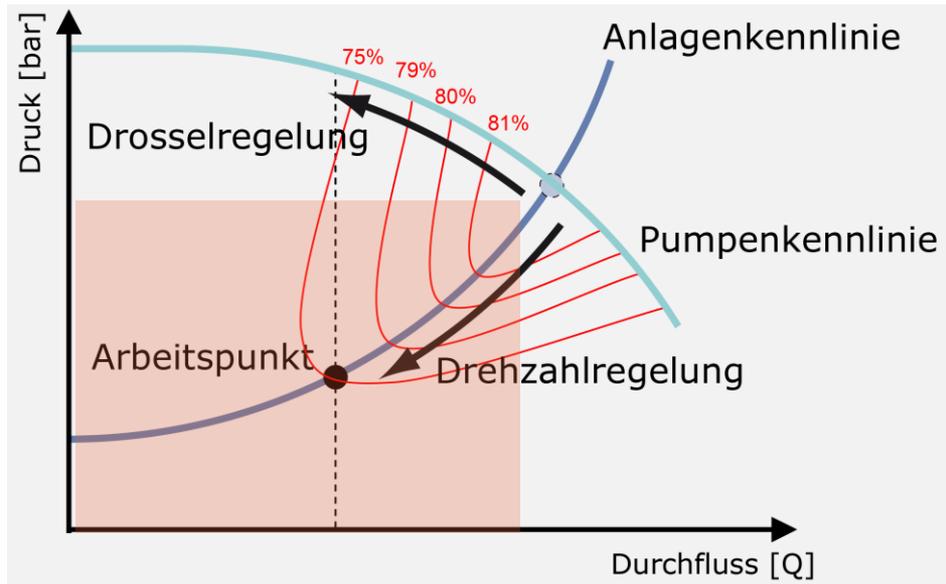


## Reduzierung des Volumenstroms: Voraussetzungen

- **Nachfrageseite:** Ermittlung des Bedarfs:  
Teillastprofil, manuelle oder automatische  
Schalter / Klappen, Sensoren
- **Versorgerseite:** Drehzahlregelung des Ventilators  
durch Frequenzumrichter (FU) oder EC-Motor
- **Gebäudeleittechnik (GLT):** Ansteuerung des  
Ventilators und Visualisierungsoberfläche



## Reduzierung des Volumenstroms durch Drehzahlregelung



Leistungsbedarf :  $P = \frac{dP \cdot \dot{V}}{\eta}$

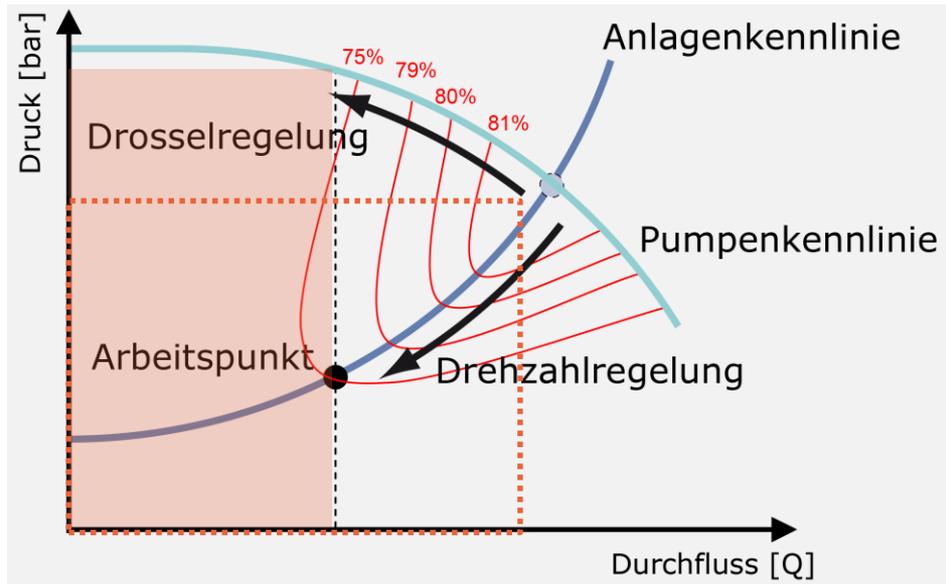
Anlagenkennlinie:  $dP = k \cdot \dot{V}^2$

$$\left(\frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1}\right)^3 = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)$$

$\dot{V}$	[m <sup>3</sup> /h]	Volumenstrom (1=aktuell; 2=optimiert)
$P$	[kW]	Leistung des Motors (1=aktuell; 2=optimiert)

Bild: adaptiert von einer Abbildung von Danfoss.com

## Reduzierung des Volumenstroms durch Drehzahlregelung



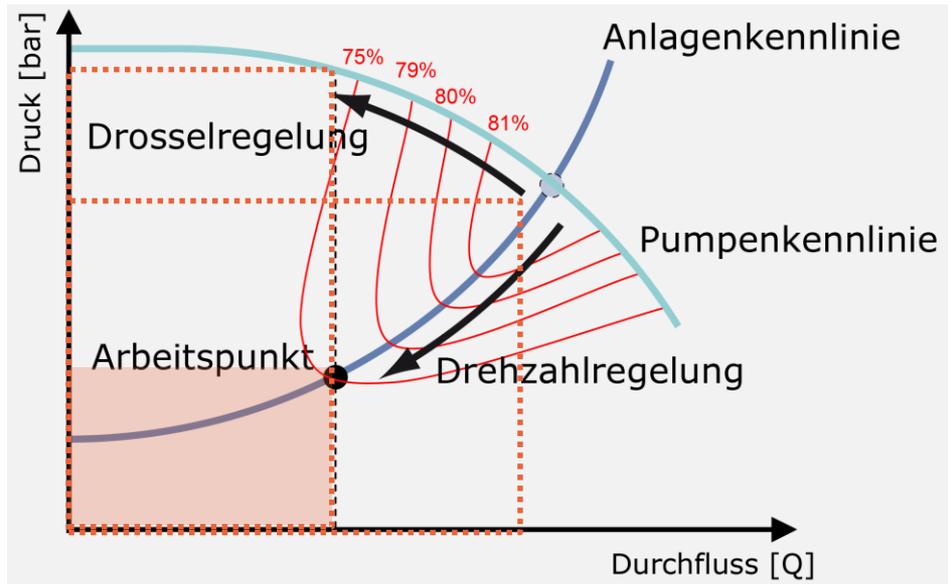
$$\text{Leistungsbedarf : } P = \frac{dP \cdot \dot{V}}{\eta}$$

$$\text{Anlagenkennlinie: } dP = k \cdot \dot{V}^2$$

$$\left( \frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1} \right)^3 = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$

$\dot{V}$	[m <sup>3</sup> /h]	Volumenstrom (1=aktuell; 2=optimiert)
$P$	[kW]	Leistung des Motors (1=aktuell; 2=optimiert)

## Reduzierung des Volumenstroms durch Drehzahlregelung



$$\text{Leistungsbedarf : } P = \frac{dP \cdot \dot{V}}{\eta}$$

$$\text{Anlagenkennlinie: } dP = k \cdot \dot{V}^2$$

$$\left( \frac{\dot{V}_2}{\dot{V}_1} \right)^3 = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)$$

$\dot{V}$	[m <sup>3</sup> /h]	Volumenstrom (1=aktuell; 2=optimiert)
$P$	[kW]	Leistung des Motors (1=aktuell; 2=optimiert)

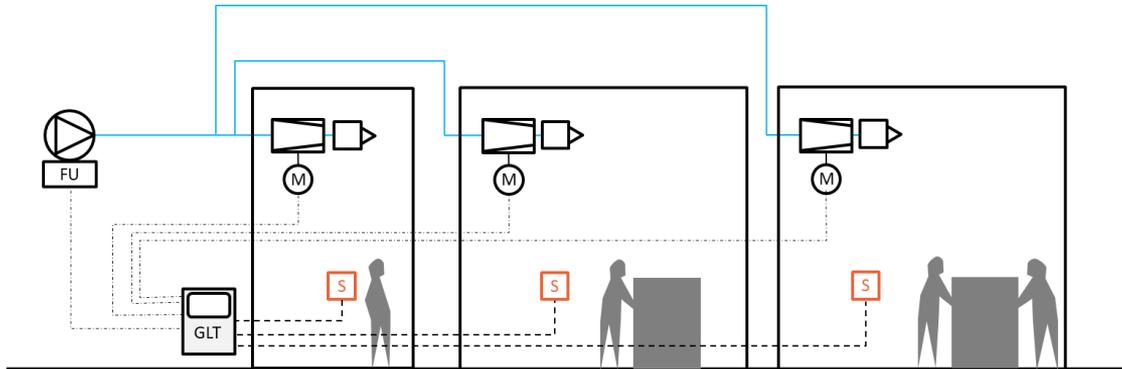
Bild: adaptiert von einer Abbildung von Danfoss.com

## Reduzierung des Volumenstroms: zeitgesteuert

1. 3-5 Teillastprofile festlegen (zB: 30% Reduktion in der Nacht und am WE)
2. Überprüfen, dass kritische Räume auch in Teillast genügend Volumenstrom bekommen!
3. Teillastprofile in die Leittechnik programmieren
4. Test und ggf. Messungen in den kritischen Räumen

## Reduzierung des Volumenstroms: Einzelraumregelung

Anpassung des Volumenstroms an dem momentanen Bedarf im Raum

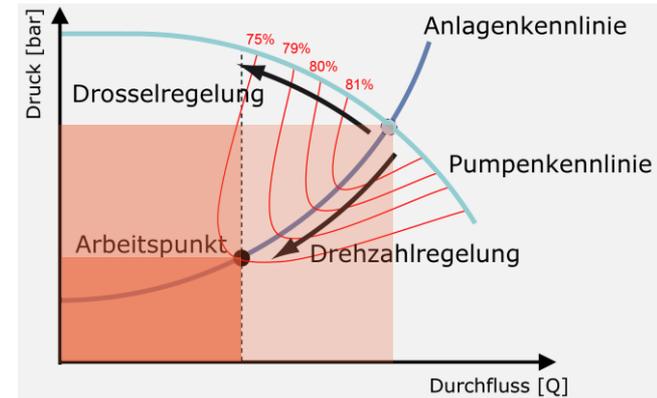
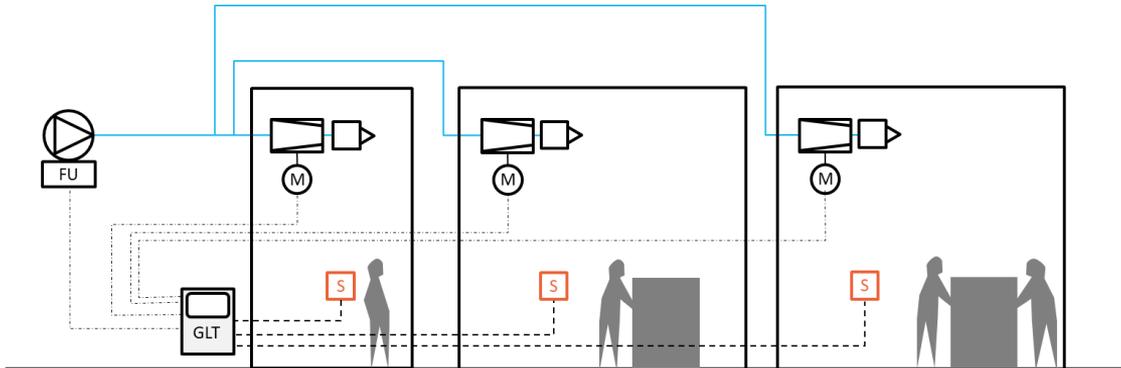


- Präsenz, Belegung
- Schadstoffkonzentration, Staub
- Feuchte
- Temperatur



# Reduzierung des Volumenstroms: Einzelraumregelung

## Energieeinsparung



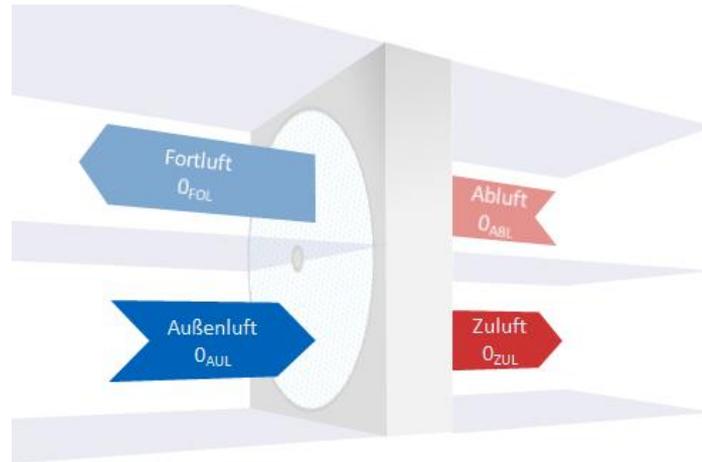
## Reduzierung des Volumenstroms: Fazit

### Arten der Volumenstromregelung nach EN 16798-3

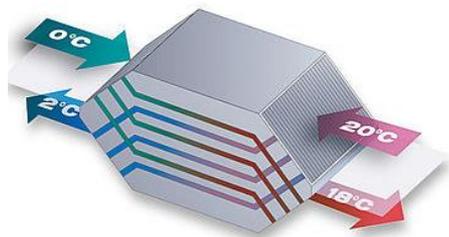
Kategorie	Beschreibung
IDA - C 1	Die Anlage läuft konstant.
IDA - C 2	Manuelle Regelung (Steuerung) Die Anlage unterliegt einer manuell geregelten Schaltung.
IDA - C 3	Zeitabhängige Regelung (Steuerung) Die Anlage wird nach einem vorgegebenen Zeitplan betrieben.
IDA - C 4	Belegungsabhängige Regelung (Steuerung) Die Anlage wird abhängig von der Anwesenheit von Personen betrieben (Lichtschalter, Infrarotsensoren usw.).
IDA - C 5	Bedarfsabhängige Regelung (Anzahl der Personen) Die Anlage wird abhängig von der Anzahl der im Raum anwesenden Personen abgestuft betrieben.
IDA - C 6	Bedarfsabhängige Regelung (Gassensoren) Die Anlage wird durch Sensoren geregelt, die Raumluftparameter oder angepasste Kriterien messen (z. B. CO <sub>2</sub> -, Mischgas-, Luftfeuchte- oder VOC-Sensoren); diese sind festzulegen. Die angewendeten Parameter müssen an die Art der im Raum ausgeübten Tätigkeit angepasst sein.

## Maßnahme 4: Wärme- und Feuchterückgewinnung

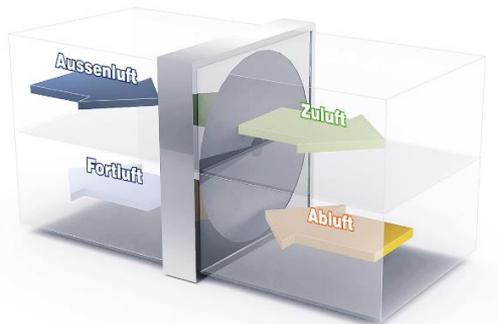
Übertragung der in der Abluft enthaltenen Energie in die Außenluft, mit und ohne Feuchte



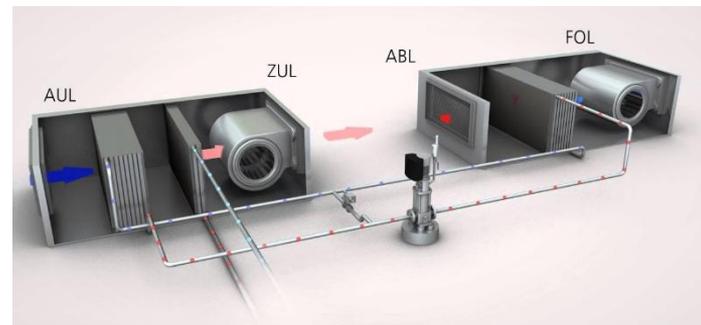
## Wärme- Feuchterückgewinnung



Rekuperative Systeme  
zB. Plattenwärmetauscher



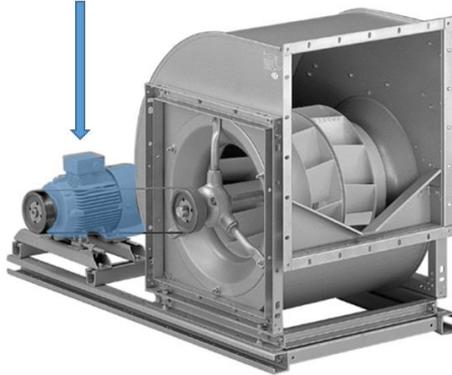
Regenerative Systeme  
zB. Rotationswärmetauscher



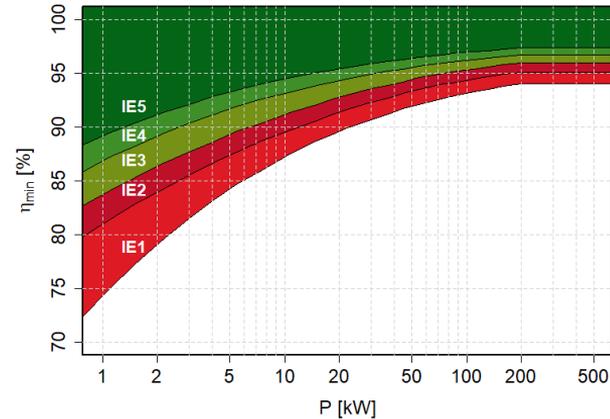
Systeme mit Wärmezweienträger  
zB. Kreisverbundsysteme (KVS)

## Maßnahme 5: Ventilatorentausch

Elektromotor

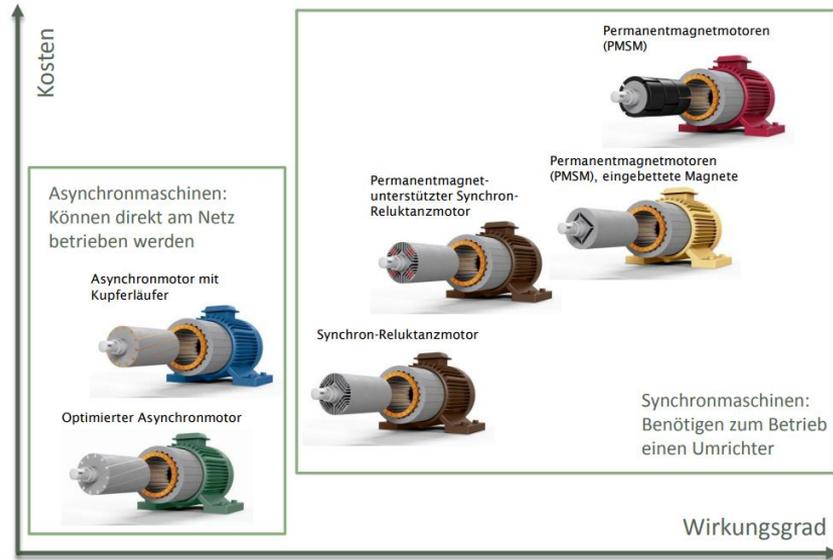


IE Effizienzklassen: 4 Pole, 50 Hz



Energieeffizienzklassen von Elektromotoren nach IEC 60034-30-1/2

# Elektromotor



Allgemeine Gegenüberstellung der Elektromotoren hinsichtlich Wirkungsgrad und Kosten (Quelle: Top Motors, [Link](#))

# Danke für Ihre Aufmerksamkeit!

Dr. techn. Elisabeth SIBILLE  
Österreichische Energieagentur  
[elisabeth.sibille@energyagency.at](mailto:elisabeth.sibille@energyagency.at)