

# Messungen der Aerosolübertragung durch Rotations-Wärmeübertrager

**Prof. em. Heinrich Huber**

mit Unterstützung von Michael Riediker und Florian Brzezinski

**7. Schweizer Hygienetagung, 5. Mai 2023**

**Kongresszentrum Trafo Baden**

# Inhalt

<b>Einleitung und Fragestellung</b>	<b>3</b>
<b>Vorgehen und Methode</b>	<b>10</b>
<b>Messresultate</b>	<b>15</b>
<b>Relevanz</b>	<b>19</b>
<b>Fazit</b>	<b>23</b>

**Kurzbezeichnung im Referat: «Rotor» für Rotations-Wärmeübertrager**

# Einleitung und Fragestellung

# Vor- und Nachteile von Rotoren

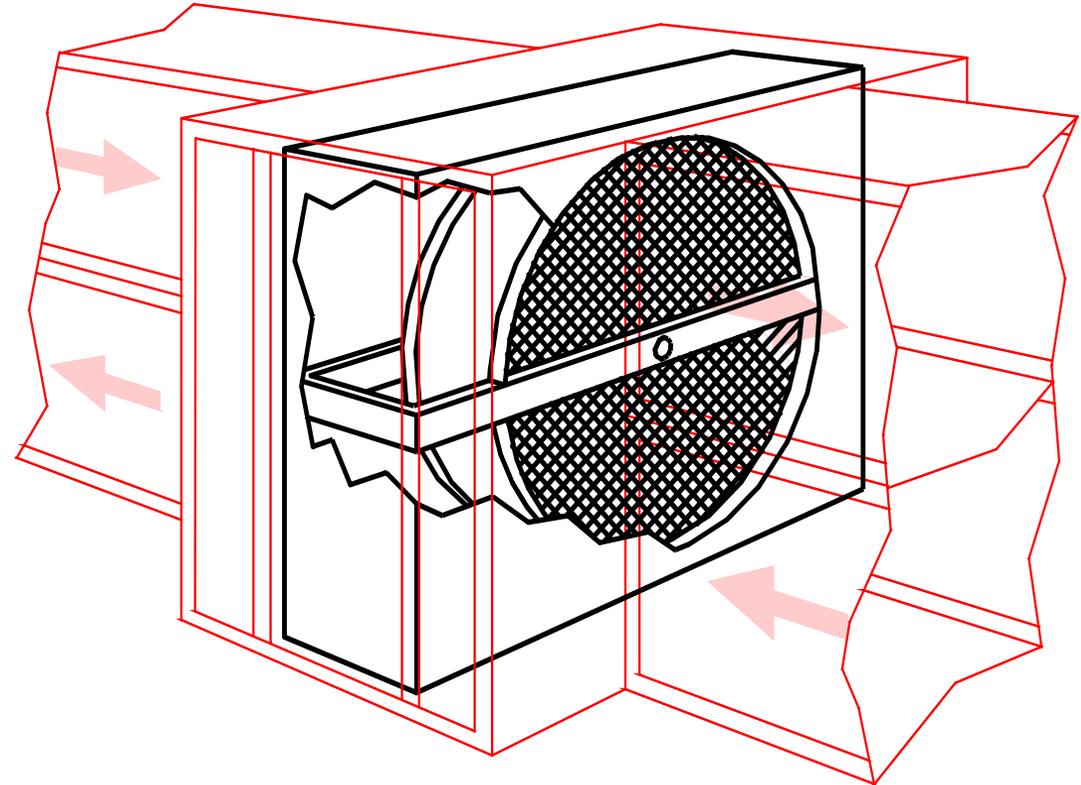
Rotoren sind etablierte Wärmerückgewinner in RLT-Anlagen.

## Vorteile

- + Hohe Temperatur-Effizienz
- + Tiefer Druckverlust
- + Möglichkeit der einer hohen Feuchteübertragung
- + Geringe Einbaulänge
- + Einfache Leistungsregelung und Vereisungsschutz

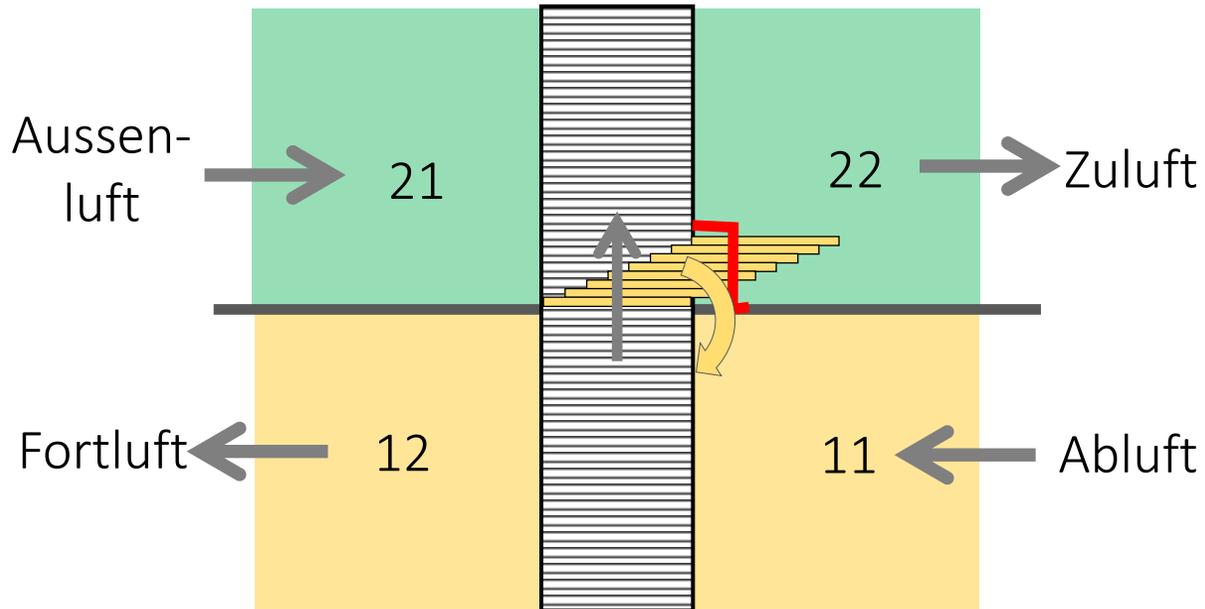
## Nachteile

- Abluftübertragung durch Mitrotation
- Risiko von Leckagen bei falschen Druckverhältnissen



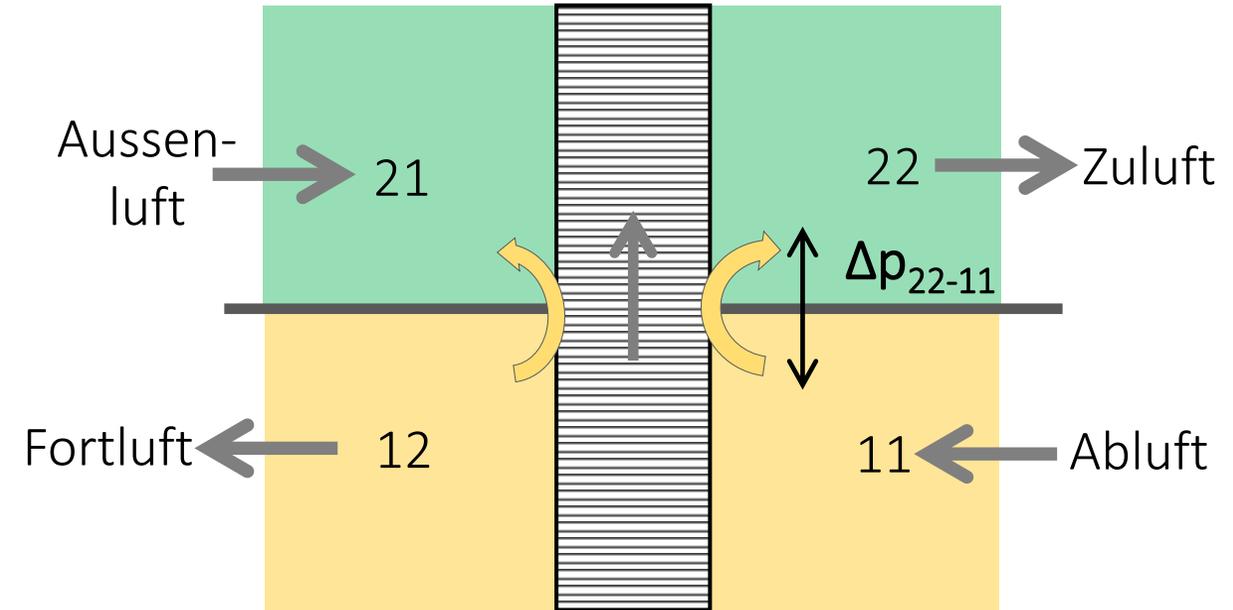
# Abluftübertragung von Rotoren

## Mitrotation



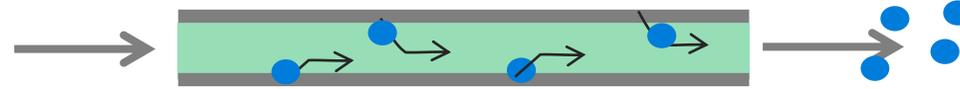
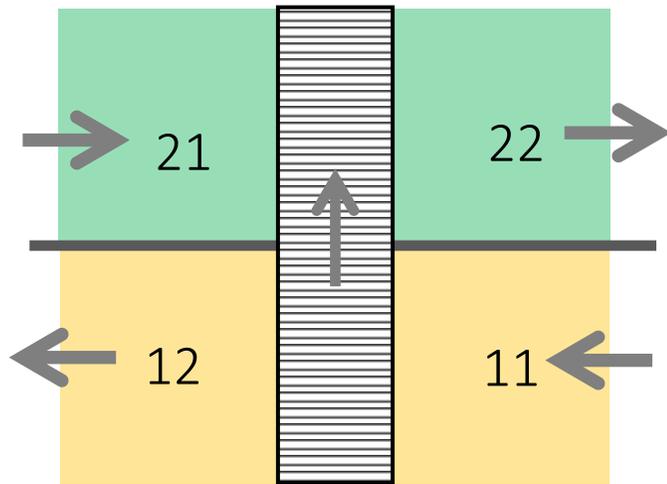
- Findet in beide Richtungen statt.
- Liegt ohne Spülzone zwischen ca. 3 und 10%.
- Die Abluft-Übertragung kann durch eine Spülzone weitgehend vermieden werden (bei korrekten Druckverhältnissen).

## Leckage (von Dichtungen)

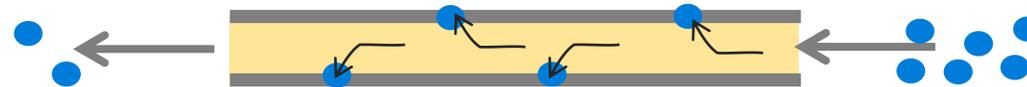


- Hängt von den Druckverhältnissen. (Ventilatoranordnung) und der Dichtung ab.
- Die Abluft-Übertragung kann durch korrekte Druckverhältnisse vermieden werden.  
 $\Delta p_{22-11} > 0 \text{ Pa}$

# Stoffübertragung über die Oberfläche der Rotor-Matrix



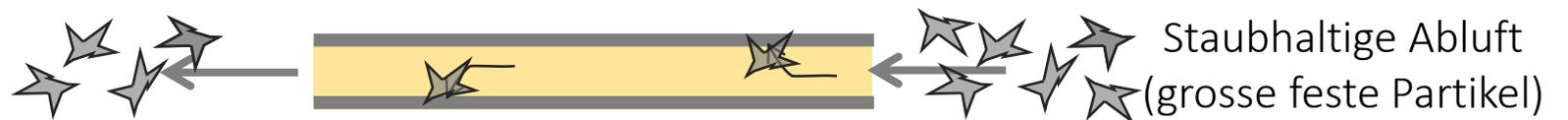
Die Feuchteübertragung findet durch Adsorption und Desorption an der beschichteten Oberfläche statt.



Feuchte Abluft  
(Wasser in Molekularform,  
keine Tropfen)



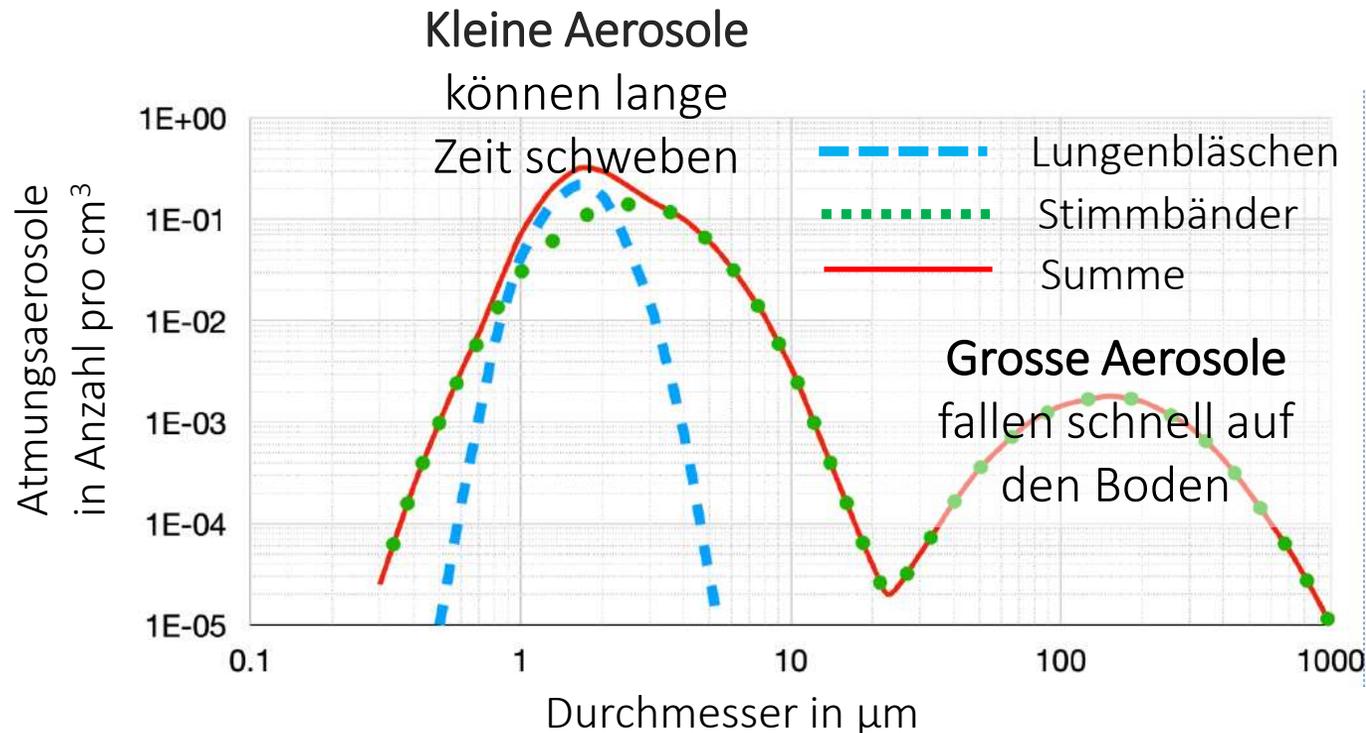
Feste Partikel können durch Anhaftung und Ablösung an der Oberfläche übertragen werden.



Staubhaltige Abluft  
(grosse feste Partikel)

# Atmungs-aerosole

In Zusammenhang mit luftgetragenen Krankheitserregern (z. B. Corona) interessiert die Übertragung von Atmungs-aerosolen.



Für das Übertragungsrisiko in RLT-Anlagen sind Aerosole von ca. 0,3 bis 10  $\mu\text{m}$  relevant.

Diese Aerosole sind leicht «klebrig» (Viskosität) und schrumpfen durch Verdunstung.

Beispiel eines Aerosolspektrums einer sprechenden Person

Graphik: Michael Riediker, SCOEH auf Basis von Johnson, GR et al. (2011).

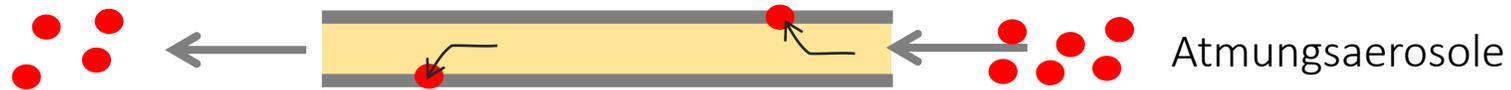
Journal of Aerosol Science 42, 839–851 <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2011.07.009>

# Fragestellung

Können sich diese Aerosole wieder ablösen oder verdunsten sie vollständig an der Oberfläche?



Einige Atmungs-aerosole «kleben» an der Oberfläche fest.



Gibt es in Rotoren eine relevante Übertragung an Atmungs-aerosolen und unterscheidet sich diese von der Abluftübertragung?

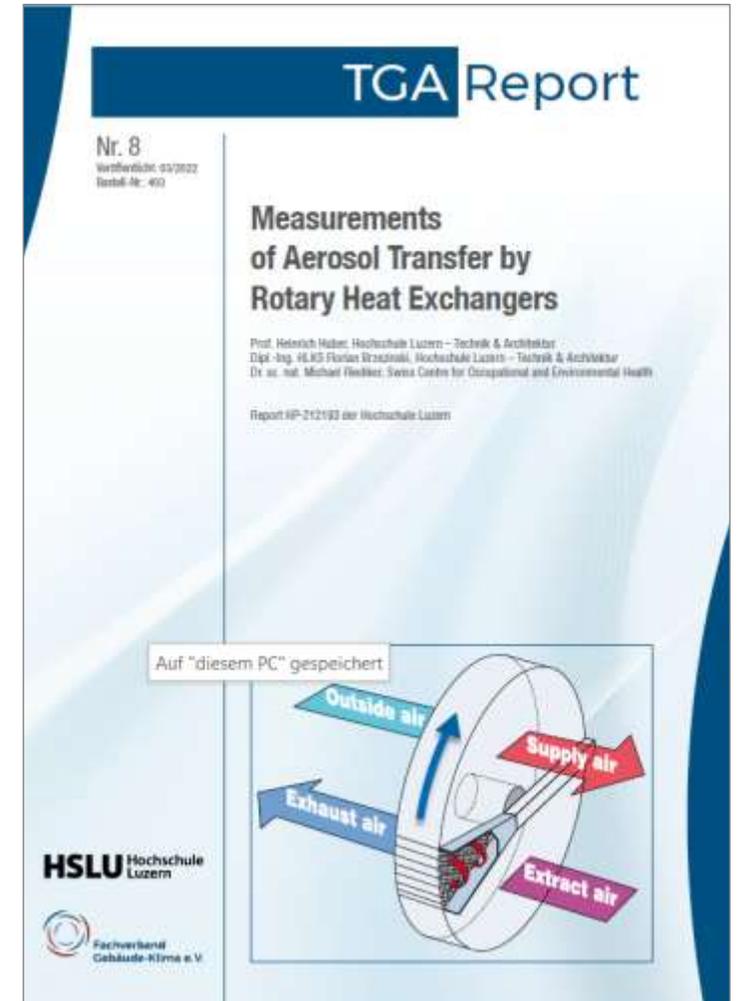
# Auftrag und Projekt

Der Fachverband Gebäude Klima e. V. (FGK) hat 2022 den Auftrag erteilt die Aerosolübertragung durch Rotoren experimentell zu untersuchen.

Auftragnehmer:

- Hochschule Luzern, Labor Gebäudetechnik, Horw
- Schweizerisches Zentrum für Arbeits- und Umweltgesundheit, Winterthur

Der Schlussbericht ist als TGA-Report Nr. 8 elektronisch frei verfügbar.



Huber, H., Brzezinski, F., Riediker, M.: Measurements of Aerosol Transfer by Rotary Heat Exchangers. TGA Report Nr. 8. Fachverband Gebäude-Klima e.V. (FGK), Ludwigsburg. 2022-03

# Vorgehen und Methode

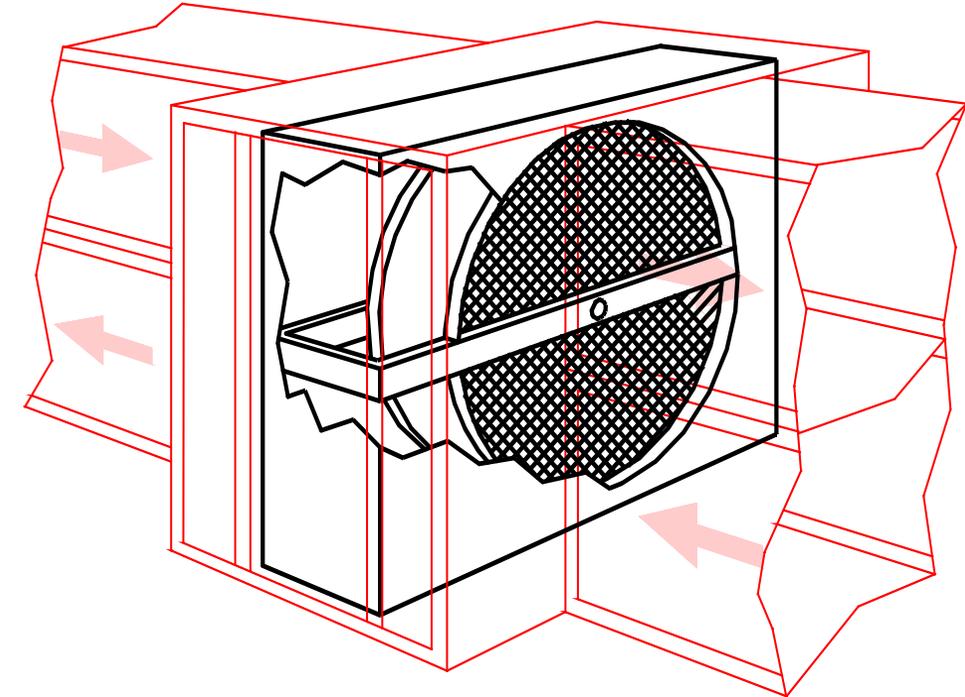
# Objekte

Im FGK-Projekt wurden 2 Rotoren (von verschiedenen Herstellern) jeweils mit und ohne Spülzone untersucht:

- **Kondensationsrotor 1:** Unbeschichtetes Aluminium  
Durchmesser 1,22 m, Tiefe 0,20 m  
Auslegung der Spülzone auf 10 U/min
- **Sorptionsrotor 1:** Aluminium mit Zeolith-Beschichtung  
Durchmesser 0,90 m, Tiefe 0,25 m  
Auslegung der Spülzone auf 20 U/min

Zudem standen Daten aus einem Vorgängerprojekt von Rotoren ohne Spülzone von einem weiteren Hersteller zur Verfügung:

- **Kondensationsrotor 2:** Unbeschichtetes Aluminium
- **Sorptionsrotor 2:** Aluminium mit Zeolith-Beschichtung  
Durchmesser beider Rotoren 1,0 m



# Definitionen

Die Übertragungsverhältnisse geben an, wieviel Prozent der Stoffkonzentration in der Abluft an die Zuluft übertragen werden.

**Abluft-Übertragungsverhältnis EATR**  
(*Exhaust Air Transfer Ratio*) gemessen mit Spurengas:

$$EATR = \frac{a_{22} - a_{21}}{a_{11} - a_{21}} \times 100 [\%]$$

- $a_{11}$  Spurengas-Konzentration am Ablufteintritt
- $a_{21}$  dito am Aussenlufteintritt
- $a_{22}$  dito am Zuluftaustritt

Referenzgrösse,  
Summe der Mitrotation und der Leckagen

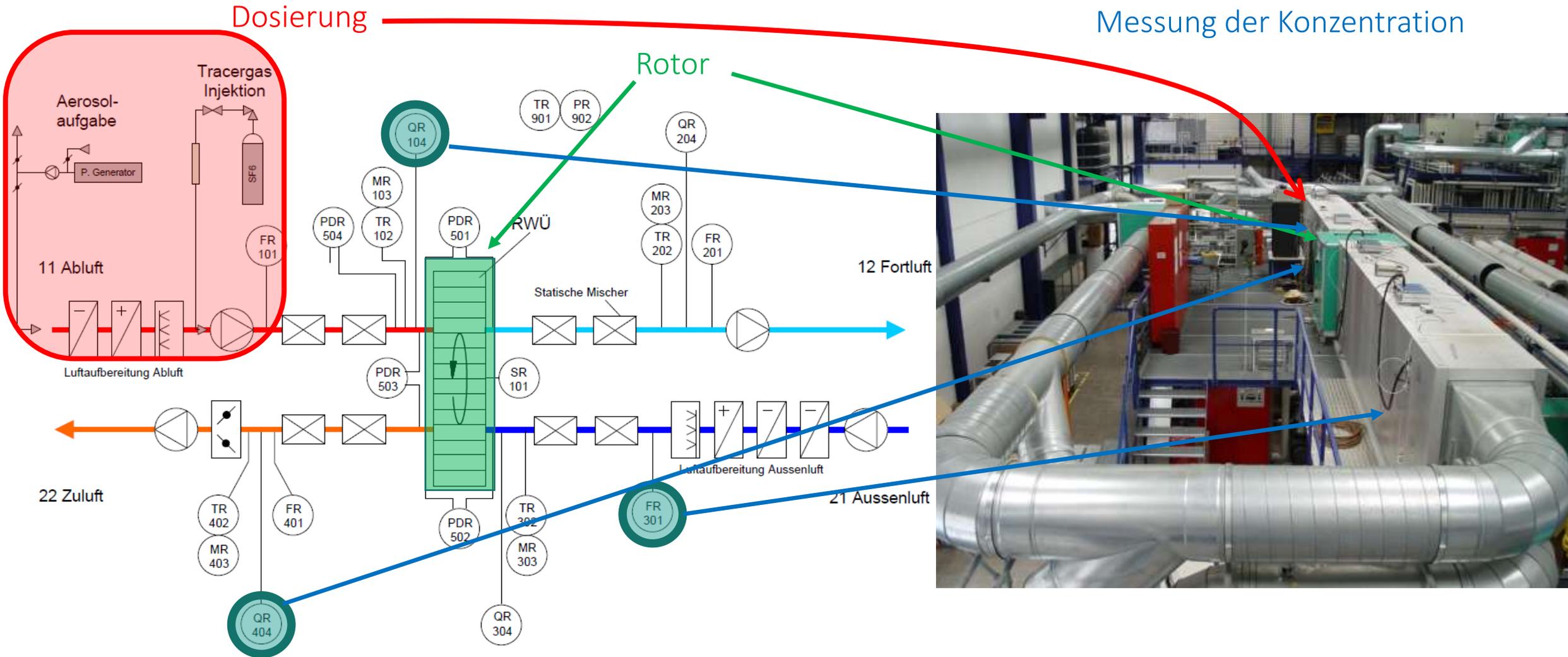
**Aerosol-Übertragungsverhältnis ASTR**  
(*Aerosol Transfer Ratio*) gemessen mit Pulsen von Glykolnebel:

$$ASTR = \frac{b_{22} - b_{21}}{b_{11} - b_{21}} \times 100 [\%]$$

- $b_{11}$  Spitzenwert der Aerosolkonzentration  
0,3 bis 10  $\mu\text{m}$  am Ablufteintritt
- $b_{21}$  dito am Aussenlufteintritt
- $b_{22}$  dito am Zuluftaustritt

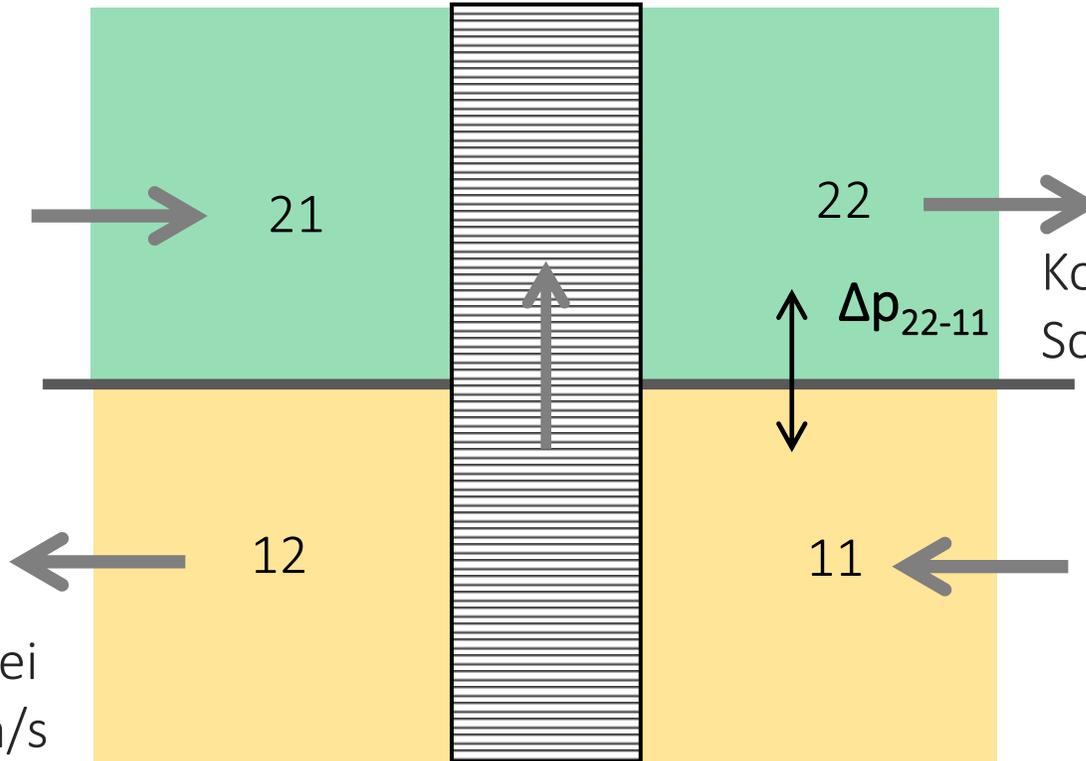
Beurteilungsgrösse, ob mehr oder weniger  
Aerosole als Abluft übertragen wird.

# Messungen auf dem WRG-Prüfstand der HSLU



# Prüfpunkte und Luftkonditionen

Isotherm 20°C, 50% r.F.  
 Winter +2°C, 70% r.F.  
 -3°C, 70% r.F.  
 Sommer\* 35°C, 50% r.F.  
 \* nur Sorptionsrotor



Kondensationsrotor 10 Pa  
 Sorptionsrotor 20 Pa

Isotherm 20°C, 50% r.F.  
 Winter 22°C, 45% r.F.  
 Sommer\* 25°C, 50% r.F.  
 \* nur Sorptionsrotor

Anströmgeschwindigkeit bei  
 Standardbedingungen: 2 m/s

Massenstromverhältnis 1

Drehzahl

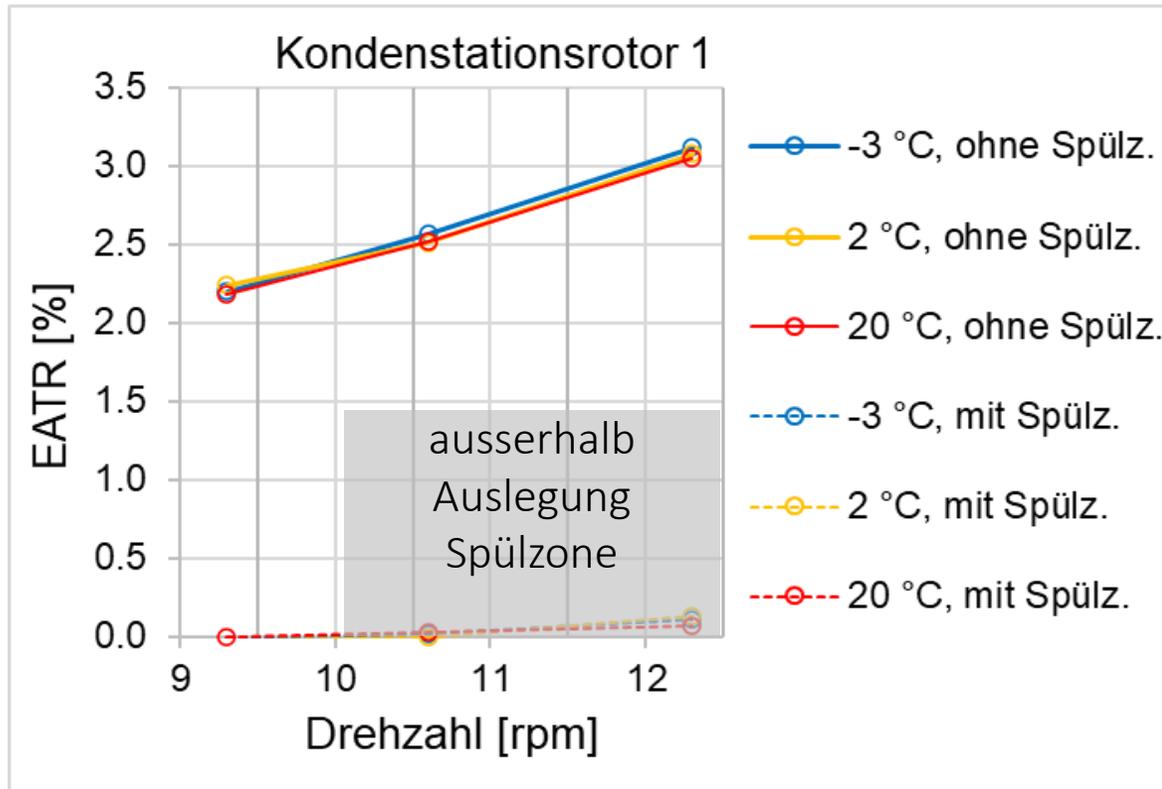
Kondensationsrotor 9,3; 10,6; 12,4 U/min

Sorptionsrotor 10; 15; 20 U/min

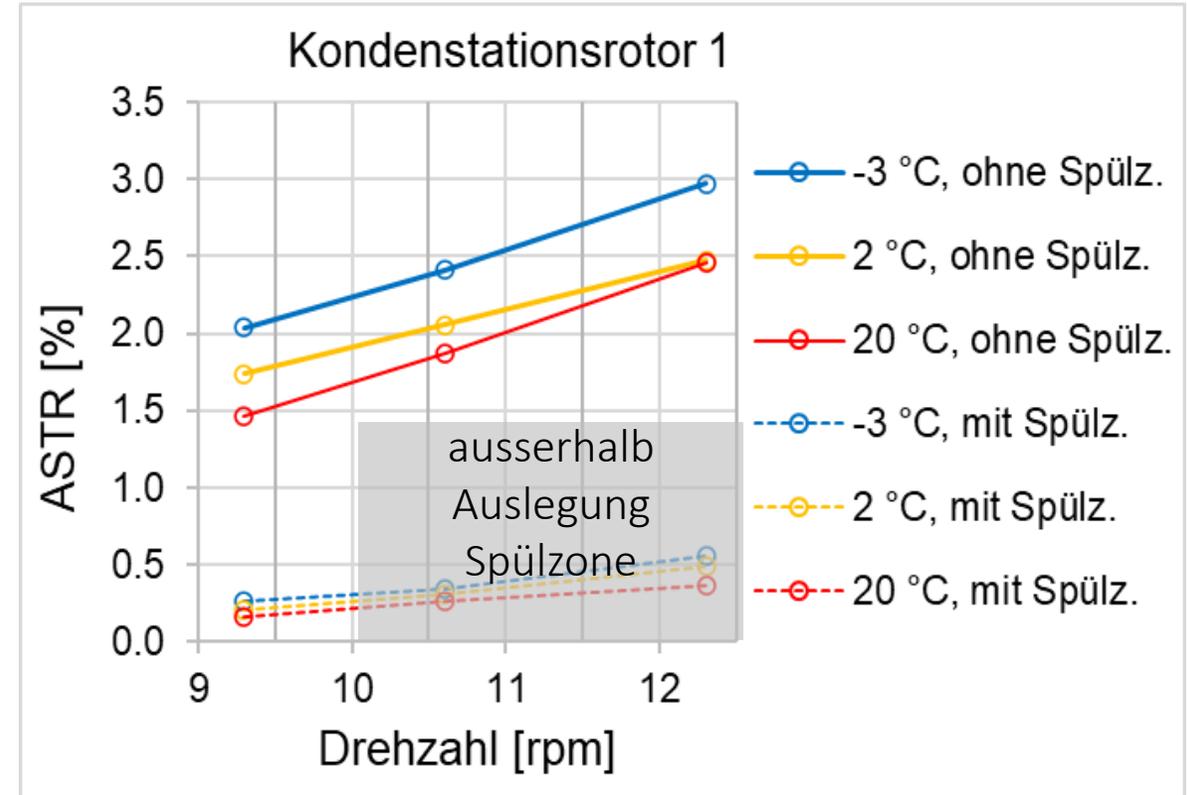
# Messresultate

# Kondensationsrotor 1

## Abluft-Übertragung



## Aerosol-Übertragung

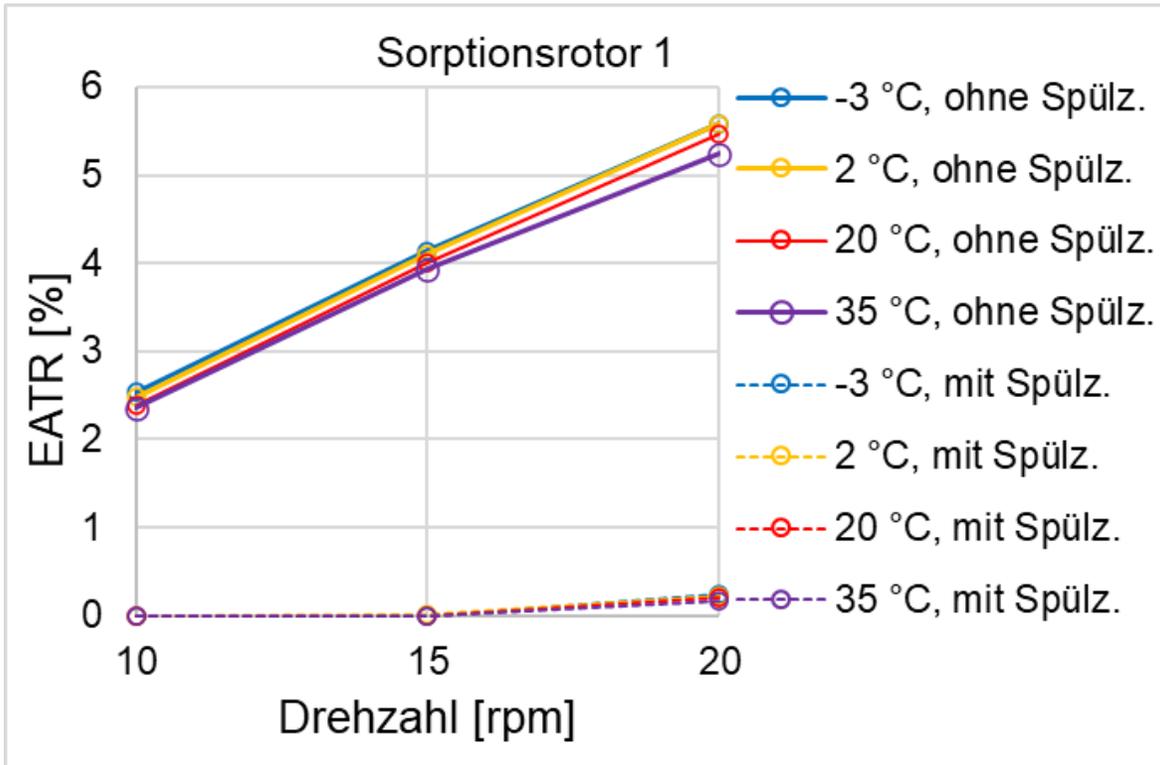


Ohne Spülzone: Aerosol-Übertragung  $\leq$  Abluft-Übertragung

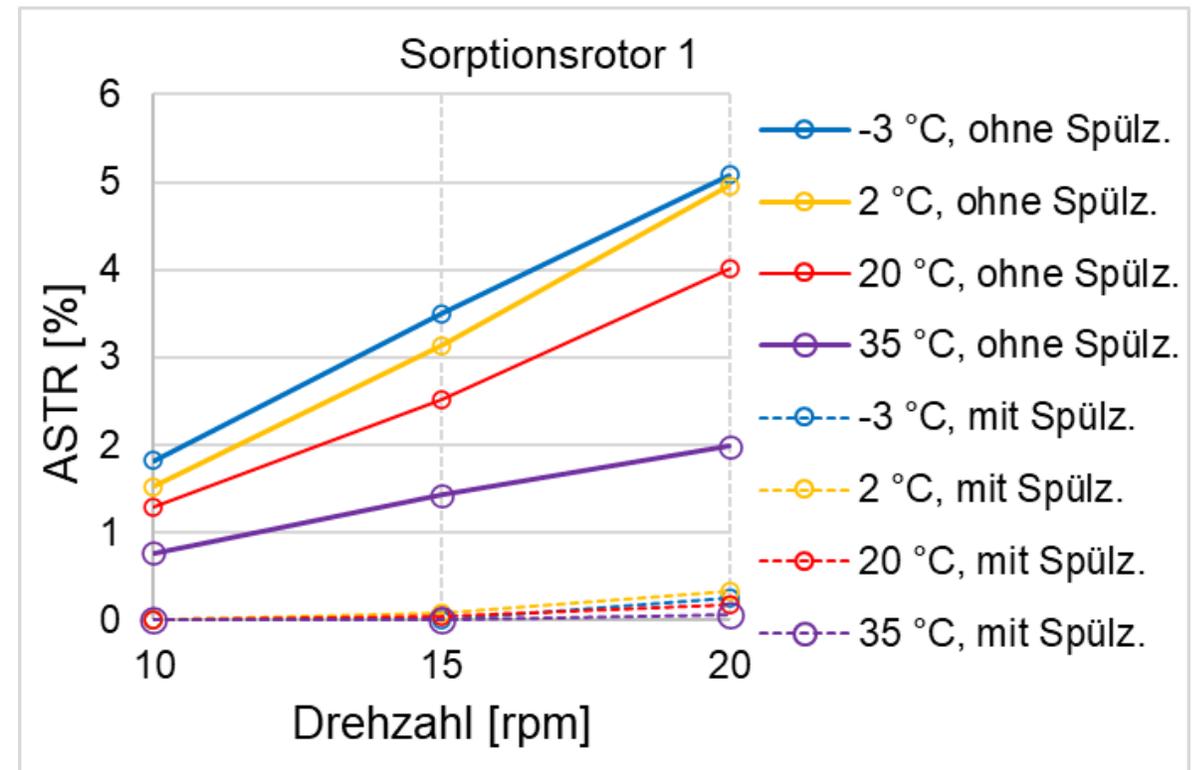
Mit Spülzone: Aerosol-Übertragung und Abluft-Übertragung  $< 0,5\%$  (Messunsicherheit beachten)

# Sorptionsrotor 1

## Abluft-Übertragung



## Aerosol-Übertragung

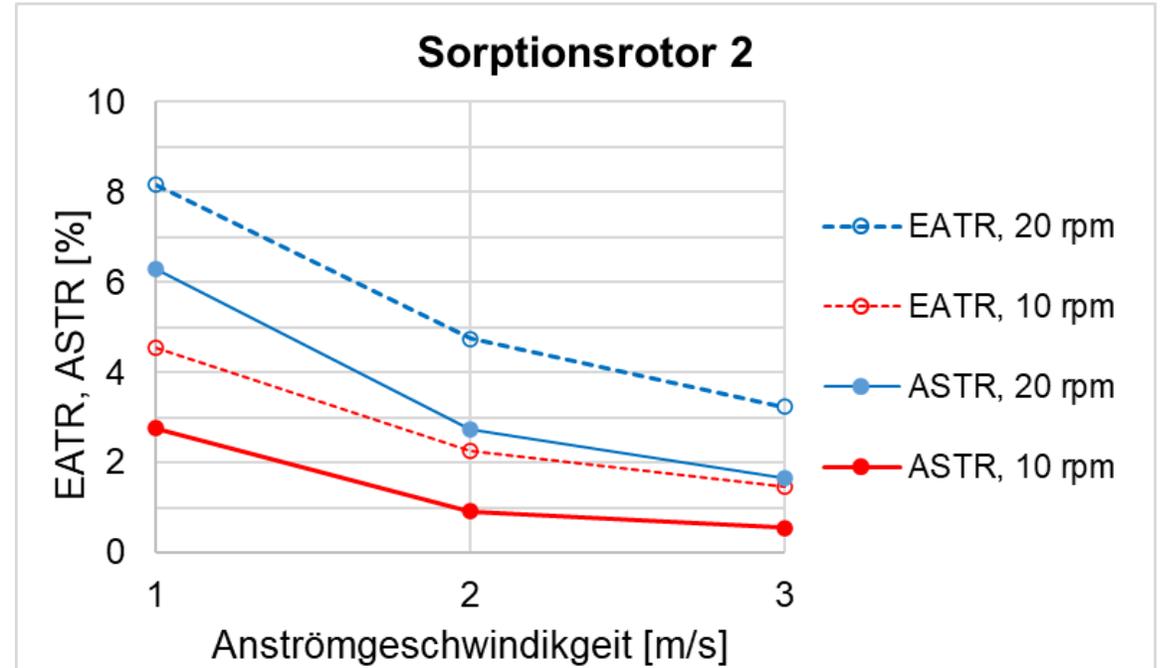
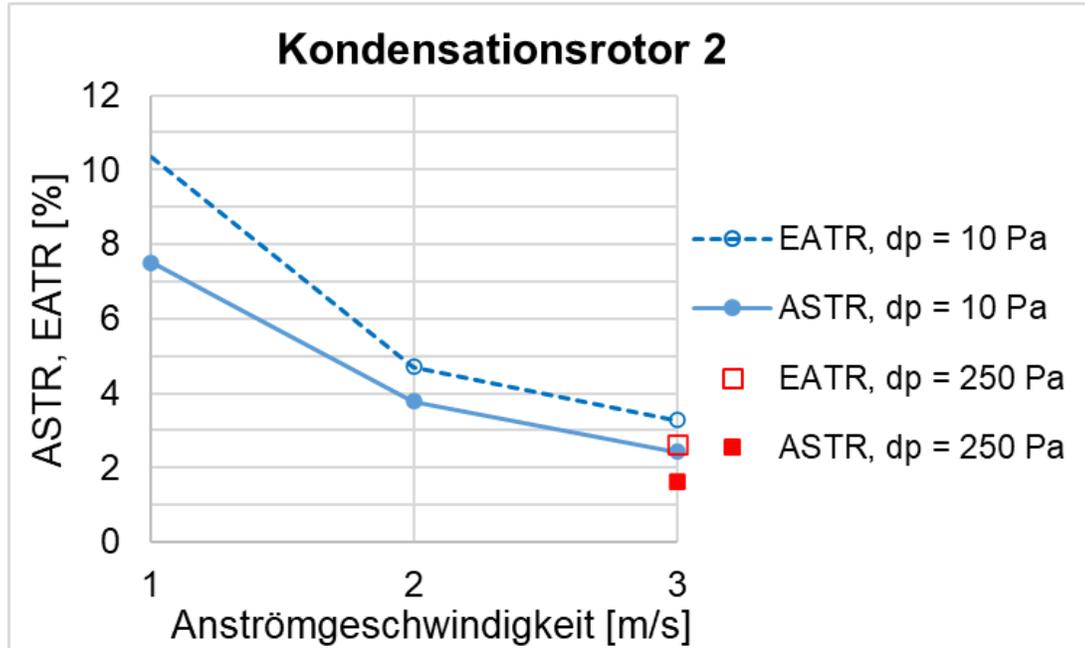


Ohne Spülzone: Aerosol-Übertragung  $\leq$  Abluft-Übertragung

Mit Spülzone: Aerosol-Übertragung und Abluft-Übertragung  $< 0,5\%$  (Messunsicherheit beachten)

# Messungen aus dem Vorläuferprojekt

Alle Messungen bei isothermen Bedingungen und ohne Spülzone



Ohne Spülzone: Aerosol-Übertragung  $\leq$  Abluft-Übertragung

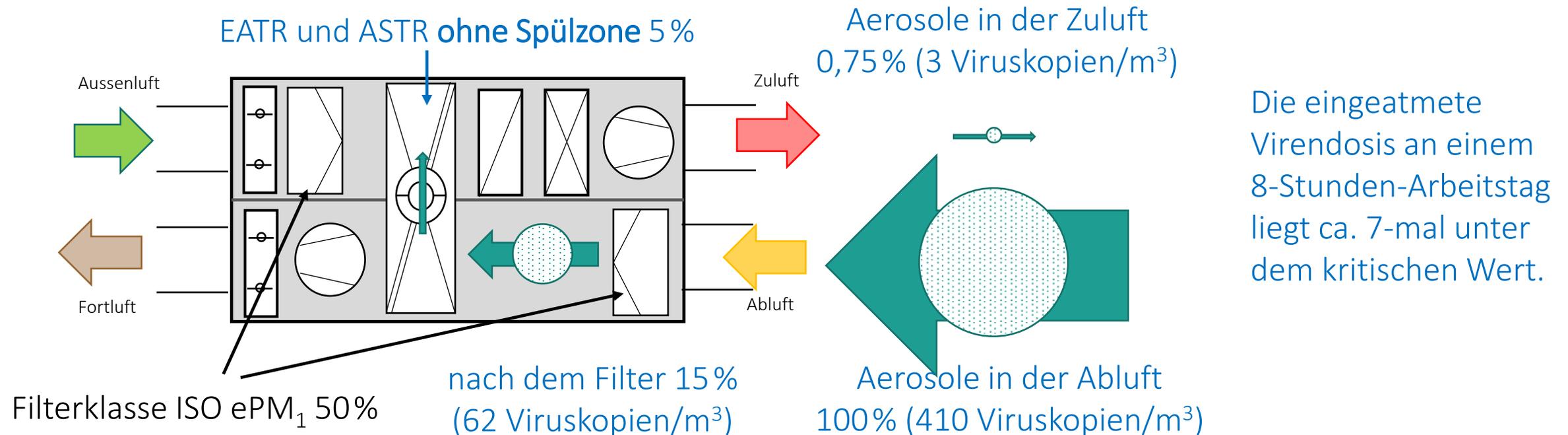
# Relevanz

# Abschätzung des Infektionsrisikos mit Corona (Omikron-Variante)

RLT-Anlage mit Rotor, Anströmgeschwindigkeit 2 m/s

Aussenluftvolumenstrom pro Person 30 m<sup>3</sup>/h

«Callcenter» Büro mit 50% laut sprechenden Personen, 1% Infizierte davon 10% Superspreader



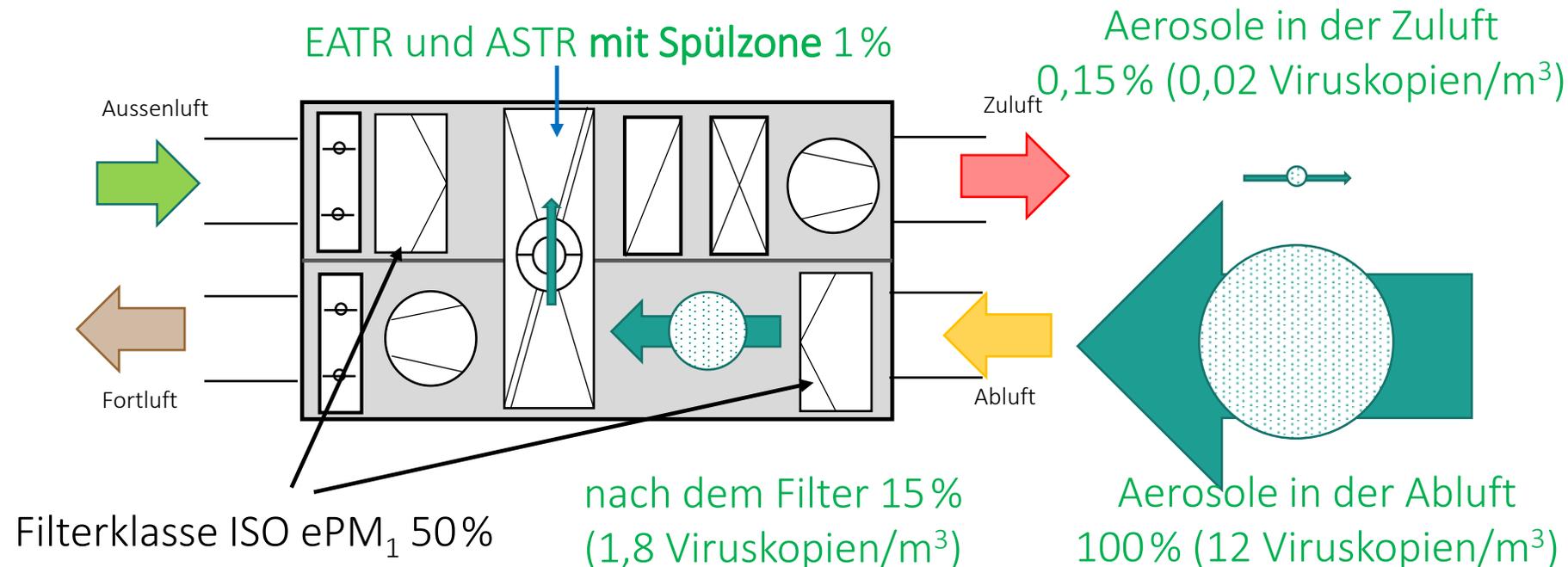
Die Abschätzung ist konservativ (höhere Aerosol-Übertragung als gemessen; direktes einatmen der Zuluft, relativ kleiner Luftvolumenstrom, Gleichgewichtszustand über den ganzen Tag)

# Abschätzung des Infektionsrisikos mit Corona (Omikron-Variante)

RLT-Anlage mit Rotor, Anströmgeschwindigkeit 2 m/s

Aussenluftvolumenstrom pro Person 30 m<sup>3</sup>/h

**Ruhiges Büro** mit 5 % leise sprechenden Personen, 1 % Infizierte davon 10 % Superspreader



Die eingeatmete Virendosis an einem 8-Stunden-Arbeitstag liegt über 1000-mal unter dem kritischen Wert.

Die Abschätzung ist konservativ (höhere Aerosol-Übertragung als gemessen; direktes einatmen der Zuluft, relativ kleiner Luftvolumenstrom, Gleichgewichtszustand über den ganzen Tag)

# Fazit

Als konservative Werte können heute folgende Aerosol-Übertragungen angenommen werden:

- ohne Spülzone gleich wie die Abluftübertragung EATR
- mit Spülzone 0,5%

Entscheidend für eine geringe Abluft- und Aerosolübertragung sind:

- korrekte Druckverhältnisse (Ventilatoranordnung)
- richtig bemessene Spülzone

Damit lassen sich Übertragungsraten von unter 0,5% erreichen.

RLT-Anlagen mit Rotoren, die nach heutigen Normen und Richtlinien erstellt und betrieben werden, übertragen nur eine nicht relevante Menge an Aerosolen.

In Nutzungen wie Büros (mit geringer oder moderater Häufigkeit an hoch infektiösen Personen) stellen sie kein relevantes Risiko für Covid-19 dar.

Auch aus Gründen der Raumlufthqualität und der Auslegung der Luftvolumenströme werden Spülzonen empfohlen.

# **DIE PLANER.**

NETZWERK FÜR ENERGIE, UMWELT UND GEBÄUDETECHNIK

## **Vielen Dank.**

**Prof. em. Heinrich Huber**  
**Dozent Gebäudetechnik**  
**heinrich.huber@hslu.ch**

Der Dank geht auch an

- den Fachverband Gebäude Klima e. V. für die Initiierung und Finanzierung des Projekts
- die Koautoren Michael Riediker, SCOEH und Florian Brzezinski, HLSU

**DIE PLANER, SWKI, Solothurnstrasse 13, CH-3322 Urtenen-Schönbühl**

**T +41 (0)31 852 13 00, [info@die-planer.ch](mailto:info@die-planer.ch), [www.die-planer.ch](http://www.die-planer.ch)**