

Christof Asbach,  
Bryan Hellack, Ute Schneiderwind, Daniel Spiegelhoff,  
Hartmut Finger, Miriam Küpper, Stefan Schumacher



# Effizienz von Raumlufthereinigern für UFP – Labor versus Realraumversuche

*Institut für Energie- und  
Umwelttechnik e.V.*

*Luftreinhaltung & Filtration*



24. WaBoLu Innenraumbtage  
Berlin, 16. Mai 2017

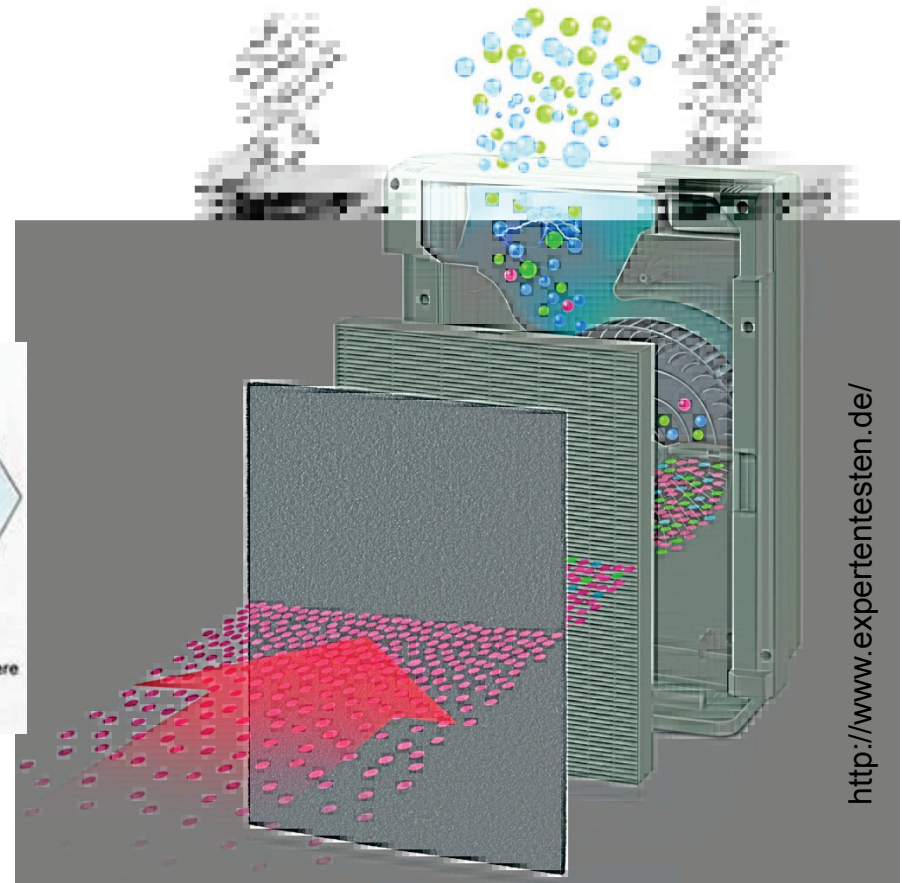
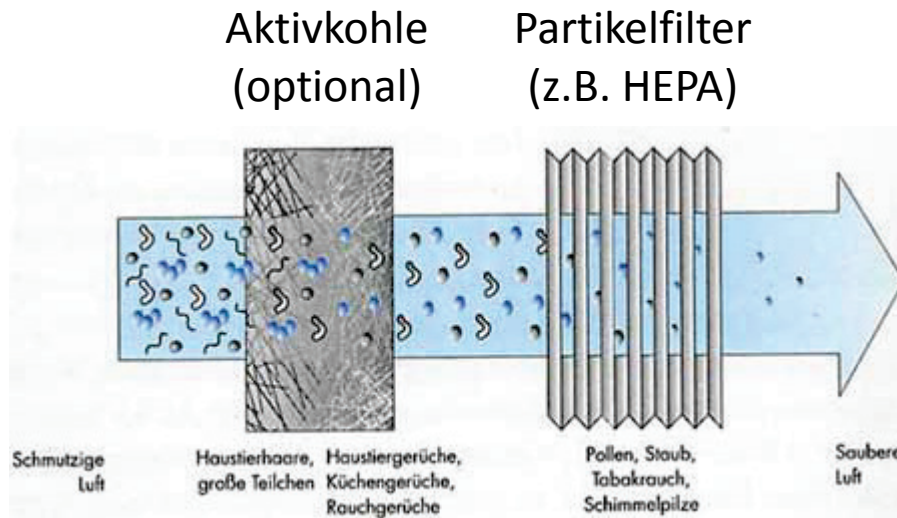
UNIVERSITÄT  
DUISBURG  
ESSEN

*Offen im Denken*

- Einleitung - wie funktionieren Raumlufreiniger
- Normgerechte Prüfung von Raumlufreinigern
- Elektretfilter für Raumlufreiniger
- Künstliche Alterung der Filter
- Bestimmung der Effizienz in einem Büroraum
- Vergleich der Ergebnisse aus Labor und Büroraum
- Zusammenfassung

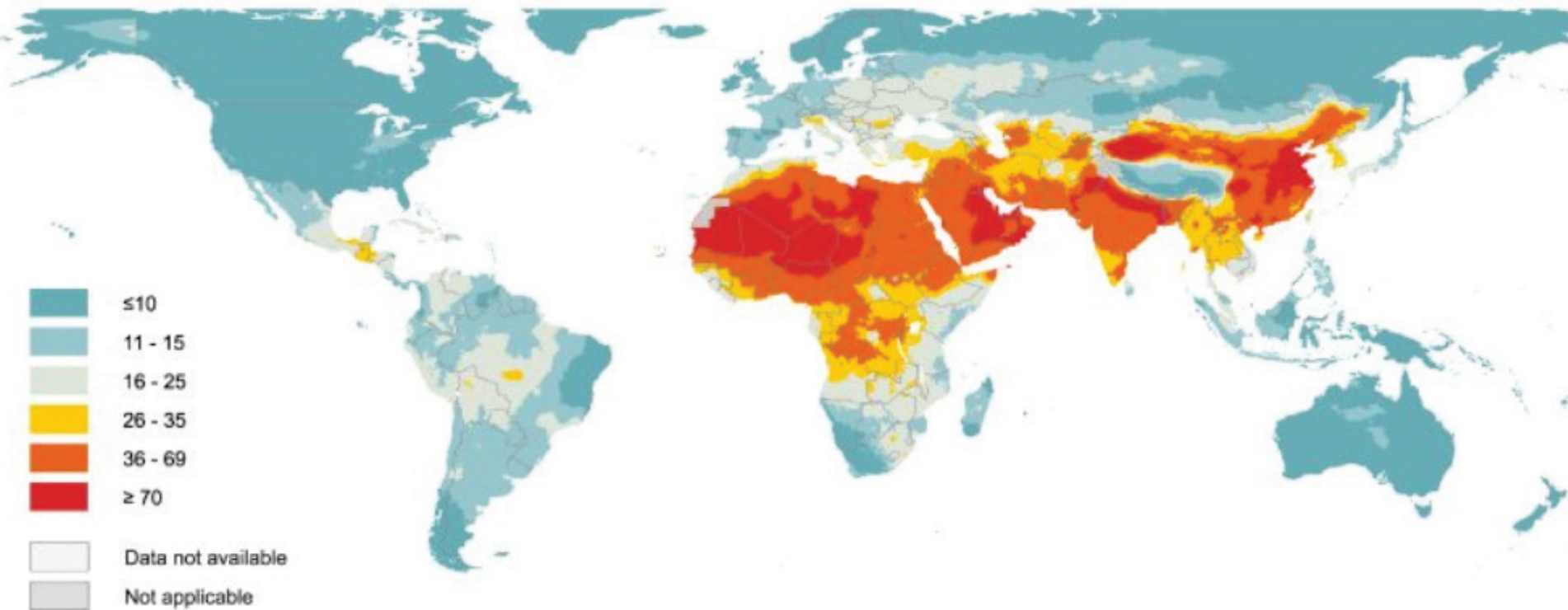
# Prinzip der Raumlufthereiniger

<http://www.hepa-luftreiniger.de>



<http://www.expertentesten.de/>

# Weltweite PM<sub>2,5</sub> Konzentrationen



<http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/who-92-prozent-aller-menschen-leiden-unter-dreckluft-a-1114135.html>



# Raumluftreiniger in China





## Free sample! mini usb air purifier china

Discount Free Inspection

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

**September**

Place order now to receive up to US \$200 off!

Promotion ends in ⌚ 7d : 16h : 21m : 05s 3656 left

[Learn more >](#)

**US \$4 - 6** / Piece | 54 Piece/Pieces (Min. Order)

Supply Ability: 3000 Piece/Pieces per Day

Port: shenzhen

✉ Contact Supplier

Start Order

♡ Add to Wishlist

## mini usb toilet air purifier

Discount Free Inspection

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

**September**

Place order now to receive up to US \$200 off!

Promotion ends in ⌚ 7d : 16h : 22m : 15s 3655 left

[Learn more](#)

>=24

**US \$14.90**

Supply Ability: 3000 Piece/Pieces per Day

Port: SHENZHEN

✉ Contact Supplier

Start Order

♡ Add to Wishlist

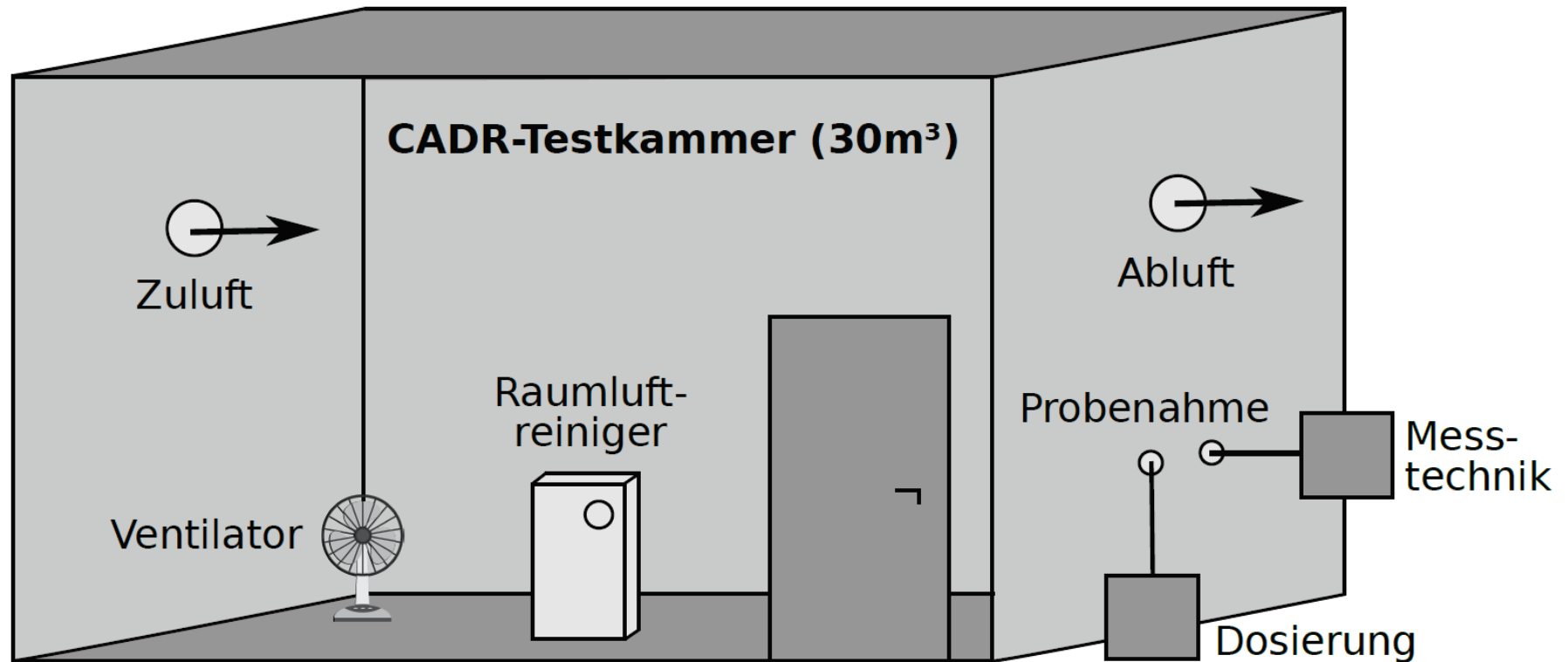




- Preise für Raumlufreiniger zwischen 100 € und 2.500 €
- 2014: Verkauf von 5.1 Millionen Raumlufreinigern in China (47% Steigerung gegenüber 2013)
- Durchschnittlicher Preis in China: ca. Rmb 2.000 (€ 290)
- Jahresumsatz 2015 in China: ca. Rmb 11 Milliarden (€ 1.6 Milliarden)

Daten aus Financial Times (online), 20. November 2015





Norm: GB/T 18801-2015

Bild: Schumacher et al., *Chem. Sci. Technol.* (eingereicht)



# Test gemäß GB/T 18801-2015



Venturi-  
düse



# Test gemäß GB/T 18801-2015



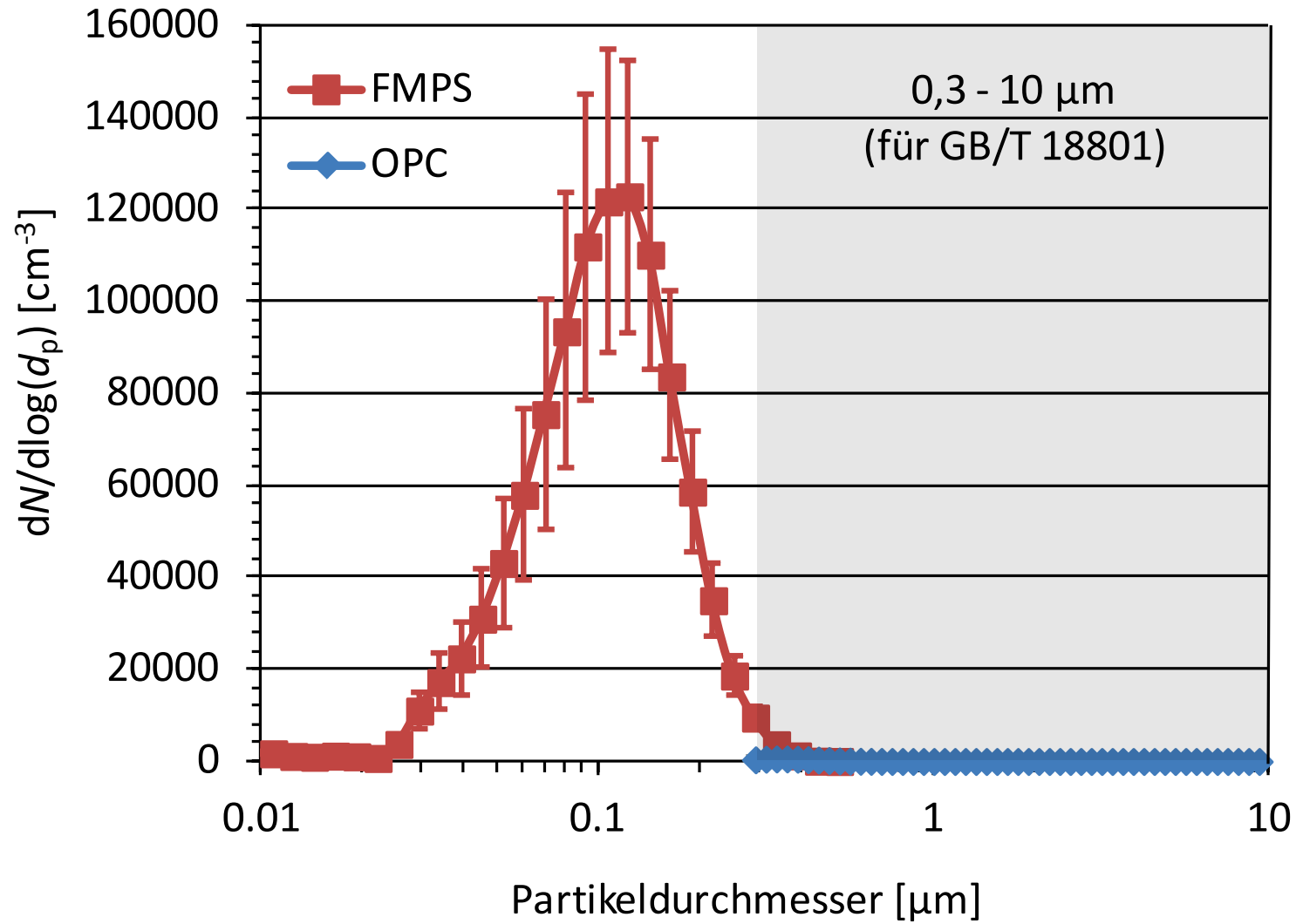
**Partikel**  
0.03 -0.56  $\mu\text{m}$ :  
TSI FMPS



**Partikel**  
>0.3  $\mu\text{m}$ :  
Palas Welas

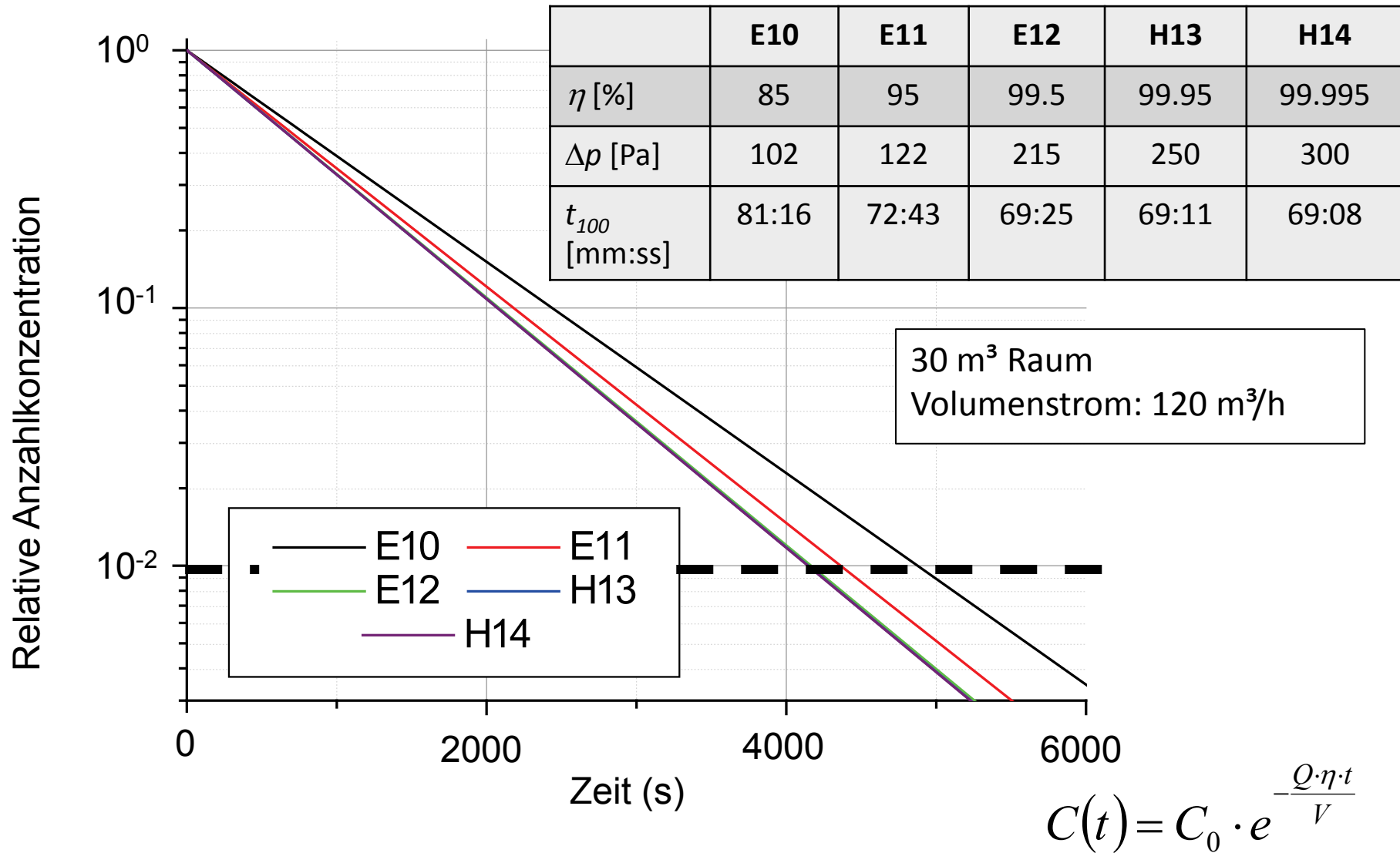
**Gase**  
PTR-MS, FID  
oder Aero Laser  
AL4021





Schumacher et al., *Chem. Sci. Technol.* (eingereicht)

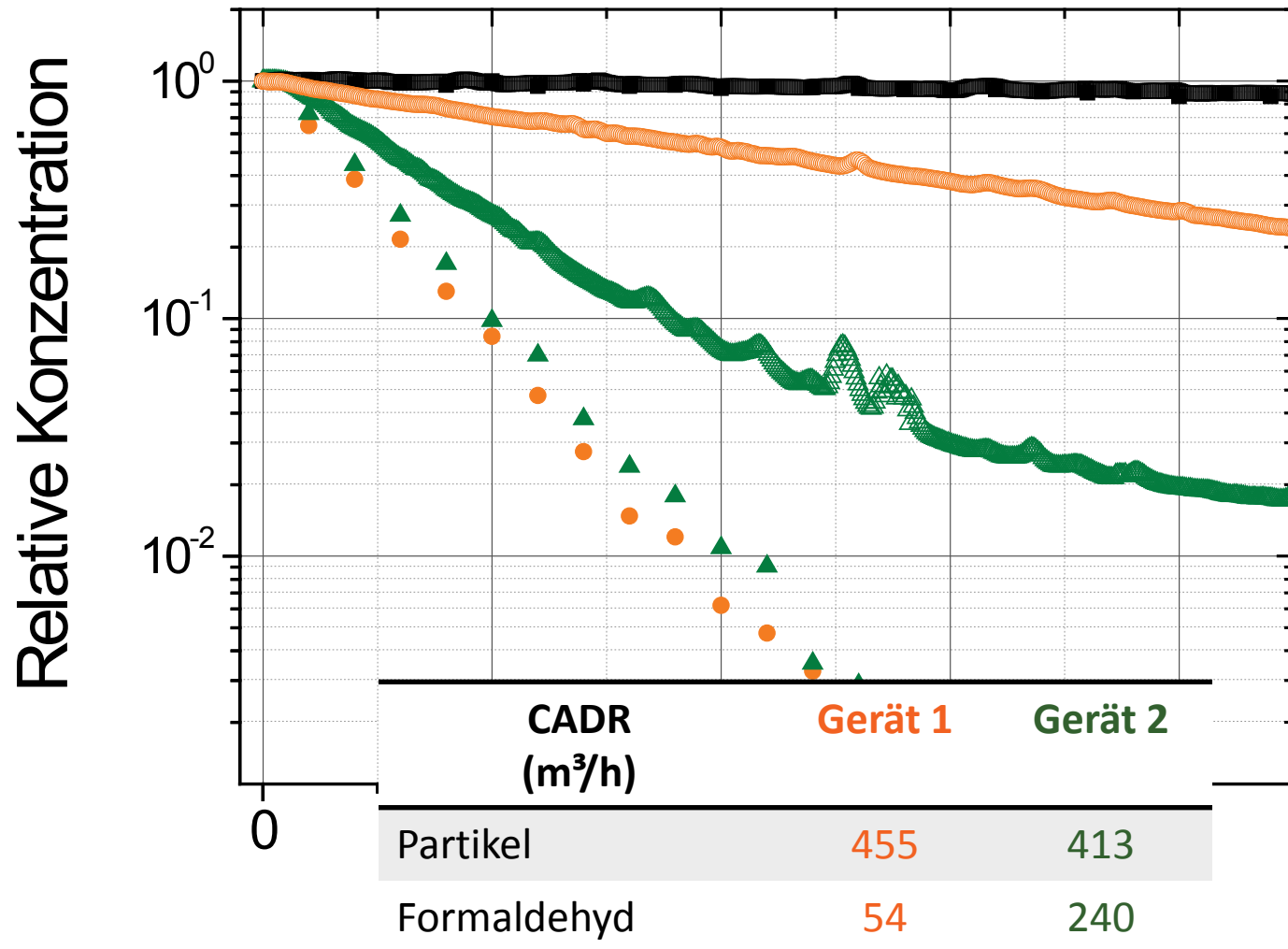
# CADR für unterschiedliche Filter

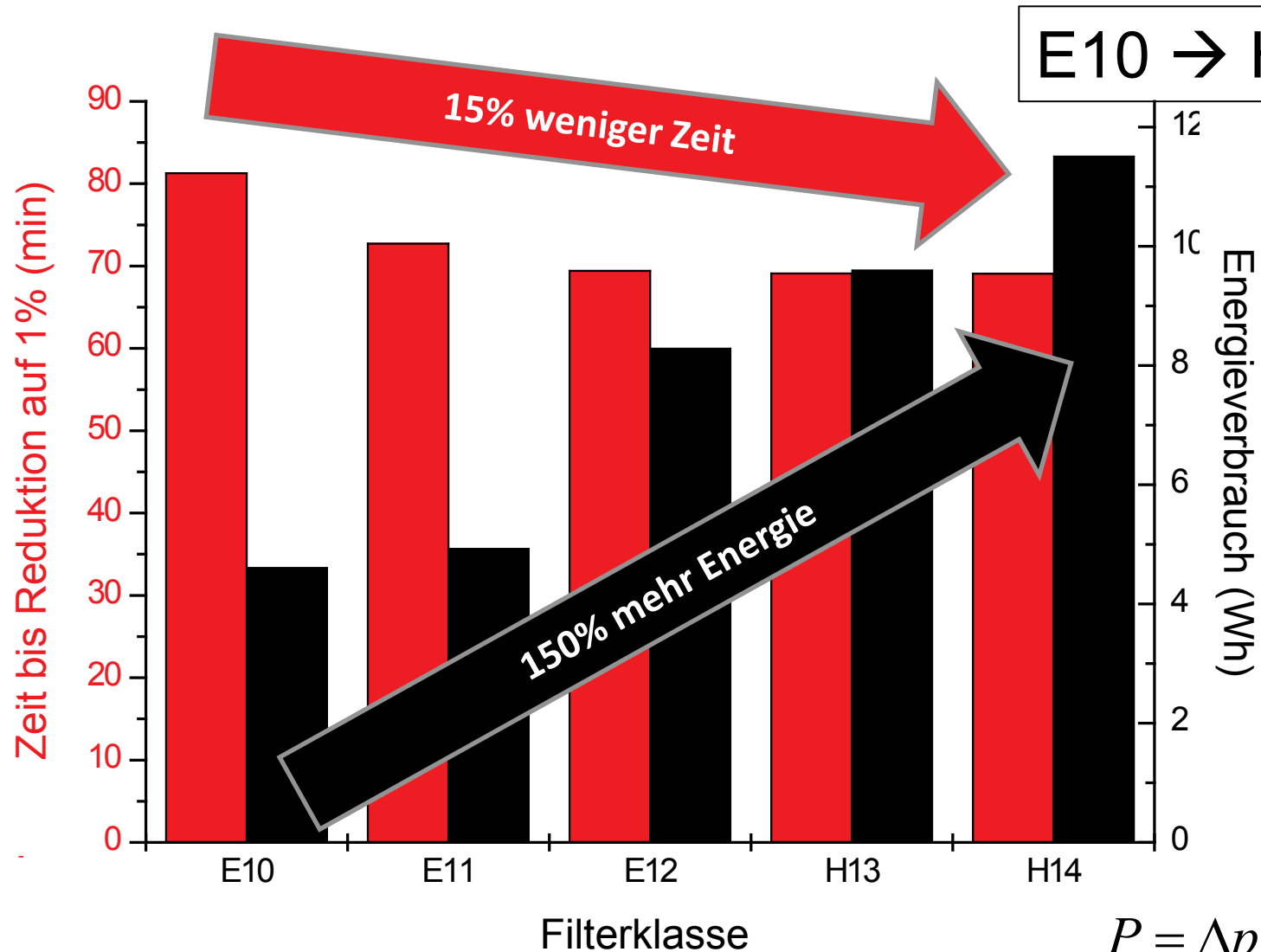




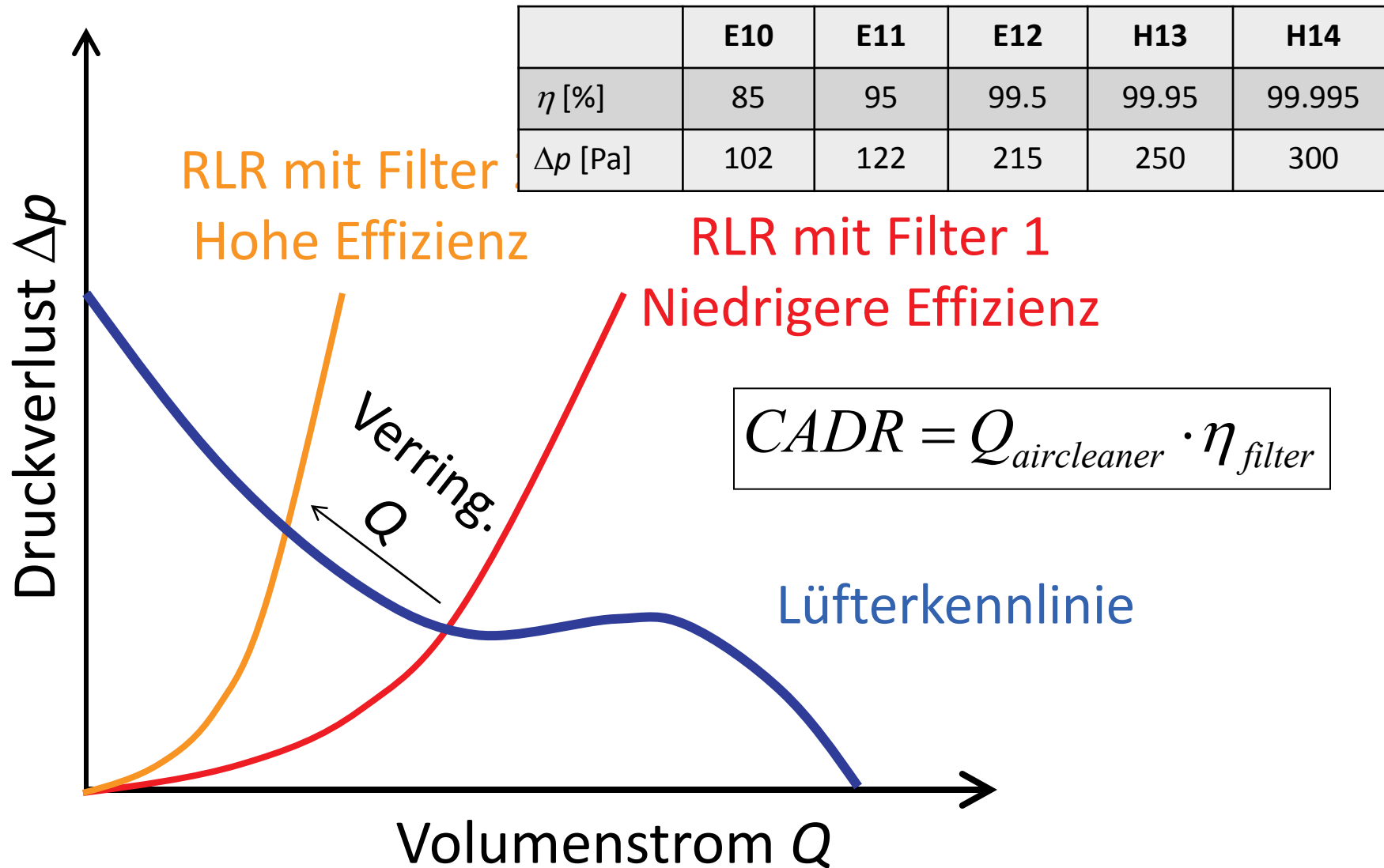
# Bestimmung der Clean Air Delivery Rate

Partikel: ■ natürliche Abklingkurve    ● Gerät 1    ▲ Gerät 2  
Formaldehyd: □ natürliche Abklingkurve    ○ Gerät 1    △ Gerät 2





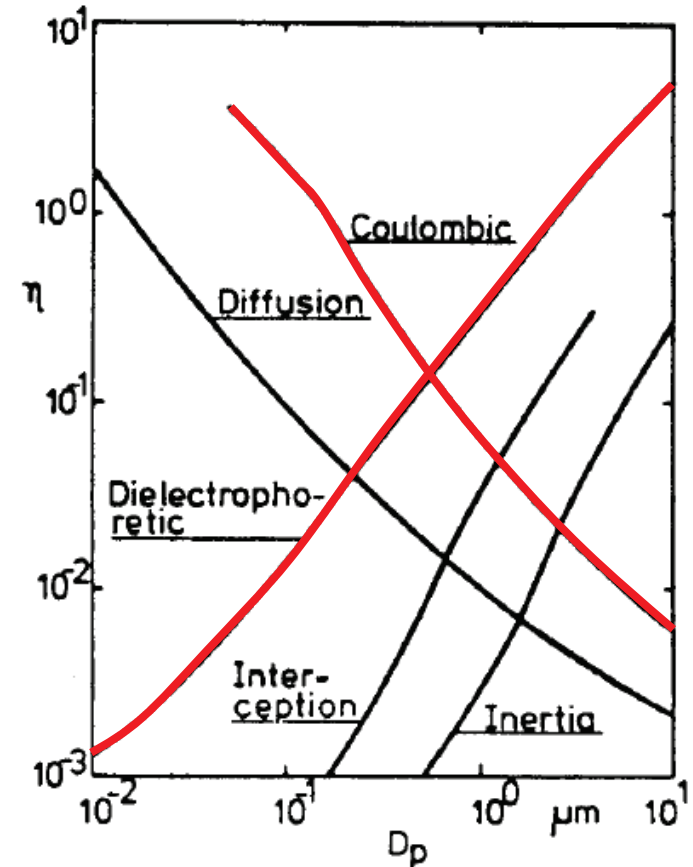
$$P = \Delta p \cdot Q \cdot t$$



## Elektretfilter

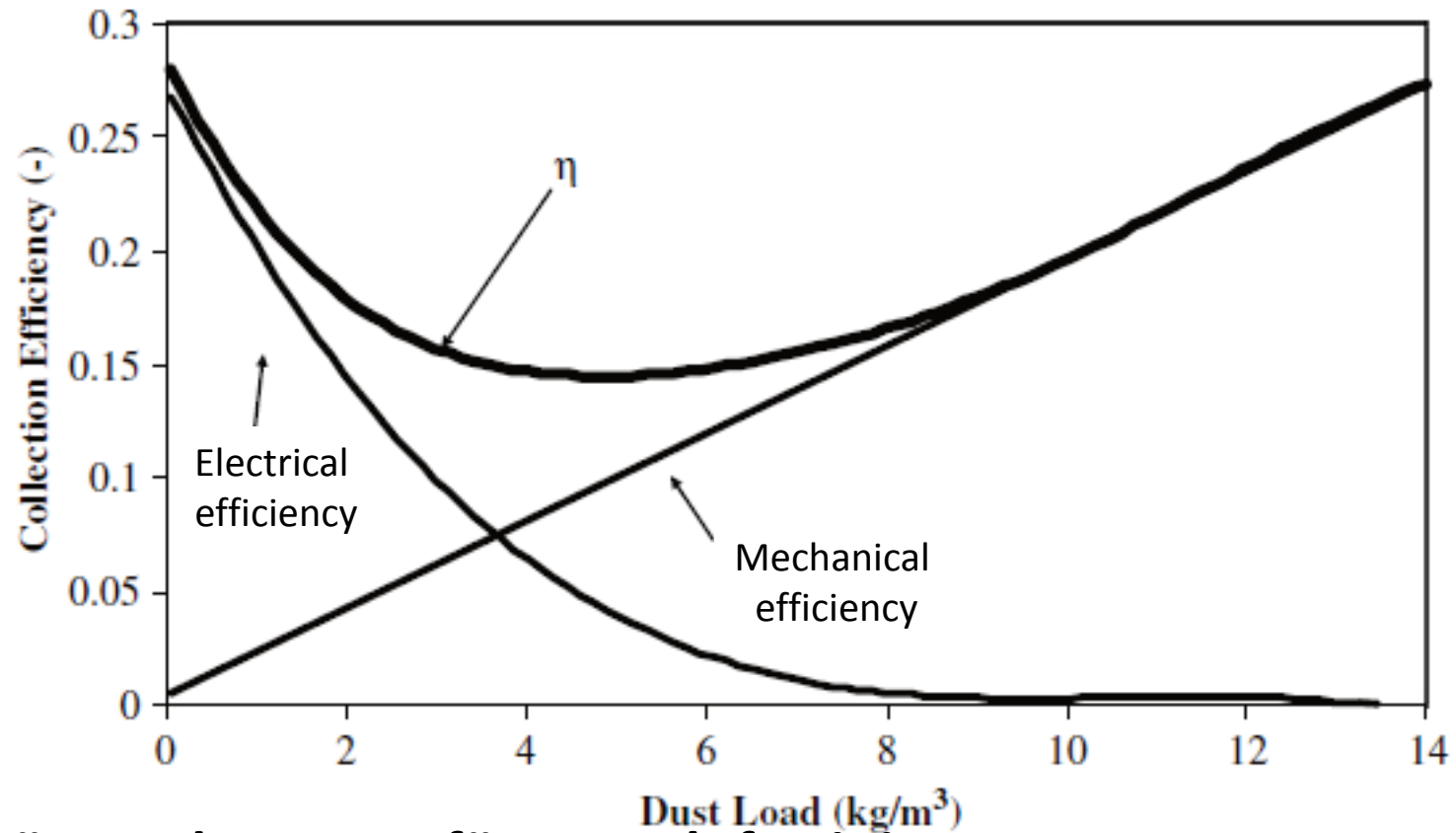


- Verwendung elektrisch geladener Fasern zur Erhöhung der Effizienz
- Zus. Kräfte: Coulombkraft und Dielektrophorese
- Keine Erhöhung des Druckverlusts durch Faserladung



$$\begin{aligned} Q &= 0,6 \times 10^{10} \text{ C/m} \\ q &= 16 \times 10^{-19} \text{ C} \\ D_F &= 5 \mu\text{m} \\ \alpha &= 0,03 \\ v_a &= 2 \text{ cm/s} \end{aligned}$$

Lathrache und Fissan (1987): *Filtr. Separ.* **9/10 1987**: 418-422



Sae-lim et al., J. Aerosol Sci. 37: 228-240, 2006

## Drängende Fragen für Raumluftreiniger

- Wie stark nimmt die Effizienz mit der Zeit ab?
- Wie stark steigt derweil die mechanische Effizienz?
- Welchen Effekt hat das auf die CADR?



## IUTA-Methode

12 Zigaretten

25 m<sup>3</sup> Raum

Wiederholung nach 1 h



## GB/T 18801-2015

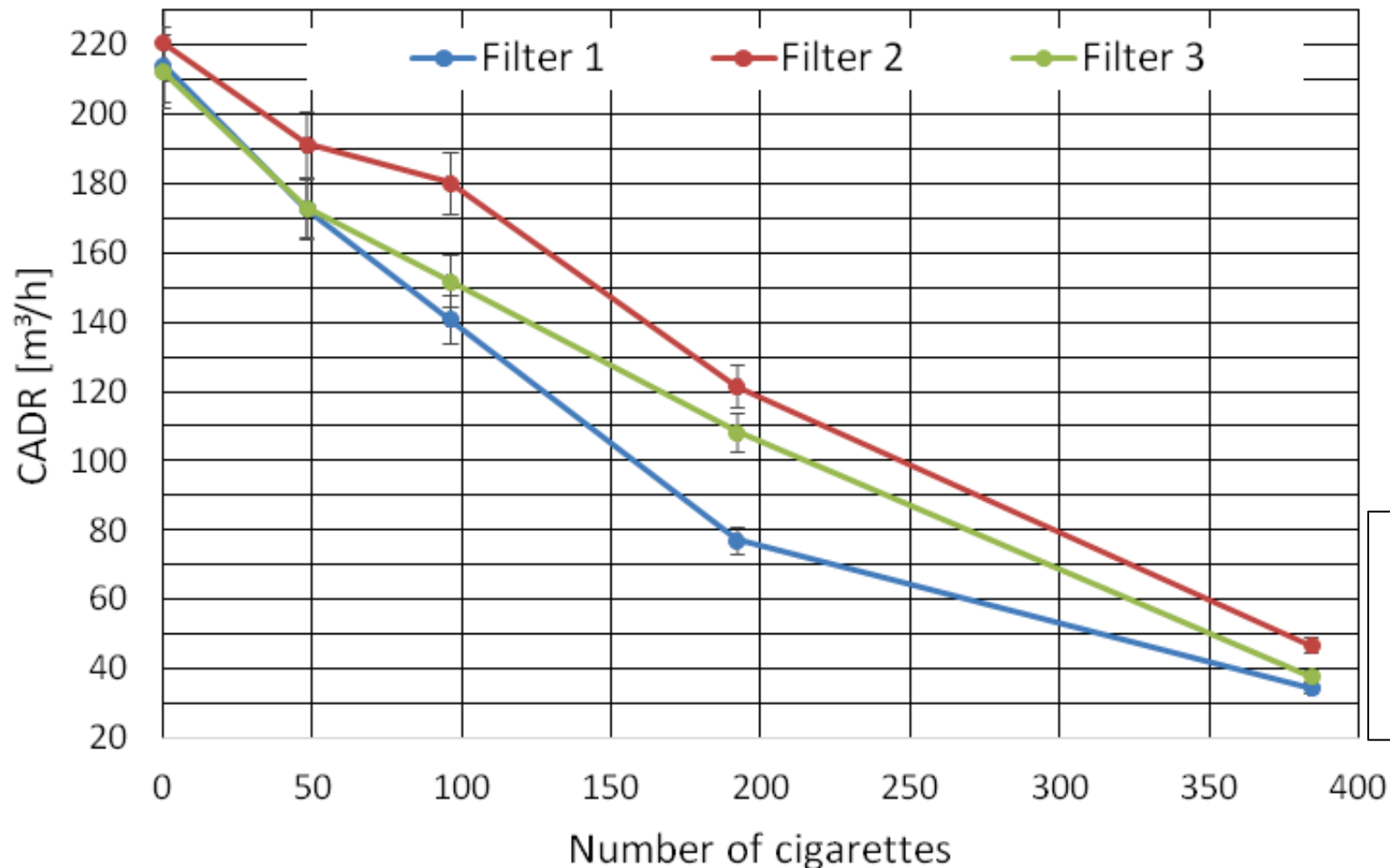
50 Zigaretten

3 m<sup>3</sup> Kammer

Wiederholung, wenn  
Konzentration  $\leq 35 \mu\text{g}/\text{m}^3$

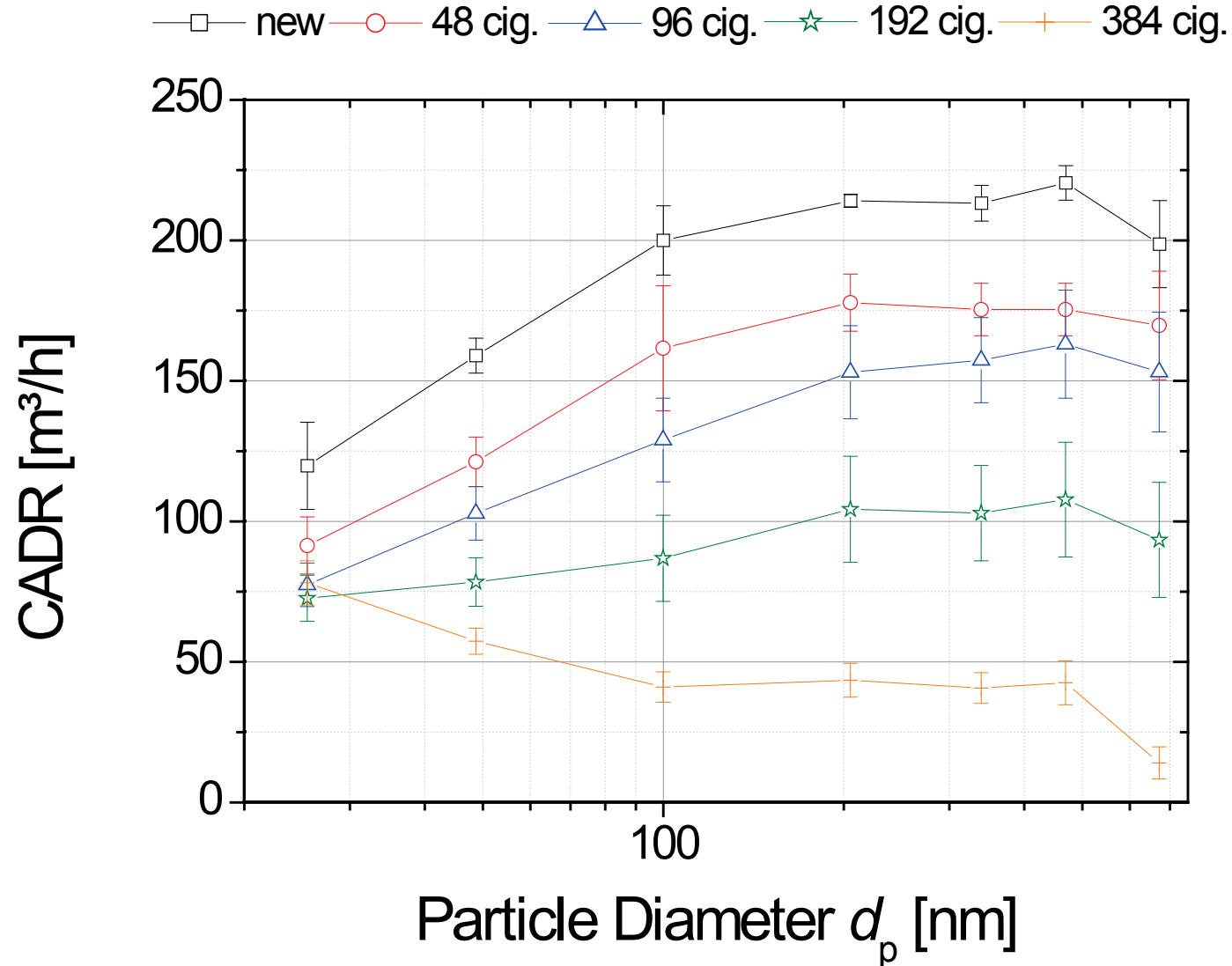


# Einfluss der Filteralterung mit Zigaretten (IUTA Methode)



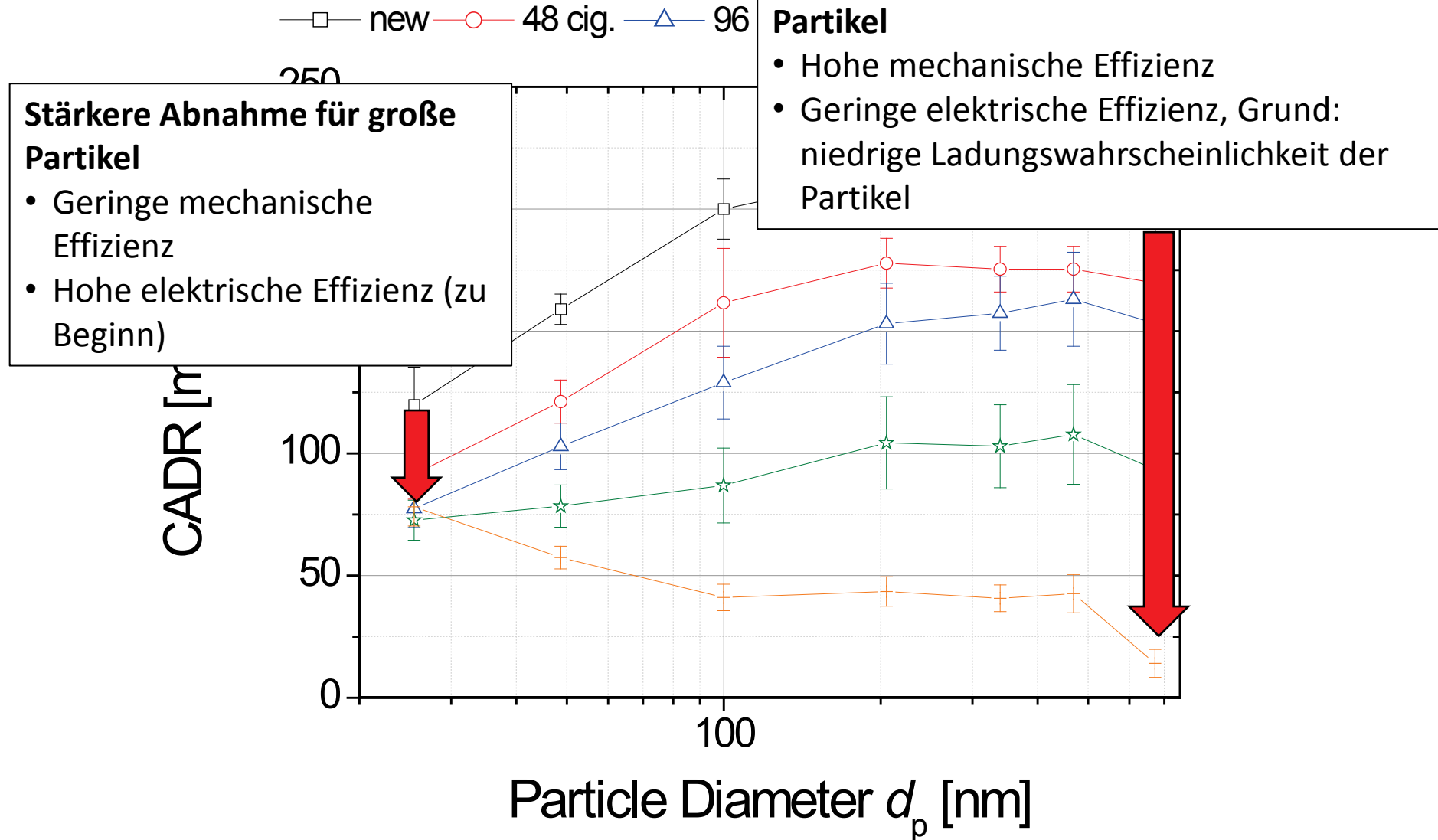
CADR auf  
ca. 20%  
reduziert

D. Spiegelhoff, *Masterarbeit Universität Duisburg-Essen*, 2016

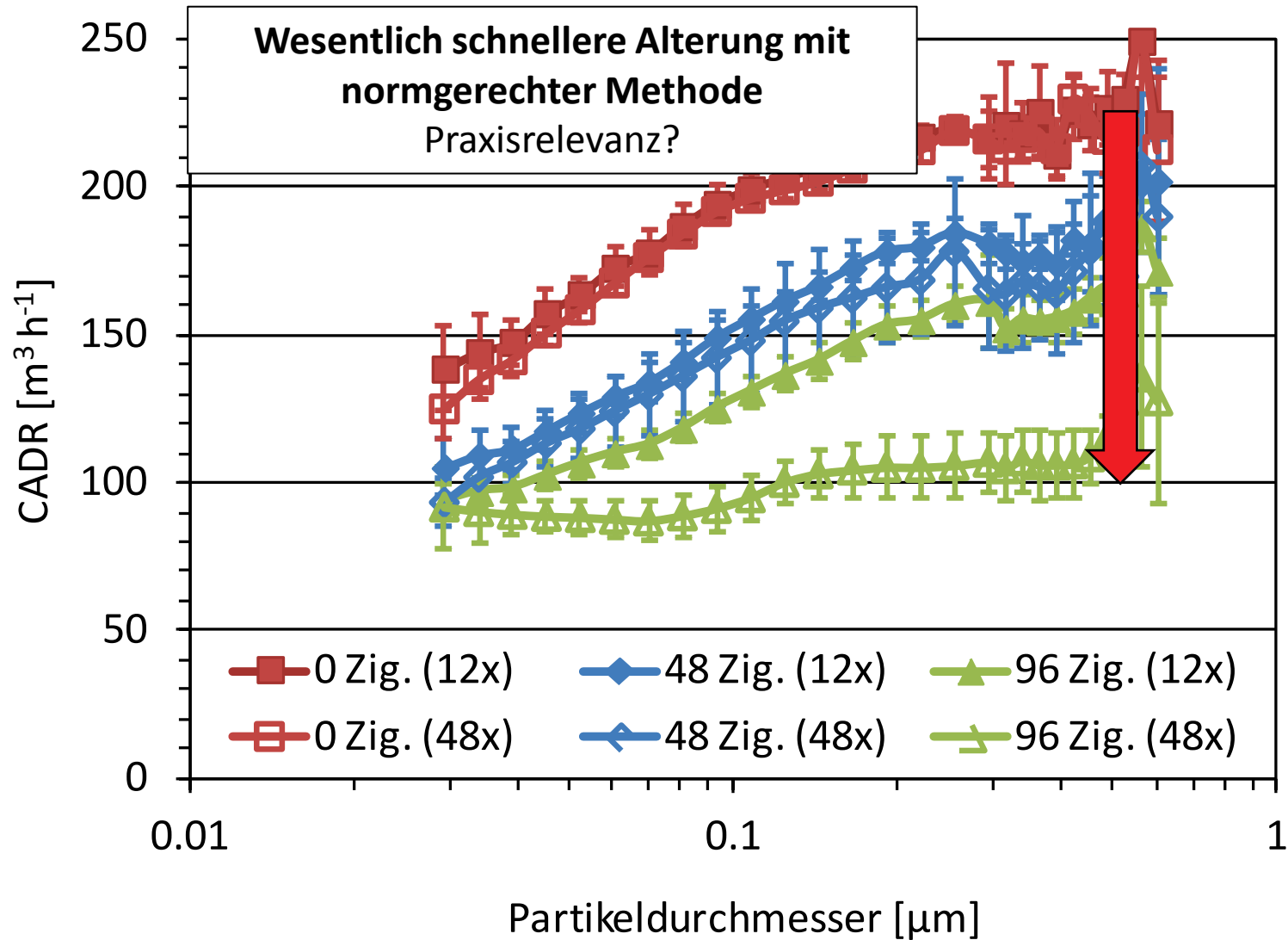


Daten aus: D. Spiegelhoff, *Masterarbeit Universität Duisburg-Essen*, 2016

# Einfluss der Filteralterung auf größenabhängige CADR



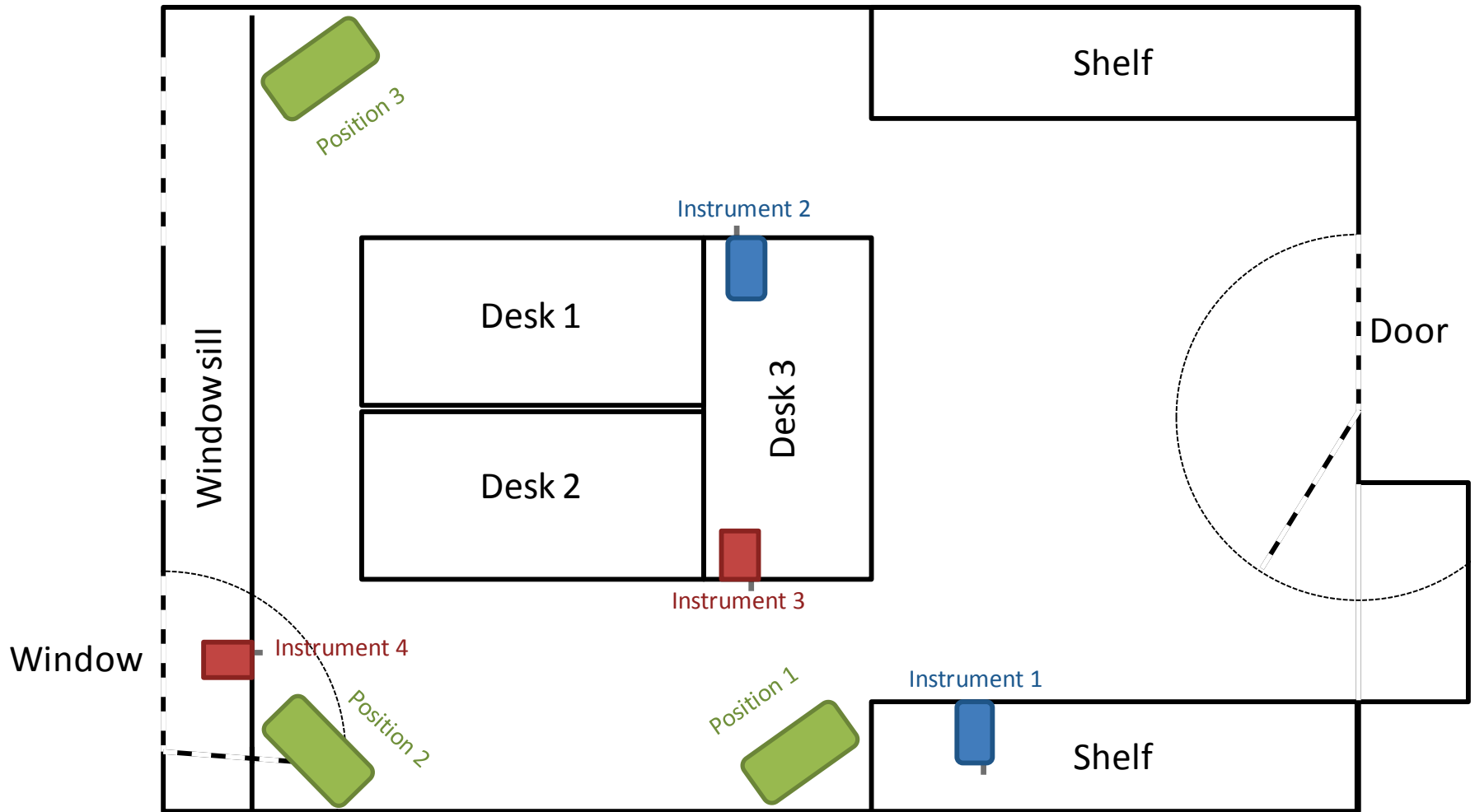
Daten aus: D. Spiegelhoff, *Masterarbeit Universität Duisburg-Essen*, 2016



Schumacher et al., *Chem. Sci. Technol.* (eingereicht)

# Ist die CADR auf reale Räume übertragbar?

Volume: ca. 70m<sup>3</sup>



Küpper et al., *Aerosol Air Qual. Res.* (in Vorbereitung)



# Ist die CADR auf reale Räume übertragbar?

## MiniDiSC/DiSCmini

Misst u.a. die lungendeponierbare Oberflächenkonzentration (LDSA)



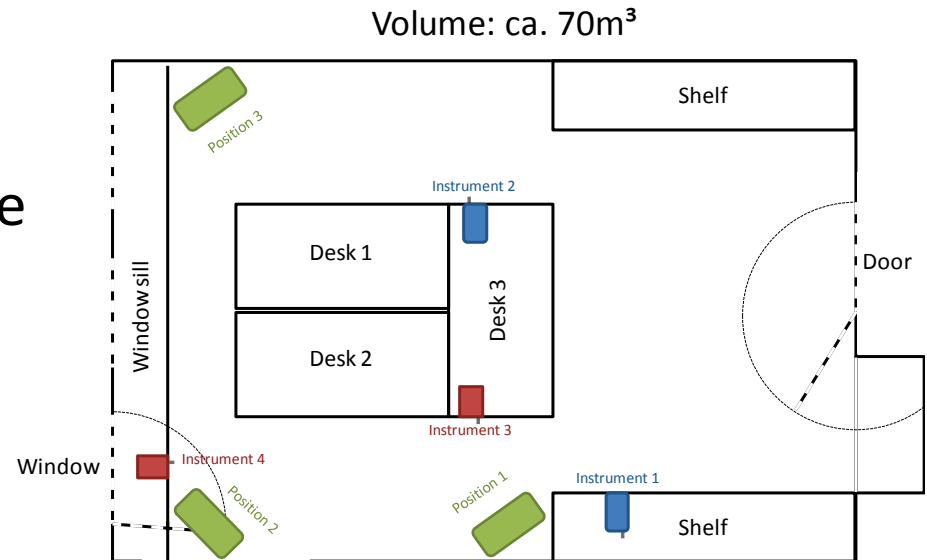
## Partector

Misst LDSA  
Konzentration

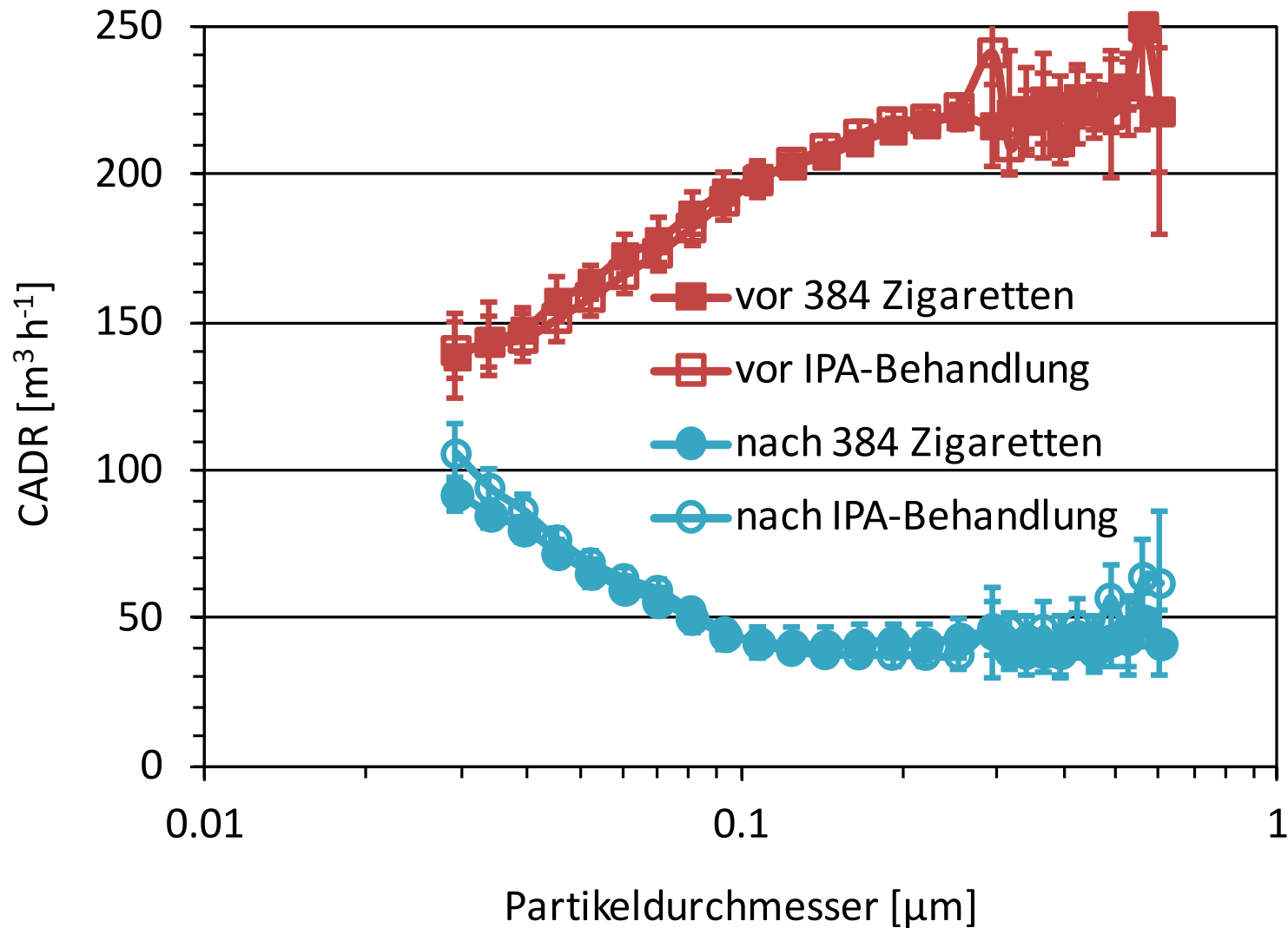


## Raumluftreiniger

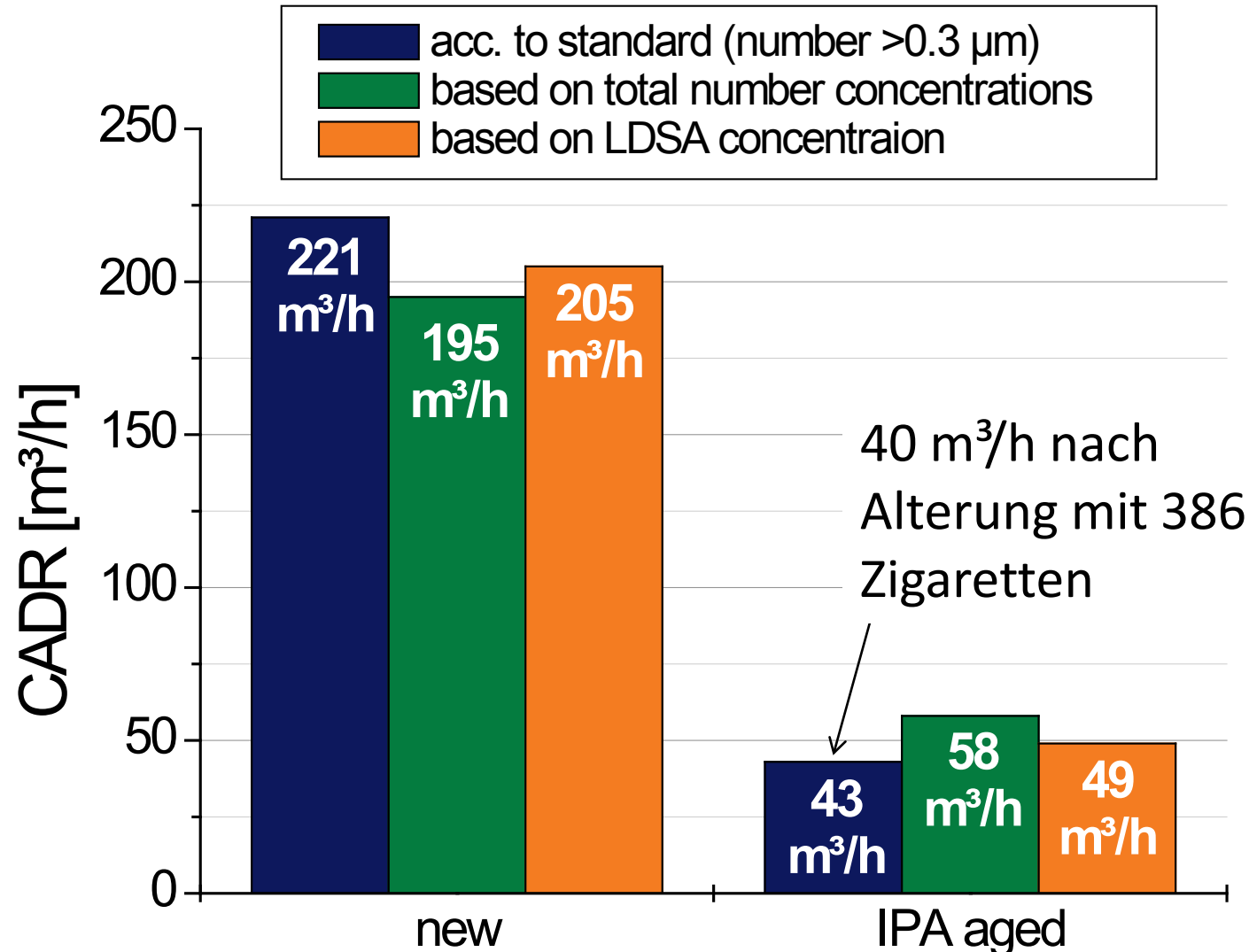
- Clean Air Delivery Rate 220 m<sup>3</sup>/h
- An drei Stellen positioniert
- Messung mit neuem und gealtertem (IPA behandelt) Filter



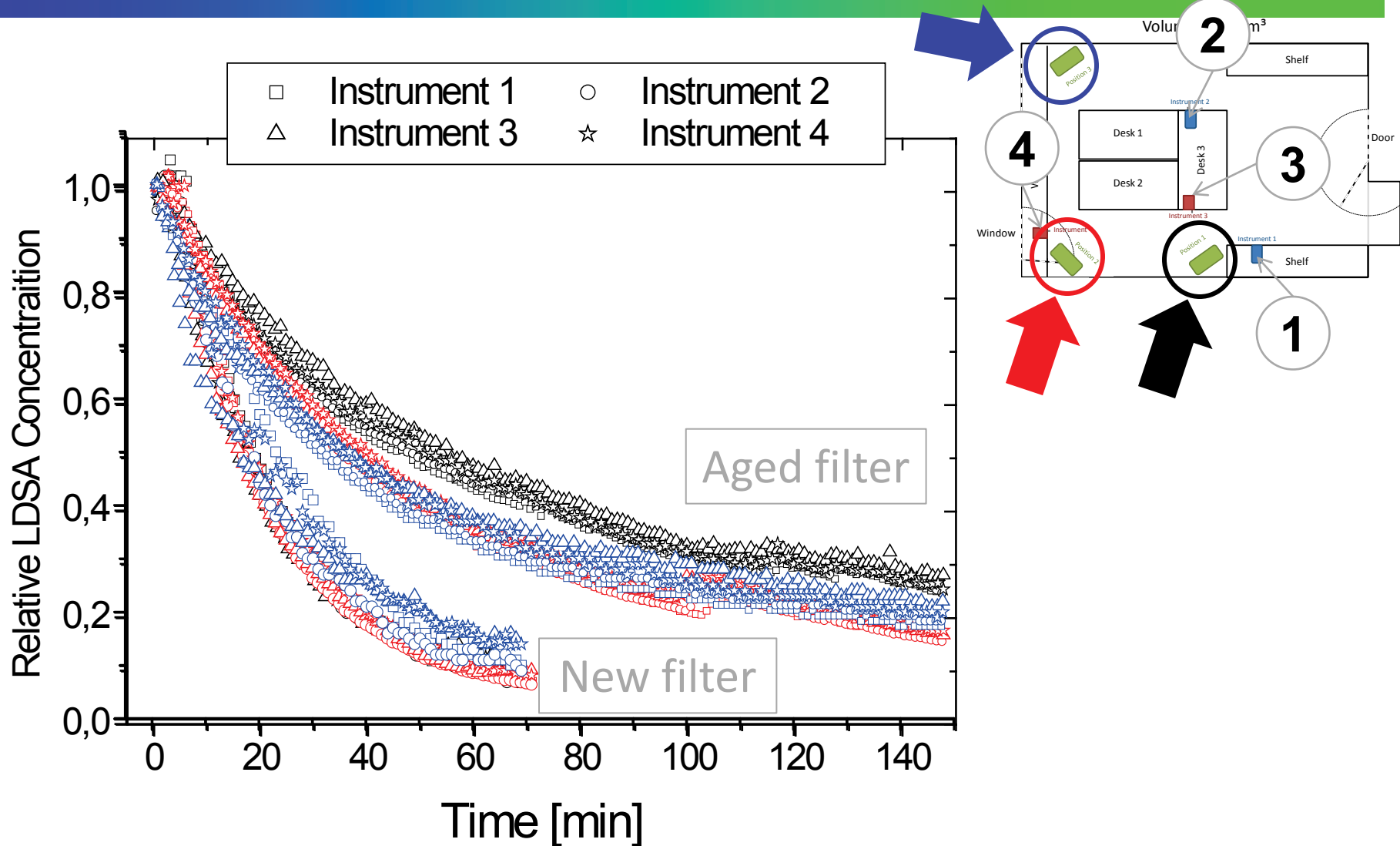
Küpper et al., *Aerosol Air Qual. Res.* (in Vorbereitung)



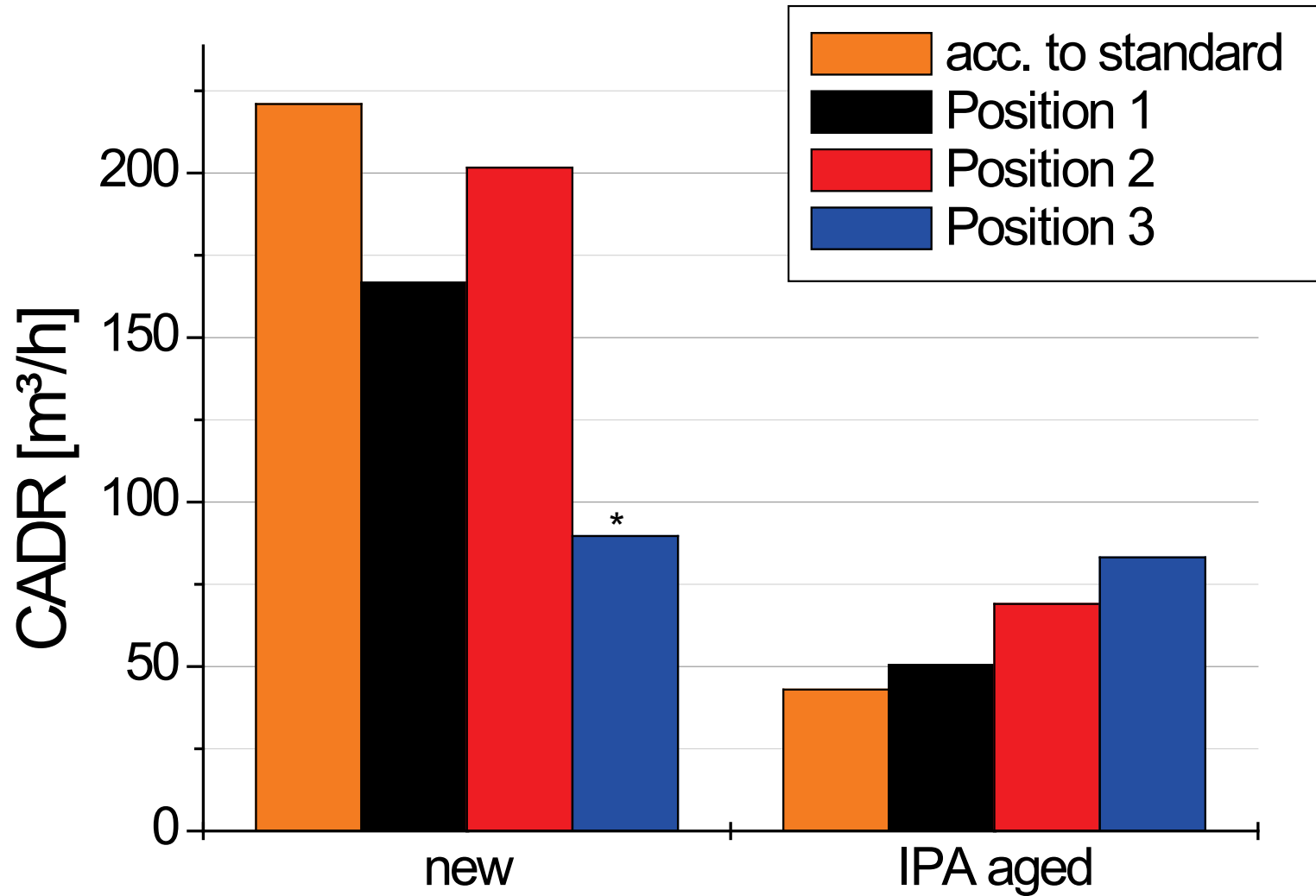
# CADR für unterschiedliche Metriken (Normtest)



Küpper et al., *Aerosol Air Qual. Res.* (in Vorbereitung)



Küpper et al., *Aerosol Air Qual. Res.* (in Vorbereitung)



\*beeinflusst durch starke Streuung der Ergebnisse zu Beginn

- Prüfung von Raumlufteinigern: CADR für Zigarettenrauch
- Raumlufteiniger verwenden vielfach Elektretfilter
- Zwei verschiedene Alterungsmethoden untersucht: Normgerechte Alterung (50 Zig. in 3 m<sup>3</sup>) führt zu erheblich schnellerer Alterung
- Abnahme der CADR weniger ausgeprägt für UFP als für größere Partikel
- Räumlich gleichmäßige Abnahme der Partikelkonzentration in realem 70 m<sup>3</sup> Büroraum (gute Durchmischung)
- Nur geringe Abhängigkeit der Raumlufteinigereffizienz von Positionierung
- Reale CADR etwas geringer als nominelle, ggf. durch Partikelquellen im Raum





Ministerium für Innovation,  
Wissenschaft und Forschung  
des Landes Nordrhein-Westfalen



EUROPÄISCHE UNION  
*Investition in unsere Zukunft*  
Europäischer Fonds  
für regionale Entwicklung



Bundesministerium  
für Wirtschaft  
und Technologie



## Einladung

zum

## 9. Filtrationstag



Forschung für die Praxis

Mit Unterstützung

Forschungsnetzwerk  
Mittelstand **AF**



## 9. IUTA Filtrationstag

Am 9. November 2017 im IUTA in Duisburg  
Eintägiges Symposium rund um das Thema  
Filtration

Ca. 150 Teilnehmer aus Forschung und  
Industrie

Weitere Informationen und Anmeldung  
unter [www.iuta.de](http://www.iuta.de)

