

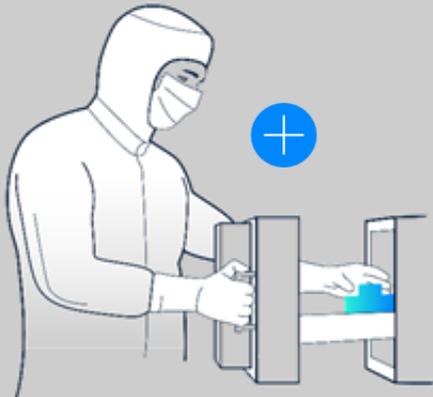
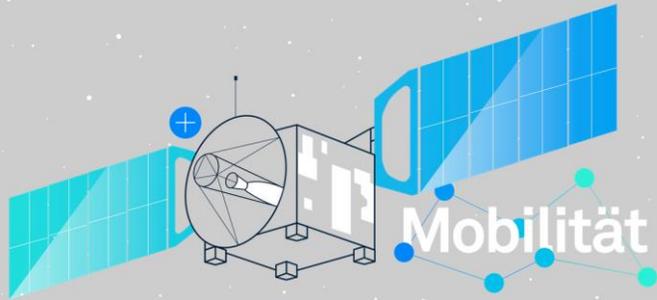
Technologieentwicklung für eine gesunde Raumlufth

# Healthy Air Initiative

6. Juli 2022, Dr. Udo Gommel, Prof. Dr. Susanne Bailer  
Fraunhofer IPA und IGB

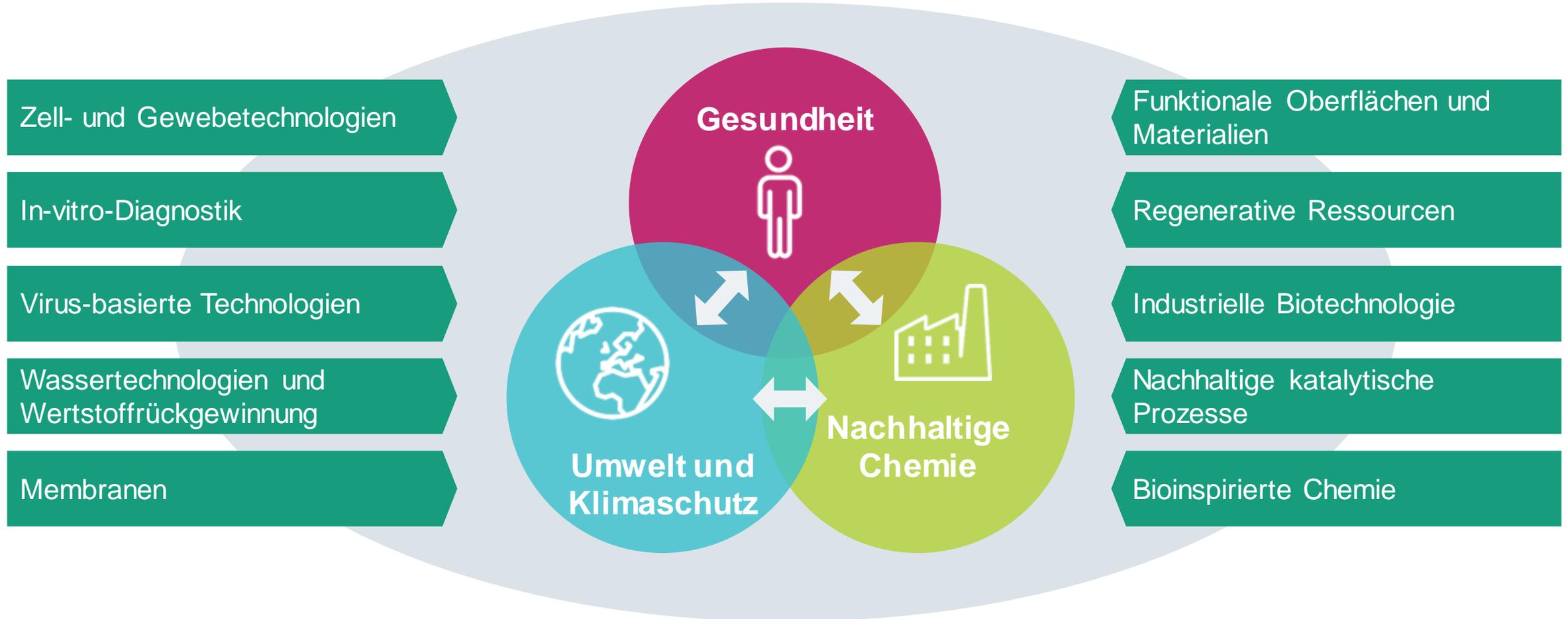
# Fraunhofer IPA

Active in many of tomorrow's fields



# Fraunhofer IGB

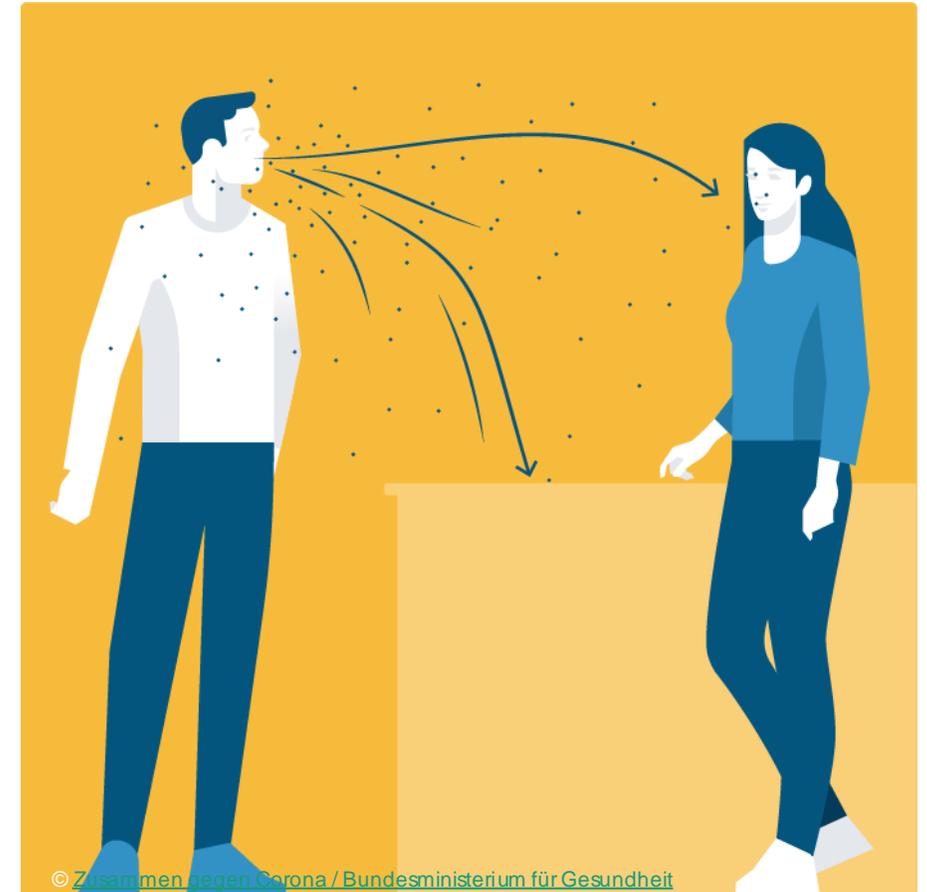
Forschung für einen gesunden Menschen in einer gesunden Umwelt



# Ausgangssituation

## Übertragung von SARS-CoV-2

- **Aerosole**
- Respiratorische Tröpfchen
- Schmierinfektion



## HEALTHY AIR INITIATIVE

### **AC / DC – Expertenpapier**

#### **Aerosol Control of Dangerous Contaminants**

→ Erarbeitung eines umfassenden Papers zur Effektivität von mobilen Luftreinigern zur Reduzierung von infektiösen SARS-CoV-2-Aerosolen in geschlossenen Räumen

### **HAI – BZ**

#### **Healthy Air Initiative Beratungszentrum für Unternehmen**

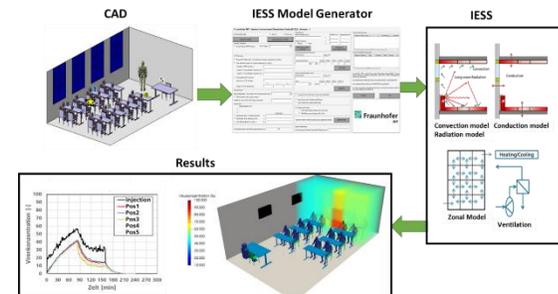
→ unabhängige Beurteilung von mobilen Luftreinigungsgeräten in speziellem Testzentrum

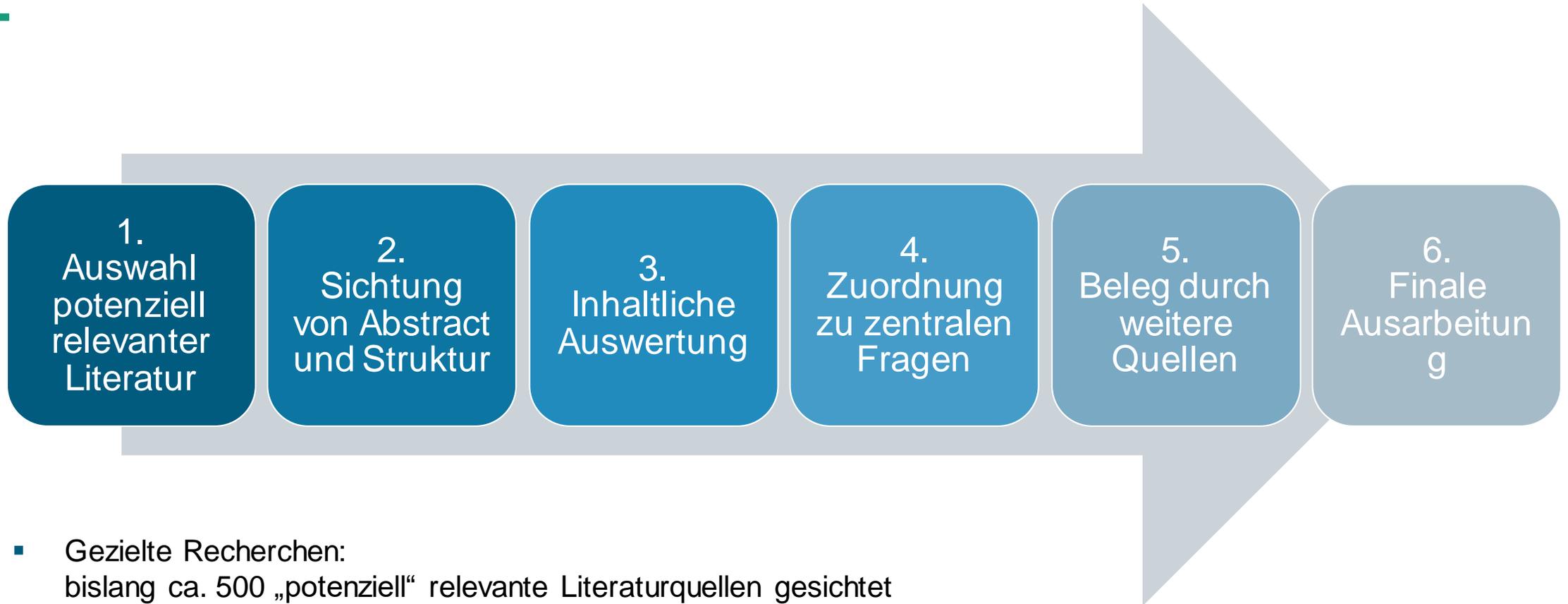
Literatur-  
Recherche

Empirische  
Bewertung

Simulation

Bericht

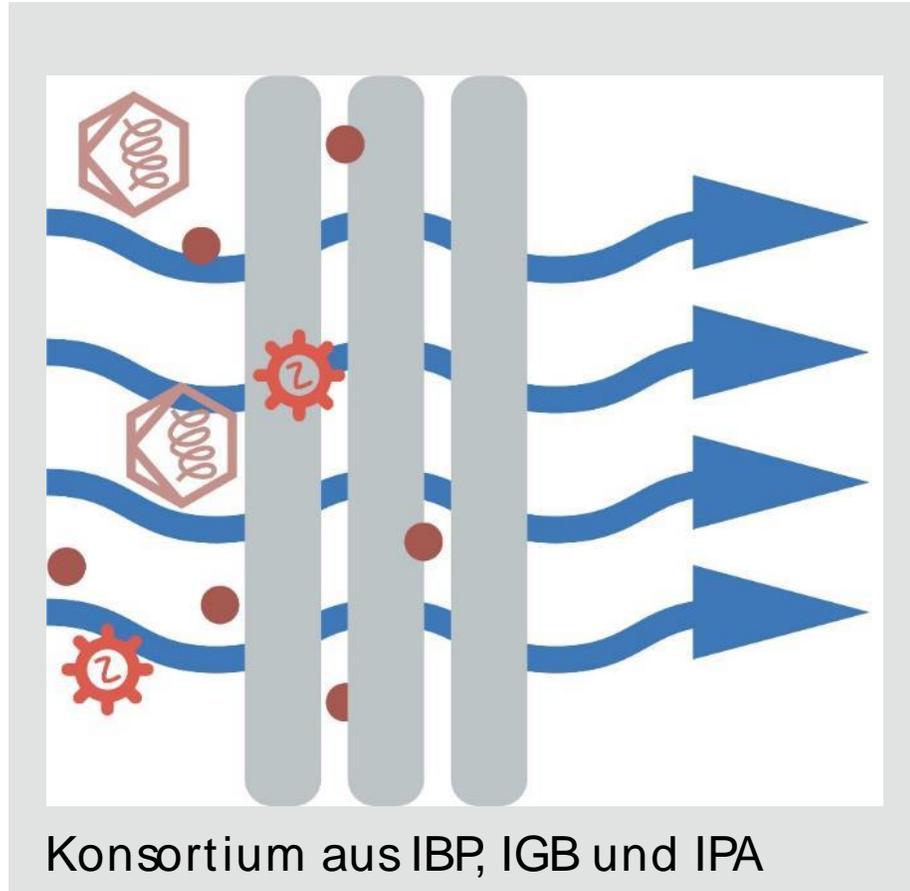




- Gezielte Recherchen:  
bislang ca. 500 „potenziell“ relevante Literaturquellen gesichtet
- In Studie mittels Zitierungen / Verweisen eingeflossen: 220 nat./internationale Quellen

# Healthy Air Initiative - Beratungszentrum

## Schwerpunkte



### UNTERNEHMEN mit Anforderungen an Raumlufreinhaltung

- ✓ Unternehmen erhalten hier Beratung zu **Reinhaltekonzepten**, Hinweise zu Anforderungen bis hin zur begleiteten Umsetzung

### HERSTELLER von Geräten für die Raumlufreinigung

- ✓ Hersteller erhalten hier Beratung zu **Anforderungen an Geräte** bis hin zu erforderlichen **Nachweisen der Wirksamkeit**

### Hintergrund INFORMATIONEN

- ✓ Von der **Ausbreitung** des Sars-CoV-2-Virus über die Raumluf bis hin zu **Raumlufreinigungstechnologien** und deren Anwendung

# Healthy Air Initiative - Beratungszentrum

## Empirische Bewertung von mobilen Luftreinigern

---

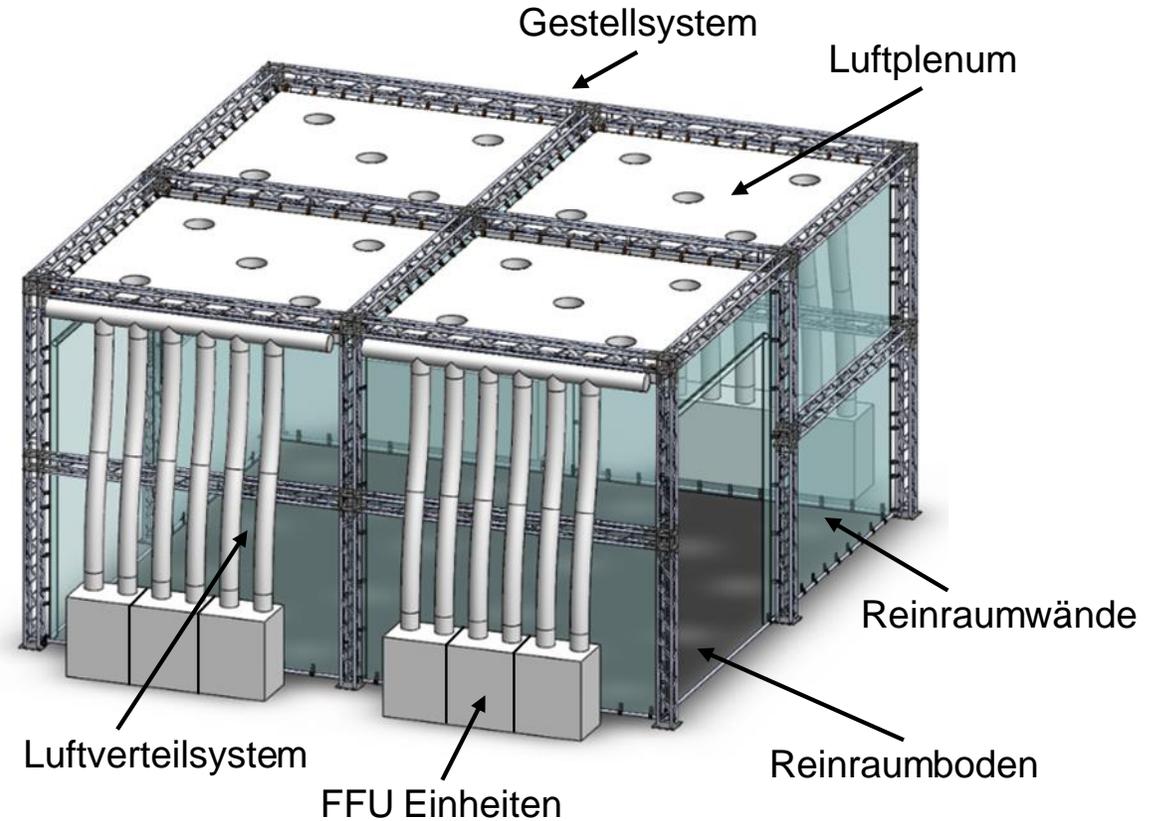


### Aufbau einer Testumgebung für Wirksamkeitstests am Fraunhofer IZS

- Nutzung des CAPE® Systems
- Aerosolisierung von Corona-Surrogat-Viren
- Probenahme und Plaque-Assay-Tests
- Testung auf Beiprodukte (VOC, Ozon)
- Ermittlung Schallleistungspegel

### Ertüchtigung von **Testumgebungen für Wirksamkeitstests** mit dem CAPE®-System

- Flexible, anpassbare und in beliebige Raumsituationen integrierbare Reinraumumgebung
- Schneller Auf- und Abbau (in wenigen Stunden)
- Konditionierung der Raumluft für Wirksamkeitstests nach wenigen Sekunden Betriebszeit erreicht
- Gezielter Schutz des Außen- und Innenraums vor luftgetragenen Kontaminationen (durch Über- und Unterdruckbetrieb)
- Nach Abschluss der Tests sind alle Materialien einfach und schnell dekontaminierbar



# Prüfumgebung

## Realisierung repräsentativer, reproduzierbarer Testumgebungen



- Umwidmung Hörsaal in Testumgebung
  - Referenz-Reinraumumgebung (ISO-Luftreinheitsklasse 3 gem. ISO 14644-1)
  - **Überdruck-** (für Partikelabscheidebewertung) und **Unterdruck-Betrieb** (für Virenanreicherungsbewertung) innerhalb weniger Minuten möglich. Parallelbetrieb möglich
  - Virenkontrollierte Umgebung

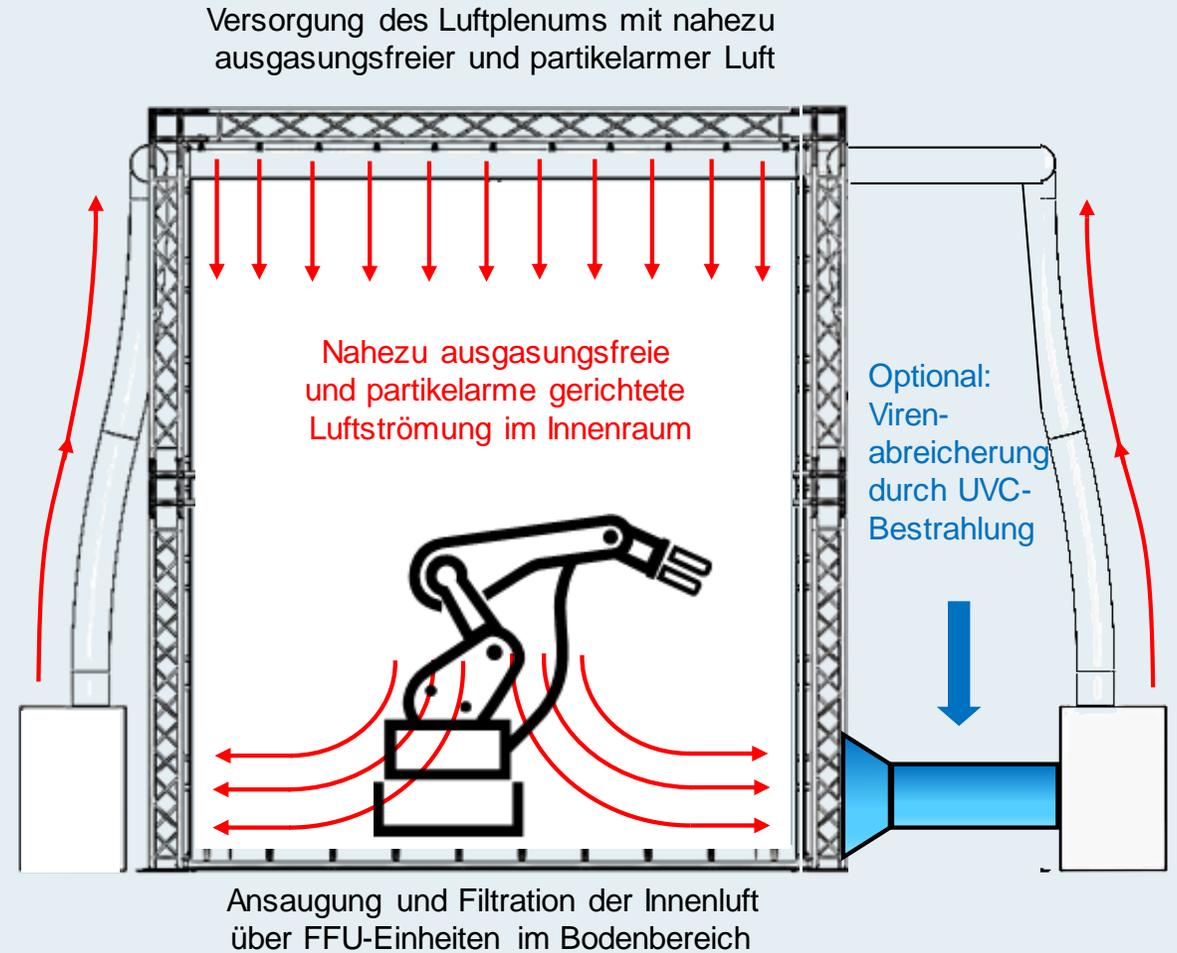
# Umluftfunktion

## Effiziente Filterung von chemischen

## — Substanzen + UVC-Bestrahlung

### Funktion:

- Effiziente Filtration chemischer Substanzen durch Umluftfunktion
- Verwendung von Filtermedien zur Abscheidung gasförmiger Substanzen (VOC, Säuren, Basen)
- Optional: Einsatz von UVC-Bestrahlung zur Virenabreicherung
- Kombination mit Überdruck- und Unterdruckfunktion für Produkt- und Umgebungsschutz möglich



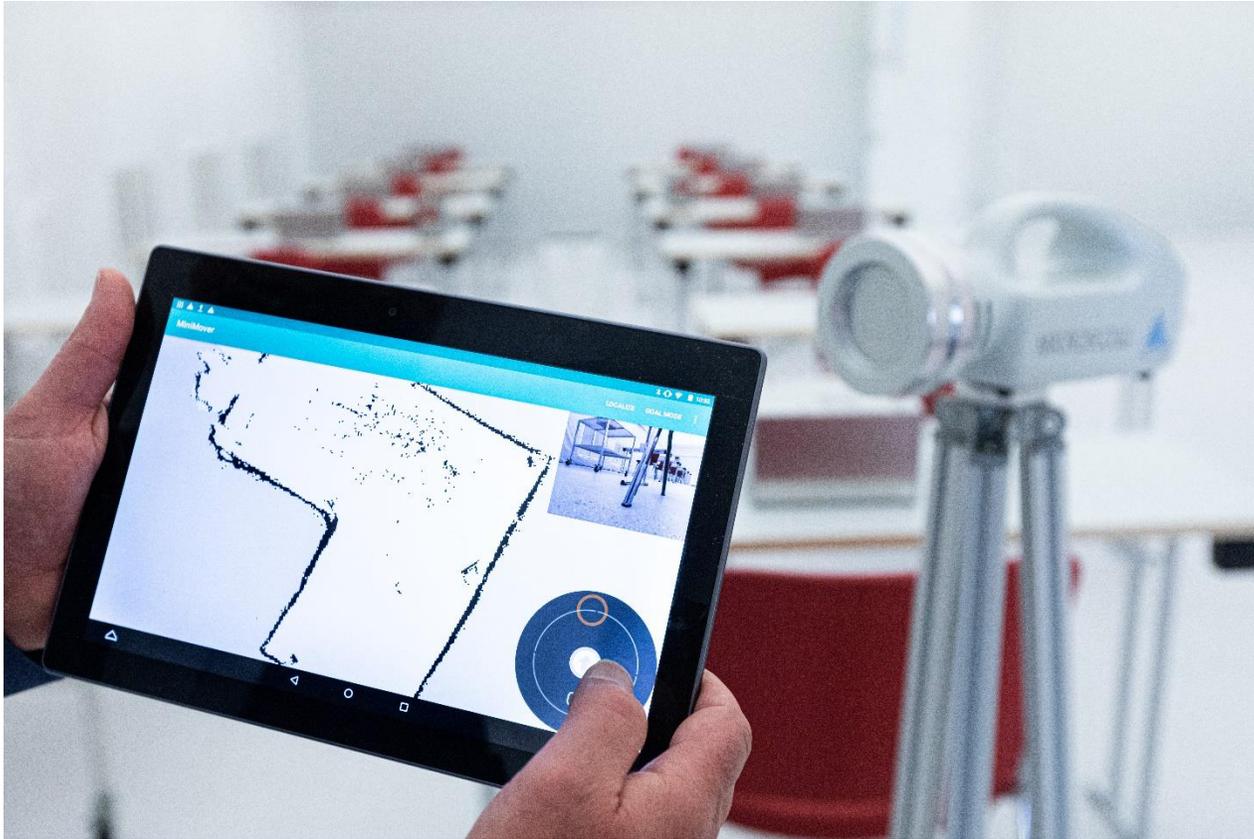
# Prüfumgebung

## Realisierung repräsentativer, reproduzierbarer Testumgebungen



# Ergebnisse

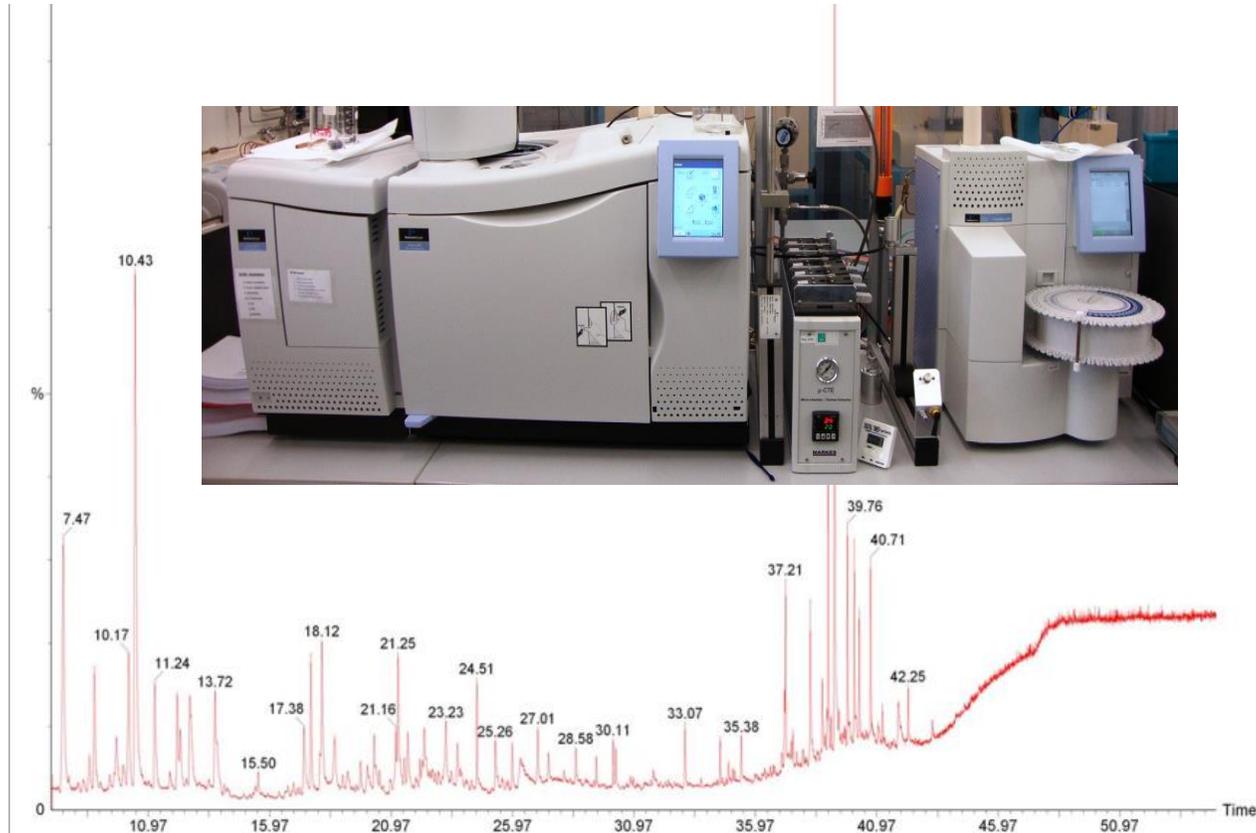
## Szenarien-Aufbau, Messtechnik, Analytik



- Repräsentative Aerosolisierung: DEHS (Partikel) und Surrogat-Viren
- Messtechnik und Analytik, orts aufgelöst mittels 12 OPZ
- »Movin Spreader-Event« nachbildbar mittels frei steuerbarer und/oder ortsfester
  - Aerosolquelle
  - raumverteilter OPZ (0,2 – 25  $\mu\text{m}$ )
  - Virendetektionssystem

# Ergebnisse

## Szenarien-Aufbau, Messtechnik, Analytik



- Aerosolbewertung auf Virenbelastung:  
»trainierte Schnüffelnase\*«  
vs. Virusbestimmung
- Temp. / rel. Feuchte, Ozonbelastung
- TVOC, VOC, SVOC, Ketone, Aldehyde  
mittels TD-GC/MS

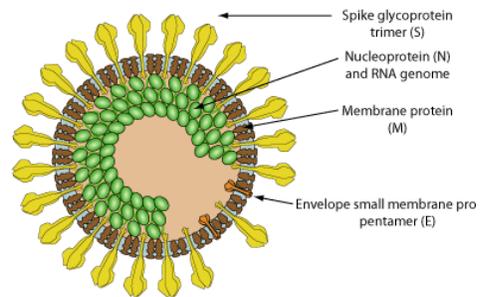
# Ergebnisse

## Auswahl der Surrogatviren

### ■ Humanes Coronavirus

#### ■ 229E

SARS Coronavirus



© ViralZone 2020  
Institute of Bioinformatics

ViralZone, 2020

Verwandt mit Sars-CoV-2

**BSL2**

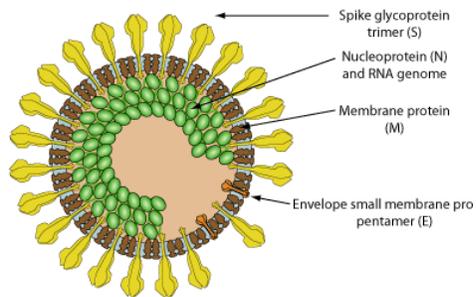
# Ergebnisse

## Auswahl der Surrogatviren

### ■ Humanes Coronavirus

#### ■ 229E

SARS Coronavirus



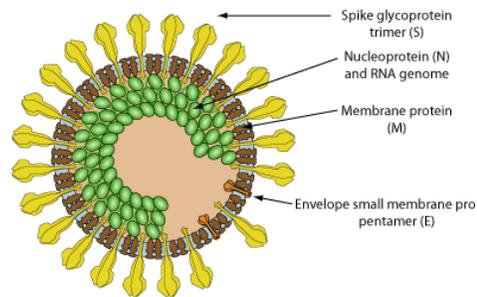
© ViralZone 2020  
Institute of Bioinformatics

ViralZone, 2020

### ■ Bovines Coronavirus

#### ■ BCV

SARS Coronavirus



© ViralZone 2020  
Institute of Bioinformatics

ViralZone, 2020

Verwandt mit Sars-CoV-2

**BSL2**

Verwandt mit Sars-CoV-2, BSL1

**Tierpathogen**

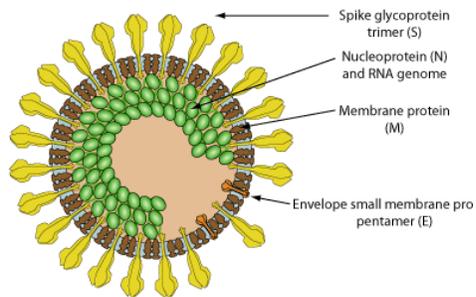
# Ergebnisse

## Auswahl der Surrogatviren

### ■ Humanes Coronavirus

#### ■ 229E

SARS Coronavirus



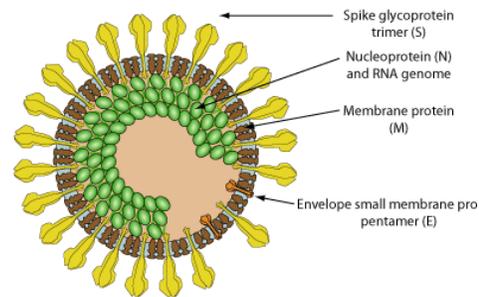
© ViralZone 2020  
Institute of Bioinformatics

ViralZone, 2020

### ■ Bovines Coronavirus

#### ■ BCV

SARS Coronavirus



© ViralZone 2020  
Institute of Bioinformatics

ViralZone, 2020

### ■ Bakteriophage

#### ■ phi6

“Phi6 ...has been suggested as a good surrogate for studying...SARS coronaviruses; similar to SARS-CoV-2, it is **enveloped by a lipid membrane**, has **spike proteins**, and is of **similar size (~ 80–100 nm)**”, genome RNA

Article | [Open Access](#) | Published: 29 December 2020

**Survival of the enveloped bacteriophage Phi6 (a surrogate for SARS-CoV-2) in evaporated saliva microdroplets deposited on glass surfaces**

Aliza Fedorenko, Maor Grinberg, Tomer Orevi & Nadav Kashtan 

*Scientific Reports* **10**, Article number: 22419 (2020) | [Cite this article](#)

2010 Accesses | **16** Altmetric | [Metrics](#)

Verwandt mit Sars-CoV-2

**BSL2**

Verwandt mit Sars-CoV-2, BSL1

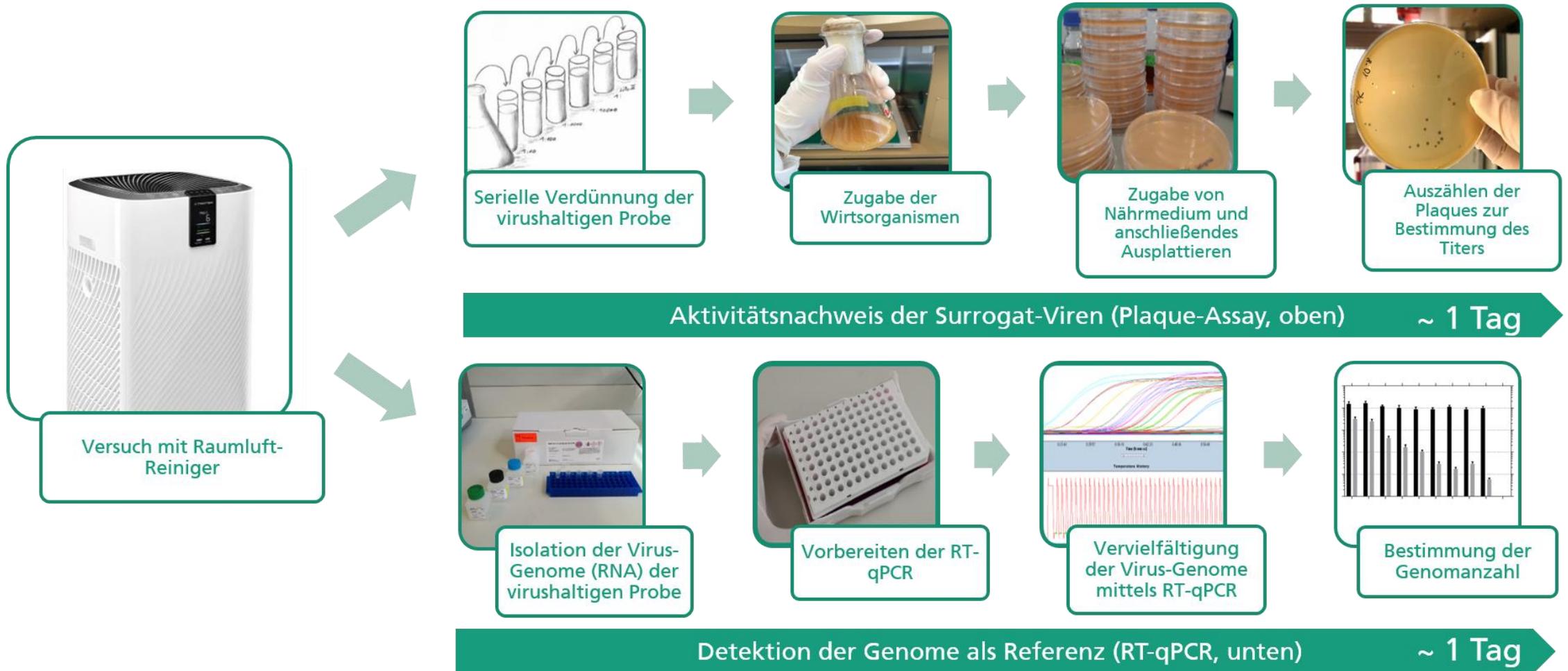
**Tierpathogen**

Vergleichbar mit Sars-CoV-2:

umhülltes RNA-Virus, BSL1

# Ergebnisse

## Analyse der Surrogatviren

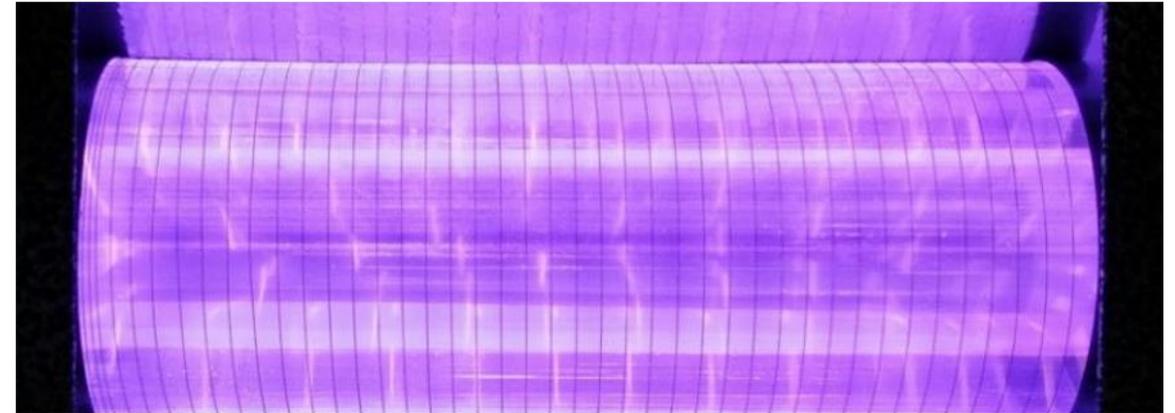
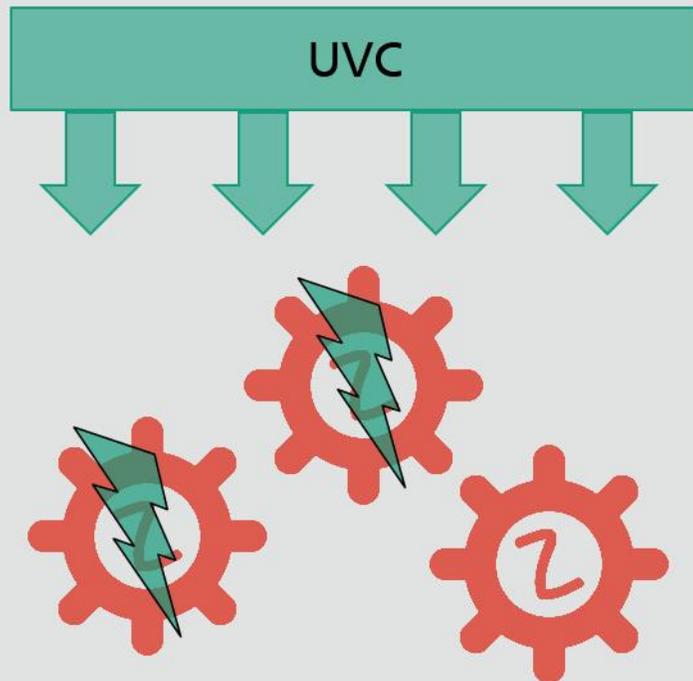


# Ergebnisse

## Analyse der Surrogatviren

Viren

### Inaktivierungseffizienz mit Corona-Surrogat-Aerosol



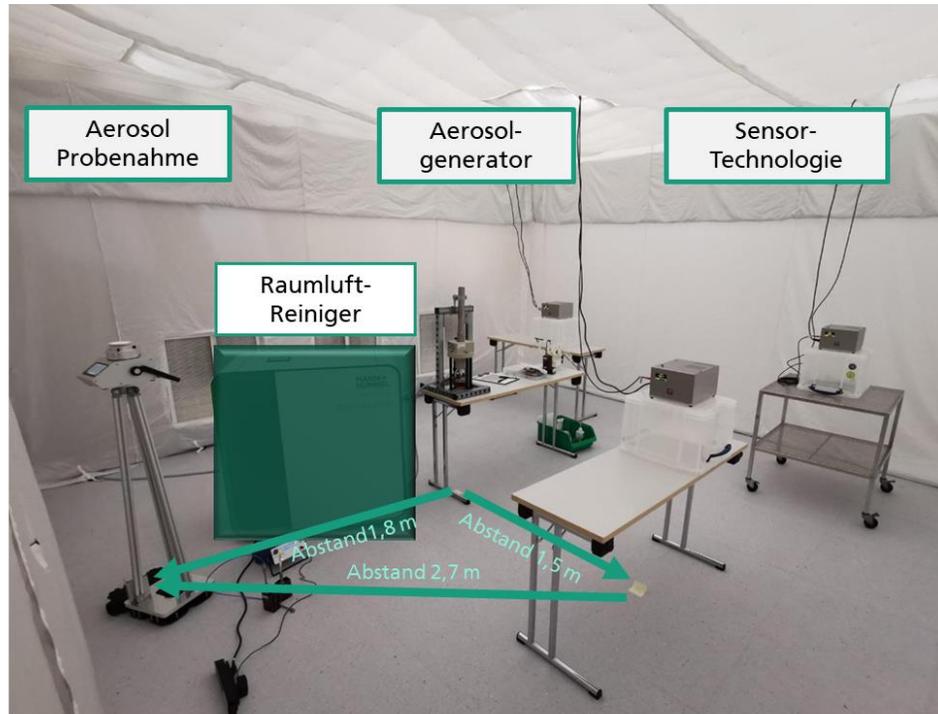
### Inaktivierungseffizienz

$$\frac{\sum \text{Genome}}{\sum \text{Vermehrungsfähige Viren}} = \frac{300}{3} = 99\%$$

# Ergebnisse

## Validierung der Testumgebung und Wirksamkeitstests

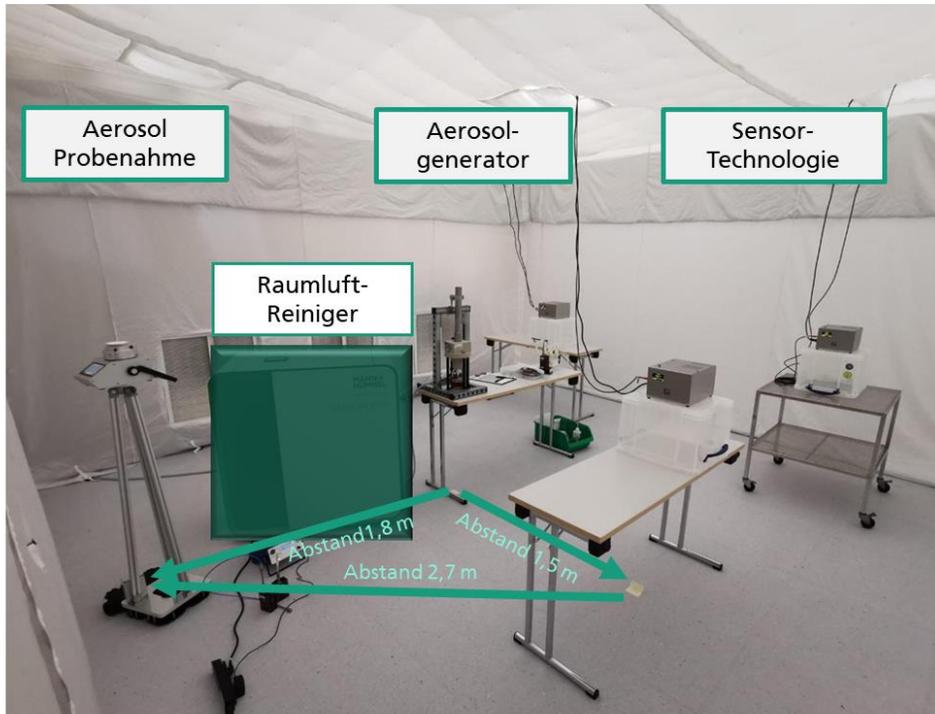
- Analyse infektiöser Surrogatviren vor und nach Luftreinigung



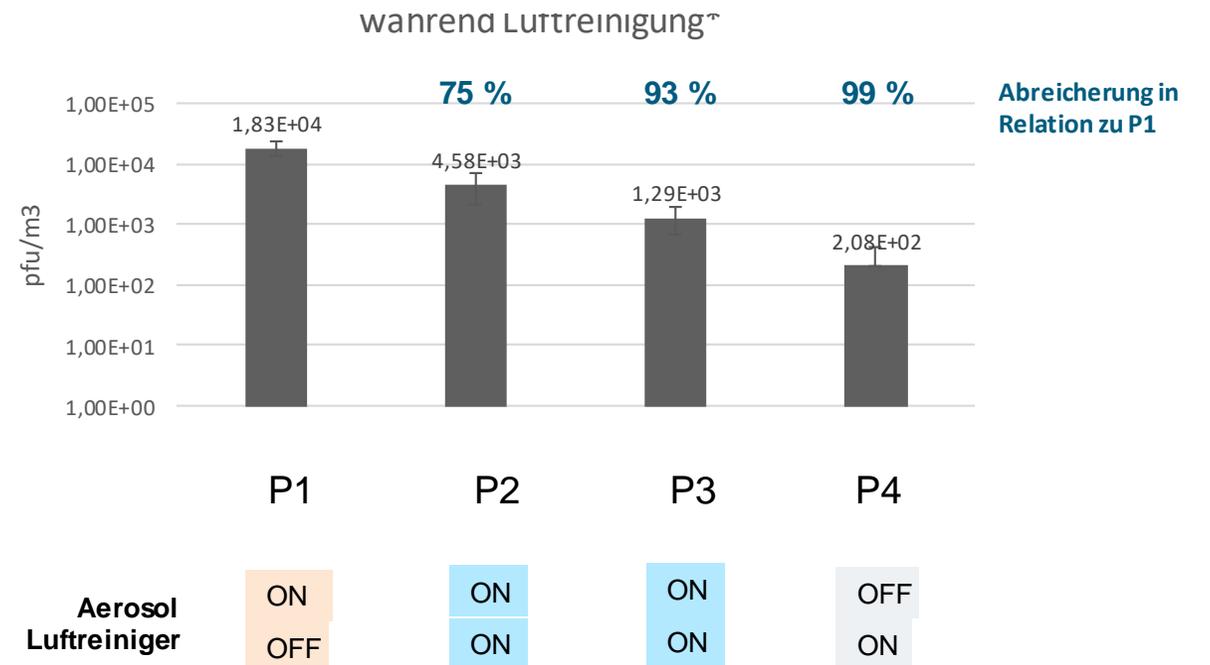
# Ergebnisse

## Validierung der Testumgebung und Wirksamkeitstests

- Analyse infektiöser Surrogatviren vor und nach Luftreinigung



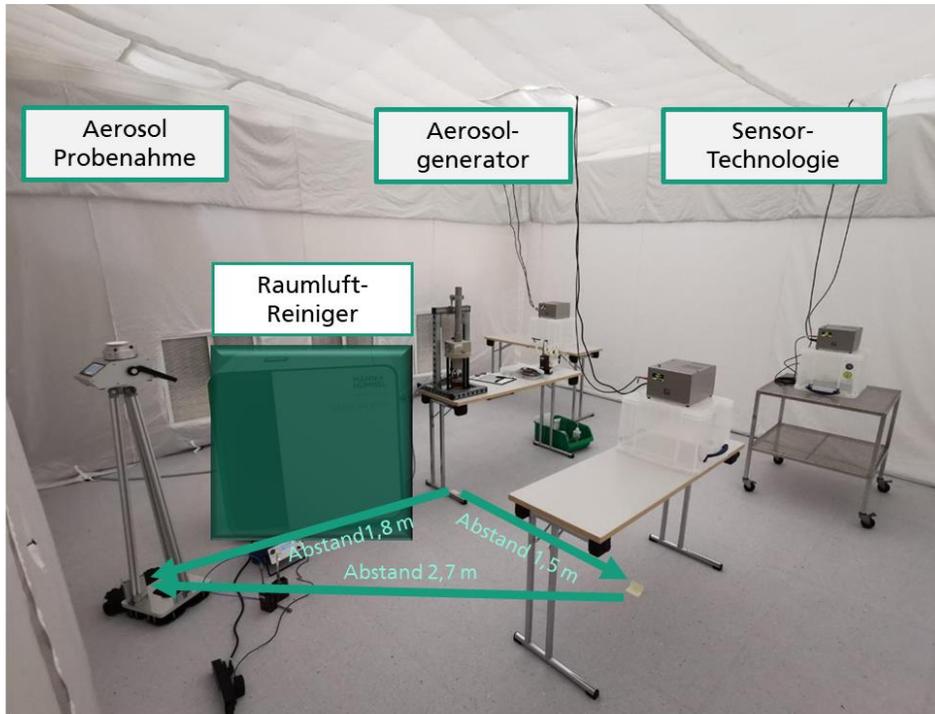
### Abreicherung infektiöser Surrogatviren \*



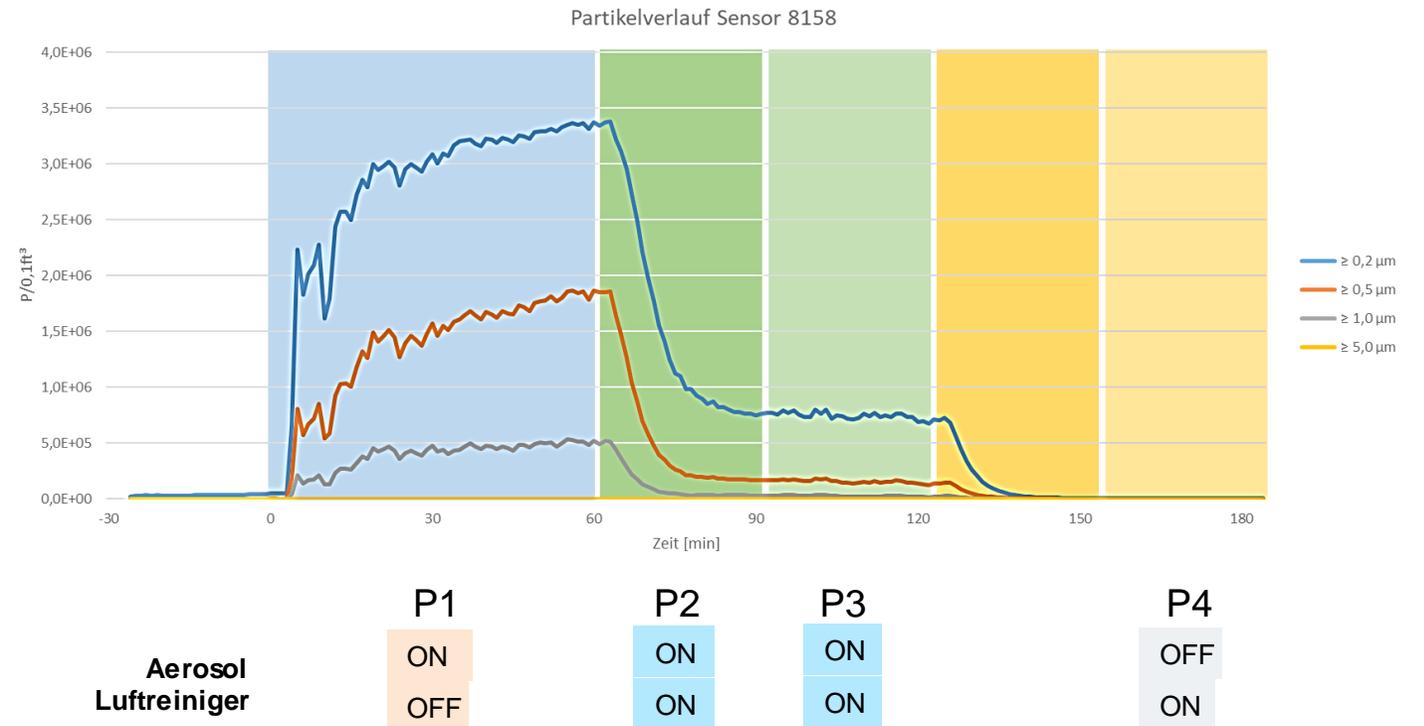
# Ergebnisse

## Validierung der Testumgebung und Wirksamkeitstests

- Analyse infektiöser Surrogatviren vor und nach Luftreinigung



### Abreicherung von Partikeln \*



# Ergebnisse

## Bewertung der Leistungseffizienz von Luftreinigungsgeräten

---

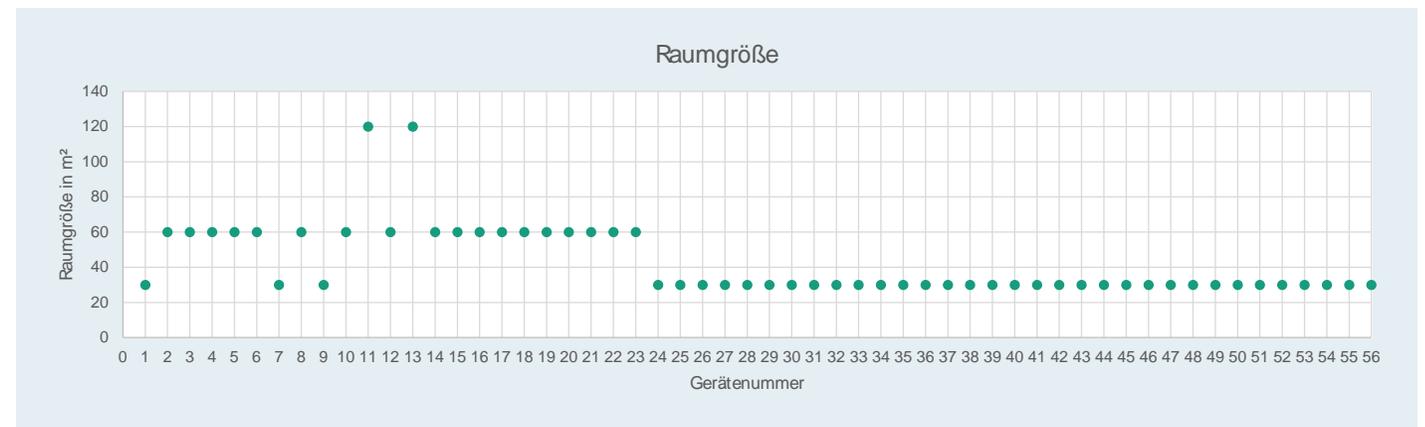
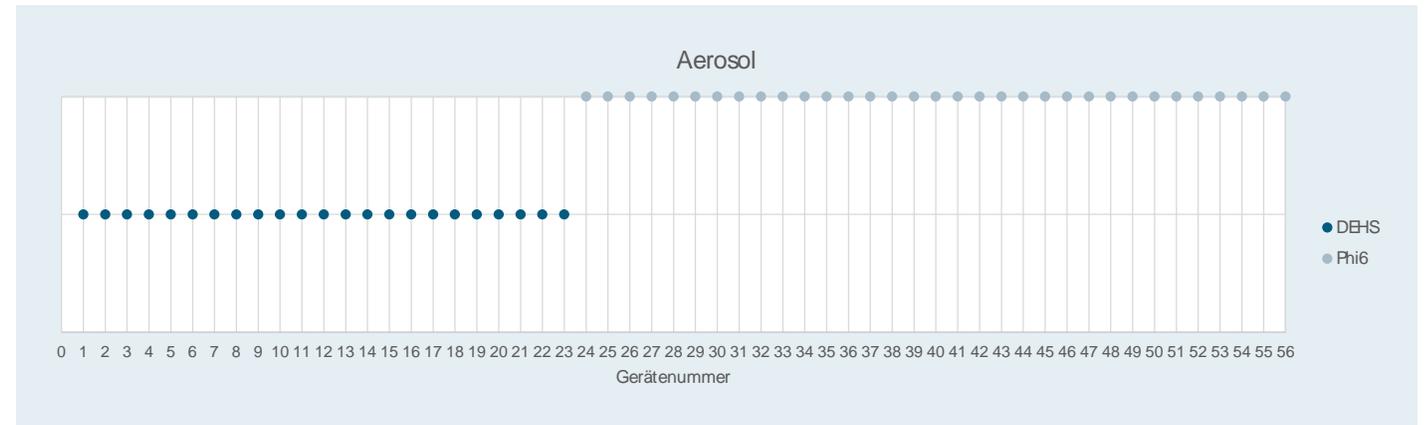
### **Eckdaten der experimentellen Untersuchungen:**

- Konzeption, Realisierung und Aufbau einer Test-Referenzumgebung zur experimentellen Bewertung der Luftreinigersysteme
- Laufzeit der experimentellen Bewertung: ca. 7 Monate
- Anzahl der durchgeführten Tests: ca. 60
- Bewertung unterschiedlicher Inaktivierungs- und Abreicherungstechnologien
- Testung mittels Aerosol aus DEHS und Bakteriophagen Phi-6
- Testraumgröße von 30 m<sup>2</sup> bis 120 m<sup>2</sup>
- Prüfung auf Partikelreduktion ( $\geq 0,2 \mu\text{m}$  bis  $\geq 25 \mu\text{m}$ ) und Viren-Abreicherung
  - bei simultanem Betrieb von Aerosolquelle und Luftreiniger und auch
  - anschließendem Betrieb des Luftreinigers bei dann ausgeschalteter Aerosolquelle

# Ergebnisse

## Übersicht der Prüfkonfiguration

- **DEHS-Aerosolbewertung:**  
ca. **41%** aller getesteten Luftreiniger
- **Phi6-Phagen-Aerosolbewertung:**  
ca. **59%** aller getesteten Luftreiniger
- **Testraumgröße** in Abhängigkeit  
des angedachten und spezifizierten  
Anwendungsfalls



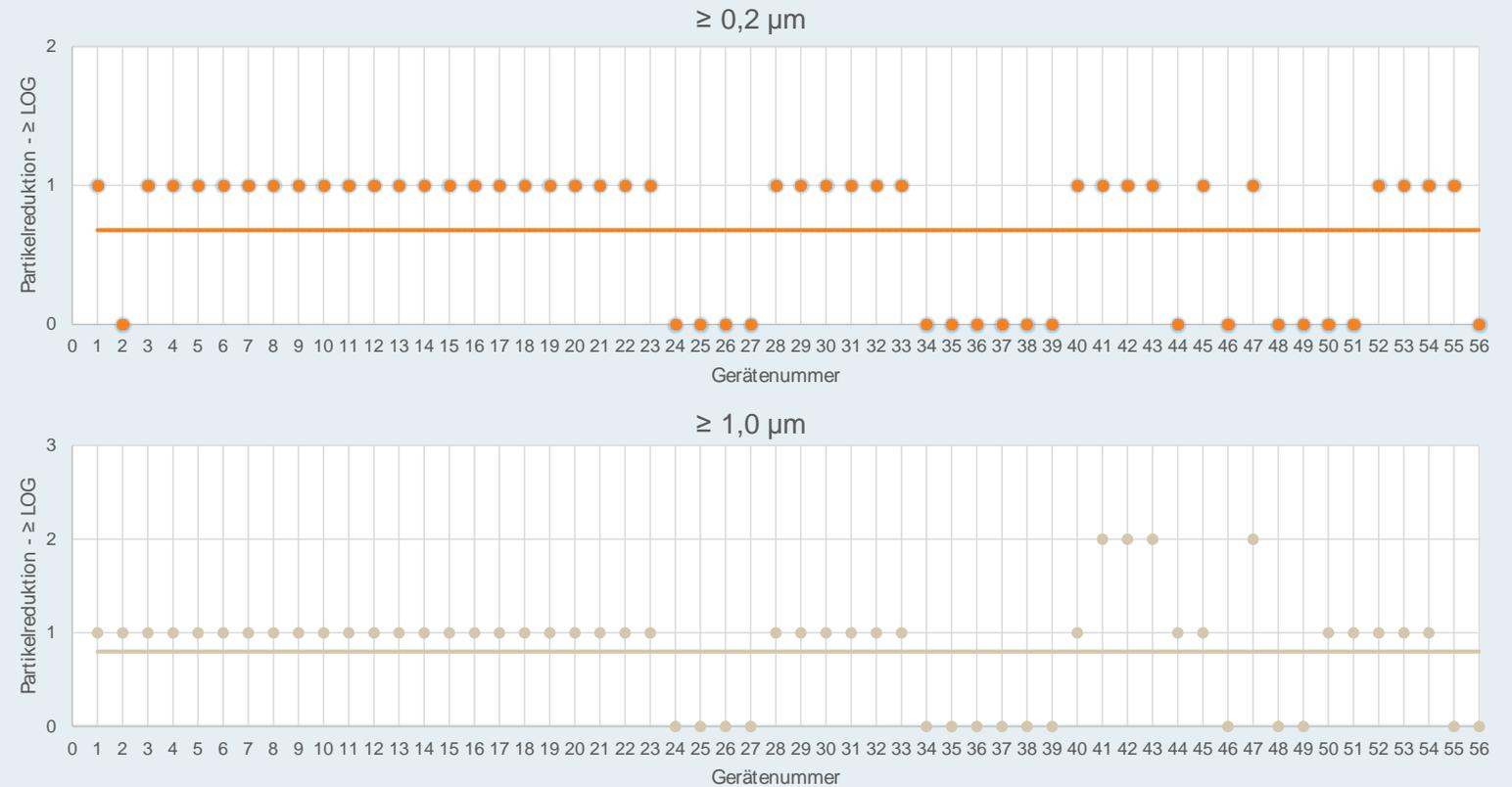
# Ergebnisse

## Bewertung auf Partikelreduktion

### Simultaner Betrieb von Aerosolquelle und Luftreiniger

- Vermessene Partikelgrößen (luftgetragen):  $\geq 0,2 \mu\text{m}$  bis  $\geq 25 \mu\text{m}$
- Exemplarische Darstellung der Partikelgrößen  $\geq 0,2 \mu\text{m}$  und  $\geq 1,0 \mu\text{m}$

Partikelreduktion Phase 2



# Ergebnisse

## Bewertung auf Partikelreduktion

### Anschließend der Betrieb des Lufteinigers bei dann ausgeschalteter Aerosolquelle

- Vermessene Partikelgrößen (luftgetragen):  $\geq 0,2 \mu\text{m}$  bis  $\geq 25 \mu\text{m}$
- Exemplarische Darstellung der Partikelgrößen  $\geq 0,2 \mu\text{m}$  und  $\geq 1,0 \mu\text{m}$

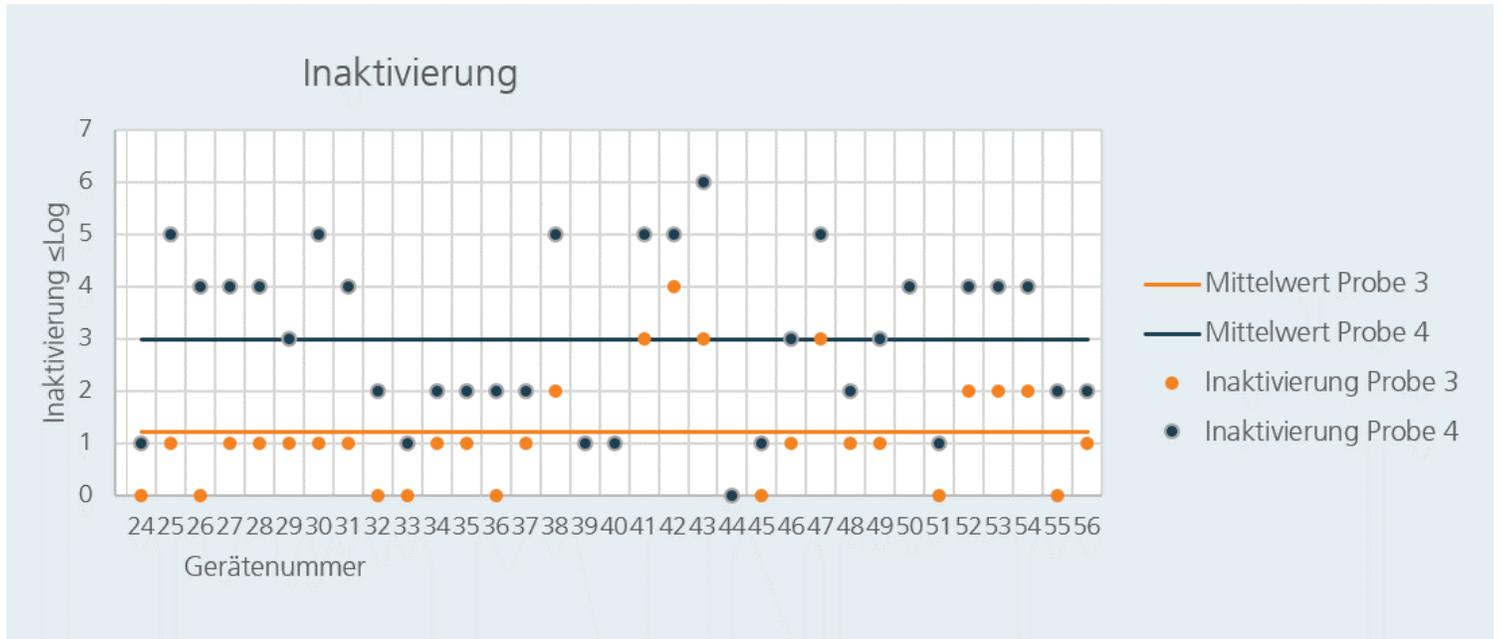


# Ergebnisse

## Bewertung auf Virus-Inaktivierung

### Beurteilung der Abreicherungseffizienzen von Virensurrogaten

- Simultaner Betrieb bei **stetig emittierender Phi6-Phagen-Aerosolisierung** und **laufendem Luftreiniger** (Probe 3)
- Betrieb bei anschließend **abgeschalteter Phi6-Phagen-aerosolisierung** und **laufendem Luftreiniger** (Probe 4)

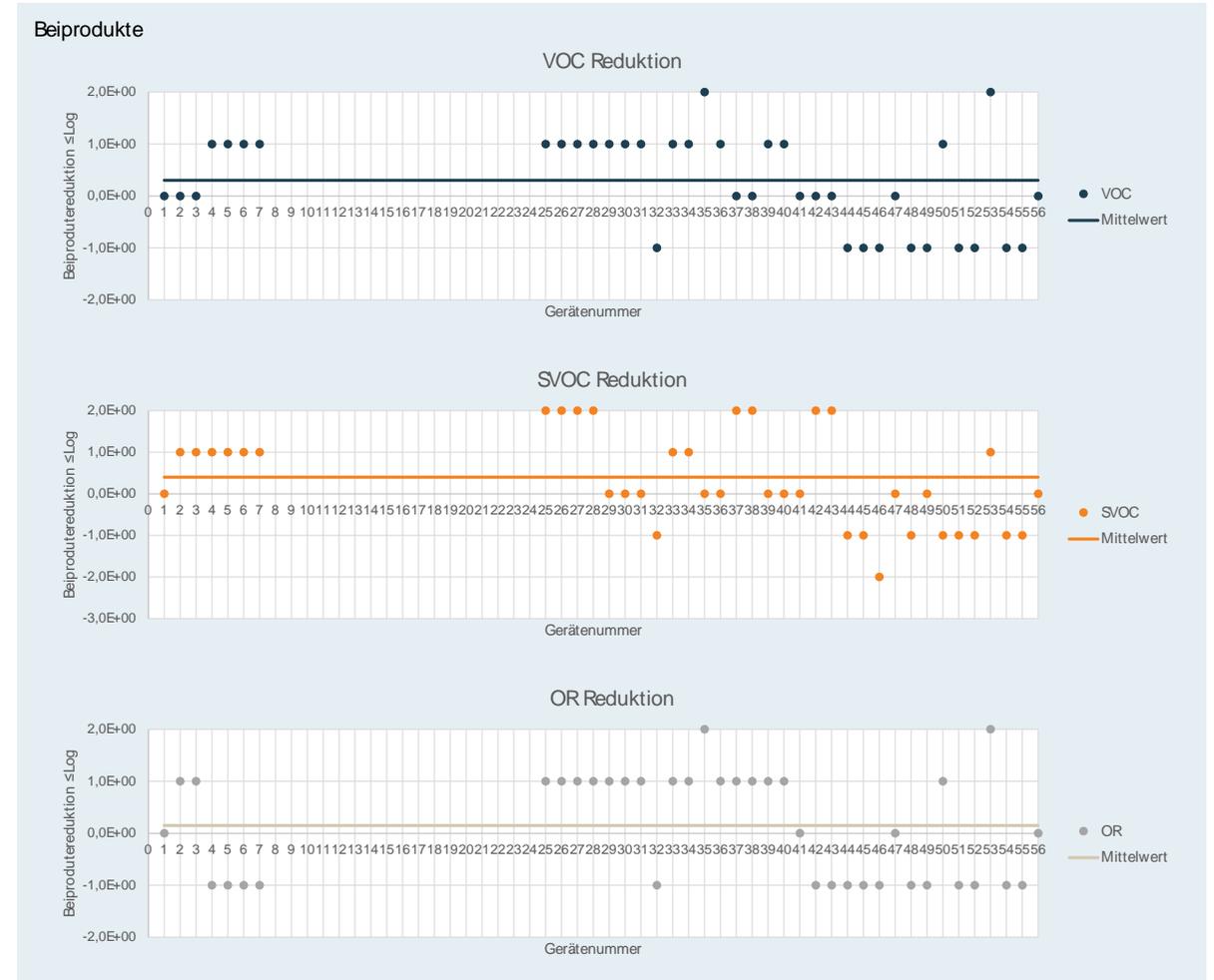


# Ergebnisse

## Bewertung auf Reduktion von chemischen Kontaminationen

### Beurteilung der Reduktion chemischer Beiprodukte

- VOC  
(Volatile Organic Compounds)
- SVOC  
(Semi Volatile Organic Compounds)
- OR  
(Organic Compounds)



# Webseite

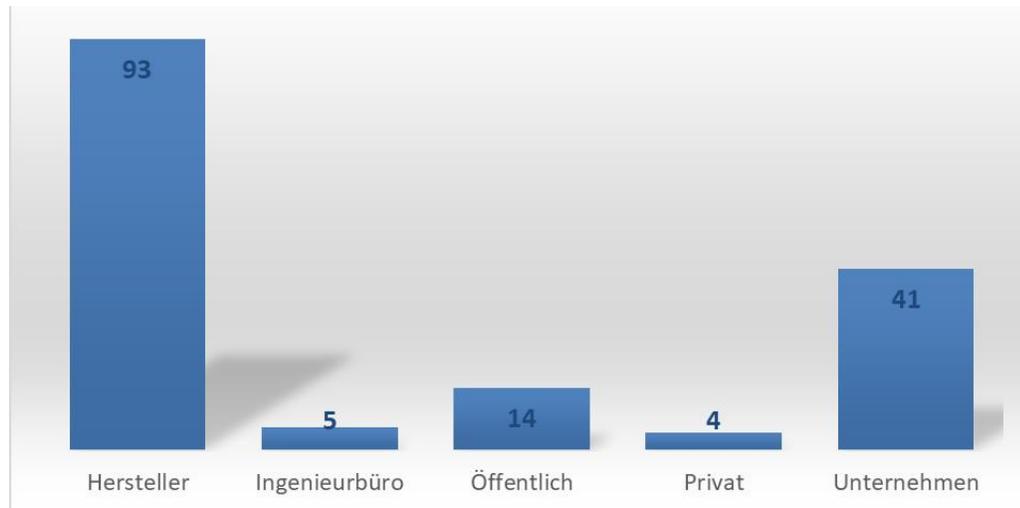
- Erste Anlaufstelle für Interessenten und potenzielle Kunden:  
[www.initiative-gesunde-raumluft.de](http://www.initiative-gesunde-raumluft.de)
  - Allgemeine Erklärung zur »Healthy Air Initiative« und Förderhinweis; Projektlogo
  - Leistungsangebot für Anwender und Hersteller
  - FAQ mit den meist gestellten Fragen zur »Healthy Air Initiative«
  - Kontaktformular

Angebote für Anwender und Hersteller		
<h3>Bestimmung der Aerosolabreicherung mit mobilen Luftreinigern in geschlossenen Innenräumen</h3> <p>Aerosol-getragene Viren wird im Rahmen der Covid-19-Pandemie eine entscheidende Rolle zugeschrieben. Um das Ansteckungsrisiko in geschlossenen Innenräumen zu reduzieren, kommen vielfach mobile Luftreiniger zum Einsatz. Inwiefern diese zur Reduktion der Partikelkonzentration sowie der Eliminierung von reproduktionsfähigen Viren führen und damit zur Eindämmung des Infektionsrisikos geeignet sind, kann im Rahmen der »Healthy Air Initiative« unter Verwendung eines Sars-CoV-2-repräsentativen Surrogat-Aerosols untersucht werden.</p>  <p>© Fraunhofer IPA, Foto: Rainer Bez</p>		<h3>Kontakt</h3> <p>Healthy Air Initiative Fraunhofer-Institut für Bauphysik IBP Nobeistraße 12 70569 Stuttgart Telefon +49 711 970-3030 → E-Mail senden</p>
<b>RANDBEDINGUNGEN</b>	TECHNISCHE DATEN	WEITERE INFORMATIONEN
Messparameter	<ul style="list-style-type: none"><li>• Reduktion von reproduktionsfähigen Aerosol-getragenen Surrogat-Viren im Testraum. Optional können zusätzlich die Surrogat-Virus-Genome bestimmt werden</li><li>• Aerosolkonzentration (zeitlicher Verlauf an definierten Messpunkten in der Referenz-Prüfumgebung)</li><li>• Weiterhin können an definierten Messpunkten parallel luftgetragene organische Verunreinigungen (VOCs, Aldehyde, Ketone, Geräuschpegel, Luftgeschwindigkeit, Raumtemperatur, rel. Luftfeuchtigkeit und Ozon) aufgezeichnet werden.</li></ul>	
Szenarien	<ul style="list-style-type: none"><li>• Vom 3-Mann-Büro über Großraumbüros bis hin zu Fertigungsumgebungen (ggf. mit Personen-Dummies inkl. Wärmelasten)</li></ul>	
Sars-CoV-2-repräsentative Surrogat-Aerosol	<ul style="list-style-type: none"><li>• Einmalige, initiale Aerosolaufgabe mit quasi-homogener Raumverteilung oder</li><li>• Räumlich sich bewegende, kontinuierliche Aerosolquelle (Simulation eines sog. „Spreader-Events“)</li></ul>	

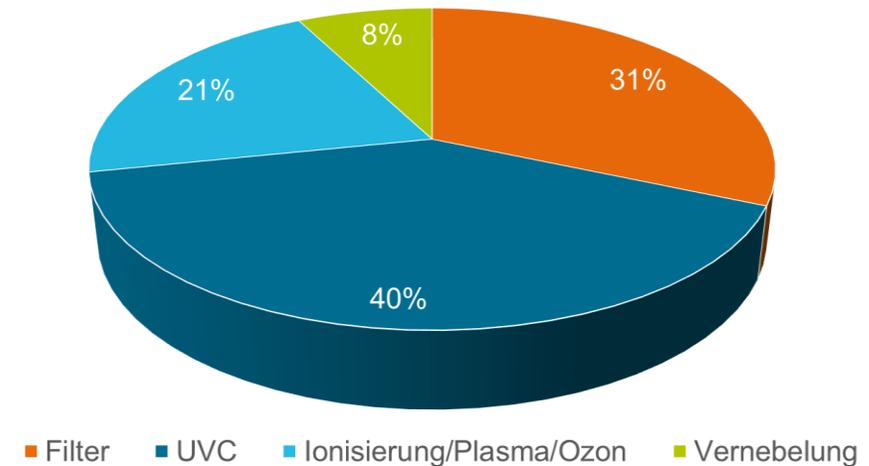
# Beratungszentrum

- Schwerpunkt der Anfragen in Baden-Württemberg liegt bei Herstellern von Raumluftgeräten
- Bei Nachfragen seitens Geräteherstellern steht die Technologie mittels UVC-Reinigung im Fokus
- Welcome-Team steht bereit, Ihre Anfragen aufzunehmen, Sie zu beraten und der Testung zuzuführen

Anzahl der Anfragen nach Branchen



Anzahl der Anfragen nach Geräten





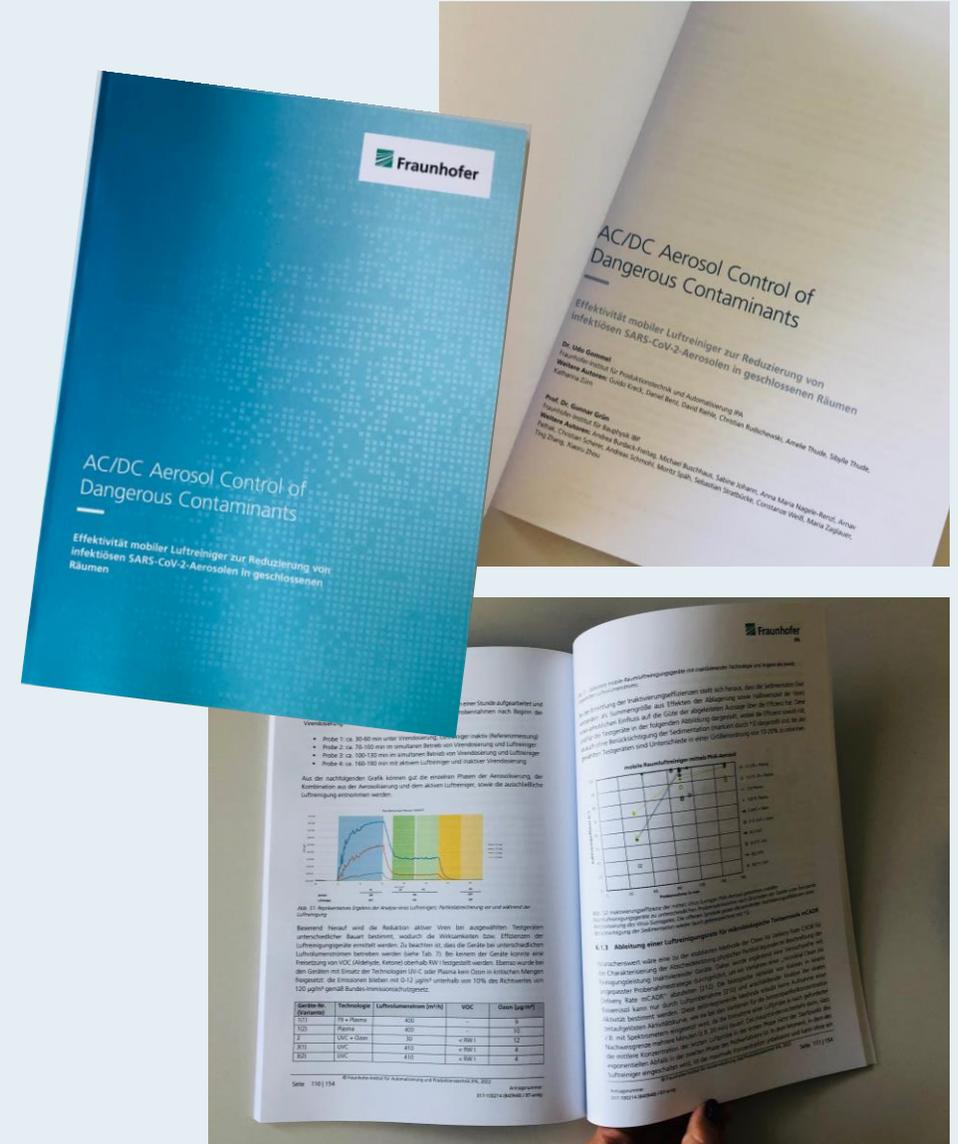


# AC/DC

## Aerosol Control of Dangerous Contaminants

### Inhalt des AC/DC-Expertenpapiers im Rahmen der Healthy Air Initiative:

- **Motivation** und Hintergründe dieses Papiers
- **Literaturstudie** zu SARS-CoV-2
- Beurteilung und Einsatz mobiler Luftreiniger in Einrichtungen, Unternehmen und Organisationen: Eine **Online-Befragung** der Entscheider\*innen
- **Simulation** der Wirkung mobiler Luftreiniger in Innenräumen
- **Empirische Bewertung** der Wirkung mobiler Luftreiniger
- **Zusammenfassung & Ausblick**
- **Literaturnachweise**





apl. Prof. Dr. Susanne M. Bailer

Leiterin Innovationsfeld Virus-basierte Technologien

Telefon +49 711 970-4180

E-Mail [susanne.bailer@igb.fraunhofer.de](mailto:susanne.bailer@igb.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Grenzflächen-  
und Bioverfahrenstechnik IGB

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart



Dr. Udo Gommel

Abteilungsleiter Reinst- und Mikroproduktion

Telefon +49 711 970-1633

E-Mail [udo.gommel@ipa.fraunhofer.de](mailto:udo.gommel@ipa.fraunhofer.de)

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und  
Automatisierung IPA

Nobelstraße 12  
70569 Stuttgart



Vielen Dank!



Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und  
Wohnungsbau Baden-Württemberg