

# Messung der Filtereffizienz der Allergo-Fit Partikelfilter für Mikrometergrosse Tröpfchen

Auftraggeber:

## **Nadine Irsigler**

Tel.: +49 (0) 6106 / 6259049

Fax: +49 (0) 32222346834

## **Seifert und Partner**

Philipp-Reis-Straße 17  
63110 Rodgau / Frankfurt

durchgeführt am:

## **Institut für Sensorik und Elektronik Gruppe Partikelmesstechnik**

Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)

Klosterzelgstrasse 2

CH-5210 Windisch

<http://www.fhnw.ch/engineering/ise>

Autoren:

**Nadine Karlen, [nadine.karlen@fhnw.ch](mailto:nadine.karlen@fhnw.ch), 056 202 84 59**

**Tobias Rüggeberg, [tobias.rueggeberg@fhnw.ch](mailto:tobias.rueggeberg@fhnw.ch), 056 202 70 45**

**Prof. Dr. Ernest Weingartner, [ernest.weingartner@fhnw.ch](mailto:ernest.weingartner@fhnw.ch), 056 202 79 18**

Messbericht vom 28.07.2020

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Messaufbau .....</b>	<b>- 3 -</b>
<b>2</b>	<b>Beispiel Filterabscheidekurve .....</b>	<b>- 5 -</b>
<b>3</b>	<b>Berechnung Face velocity .....</b>	<b>- 6 -</b>
<b>4</b>	<b>Kalibration Fidas Feinstaubmessgerät .....</b>	<b>- 7 -</b>
<b>5</b>	<b>Messungen .....</b>	<b>- 8 -</b>
5.1	Allgemein .....	- 8 -
5.2	Referenzmessung mit und ohne Filter.....	- 8 -
5.2.1	Referenzmessung Hygienemaske .....	- 8 -
5.2.2	Referenzmessung Partikelfilter $d_{\text{Rohr}} = 5.6 \text{ mm}$ .....	- 9 -
5.2.3	Referenzmessung Partikelfilter $d_{\text{Rohr}} = 7.5 \text{ mm}$ .....	- 9 -
5.3	Messprotokolle Partikelfilter und Hygienemaske .....	- 10 -
5.3.1	Standard-Hygienemaske.....	- 11 -
5.3.2	FFP3-Maske .....	- 12 -
5.3.3	Allergo-Fit Filter rosa, $d_{\text{Rohr}} = 5.6 \text{ mm}$ , ca. 12 mm Filterlänge .-	- 13 -
5.3.4	Allergo-Fit Filter rosa, $d_{\text{Rohr}} = 7.5 \text{ mm}$ , ca. 12 mm Filterlänge .-	- 14 -
5.3.5	Allergo-Fit Filter rosa, $d_{\text{Rohr}} = 7.5 \text{ mm}$ , ca. 16 mm Filterlänge .-	- 15 -
<b>6</b>	<b>Beurteilung der Filtereffizienz der Universal-Partikel-Filters (Allergo-Fit)-</b>	<b>- 16 -</b>

## 1 Messaufbau

Um die Filtereffizienz von Materialien für Tröpfchen mit Durchmessern im Mikrometerbereich zu evaluieren, wurde ein TSI 3475 Kondensations-Aerosolgenerator verwendet. Dieser erzeugt sphärische Tröpfchen aus DEHS (Di-Ethyl-Hexyl-Sebacat, eine ölähnliche, nichtflüchtige Substanz) im Grössenbereich von 0.2 bis 10  $\mu\text{m}$  gemäss Abbildung 1. Abbildung 2 zeigt schematisch den Messaufbau: Der Luftstrom mit den Tröpfchen wird in einem ersten Schritt mit sauberer Pressluft verdünnt. Anschliessend dient ein 30L-Puffergefäss zur Homogenisierung. Aus diesem Gefäss werden die Tröpfchen entweder über den zu testenden Filter oder über den Referenzpfad (ohne Filter) gesaugt (Durchfluss 4.8 LPM) und mit einem Palas Fidas® 100 die Tröpfchengrössenverteilungen und jeweiligen Tröpfchenkonzentrationen bestimmt. Das Messprinzip basiert auf einer optischen Streulichtmessung, bei der die Streulichtpulse von einzelnen Tröpfchen erfasst werden und die Streulichtintensität einer Tröpfchengrösse zugeordnet wird.

Im Versuchsaufbau gemäss Abbildung 3 und Abbildung 4 wurde grosser Wert auf isokinetische Bedingungen gelegt, d.h. keine engen Krümmungen (Vermeidung von Tröpfchenverlusten durch Impaktion an Schlauchwänden).

Messablauf:

Wenn die Tröpfchenkonzentration hinter dem Puffergefäss stabil ist, werden sequenziell folgende Daten erhoben:

1. Ventile schalten (Referenz auf, Filter zu)
2. Filter einlegen
3. Referenzmessung (ohne Filter)
4. Ventile schalten (Referenz zu, Filter auf)
5. Messung über Filter
6. Druckabfall über Filter erfassen
7. Ventile schalten (Referenz auf, Filter zu)
8. Referenzmessung (ohne Filter)
9. Ventile schalten (Referenz zu, Filter auf)
10. Messung über Filter
11. Druckabfall über Filter erfassen
12. Ventile schalten (Referenz auf, Filter zu)
13. Referenzmessung (ohne Filter)

Über den relativen Unterschied zwischen Referenzmessung ohne Filter (Mittelwert der Messpunkte vor und nach der Filtermessung) und der Messung über die zu testenden Vliesmaterialien (Mittelwert der Messpunkte während der Filtermessung) wird die grössenabhängige Abscheideeffizienz für DEHS-Tröpfchen abgeschätzt.

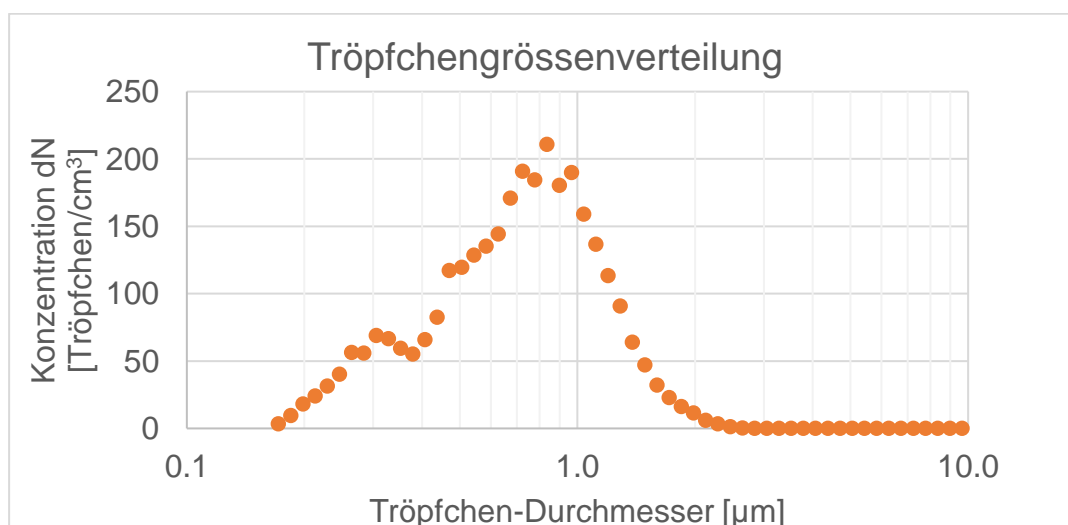


Abbildung 1: Typische Grössenverteilung der DEHS-Tröpfchen (Referenzmessung ohne Filter)

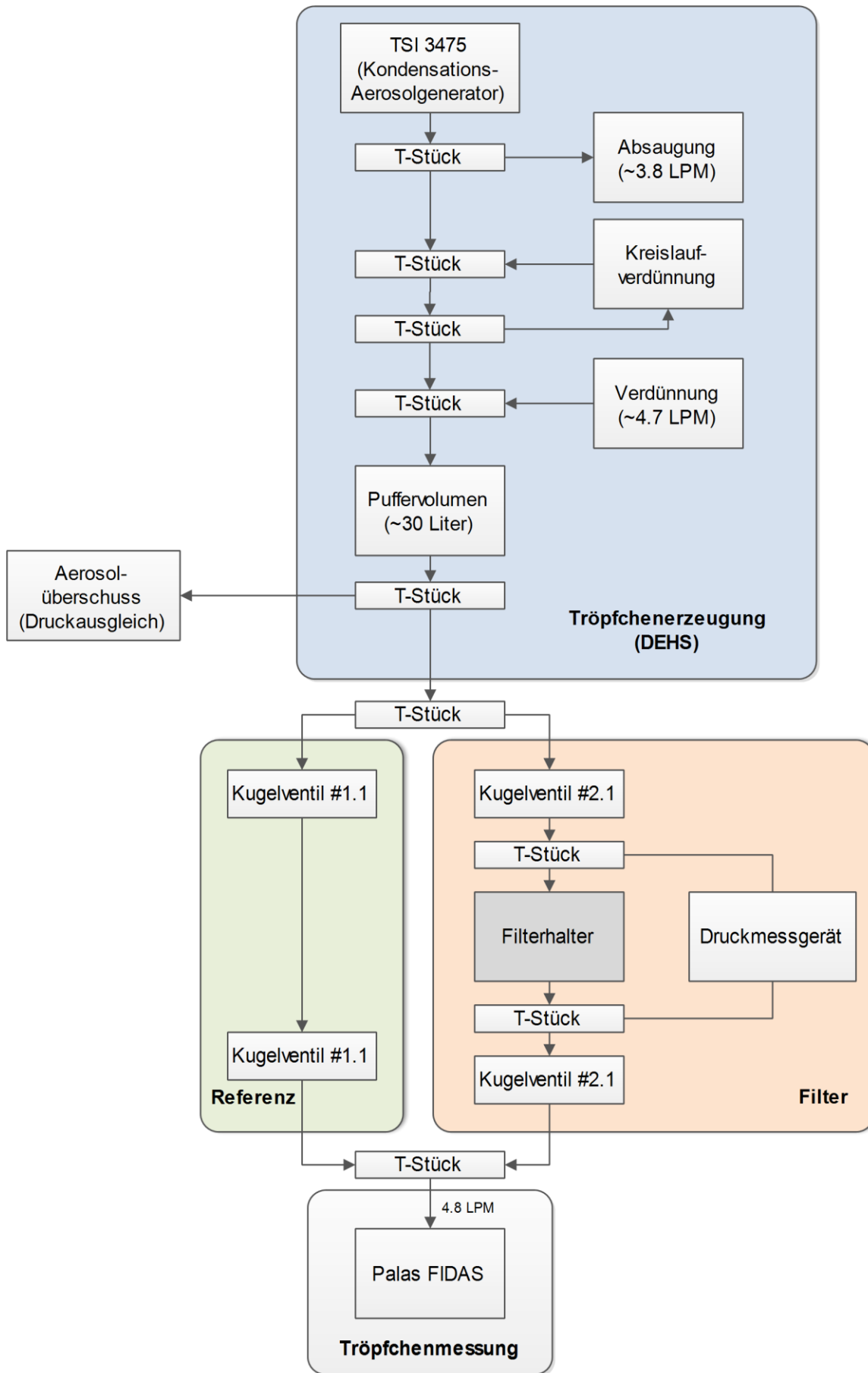


Abbildung 2: Aufbau – Filtertest für mikrometergrosse Tröpfchen



Abbildung 3: Messaufbau für die Abschätzung der Filtereffizienz

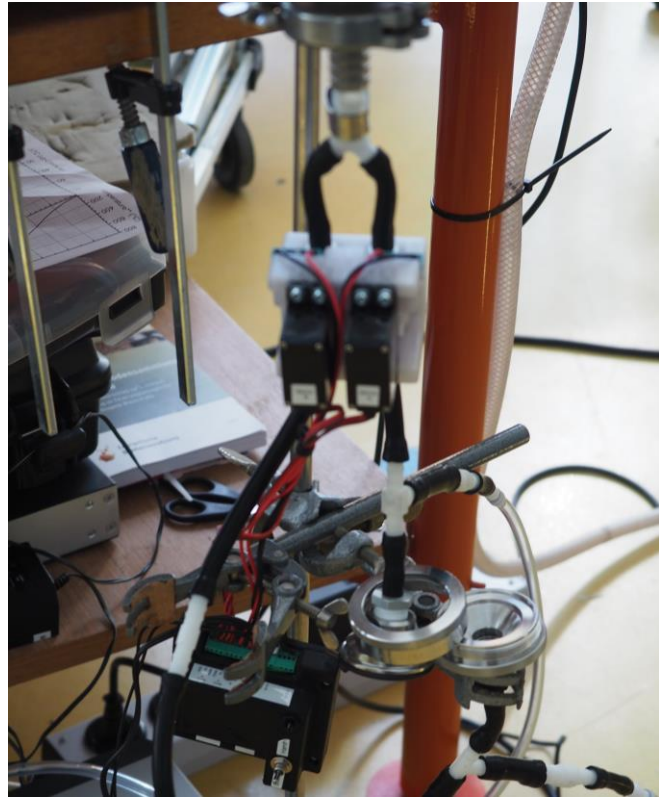


Abbildung 4: Ventil zum Umschalten zwischen Filter- und Referenzpfad

## 2 Beispiel Filterabscheidekurve

Je nach Größenbereich nimmt die Abscheideeffizienz mit dem Partikeldurchmesser zu oder ab. Die Abscheidemechanismen beruhen bei Tröpfchen im Mikrometerbereich auf Impaktion und Interception der Partikel auf und an den Filterfasern, bei Aerosolen im Submikrometerbereich je-doch zunehmend auf Diffusion. Die verschiedenen Phänomene und deren Einfluss auf die Abscheideeffizienz je nach Partikelgröße ist in Abbildung 5 dargestellt.

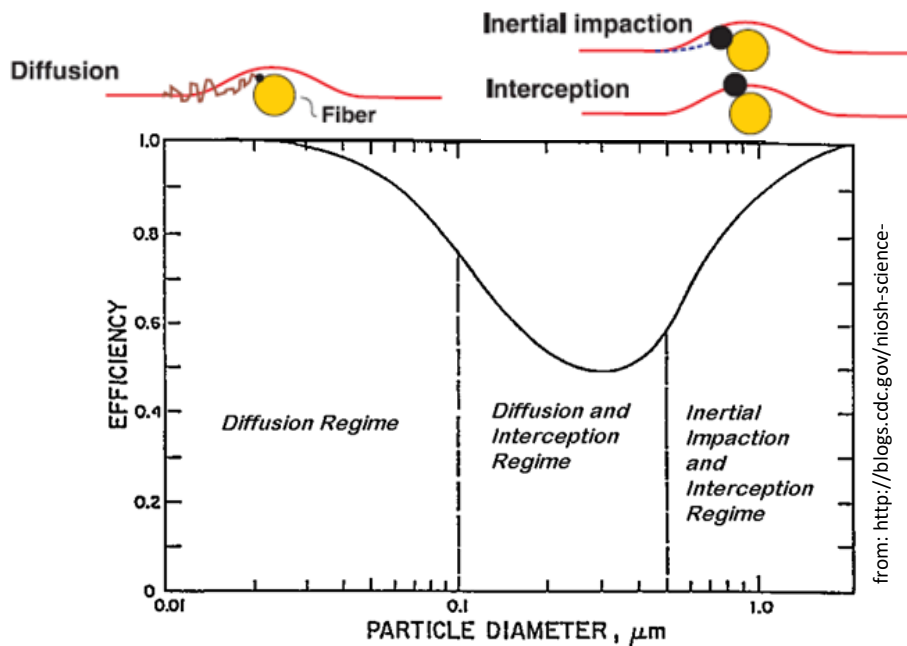


Abbildung 5: Beispiel-Abscheideeffizienzkurve eines Filters

### 3 Berechnung Face velocity

Die Filtereffizienz ist abhängig vom Durchfluss, resp. von der Luftgeschwindigkeit durch den Filter (face velocity). Die Filtereffizienz wurde bei den Face velocities gemäss untenstehender Tabelle bestimmt. Der Aufbau wurde so designed, dass die Face velocity bei der Ausmessung einer Gesichtsmaske an die Norm EN 14683:2019+AC:2019 angelehnt ist.

	Aerosolfluss durch Messgerät	Filterdurchmesser	Filterfläche	Facevelocity
Gesichtsmaske	4.8 LPM= <b>0.00008 m<sup>3</sup>/s</b>	<b>20 mm = 0.02 m</b>	$3.14 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$	<b>0.255 m/s</b>
Partikelfilter in 5.6 mm Rohr	4.8 LPM= <b>0.00008 m<sup>3</sup>/s</b>	5.6 mm = 0.0056 m	$2.46 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$	<b>3.25 m/s</b>
Partikelfilter in 7.5 mm Rohr	4.8 LPM= <b>0.00008 m<sup>3</sup>/s</b>	7.5 mm = 0.0075 m	$4.42 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2$	<b>1.81 m/s</b>

Für die Messung der Partikelfilter wurde ein gerader Schlauchstutzen von Normaplast verwendet gemäss Abbildung 6, der die Nasenöffnung simuliert. Der Partikelfilter wurde in den Schlauchstutzen hineingeschoben und dieser anstelle des Filterhalters für die Messungen der Gesichtsmasken in den Aufbau montiert. Als Innendurchmesser des Schlauchstutzens wurden 5.6 mm und einmal 7.5 mm verwendet, der jeweilige Wert ist im Messprotokoll vermerkt. Für die Messung der Gesichtsmaske als Referenz muss bei einem Fluss von  $4.8 \pm 0.15$  LPM (gegeben durch das Fidas Feinstaubmessgerät) die verwendete Filterscheibe einen Durchmesser von 20 mm haben. Da die verwendeten Filterhalter einen Durchmesser von 47 mm aufweisen, wurde eine entsprechende Adapterscheibe für die Messung der Gesichtsmaske angefertigt. Die Adapterscheibe besitzt einen Aussendurchmesser von 47 mm und einen Innendurchmesser von 20 mm gemäss Abbildung 7. Die zu testende Gesichtsmaske wurde auf die Grösse der Filterhalter zugeschnitten (Abbildung 8).



Abbildung 6: Gerader Schlauchstutzen zur Simulation der Nasenöffnung

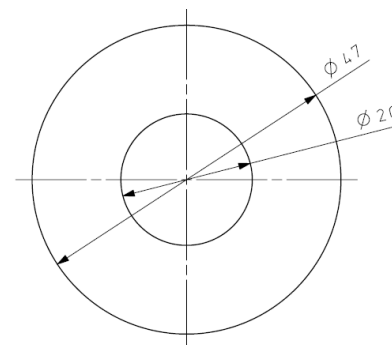


Abbildung 7: Adapterscheibe



Abbildung 8: Ausschneiden des Vlieses

## 4 Kalibration Fidas Feinstaubmessgerät

Das Fidas Feinstaubmessgerät gemäss Abbildung 9, mit dem die Grössenverteilungen des DEHS mit und ohne Filter bestimmt werden, wird in regelmässigen Abständen kalibriert, in der Regel vor einer neuen Messreihe.

Der Luftvolumenstrom des FIDAS wird mit einer internen Pumpe geregelt und beträgt gemäss Kalibration mit einem «Defender 510» von Mesa Labs  $4.8 \pm 0.15$  LPM.

Der vom Fidas gemessene optische Durchmesser wurde mit CalDust 1100 (LotNr 052008) mit Median von  $1.1 \mu\text{m}$ , einer Dichte von  $2 \text{ g/cm}^3$  und einem Brechungsindex von 1.43 kalibriert.

Der Brechungsindex von DEHS beträgt 1.45 und ist damit sehr ähnlich wie derjenige des CalDusts, der zum Kalibrieren des Fidas verwendet wurde. Daher wurde auf eine Durchmesserkorrektur bzgl. des Brechungsindex verzichtet.

Die X-Achse in den Grafiken der Messresultate zeigt jeweils den optischen Durchmesser auf.



Abbildung 9: Fidas Feinstaubmessgerät

## 5 Messungen

### 5.1 Allgemein

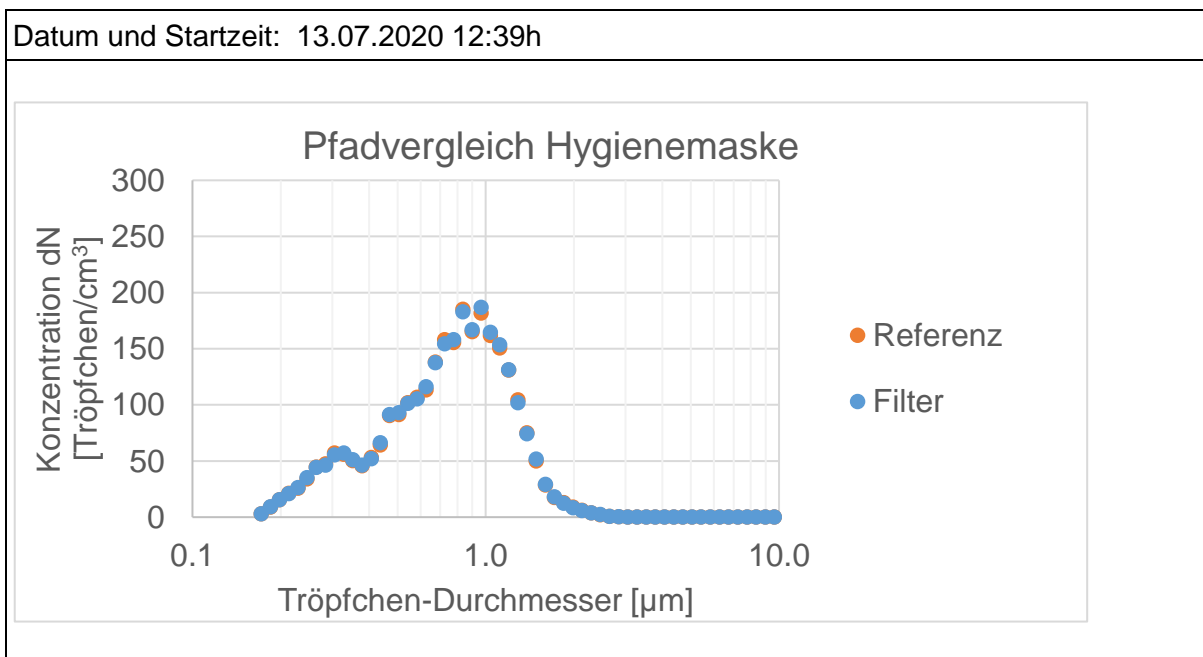
Die Messungen zeigen eine Abschätzung der Filtereffizienzen auf ca.  $\pm 10\%$  genau und können bei Änderungen der Eigenschaften des Filtermaterials zudem entsprechend abweichen.

Die Messergebnisse hängen zudem stark von der Form und der Grösse der Partikelfilter ab sowie vom Innendurchmesser des Rohrstücks und teilweise auch davon, in welcher Lage der Filter dort hineingedrückt wird. Daher sind die Ergebnisse nicht immer reproduzierbar.

### 5.2 Referenzmessung mit und ohne Filter

Um sicherzustellen, dass durch die Messung an zwei unterschiedlichen Orten (einmal mit und einmal ohne Filter gemäss Abbildung 2) im Messaufbau keine gravierenden Messfehler entstehen, wurde zu Beginn der Messreihe jeweils eine Vergleichsmessung der Pfade ohne eingelegten Filter durchgeführt. Darin ist ersichtlich, dass die Tröpfchenkonzentrationen vor und nach dem Filter auf  $\pm 10\%$  übereinstimmen und damit der verwendete Messaufbau für eine Abschätzung der Filtereffizienz geeignet ist.

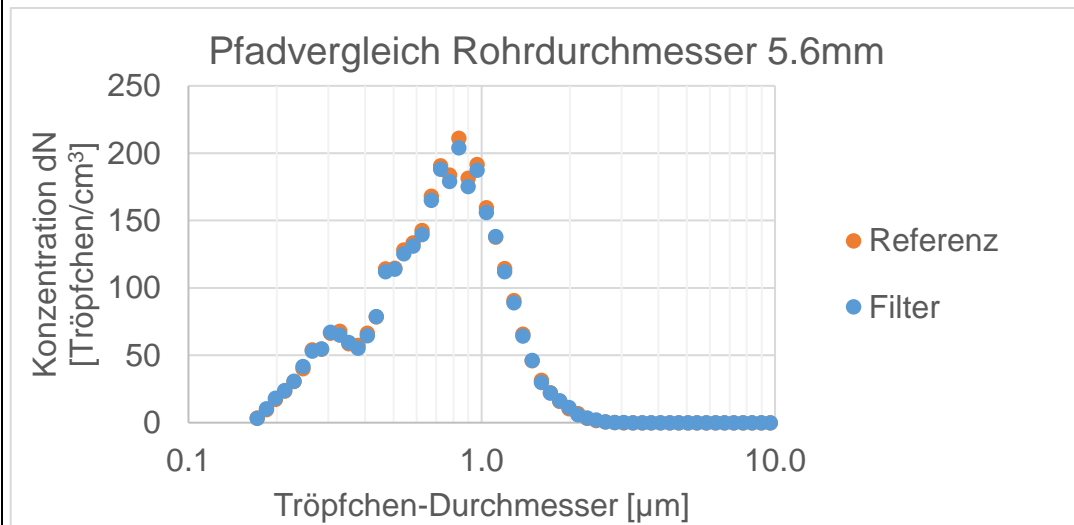
#### 5.2.1 Referenzmessung Hygienemaske





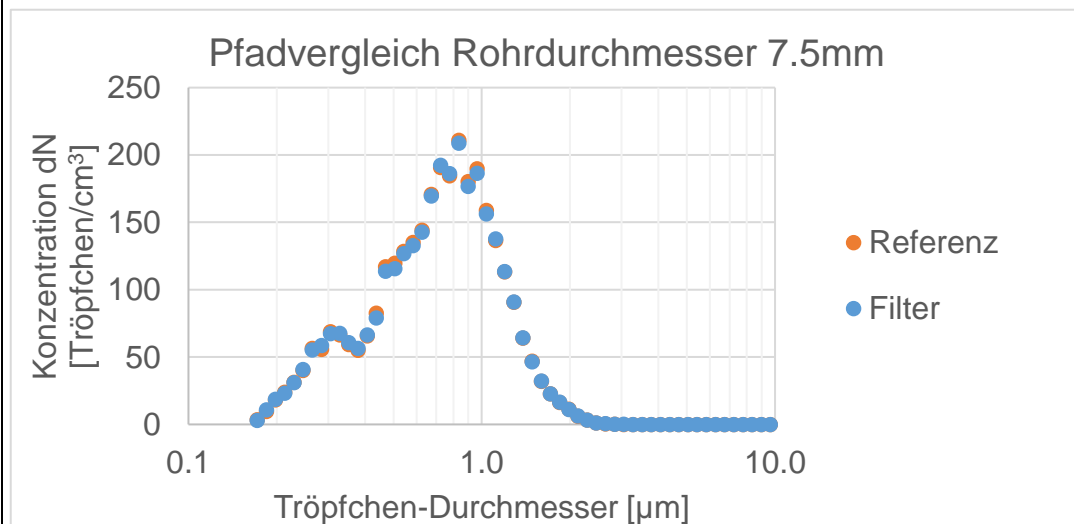
### 5.2.2 Referenzmessung Partikelfilter $d_{\text{Rohr}} = 5.6 \text{ mm}$

Datum und Startzeit: 13.07.2020 17:03h



### 5.2.3 Referenzmessung Partikelfilter $d_{\text{Rohr}} = 7.5 \text{ mm}$

Datum und Startzeit: 13.07.2020 17:21h



### **5.3 Messprotokolle Partikelfilter und Hygienemaske**

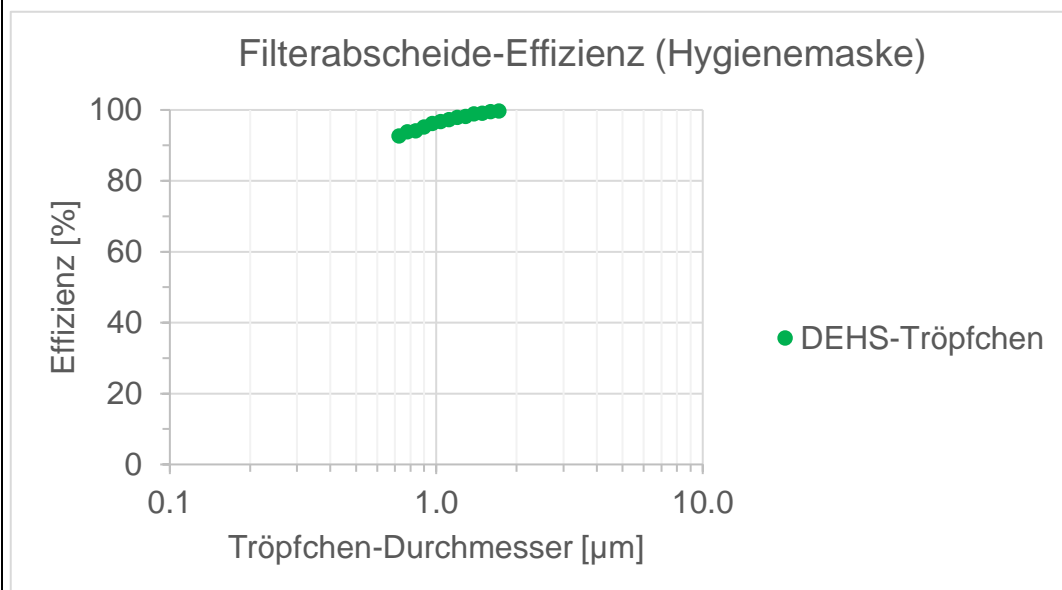
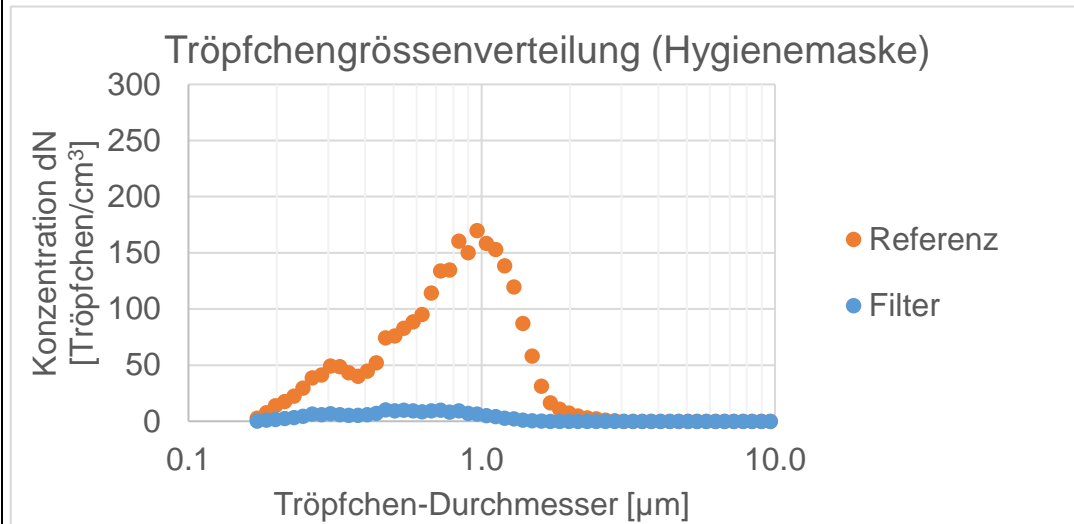
Nachfolgend sind die Messprotokolle der getesteten Filtermaterialien aufgeführt. Der vermerkte Druckabfall gibt Aufschluss darüber, wie gut durch das Filtermaterial geatmet werden kann. Je grösser der Druckabfall, desto mehr Widerstand leistet die Maske dem Atemluftstrom.

Die erste Grafik zeigt jeweils die Tröpfchengrößenverteilung vor und nach dem Filter.

In der zweiten Grafik ist jeweils die Filterabscheideeffizienz aufgetragen. Es wurde jeweils das Verhältnis der Messung der DEHS-Tröpfchen vor und nach dem Filter gebildet und so auf die Filterabscheideeffizienz geschlossen. Die Filterabscheide-Effizienz beträgt idealerweise bei der abzuschneidenden Tröpfchengröße 100 %. In den nachfolgenden Protokollen ist ersichtlich, wie gut die getesteten Materialien bei welchen Tröpfchengrößen die Atemluft filtern und wie hoch der Druckabfall ist.

### 5.3.1 Standard-Hygienemaske

Datum und Uhrzeit: 13.07.2020 12:48h  
 Material: Standard-Hygienemaske  
 Druckabfall: 190 Pa

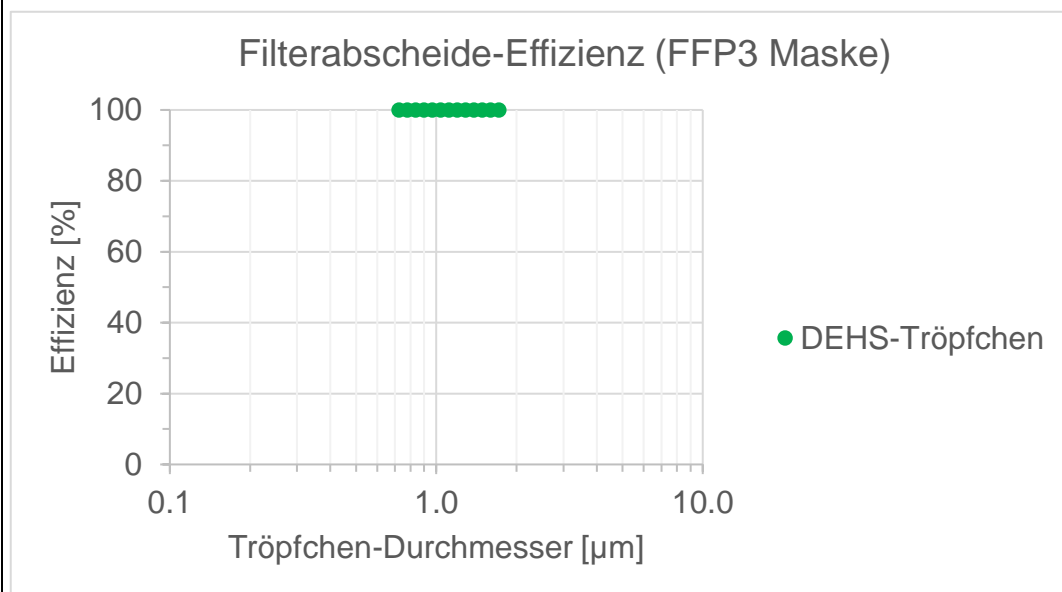
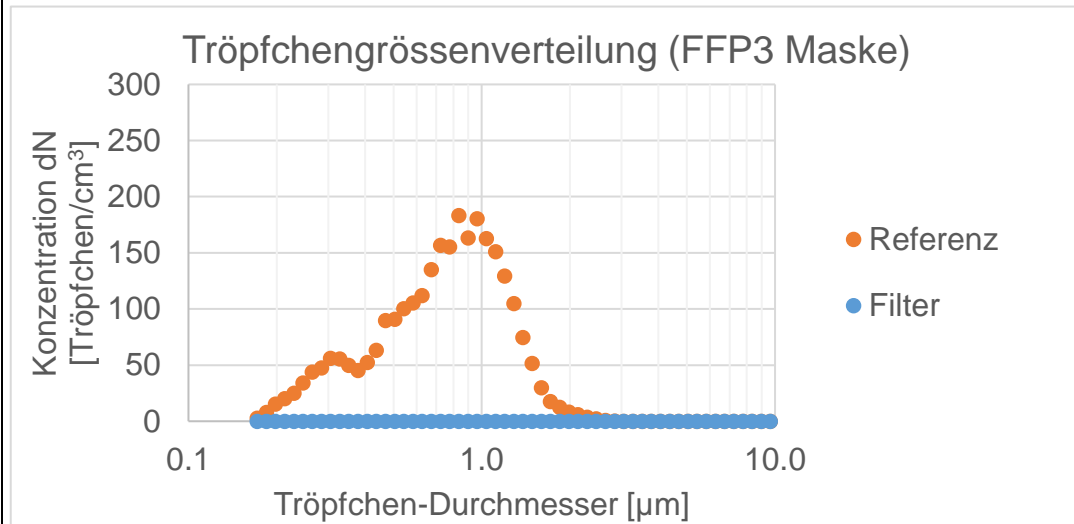


### 5.3.2 FFP3-Maske

Datum und Uhrzeit: 13.07.2020 14:27h

Material: FFP3-Maske

Druckabfall: 300 Pa

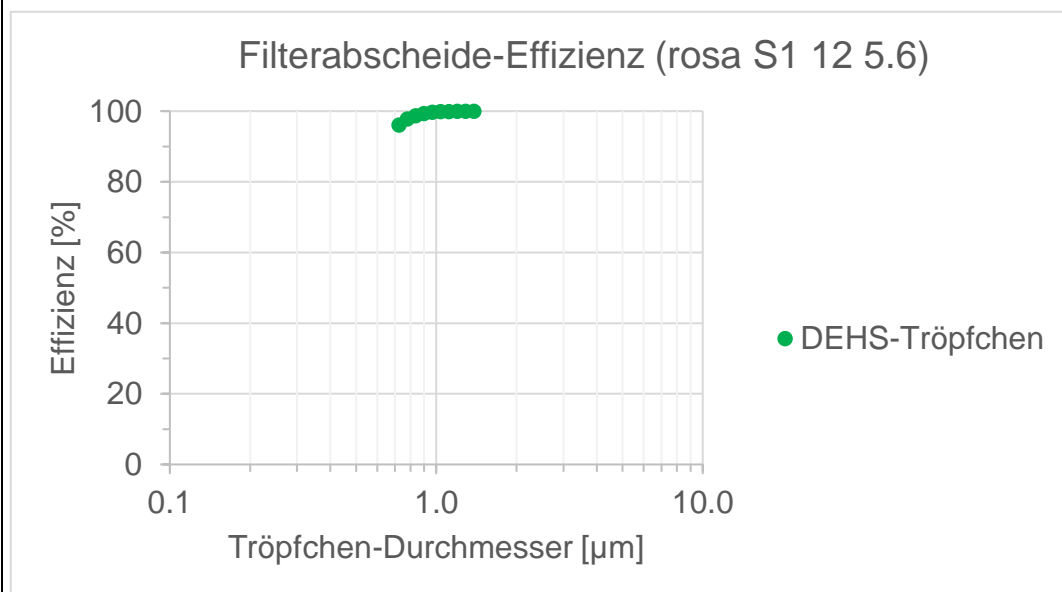
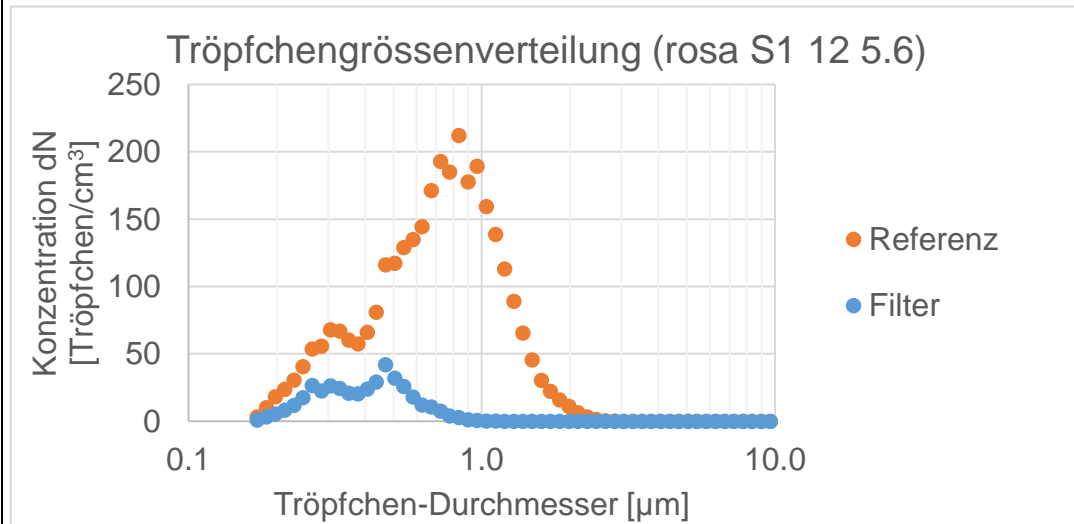


**5.3.3 Allergo-Fit Filter rosa,  $d_{\text{Rohr}} = 5.6 \text{ mm}$ , ca. 12 mm Filterlänge**

Datum und Uhrzeit: 13.07.2020 17:06h

Material: Allergo-Fit Filter rosa

Druckabfall: 1820 Pa

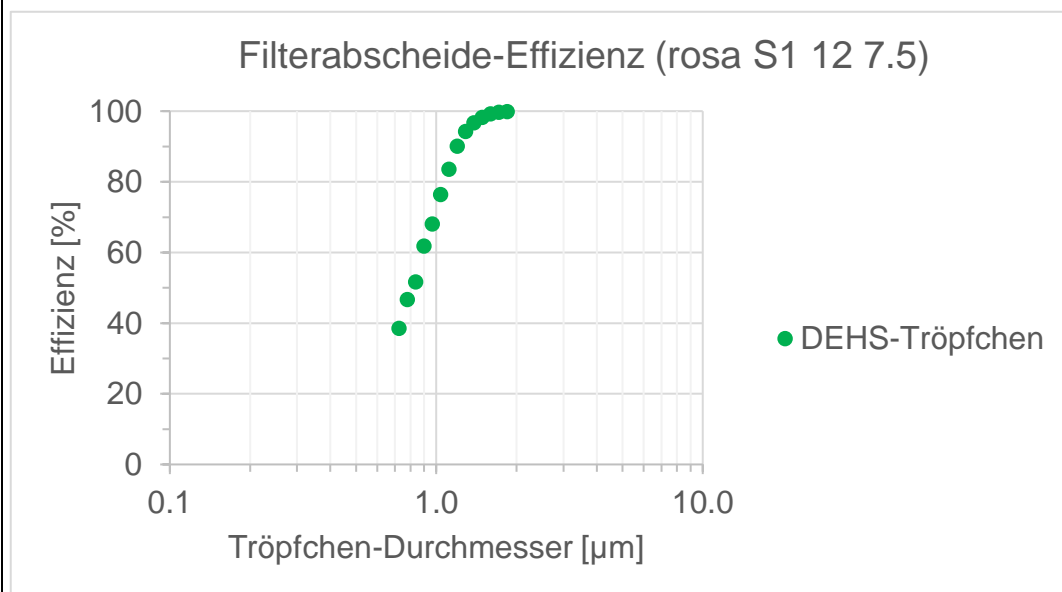
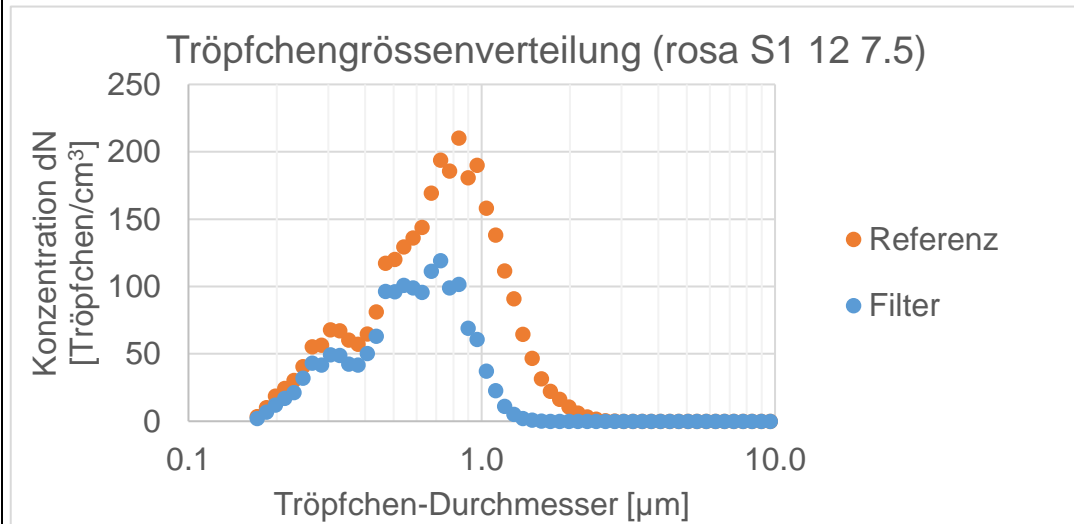


### 5.3.4 Allergo-Fit Filter rosa, $d_{\text{Rohr}} = 7.5 \text{ mm}$ , ca. 12 mm Filterlänge

Datum und Uhrzeit: 13.07.2020 17:24h

Material: Allergo-Fit Filter rosa

Druckabfall: 560 Pa

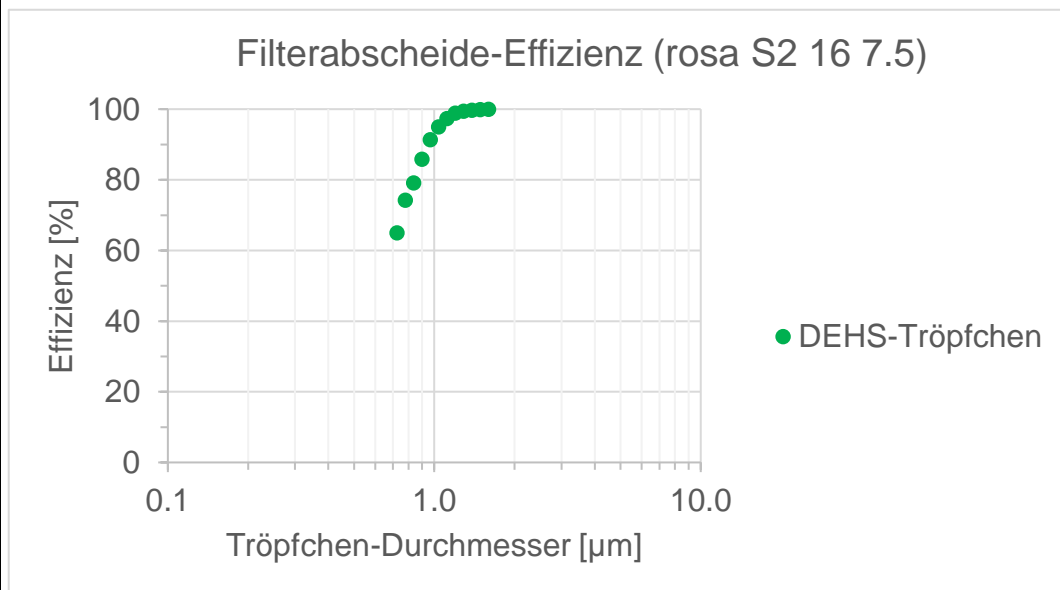
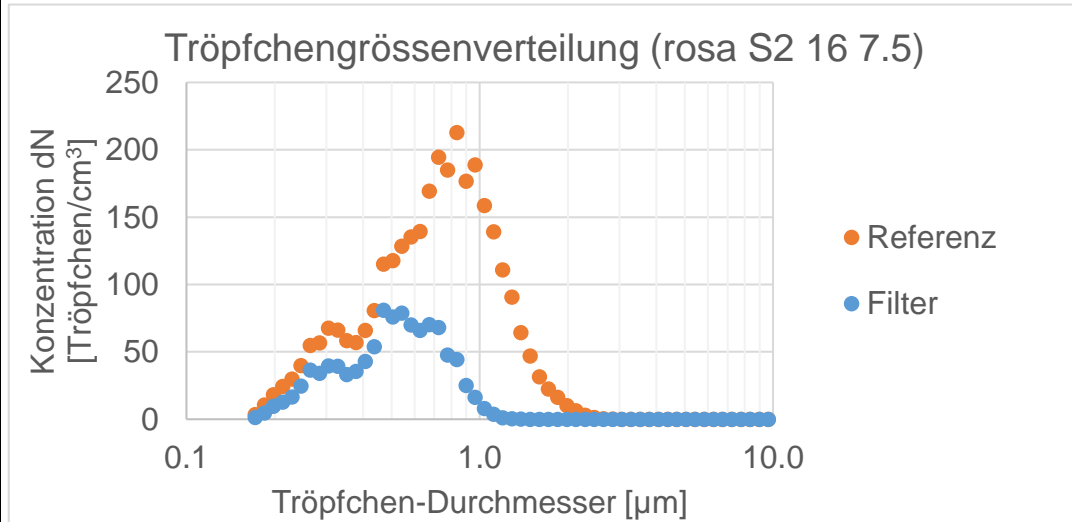


**5.3.5 Allergo-Fit Filter rosa,  $d_{\text{Rohr}} = 7.5 \text{ mm}$ , ca. 16 mm Filterlänge**

Datum und Uhrzeit: 13.07.2020 17:30h

Material: Allergo-Fit Filter rosa

Druckabfall: 1070 Pa



## 6 Beurteilung der Filtereffizienz der Universal-Partikel-Filter (Allergo-Fit)

Die getesteten Allergo-Fit-Filter weisen eine gute Filtrationswirkung für Partikel mit Durchmessern grösser 2  $\mu\text{m}$  auf. Die Filter können für Allergiker von Bedeutung sein und Linderung schaffen, vorausgesetzt die Allergie verursachenden Partikel haben aerodynamische Durchmesser von einigen Mikrometern. Dies ist z.B. bei den meisten Pollenarten der Fall. Es muss jedoch erwähnt werden, dass der durch den Filter verursachte Druckabfall vergleichsweise gross ist und dadurch die Nasenatmung erschwert sein kann. Druckabfall und Filtrationsleistung werden von der Grösse der Nasenöffnung (Durchmesser) beeinflusst.

Die Filtrationswirkung von sub-mikrometer grossen Aerosolen ist hingegen gering. So weist der Coronavirus (je nach Beschichtungsgrad) einen Durchmesser von wenigen hundert Nanometern auf. Zertifizierte Hygiene- und Atemschutzmasken (wie z.B. FFP2, FFP3, N95) weisen eine gute Filtrationswirkung für diese feinen Aerosole auf. Sogenannte Community-Masken hingegen weisen diesbezüglich Schwächen auf. Die *Swiss National COVID-19 Science Task Force* hat deshalb kürzlich Minimalanforderungen für Community-Masken festgelegt. Diese liegt für die Filtereffizienz bei  $\geq 70\%$  bei 1 Mikrometer Partikelgrösse<sup>1</sup>. Der Druckabfall darf in der Schweiz maximal 294 Pa betragen<sup>2</sup>.

Im Kontext der jetzigen Covid-19-Pandemie ist ein Vergleich der Schutzwirkung von Allergo-Fit-Filtern zu den gängigen Standard-Masken (Hygiene- und Community-Masken) schwer zu ziehen. Zu erwähnen ist, dass beim Ausatmen durch den Mund kein Schutz für das Gegenüber entsteht, denn die Viren gelangen nahezu ungefiltert in die Umgebung. Zudem fällt der sogenannte «Spuckschutz» einer Maske weg, der grosse Tröpfchen beim Niesen und/oder Husten abhalten soll.

<sup>1</sup> <https://www.empa.ch/documents/12524755/0/22.04.2020+Community+mask+spec+and+recommendations+for+minimal+values+V4-final.pdf/8aa76f3c-428c-46e2-b9c3-4d4af29716f2>

<sup>2</sup> Dies ergibt sich aus der Vorgabe  $< 60 \text{ Pa/cm}^2$  bei einer Filterfläche von  $4.9 \text{ cm}^2$ , die als Leistungsanforderungen für medizinische Gesichtsmasken des Typs IIR gemäss EN 14683:2019+AC:2019 definiert ist.