

Messung der Filtereffizienz von TexMask GmbH -Vliesmaterial im Tröpfchengrössenbereich von 1 - 10 Mikrometern

Auftraggeber:

Bernhard Engesser
Head of Business Development
062 865 53 00
Email: b.engesser@mueller-frick.com

TexMask GmbH
Schulstrasse 14
CH-5070 Frick

durchgeführt am:

Institut für Sensorik und Elektronik
Gruppe Partikelmessstechnik
Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW)
Klosterzelgstrasse 2
CH-5210 Windisch
<http://www.fhnw.ch/engineering/ise>

Autoren:

Nadine Karlen, nadine.karlen@fhnw.ch, 056 202 84 59
Tobias Rüggeberg, tobias.rueggeberg@fhnw.ch, 056 202 70 45
Prof. Dr. Ernest Weingartner, ernest.weingartner@fhnw.ch, 056 202 79 18

Messbericht vom 19.05.2020

Inhalt

1	Messaufbau	3
2	Beispiel Filterabscheidekurve	6
3	Berechnung Face velocity	7
4	Kalibration Fidas Feinstaubmessgerät	7
5	Messungen	8
5.1	Allgemein	8
5.2	Referenzmessung mit und ohne Filter.....	8
5.3	Messprotokolle Vliesmaterialien	9
5.3.1	TexMask GmbH A1 – „Standard“	10
5.3.2	TexMask GmbH C15 – „Satinera“	11

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 μm 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 austauschen
3. Warten, bis gemessene Tröpfchenkonzentrationen konstant sind
4. Referenzmessung (ohne Filter)
5. Ventile schalten (Referenz zu, Filter auf)
6. Warten, bis gemessene Tröpfchenkonzentrationen konstant sind
7. Messung über Filter
8. Druckabfall über Filter erfassen
9. Ventile schalten (Referenz auf, Filter zu)
10. Warten, bis gemessene Tröpfchenkonzentrationen konstant sind
11. Referenzmessung (ohne Filter)

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

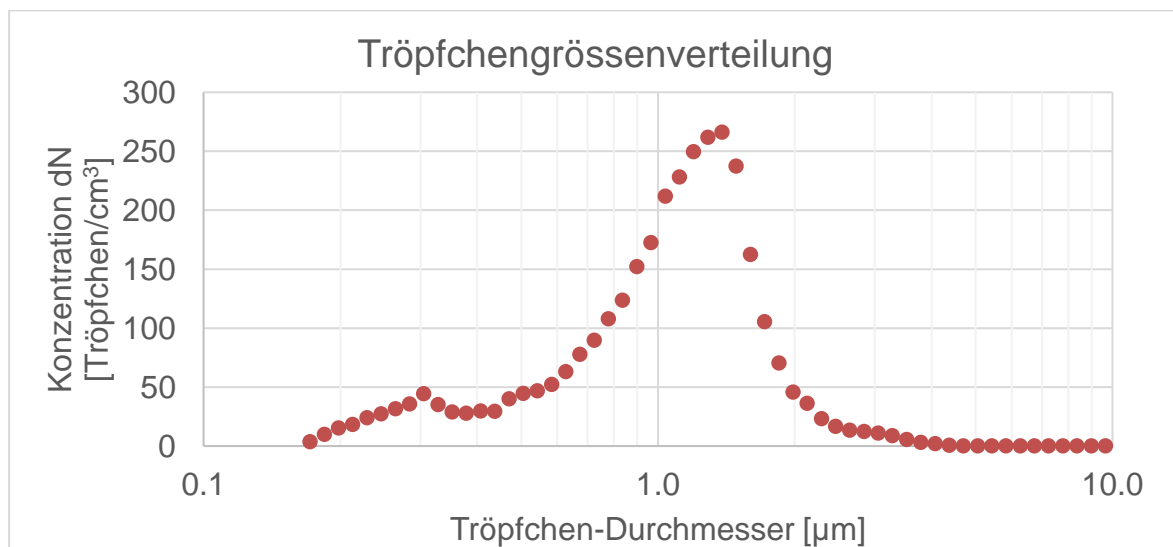


Abbildung 1: Typische Grössenverteilung der DEHS-Tröpfchen (Referenzmessung ohne Filter)

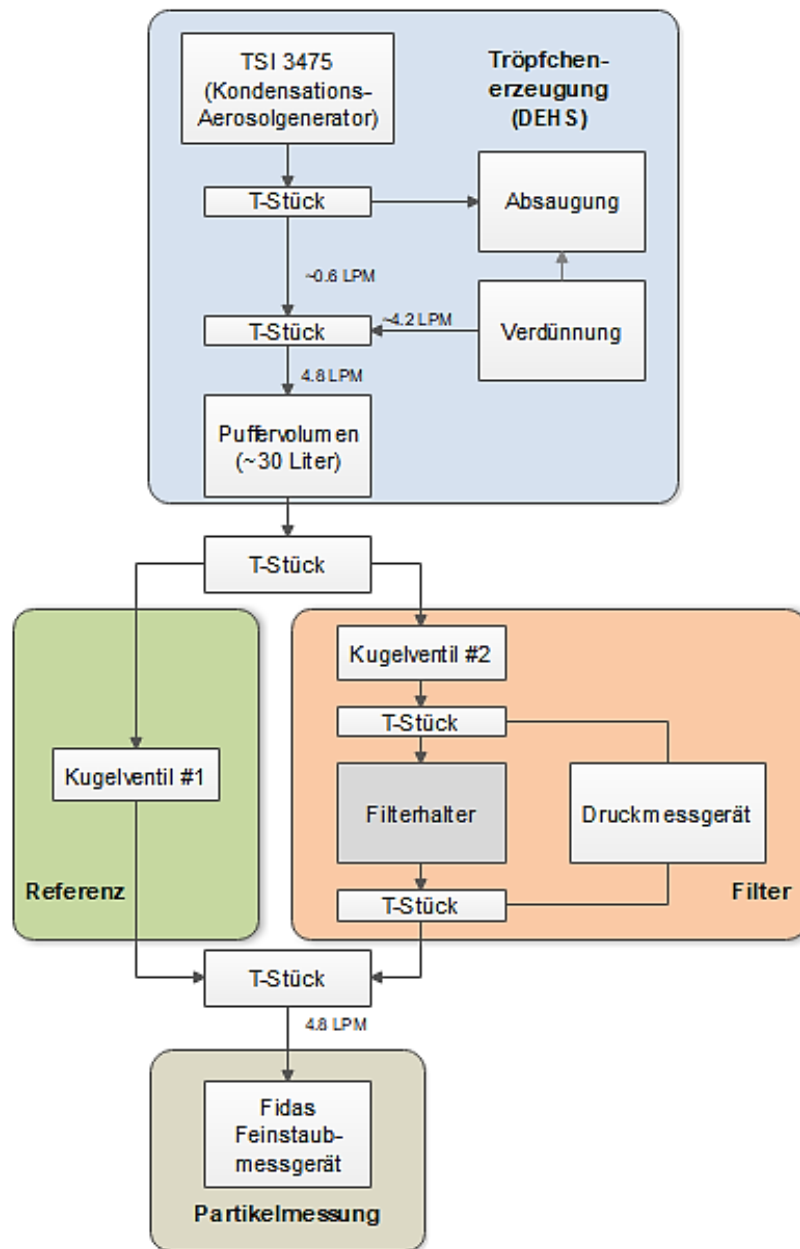


Abbildung 2: Aufbau – Filtertest für mikrometergrosse Tröpfchen



Abbildung 3: Messaufbau für die Abschätzung der Filtereffizienz

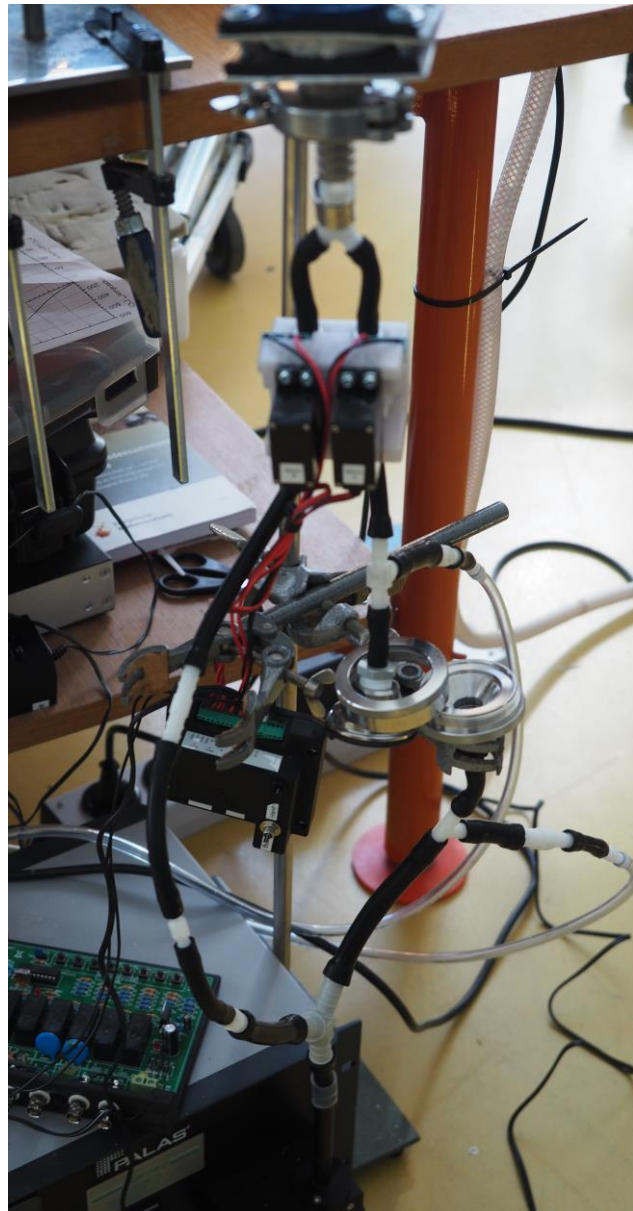


Abbildung 4: Ventil zum Umschalten zwischen Filter- und Referenzpfad

2 Beispiel Filterabscheidekurve

Im ausgewerteten Grössenbereich $D > 1 \mu\text{m}$ steigt die Effizienzkurve monoton mit dem Partikeldurchmesser an. Die Abscheidemechanismen in unserem gemessenen Grössenbereich beruhen auf Impaktion und Interception der Partikel auf und an den Filterfasern gemäss Abbildung 5.

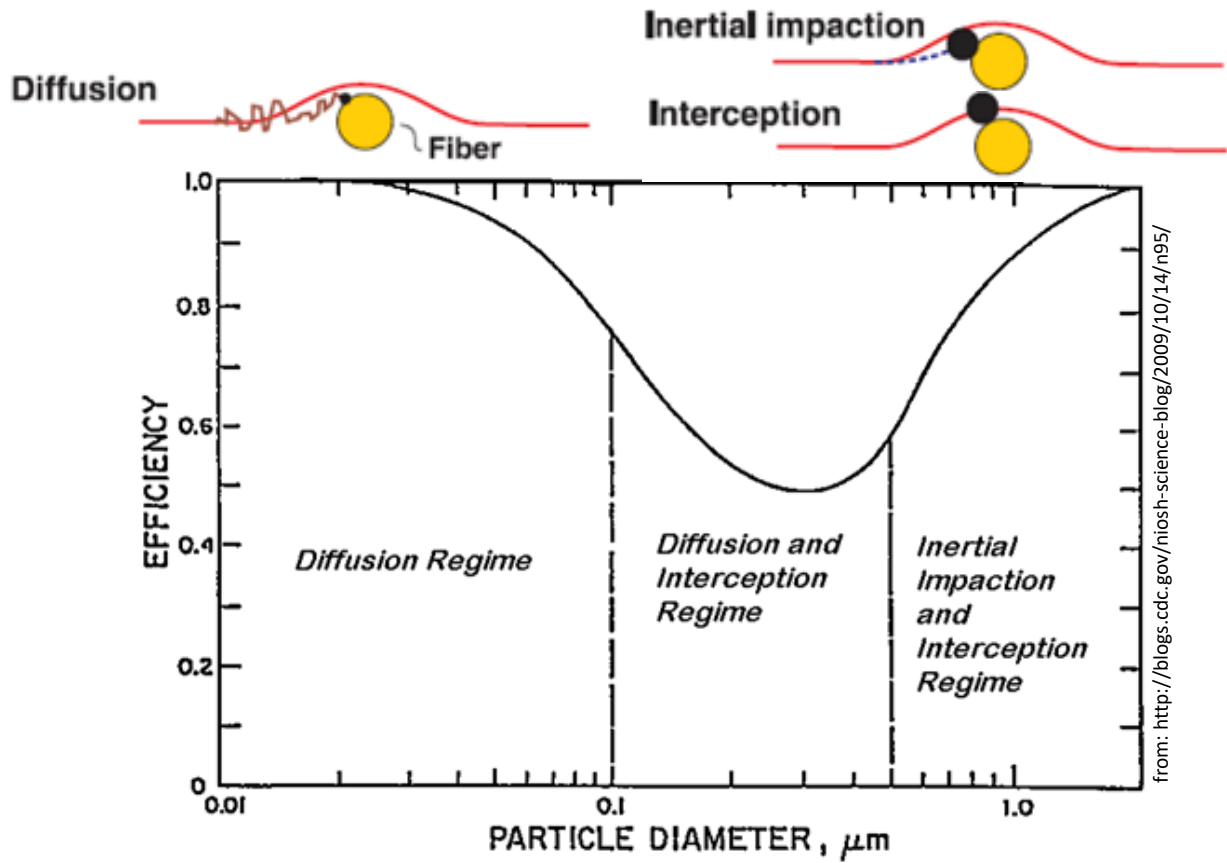


Abbildung 5: Abscheideeffizienzkurve eines N95(=F8)-Filters

3 Berechnung Face velocity

Die Filtereffizienz ist abhängig vom Durchfluss, resp. von der Luftgeschwindigkeit durch den Filter (face velocity). Um die Filtereffizienz bei menschenähnlichem Atemfluss zu messen, wurde der Filterdurchmesser im Messaufbau gemäss nachfolgenden Werten ausgelegt:

Aerosolfluss durch Messgerät	4.8 LPM= 0.00008 m³/s
------------------------------	---

Filterdurchmesser	20 mm = 0.02 m
Filterfläche	0.000314 m ²
Facevelocity	0.255 m/s

Bei einem Fluss von 4.8 ± 0.15 LPM (gegeben durch das Fidas Feinstaubmessgerät) muss die verwendete Filterscheibe einen Durchmesser von 20 mm haben. Da die verwendeten Filterhalter einen Durchmesser von 47 mm aufweisen, wurde eine entsprechende Adapterscheibe angefertigt. Die Adapterscheibe besitzt einen Aussendurchmesser von 47 mm und einen Innendurchmesser von 20 mm gemäss Abbildung 6. Der zu testende Vlies wurde auf die Grösse der Filterhalter zugeschnitten (Abbildung 7).

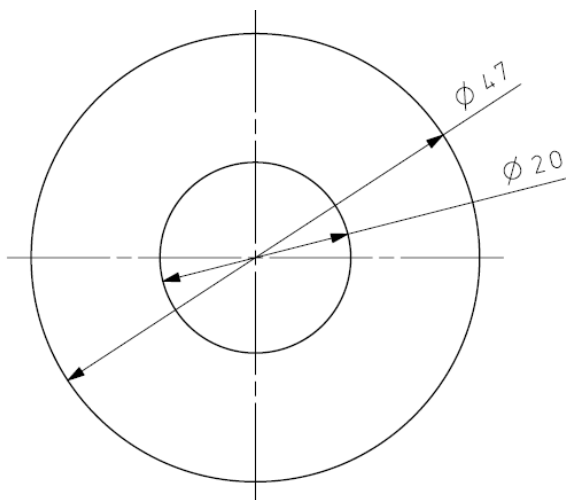


Abbildung 6: Adapterscheibe



Abbildung 7: Ausschneiden des Vlieses

4 Kalibration Fidas Feinstaubmessgerät

Das Fidas Feinstaubmessgerät, 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 ± 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 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.

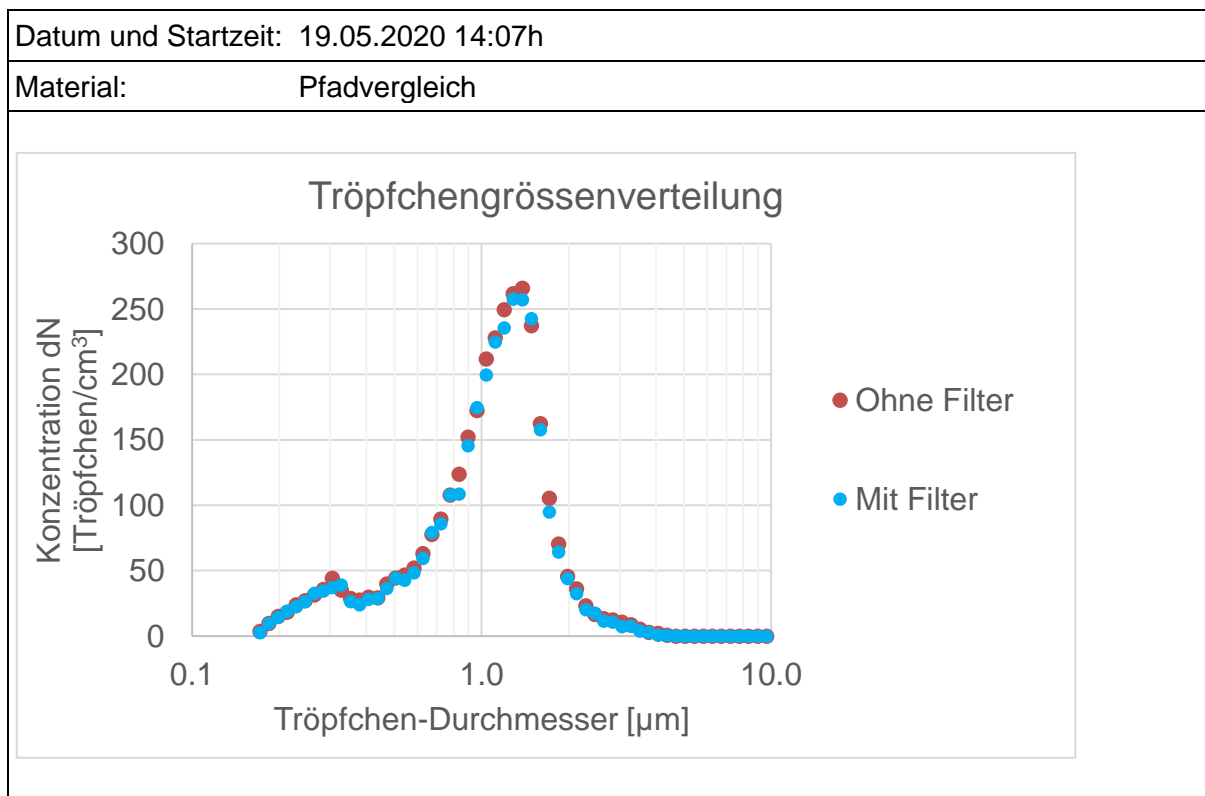
5 Messungen

5.1 Allgemein

Da unter den gegebenen Umständen und der daraus resultierenden Dringlichkeit Mehrfachmessungen weder von den Vliesmaterialien noch von einzelnen Vliesproben möglich waren, zeigen die Messungen eine erste Abschätzung der Filtereffizienzen auf ca. $\pm 10\%$ genau und können bei Änderungen der Eigenschaften des Vliesmaterials zudem entsprechend abweichen.

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 TexMask Messreihe am 19.05.2020 nachfolgende 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.



5.3 Messprotokolle Vliesmaterialien

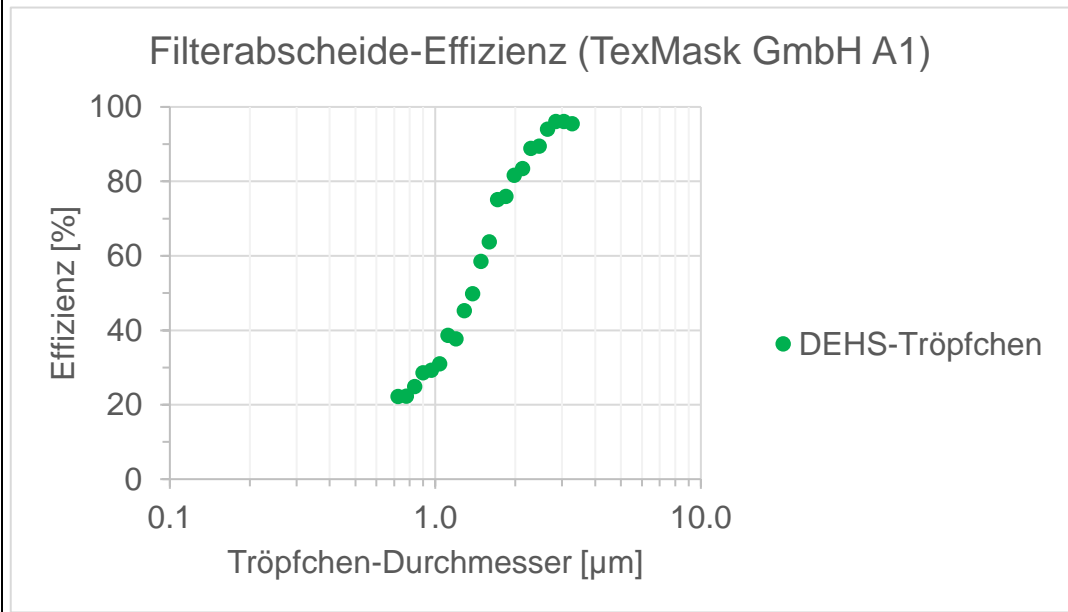
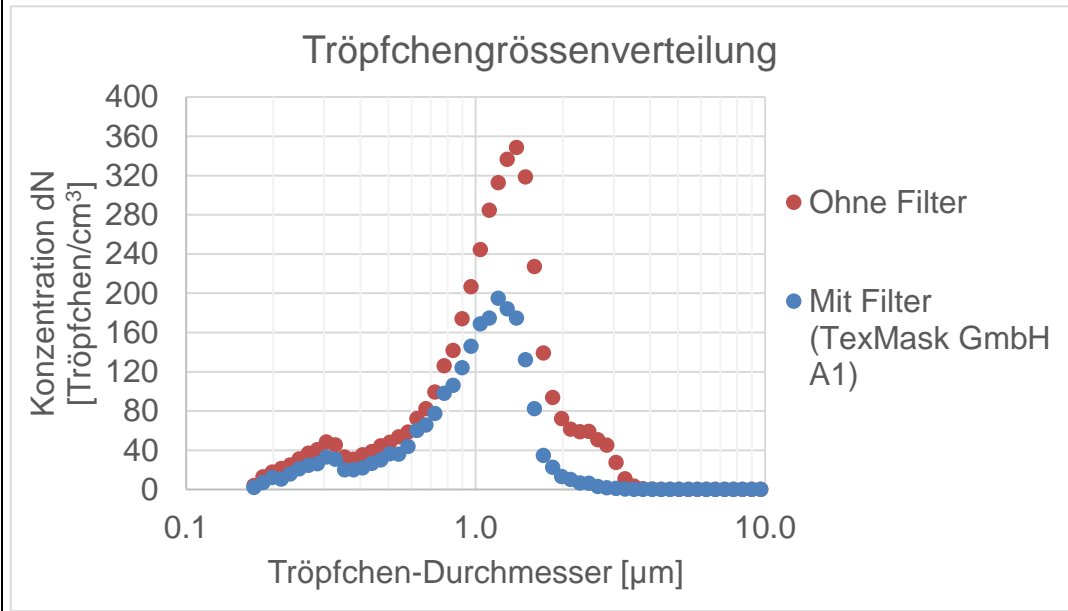
Nachfolgend sind die Messprotokolle der verschiedenen getesteten Vliesmaterialien aufgeführt. Der vermerkte Druckabfall gibt Aufschluss darüber, wie gut durch das Vliesmaterial geatmet werden kann. Je grösser der Druckabfall, desto mehr Widerstand leistet die Maske dem Atemluftstrom und desto ungeeigneter ist sie für die Anwendung als Schutzmaske. Der gemessene Druckabfall bezieht sich auf die verwendete Filterfläche von 3.14 cm^2 .

Die erste Grafik zeigt jeweils die Tröpfchengrößenverteilung vor und nach dem Filter. Relevant für die Auswertung ist vor allem der Größenbereich ab $1 \mu\text{m}$, da darunter keine ausreichende Zählstatistik des Fidas Feinstaubmessgeräts gewährleistet werden kann und auch Falschinterpretationen der Signale nicht ausgeschlossen werden können. Daher wurde in der unteren Grafik die Effizienz nur ab ca. $1 \mu\text{m}$ eingetragen.

In der zweiten Grafik ist jeweils die Filterabscheideeffizienz aufgetragen. Für Tröpfchengrößen grösser $1 \mu\text{m}$ wurde 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 welche Vliesmaterialien bei welchen Tröpfchengrößen die Atemluft filtern.

5.3.1 TexMask GmbH A1 – „Standard“

Datum und Uhrzeit:	19.05.2020 14:56h
Material:	TexMask GmbH A1 – „Standard“
Druckabfall:	75 Pa bei gemessener Filterfläche von 3.14 cm ² Entspricht 15.3 Pa/cm ² gemäss DIN EN 14683



5.3.2 TexMask GmbH C15 – „Satinera“

Datum und Uhrzeit:	19.05.2020 14:32h
Material:	TexMask GmbH C15 – „Satinera“
Druckabfall:	>150 Pa bei gemessener Filterfläche von 3.14 cm ² Entspricht >33 Pa/cm ² gemäss DIN EN 14683

