

Messung der Filtereffizienz von Vliesmaterial für Beobachter-Zeitschrift bei einer Tröpfchengrösse von 300 nm und 1 µm

Auftraggeber:

Yves Demuth
Redaktor Beobachter

Beobachter
Ringier Axel Springer Schweiz AG
Flurstrasse 55
CH-8021 Zürich

Tel: +41 (0)58 269 20 91
E-Mail: yves.demuth@beobachter.ch
Web: www.beobachter.ch

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, 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

Beschreibung Messaufbau vom 16.07.2020

Inhalt

1	Messaufbau	3
2	Beispiel Filterabscheidekurve	7
3	Empfehlung der Swiss National COVID-19 Science Task Force.....	7
4	Berechnung Face velocity	8
5	Kalibration Fidas Feinstaubmessgerät	8

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 . Es wird mit zwei verschiedenen Grössenverteilungen gearbeitet, um die Filtereffizienz bei 300 nm und bei 1 μm zu bestimmen 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 Messung) und der Messung über die zu testenden Vliesmaterialien wird die grössenabhängige Abscheideeffizienz für DEHS-Tröpfchen abgeschätzt.

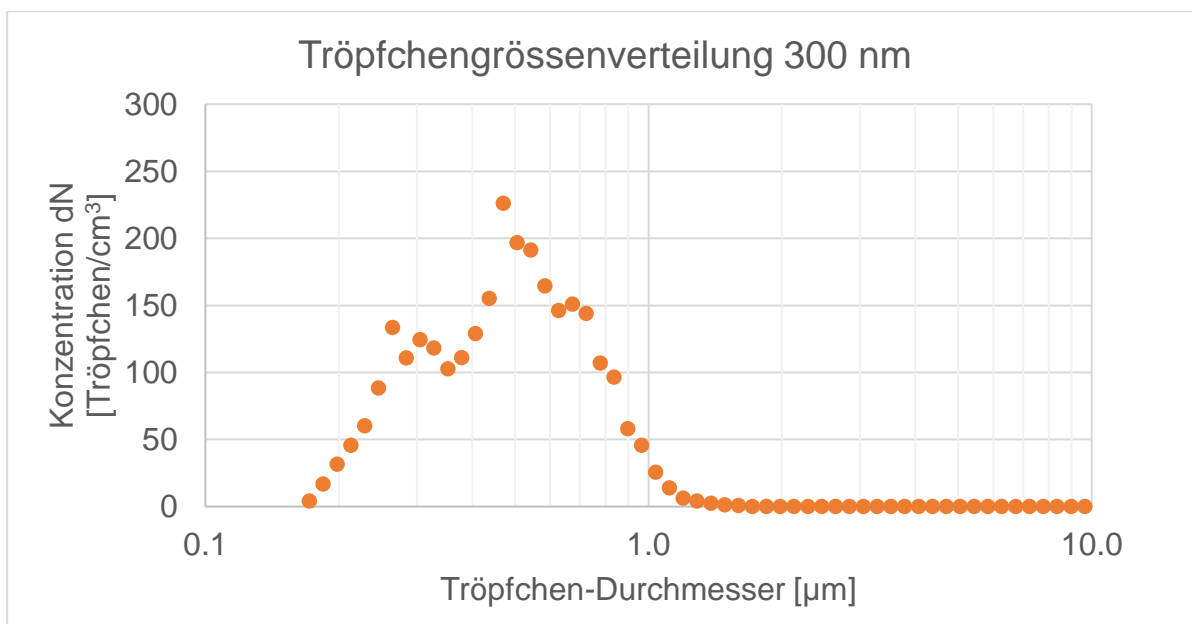
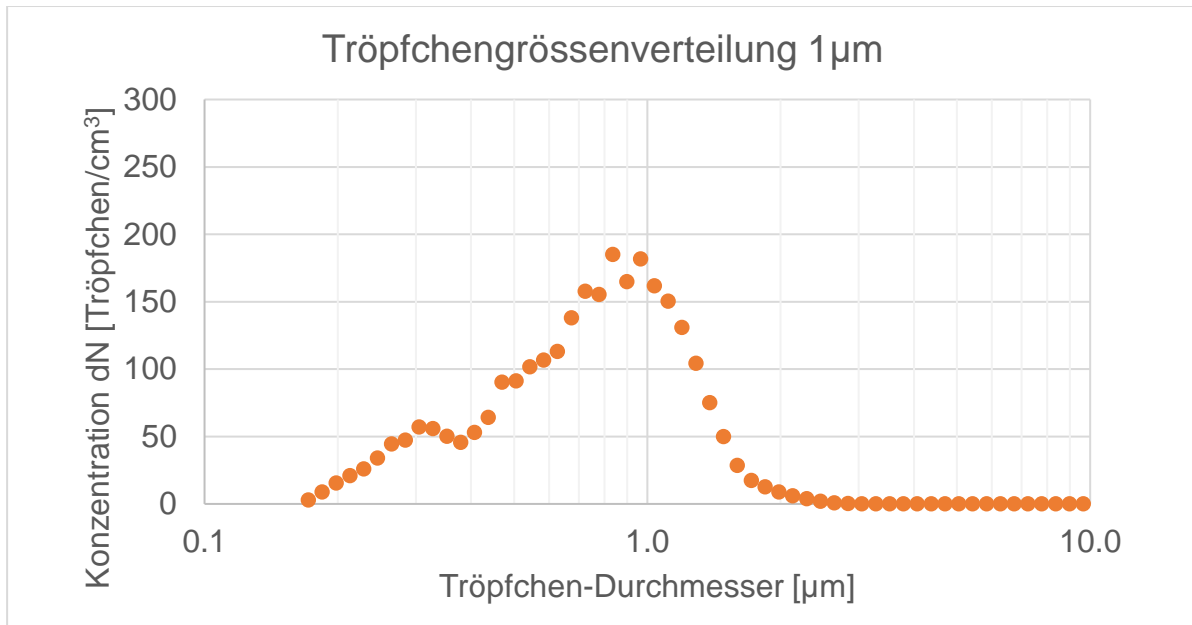


Abbildung 1: Typische Größenverteilung der DEHS-Tröpfchen (Referenzmessung ohne Filter)

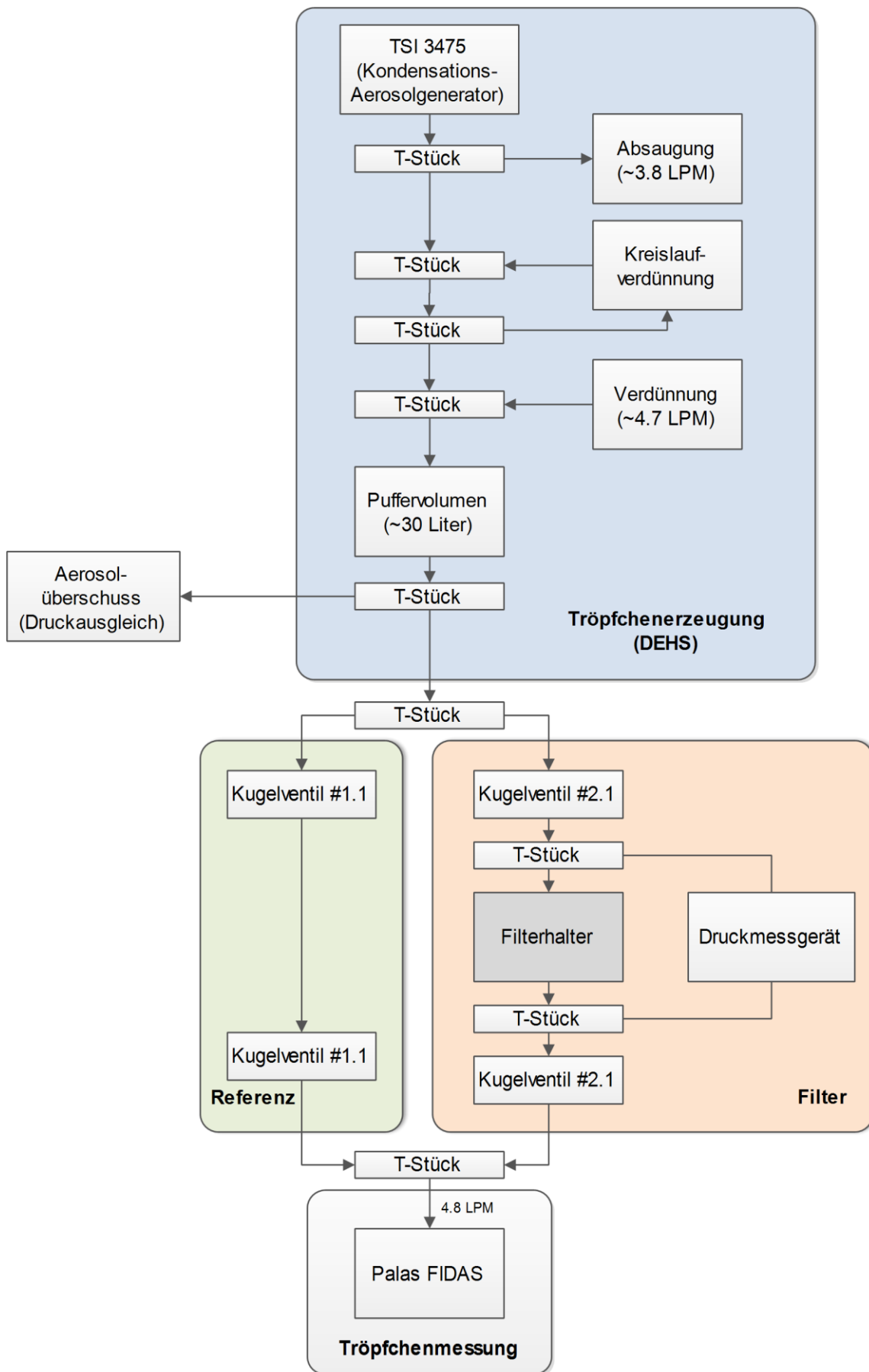


Abbildung 2: Aufbau – Filtertest für mikrometergrosse Tröpfchen

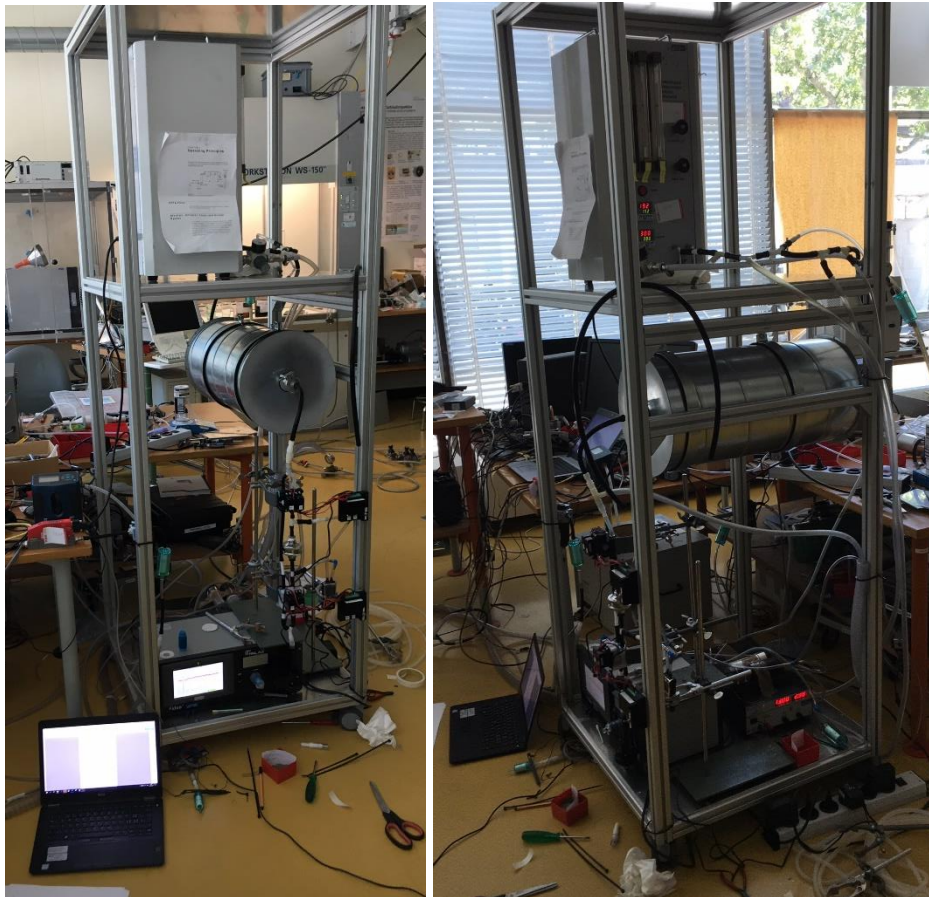


Abbildung 3: Messaufbau für die Abschätzung der Filtereffizienz

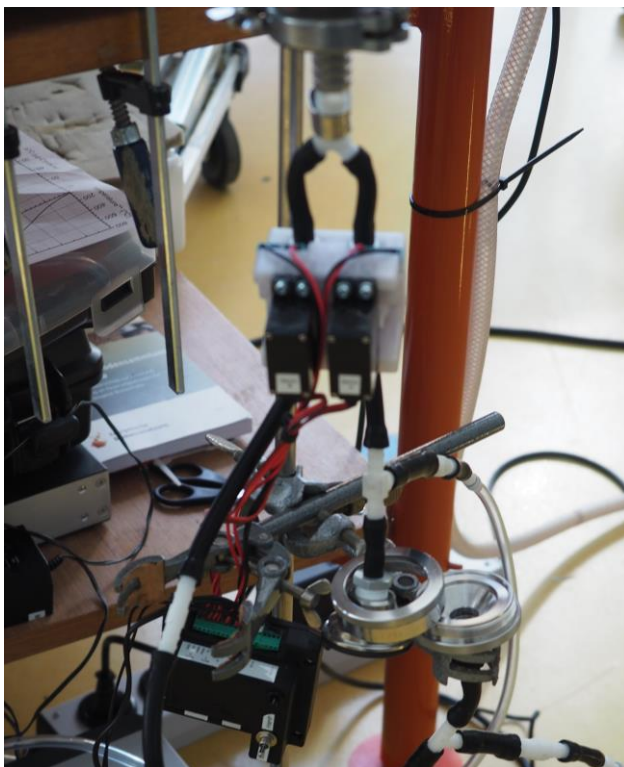


Abbildung 4: Ventil zum Umschalten zwischen Filter- und Referenzpfad

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.

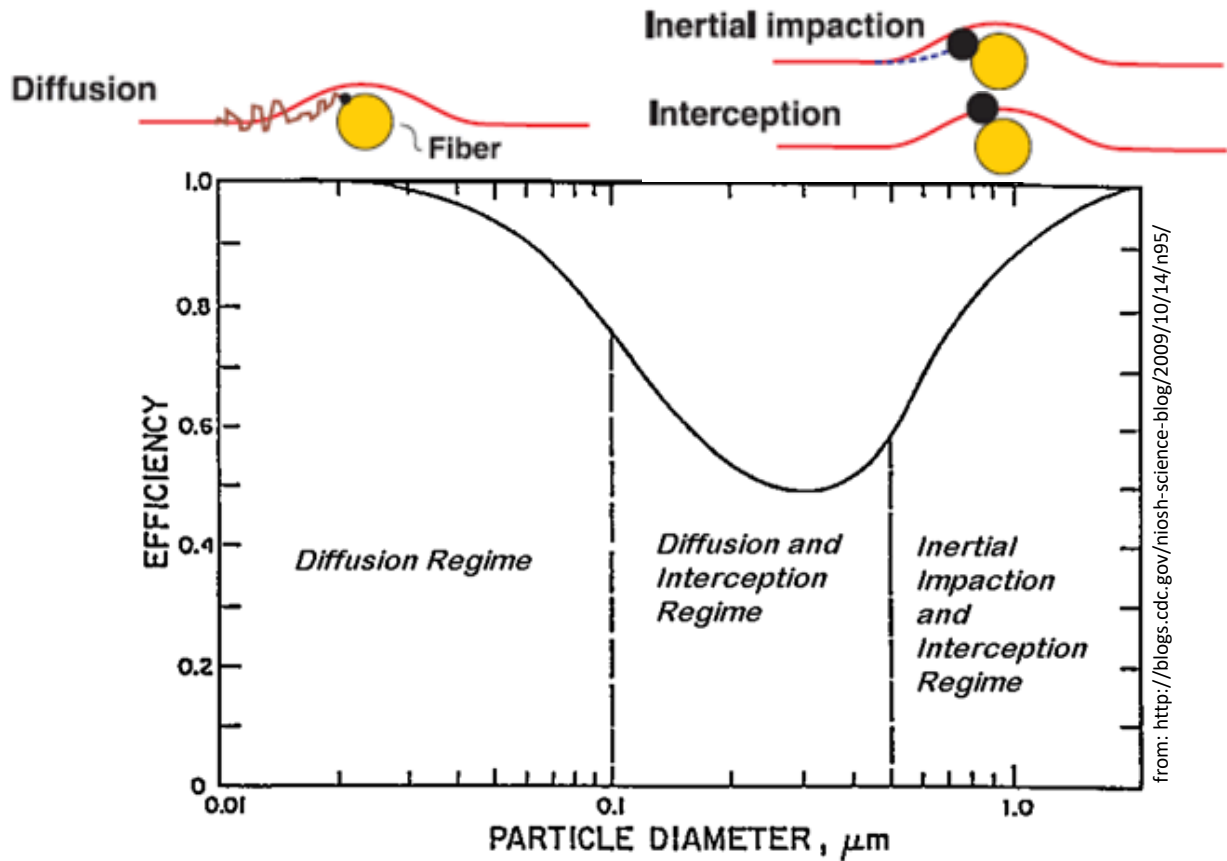


Abbildung 5: Abscheideeffizienzkurve eines N95(=F8)-Filters

3 Empfehlung der Swiss National COVID-19 Science Task Force

Die Empfehlung der Minimalanforderungen der Swiss National COVID-19 Science Task Force für Community Masken liegt für die Filtereffizienz bei $\geq 70\%$ bei 1 Mikrometer Partikelgrösse.¹ Der Druckabfall darf max. 294 Pa betragen. Dies ergibt sich aus der Vorgabe $< 60 \text{ Pa/cm}^2$ bei einer Filterfläche von 4.9 cm^2 , die als Leistungsanforderungen für medizinische Gesichtsmasken des Typs IIR gemäss EN 14683:2019+AC:2019 definiert ist.

¹ <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>

4 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).

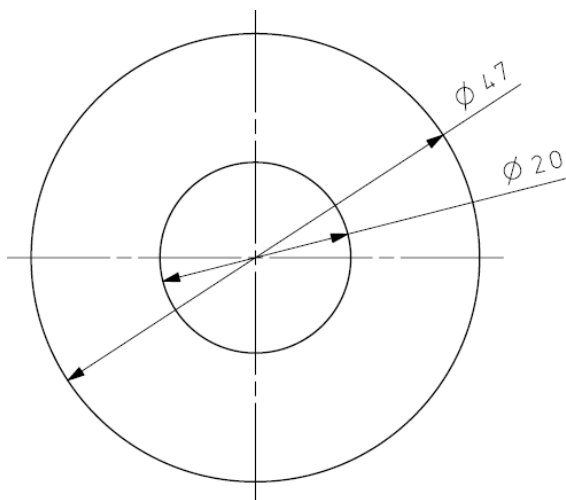


Abbildung 6: Adapterscheibe



Abbildung 7: Ausschneiden des Vlieses

5 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.