

INSTITUT FÜR
VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN
UND THERMODYNAMIK
A-8010 GRAZ (Telefonvorwahl [++43/316])
Inffeldgasse 21A Tel.: 873-7580 Fax 873-8080
e-mail: office@ivt.tugraz.at <http://fvkm-thd.tugraz.at>
VORSTAND: Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. Helmut EICHLSEDER



**Montage, Betrieb und Instandhaltung von
Lärmschutzwänden mit SPAS im Rahmen des
EU-Life-Projektes „SPAS“
Workpackage 7
LIFE06 ENV/A/000345-SPAS**



Bericht Nr. I-03/2010/Ro VU09/06/I-630 vom 15.03.2010

Dieser Bericht darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassen und Hinzufügen, veröffentlicht werden.
Sollte er auszugsweise abgedruckt oder vervielfältigt werden, so ist vorher die schriftliche
Genehmigung der Ersteller einzuholen.

**Montage, Betrieb und Instandhaltung von
Lärmschutzwänden mit SPAS im Rahmen des
EU-Life-Projektes „SPAS“
Workpackage 7**

Bericht

		Datum	Unterschrift
Freigegeben	Ao. Univ.-Prof. Dr. Peter Sturm	26.03.10	
Erstellt	Dipl.-Ing. Dr. Johannes Rodler	26.03.10	

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	3
1 MONTAGE, BETRIEB, INSTANDHALTUNG UND WARTUNG	4
1.1 Montage der Lärmschutzwand	4
1.2 Betrieb der Lärmschutzwand	5
1.3 Instandhaltung und Wartung der Lärmschutzwand.....	5
1.1.1 Untersuchung des Widerstandes nach dem Feldeinsatz	5
1.1.2 Erste Standzeitabschätzung.....	7
1.1.3 Wartung der Lärmschutzwände.....	8
2 GEBRAUCHSANWEISUNG FÜR BETRIEB UND ERHALTUNG DER VERSUCHSWÄNDE	9
2.1 Wartung von Lärmschutzwänden mit SPAS	9
2.1.1 Austausch der Filtermedien.....	9
2.1.2 Reinigung der Filtermedien	9
2.2 Bestimmung des Verschmutzungsgrades von Filterstoffen	10
1.4 Speicherfähigkeit des Feinstaubfilters	11
1.5 Speicherfähigkeit des Grobstaubfilters	13

1 MONTAGE, BETRIEB, INSTANDHALTUNG UND WARTUNG

Ziel dieses Arbeitspaketes ist die Erarbeitung von Richtlinien für den Betrieb und die Erhaltung der Versuchswände sowie im speziellen für den Betrieb und die Erhaltung der Filterkörbe mit Filter.

Bereits durch die Simulation und die Laborversuche konnten Indikatoren über die Länge der Wirkungsdauer des Filters ermittelt werden. Es konnte außerdem ermittelt werden, dass eine Korrelation zwischen der bestehenden Feinstaubbelastung vor Montage der Filterkörbe und der daraus folgenden Wirkungsdauer (Standzeit) besteht. Bei der Überprüfung des Langzeitverhaltens durch die messtechnischen Begleituntersuchungen, konnte auch festgestellt werden, inwieweit äußere Einflüsse die Wirkungsdauer beeinflussen.

Darüber hinaus konnten die zeitlichen Intervalle für den Austausch der Filter an den 3 Teststrecken festgelegt werden, sowie allgemeine Regeln für die Berechnung der Austauschintervalle je nach Feinstaubbelastung, Art und Entfernung der Straße.

1.1 MONTAGE DER LÄRMSCHUTZWAND

Der konstruktive Aufbau von SPAS ist so gestaltet, dass nach der Montage des Filterkastens an der Lärmschutzwand die Feinfilterstufe und anschließend die Grobfilterstufe in den Filterkasten montiert werden. Für die Wartung ist der Ausbau in umgekehrter Reihenfolge möglich. Der Filterkasten an sich ist wartungsfrei und muss nur in Ausnahmefällen (z.B. bei Beschädigung) erneuert werden. Beim Austausch der Filter kann der Filterkasten einfach mit einem Hochdruckreiniger gereinigt werden.

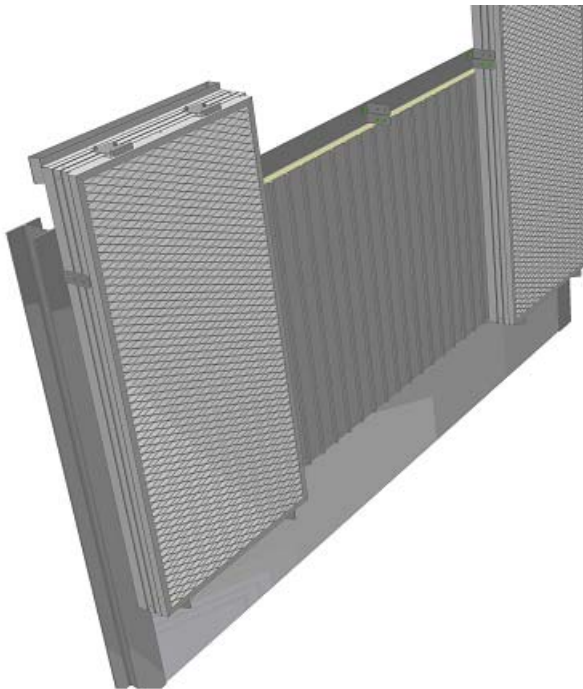


Abbildung 1: Filterkasten, Grobfilterstufe und Feinfilterstufe an einer Lärmschutzwand

Durch den Einsatz von Leichtmetall (Aluminium) und die Verarbeitung mittels Nieten kann das Gewicht der einzelnen Filterstufen relativ leicht gehalten werden. So wiegen die Grobfilterstufe und die Feinfilterstufe je 10 bis 15 kg. Beide können also jederzeit von einer einzelnen Person ein- oder ausgebaut werden.

1.2 BETRIEB DER LÄRMSCHUTZWAND

Während des Betriebes sind keine weiteren Tätigkeiten erforderlich. Entsprechend einer durchgeführten Standzeitberechnung (Absatz 1.1.2) ist lediglich ein Austausch der Feinstaub-Filterelemente in Intervallen von ein bis mehreren Jahren notwendig. Empfohlen wird jedoch eine jährliche Untersuchung des Widerstandes von Vorfilterstufe und Feinfilterstufe.

1.3 INSTANDHALTUNG UND WARTUNG DER LÄRMSCHUTZWAND

1.1.1 UNTERSUCHUNG DES WIDERSTANDES NACH DEM FELDEINSATZ

Um eine Abschätzung der Lebensdauer vornehmen zu können, wurde der Strömungs-Widerstand in den einzelnen Filterstufen vor und nach einem mehrmonatigen Testbetrieb an der Lärmschutzwand im Filterprüfstand untersucht.

In Abbildung 2 ist das Ergebnis eines Versuchs dargestellt, bei welchem ein Filterelement der Feinstaubstufe (F6-Filtermatte) aus der Lärmschutzwand Viktring nach mehrmonatigem Einsatz (von Mai bis Dezember 2008) untersucht wurde. Die am Prüfstand eingestellte Anströmgeschwindigkeit betrug dabei 0,25 m/s, was exakt jener Geschwindigkeit entspricht, welche auch bei den Vorversuchen zur Filterauswahl eingestellt war.

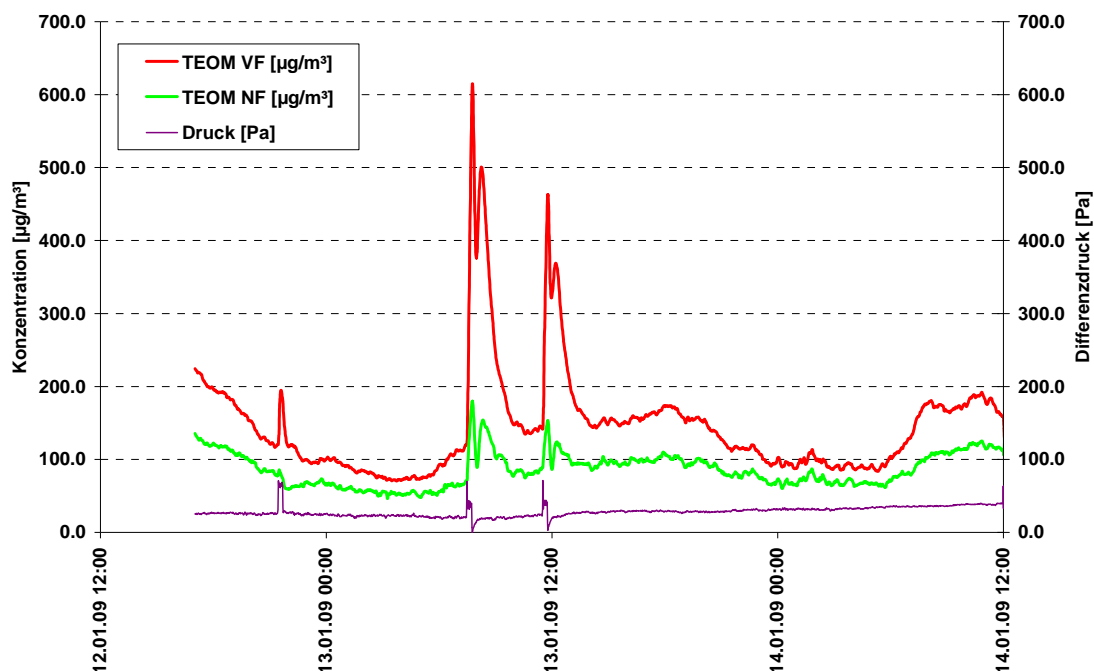


Abbildung 2: Abscheidung und Druckverlust der F6-Feinstaubfiltermatte nach mehrmonatigem Einsatz in der Lärmschutzwand in Viktring

Wie man sieht entspricht der Druckverlust zu Beginn des Versuchs jenem des Rohmaterials (ca. 25 Pa). Eine Berechnung des mittleren Abscheidegrades ergibt für die Feinfilter-Stufe einen Wert von 75 %. Der Anstieg des Druckverlustes von 25 auf 37 Pa während der Versuchszeit ist auf eine ungleich höhere Feinstaubbelastung der Versuchsluft aus dem Tunnel, sowie auf die fehlende Vorfilterstufe zurückzuführen. Dadurch erreicht das Feinfilter auch schneller seine Kapazitätsgrenze. Die Aufnahmefähigkeit der Feinfilterstufe ist grundsätzlich sehr hoch, allerdings steigt mit zunehmender Beladung auch der Widerstand im Filter, was eine Durchströmung des Filters erschwert. Der Wirkungsgrad des Filters sinkt nicht mit steigender Beladung, eher das Gegenteil ist der Fall.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass das Feinfilter auch nach ca. 8 monatiger Expositionszeit seinen Widerstand nicht merklich erhöht hat. Das ist im speziellen Fall sicherlich auf die Lage des Standortes Viktring (Straße mit niedrigem LKW-Anteil, niedrigen Fahrgeschwindigkeiten, Abstand zum Fahrbahnrand) sowie auf den Zeitraum (vorwiegend Sommermonate) zurückzuführen.

Die Grobstaubfilterstufe kann je nach Exposition (Lage näher am Straßenrand oder weiter weg) weniger lang funktionsfähig sein. Auch hier ist zumindest eine Sichtkontrolle in regelmäßigen Abständen angezeigt. In Abbildung 3 ist derselbe Versuch wie zuvor mit der Grobstaubfiltermatte (D30) dargestellt. Die am Prüfstand eingestellte Anströmgeschwindigkeit betrug wiederum 0,25 m/s. Wie man sieht entspricht auch hier der Druckverlust noch immer jenem des Rohmaterials (ca. 50 Pa).

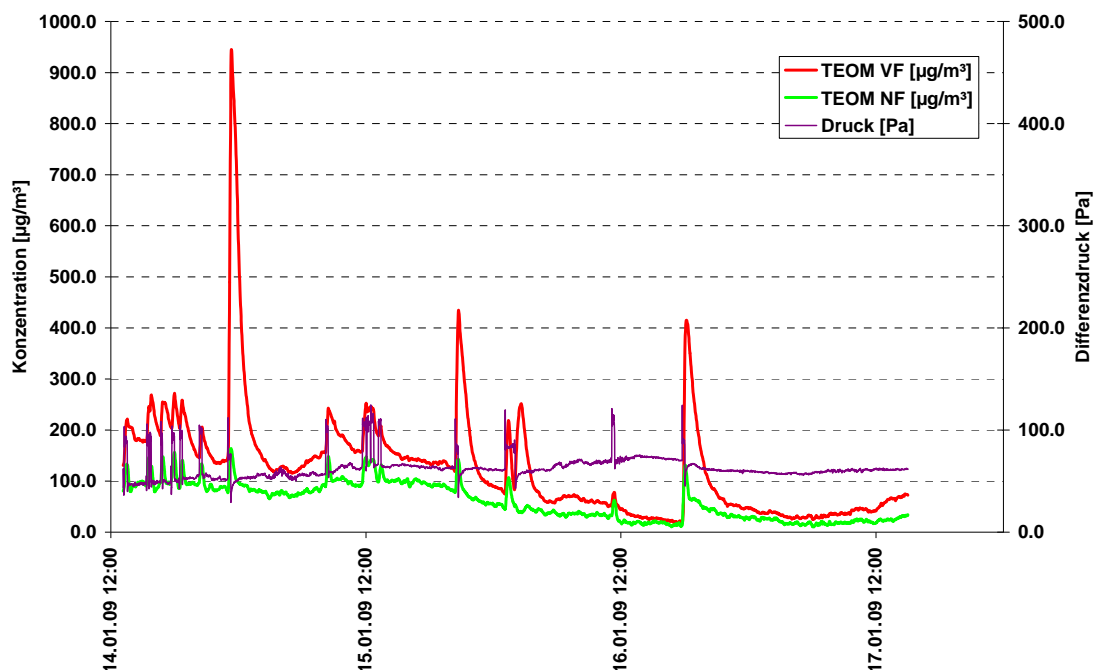


Abbildung 3: Abscheidung und Druckverlust der Grobstaubfiltermatte nach mehrmonatigem Einsatz in der Lärmschutzwand in Viktring

Auch hier ist ein leichter Anstieg des Druckverlustes während der dreitägigen Versuchszeit zu Verzeichnen. Die zeitweise auftretenden hohen Druckschwankungen sind prüfstandsspezifisch auf das Lüftungssystem des Tunnels zurückzuführen.

1.1.2 ERSTE STANDZEITABSCHÄTZUNG

Um eine Abschätzung der möglichen Standzeit zu bekommen, wurde aufgrund der Messwerte im Prüfstand und der Kenndaten des Filtermaterials eine erste überschlagsmäßige Standzeit ermittelt.

Für das Filtermaterial V600G F5 (EU 5) können folgende Kenndaten dem Kenndatenblatt entnommen werden:

Abscheidegrad (Am)	97 %
Wirkungsgrad (Em)	53 %
Nennvolumenstrom	900 m ³ /h/m ²
Empfohlene Enddrucksdifferenz	450 Pa
Staubspeicherfähigkeit	330 g/m ²
Materialdicke	ca. 25 mm
Gewicht	ca. 600 g/m ²
Anströmgeschwindigkeit	0,25 m/s
Nennvolumenstrom	900 m ³ /h/m ²
Wirkungsgrad	80 %

Bei einer kontinuierlichen Durchströmgeschwindigkeit von 0,25 m/s hat man einen Volumenstrom von 900 m³/h und pro m² Filterfläche. Dieser Volumenstrom enthält bei einer Beladung von durchschnittlich 50 µg/m³ eine Masse von 45 mg, welcher ca. zu 80 % im Filter abgeschieden wird. Das macht 36 mg/h. Bei einer Staubspeicherfähigkeit von 330 g/m² kann dieser Volumenstrom also über 9167 Stunden aufrechterhalten werden, um die Kapazitätsgrenze des Filters zu erreichen. Das entspricht 382 Tagen, also mehr als ein Jahr.

Da aber der Druckverlust dann bereits 450 Pa betragen würde, ist mit einer wesentlich kürzeren Standzeit zu rechnen. Lässt man daher lediglich eine Verdoppelung der Anfangsdruckdifferenz von 25 Pa zu, so erreicht man diese bereits nach 23 Tagen. Allerdings ist dabei noch nicht berücksichtigt, dass in der Vorfilterstufe ein nicht unbeträchtlicher Massenanteil (mehr als 50 %) abgeschieden wird. Auch ist nicht mit einer kontinuierlichen Strömung durch das Filter zu rechnen, sondern vielmehr wird ein wirksamer Volumenstrom erst durch den Druckstoß eines vorbeifahrenden Fahrzeugs bzw. durch Winddruck auf die Wand erzeugt. Dies reduziert die durchströmende Menge erheblich.

Um den jährlichen Volumenstrom berechnen zu können, benötigt man daher die Anzahl der Fahrzeuge, welche das Filter passieren, sowie den durchschnittlich erzeugten Volumenstrom pro Fahrzeug. Eine realitätsnahe Ermittlung der Standzeit ist folglich nur durch einen Langzeitversuch möglich. Es ist jedoch mit Standzeiten von mindestens einem halben Jahr bis

zu mehreren Jahren zu rechnen. Die in den Lärmschutzwänden eingebauten Filter wurden daher in regelmäßigen Abständen Ausgebaut und im Prüfstand untersucht.

1.1.3 WARTUNG DER LÄRMSCHUTZWÄNDE

Wenn die Filter ihre Kapazitätsgrenze erreicht haben, können Sie je nach eingesetztem Filterstoff entweder erneuert (=ausgetauscht) bzw. regeneriert werden. Zur Erneuerung ist die Öffnung des Filterträgers notwendig. Danach kann der Filterstoff ausgetauscht werden. Der verbrauchte Filterstoff kann deponiert oder verbrannt werden.

Eine Regegeneration des Filterstoffs ist möglich, indem man ihn entweder mit einer geeigneten Absauganlage absaugt oder aber auswäscht. Zu diesem Zweck muss der Filter aber in jedem Fall ebenfalls ausgebaut werden, auch wenn man mit der Absaug- oder Waschanlage direkt zum hin Filter fahren kann. Das erhöht die Kosten erheblich und ist gegenüber dem einfachen Austausch die teurere Variante.

2 GEBRAUCHSANWEISUNG FÜR BETRIEB UND ERHALTUNG DER VERSUCHSWÄNDE

Nach weiteren Untersuchungen an den SPAS-Filterelementen im Projektverlauf, konnten schließlich konkrete Vorgaben für Standzeitberechnungen gemacht werden. Der Algorithmus zur Standzeitberechnung erlaubt es, die Standzeit auch für unterschiedliche Standorte zu berechnen.

2.1 WARTUNG VON LÄRMSCHUTZWÄNDEN MIT SPAS

Es ist davon auszugehen, dass die Lärmschutzwände nach längerem Betrieb ihre Filterwirkung einbüßen werden. Zum einen weil die Filter an ihre Kapazitätsgrenze gelangen und zum anderen weil bei zunehmender Staubbelastung im Filter der Druckverlust auf einen unzulässigen Wert ansteigen könnte, so dass keine Luft mehr durch das Filter gedrückt wird.

Grundsätzlich gibt es zwei Möglichkeiten mit diesem Problem umzugehen:

- a) **Austausch der Filtermedien**
- b) **Reinigung der Filtermedien**

2.1.1 AUSTAUSCH DER FILTERMEDIEN

Am einfachsten ist der Austausch des gesamten Filtermediums bei Erreichen eines bestimmten Verschmutzungsgrades. Dazu ist der Filterträger zu öffnen. In den Versuchswänden ist der Filterträger noch vernietet, so dass eine Öffnung nur mit erheblichem Aufwand möglich ist. Zukünftige Filtermodule sollten so konstruiert sein, dass ein Öffnen ohne Werkzeug leicht möglich ist. Die verbrauchten Filtermedien werden dem Filterträger entnommen und einer Reststoffverwertung zugeführt. Neue Filtermedien werden in den Filterträger eingesetzt und diese wieder in den Filterkasten eingebaut. Der Vorgang kann grundsätzlich direkt vor Ort durchgeführt werden.

2.1.2 REINIGUNG DER FILTERMEDIEN

Eine weitere Möglichkeit besteht darin die Filtermedien zu regenerieren. Dazu können zwei Verfahren angewandt werden:

- a) **Absaugen der Filtermedien**
- b) **Waschen der Filtermedien**

Das Absaugen der Filter erfolgt mit einem Industrie-Staubsauger mit geeigneter Absaugdüse. Die Absaugdüse besitzt im Idealfall die gleiche Breite wie die Filter (1 m). Dann sollte ein zweimaliges Absaugen auf der Staubluftseite ausreichend sein um den Anfangsdifferenzdruck wieder zu erlangen. Zum Absaugen der Filter sind diese aus dem Filterhalter auszubauen und eventuell in eine geeignete Vorrichtung einzuspannen. Die abgesaugte Staubmenge ist einer geeigneten Verwertung zuzuführen.

Eine weitere Möglichkeit besteht darin die Filtermedien durch Auswaschen zu reinigen. Dieses Verfahren stellt für Kunststofffiltermatten und Kunststoffvliese grundsätzlich kein Problem dar, weil dadurch die mechanischen Eigenschaften nicht beeinflusst werden. Es ist jedoch darauf zu achten, ob der Hersteller von Feinstaubfiltermatten eine Regeneration nicht grundsätzlich ausschließt. Eine Regeneration von Mineralwolle als Filtermedium ist grundsätzlich auszuschließen, da diese über eine weniger kompakte Konsistenz verfügt und durch mechanische Bearbeitung leicht zerstört werden kann.

2.2 BESTIMMUNG DES VERSCHMUTZUNGSGRADES VON FILTERSTOFFEN

Bevor die Filtermedien für die Reinigung oder den Ersatz ausgebaut werden muss bestimmt werden, ob das Ende der Einsatzzeit (Lebensdauer) bereits erreicht wurde. Ein einfacher Algorithmus soll die Entscheidung darüber erleichtern.

Um eine Abschätzung für den Verschmutzungsgrad der Lärmschutzwände mit SPAS machen zu können, müssen zuerst einmal die Verkehrsdaten für den entsprechenden Standort erhoben werden. Für das hochrangige Straßennetz können dazu die Daten der automatischen Dauerzählstellen der ASFINAG herangezogen werden, für Gemeinde- oder Landesstraßen müssen eventuell kurzfristige Verkehrserhebungen durchgeführt werden.

Tabelle 1: Verkehrszahlen für die drei Versuchsstandorte

Verkehrszahlen	JDTV	LKW Anteil	PKW/Tag	LKW/Tag
Viktring	11558	5.2%	10988	570
Wölfnitz	13300	6.3%	12462	838
UFT Lendorf (FR Graz)	12599*)	13.9%	10846	1753

*) Jahresbericht 2008 der ASFINAG

Die Messung muss jedoch so angelegt werden, dass alle Zeitreiheneffekte adäquat berücksichtigt werden. Das heißt, die Stichprobe muss in repräsentativer Weise Werte über das ganze Jahr, den ganzen Tag (auch Nacht) und die ganze Woche (auch Wochenende) enthalten.

Aus den Verkehrszahlen kann mit unten stehender Tabelle 2 ermittelt werden, wie viel Luft in einem bestimmten Zeitraum durch das Filter gedrückt wird. Mit einer durchschnittlichen Staubbelastung, welche sich aus der durchschnittlichen Schadstoffbelastung der Luft (Beispielsweise Jahresmittelwert für PM₁₀) am betrachteten Ort ergibt und einem Abscheidegrad (im besten Fall 100 %) kann die im Filter zurückgehaltene Staubmenge ermittelt werden.

Tabelle 2: Volumenstrom pro LKW

	Volumenstrom pro LKW durch 1m ² Filterfläche (bei 80 km/h)	
	Lärmschutzwand (Abstand 1 m vom Fahrbahnrand) Q_{LKW}	0.166
Lärmschutzwand und Seitenwind (1 m/s) Q_{SW}	0.728	m ³ /m
SPAS im Tunnel Q_T	0.846	m ³ /m

1.4 SPEICHERFÄHIGKEIT DES FEINSTAUBFILTERS

Die theoretische Speicherfähigkeit des Feinstaubfilters beträgt entsprechend den Herstellerangaben 330 g/m³ (siehe unten). Wie jedoch schon zuvor erwähnt, ist die praktische Speicherfähigkeit des Filtermaterials durch einen unzulässigen Anstieg des Strömungswiderstands begrenzt. Zulässig ist lediglich ein Anstieg des Druckverlustes von ca. 25 bis 50 Pa (in Abhängigkeit von der Fahrgeschwindigkeit und dem Abstand des Filters vom Fahrbahnrand) weil dann der Druck durch die vorbeifahrenden Fahrzeuge nicht mehr ausreicht, um die Luft durch das Filter zu drücken.

Um eine Untersuchung der Standzeit von den SPAS-Filtermodulen durchführen zu können, wurden die Filtermodule nach längerer Einsatzzeit wiederum im Prüfstand auf seinen Druckverlust getestet. Der erreichte Druckverlust in dem Zeitintervall gibt Aufschluss über die mögliche Einsatzzeit der Module.

Die untersuchten Filtermodule von SPAS waren in Viktring von Mai 2008 bis September 2009 (16 Monate) im Einsatz was genau 487 Tagen entspricht. Mit der zuvor angestellten Rechnung für die Staubmenge pro Meter Lärmschutzwand und Tag ergibt das eine an diesem Standort zu erwartende Staubbilddung von 3318 mg/m oder 3.318 g/m.

Für das Filtermaterial V600G F5 (EU 5) wurden folgende Kenndaten aus dem Kenndatenblatt entnommen:

Abscheidegrad (Am)	97 %
Wirkungsgrad (Em)	53 %
Nennvolumenstrom	900 m ³ /h/m ²
Empfohlene Enddrucksdifferenz	450 Pa
Staubspeicherfähigkeit	330 g/m ²
Materialdicke	ca. 25 mm
Gewicht	ca. 600 g/m ²
Anströmgeschwindigkeit	0,25 m/s
Nennvolumenstrom	900 m ³ /h/m ²
Wirkungsgrad	80 %

Bei (angenommener) linearer Zunahme des Differenzdruckes mit der Partikelmasse bis zur empfohlenem Enddrucksdifferenz von 450 Pa (Abbildung 4) und einer maximalen

Staubspeicherfähigkeit von 330 g/m^2 , ergibt das eine Staubmenge bis zur Verdoppelung des Anfangs-Differenzdrucks (ca. 50 bis 60 Pa) von ca. 20 g/m^3 .

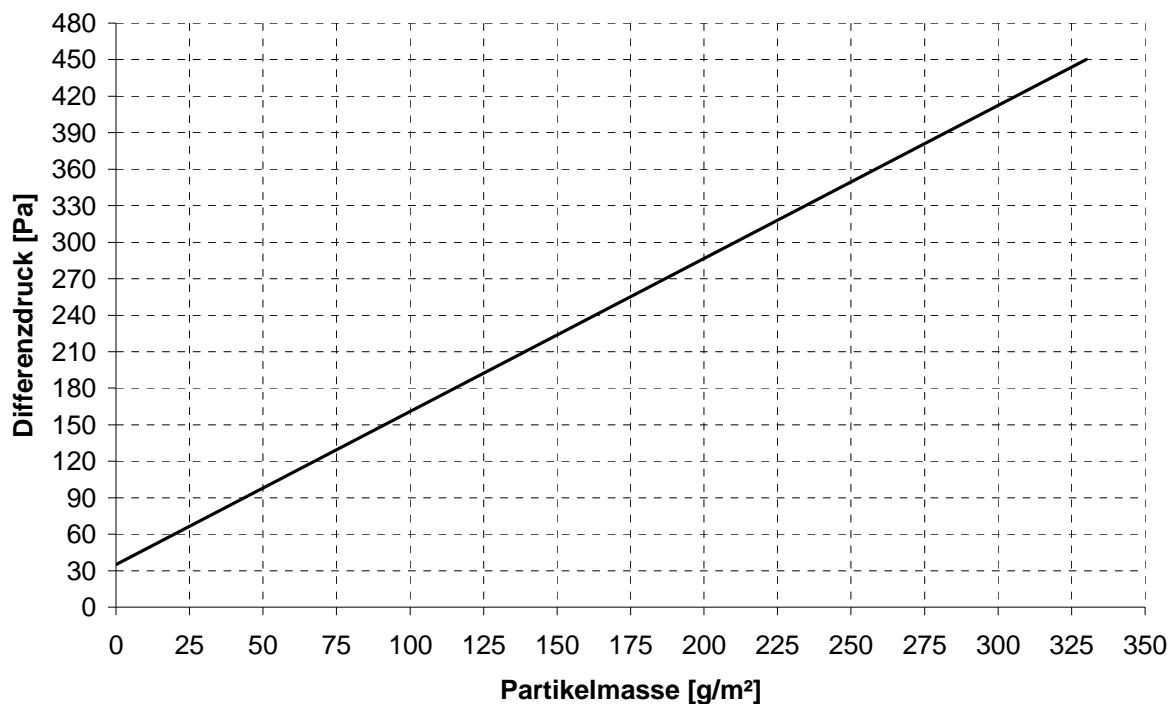


Abbildung 4: Lineare Zunahme des Druckverlustes mit ansteigender Partikelmasse

Somit könnte man am Standort Viktring die Lärmschutzwände ca. 8 Jahre betreiben bis die maximale Einsatzzeit erreicht ist.

Diese Abschätzung konnte durch eine Untersuchung am Prüfstand belegt werden. Dazu wurde die Feinstaubfiltermatte aus Viktring wiederum im Filterprüfstand auf seinen Widerstand getestet. Dabei stellt sich heraus, dass sich bei der Filtermatte, welche bereits 16 Monate im Einsatz war, der Widerstand von 35 Pa im Neuzustand auf 43 Pa zugenommen hat (Abbildung 5). Die Differenz von 8 Pa entspricht entsprechend den vorangegangenen Überlegungen einer Staubmenge von 5.3 g. Errechnet wurde für diesen Zeitraum eine Staubmenge von 3.3 g. Das würde bedeuten, dass die Wand mehr Staub gefiltert hat als berechnet wurde. Die Lebensdauer wäre dann aber bereits nach ca. 4 Jahren erreicht.

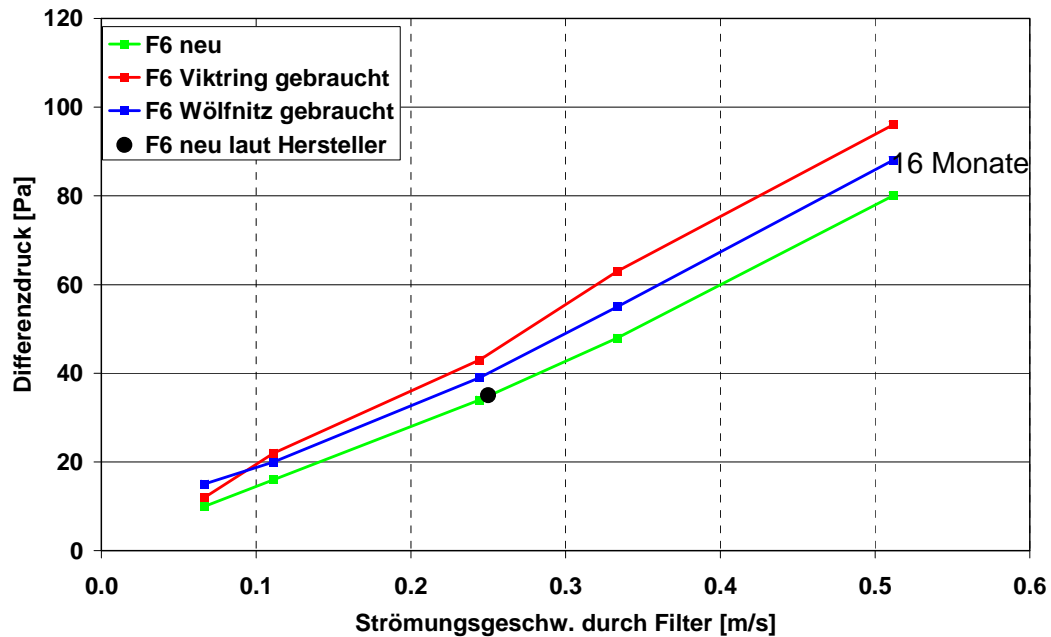


Abbildung 5: Veränderung des Differenzdrucks für das Feinstaubfilter nach mehrmonatigem Einsatz.

1.5 SPEICHERFÄHIGKEIT DES GROBSTAUBFILTERS

Auch für die Grobstaub-Filterstufe wurde eine Untersuchung nach mehrmonatigem Einsatz durchgeführt. Interessanterweise ist im Gegensatz zum Feinstaubfilter in diesem Fall eine Abnahme des Differenzdrucks nach mehrmonatigem Gebrauch zu verzeichnen (Abbildung 6).

Die möglichen Ursachen dafür liegen in der Materialverarbeitung. Da diese Materialien nicht unbedingt zur Staubabscheidung hergestellt werden und üblicherweise auch nicht dieser hohen mechanischen Belastung unterliegen, könnte es sein, dass die Bindungskräfte innerhalb des Materials mit der Zeit nachlassen.

Das hat aber auf die Filterwirkung der Wand keinen Einfluss, da der Feinstaub sowieso nur durch die Feinstaubstufe zurückgehalten wird und alle groben Bestandteile weiterhin die erste Filterstufe nicht passieren können.

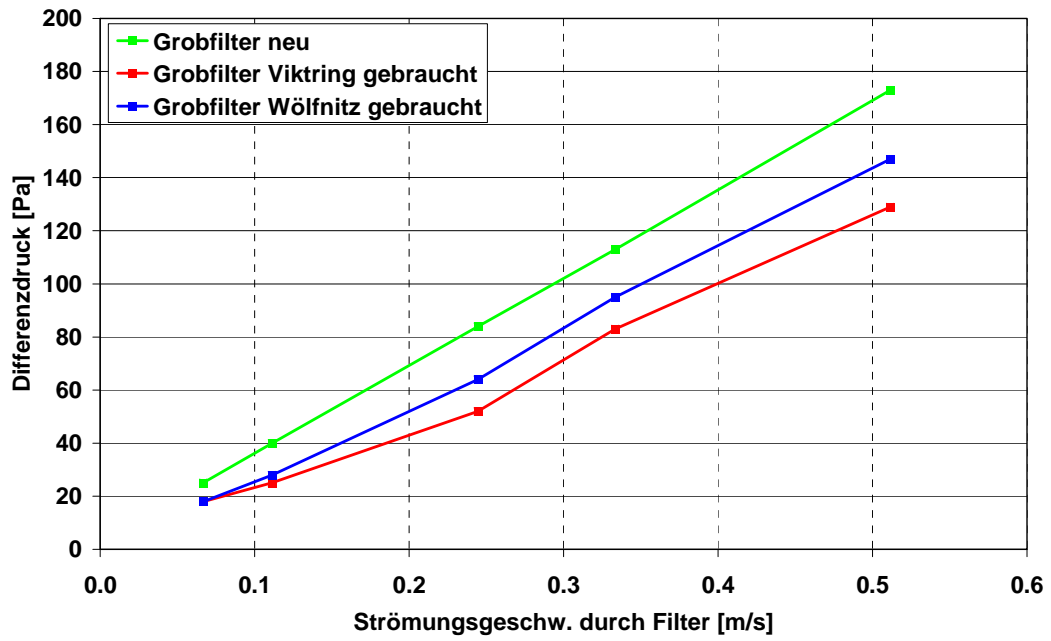


Abbildung 6: Veränderung des Differenzdrucks für das Grobstaubfilter nach mehrmonatigem Einsatz.