
Erweiterte Nutzungsmöglichkeiten eines Prüfstandes nach VDI 3926, Typ 1

**Dipl.-Ing. Jürgen Becker
Dipl.-Ing. Klaus Leister**

**Veröffentlicht in VDI Schriftenreihe,
Band 29, Januar 2000
Kommission Reinhaltung der Luft (KRdL)
im VDI und DIN Normenausschuß**

Freudenberg
Filtration Technologies



Abstract

Die VDI Richtlinie 3926 beschreibt ein Prüfverfahren zur vergleichenden Untersuchung von abreinigbaren Filtermedien, unter Berücksichtigung der Puls-Jet-Abreinigung. Bewertet wird das Langzeitfiltrationsverhalten von Filtermedien bezüglich Restdruckverlust, Zykluszeiten zwischen den Abreinigungspulsen, Staubeinlagerung ins Filtermedium und Reingas-konzentration.

Es wird der verwendete Prüfstand kurz beschrieben, welcher weitgehend dem in der VDI Richtlinie 3926 beschriebenen Typ 1 entspricht. Über das Konzept der VDI Richtlinie hinaus wurde der Prüfstand jedoch mit einem hochwertigen optischen Partikelmeßgerät und einem Staubdispersiergerät für kleine Massenströme versehen. Diese zusätzliche Ausrüstung des Prüfstands bietet über die VDI Richtlinie 3926 hinaus erweiterte Nutzungsmöglichkeiten, die besonders für die Entwicklung von Filtermedien genutzt werden.

Die VDI-Richtlinie 3926 bietet die Möglichkeit, mit drei verschiedenen Stäuben zu testen. Anhand zwei dieser vorgesehenen Teststäube, Titandioxid und Mikro-Calcilin, wird der Einfluß des Teststaubes auf das Prüfergebnis von hochwertigen Filtermedien beschrieben. Daran anschließend werden die gegenüber der VDI-Richtlinie erweiterten Nutzungsmöglichkeiten des Prüfstands beschrieben. Es sind dies die zeitabhängigen Messungen des Fraktionsabscheidegrades und des Partikeldurchtritts. Anhand von zwei vergleichbaren Filtermedien werden der Einfluß des Flächengewichts auf den Fraktionsabscheidegrad und die Partikelemissionen als Funktionen der Zeit dargestellt.

In der Praxis muß sehr oft die Frage beantwortet werden, ob ein hoher Druckverlust an einer Filteranlage durch unzureichende Abreinigung oder durch irreversiblen Druckanstieg des Filtermediums infolge von Partikeleinlagerung verursacht wird. Diese Frage ist ohne eine entsprechende Prüfmöglichkeit sehr schwierig zu beantworten. Eine weitere sinnvolle Nutzungsmöglichkeit des Prüfstands besteht daher in einer Untersuchung von bestaubten Filtermedien auf irreversible Blockade bzw. unzureichende Abreinigungseffizienz.

Die vom BIA durchgeführte Typprüfung von Filtermedien nach ZH 1/487 ist historisch bedingt am Markt gut eingeführt. Diese Prüfung berücksichtigt im Vergleich zur VDI 3926 jedoch nicht den Einfluß der Abreinigung auf den Partikeldurchtritt durch das Filtermedium. Um bei Neuentwicklungen bereits im Vorfeld die Einordnung nach ZH 1/487 abschätzen zu können, wurde der Prüfstand nach VDI 3926 für eine Simulationsuntersuchung genutzt. Es werden das Verfahren sowie erste Ergebnisse dieser Untersuchung vorgestellt.

■ Aufbau des Prüfstandes

Das Schema des für die Untersuchungen eingesetzten Prüfstandes nach VDI 3926 Typ 1 ist nachfolgend dargestellt. Der Prüfstand wurde durch einen Staubdispersiergerät für kleine Mas-

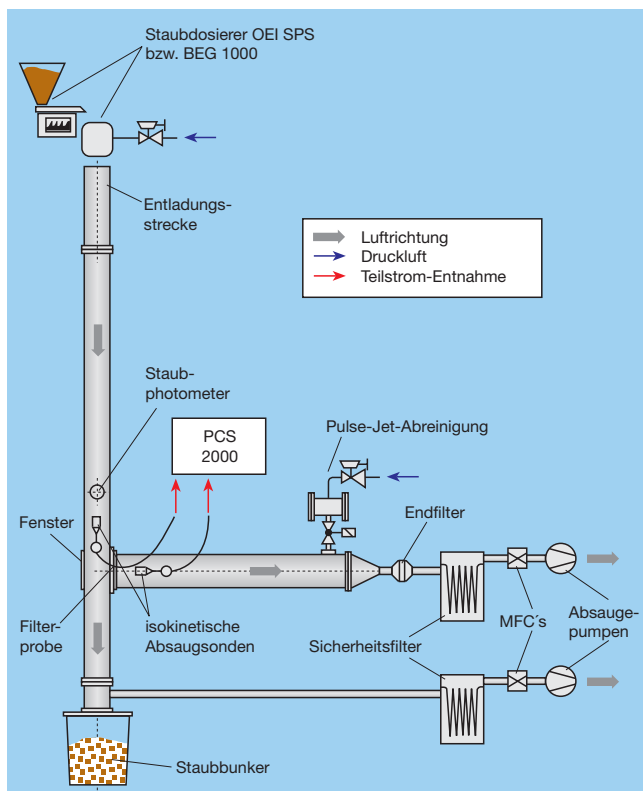


Abb.1 Prüfstand gemäß VDI 3926, Typ 1

senströme sowie einen optischen Partikelzähler aufgewertet. Durch diese erweiterte Messtechnik kann der Prüfstand für weitergehende Untersuchungen, wie fraktionelle Trenngadmessungen und Partikeldurchtrittsmessungen während der Abreinigung, genutzt werden.

Neben den filtertechnischen Untersuchungen gemäß der VDI 3926 geben diese erweiterten Untersuchungen wichtige Informationen für die Entwicklung von Filtermedien.

■ Einfluß des Teststaubes bei der Filterprüfung gemäß VDI 3926

In der VDI 3926 sind drei unterschiedliche Teststäube zur Prüfung von Filtermedien vorgesehen. Die Auswahl des Teststaubes beeinflusst sehr stark das Ergebnis der Untersuchung. Zwei der beschriebenen Teststäube sind Mikro-Calcilin und Titandioxid. Die nachfolgend gezeigten Ergebnisse basieren auf Untersuchungen mit diesen zwei Stäuben.

Im Vergleich zu Mikro-Calcilin ist Titandioxid ein Teststaub, der aufgrund seiner Partikelfinheit und seiner Agglomerationsneigung geringste Unterschiede im Filtrationsverhalten von Filtermedien deutlich macht. Bei einfachen, unbeschichteten Filtermedien können bei Verwendung von Titandioxid die Zykluszeiten sehr kurz werden, so daß die Auswertung der Ergebnisse schwierig wird. Mikro-Calcilin hingegen ist ein Teststaub, der bei einfachen Filtermedien sehr gute Ergebnisse liefert. Bei hochwertigen Filtermedien ist es jedoch möglich, daß Unterschiede im Filtrationsverhalten nicht deutlich werden. Im nachfolgenden wird der Einfluß des Teststaubes auf Restdruckverlust, Staubeinlagerung und Zyklusdauer beispielhaft anhand von drei hochwertigen PTFE-beschichteten Filtermedien dargestellt.

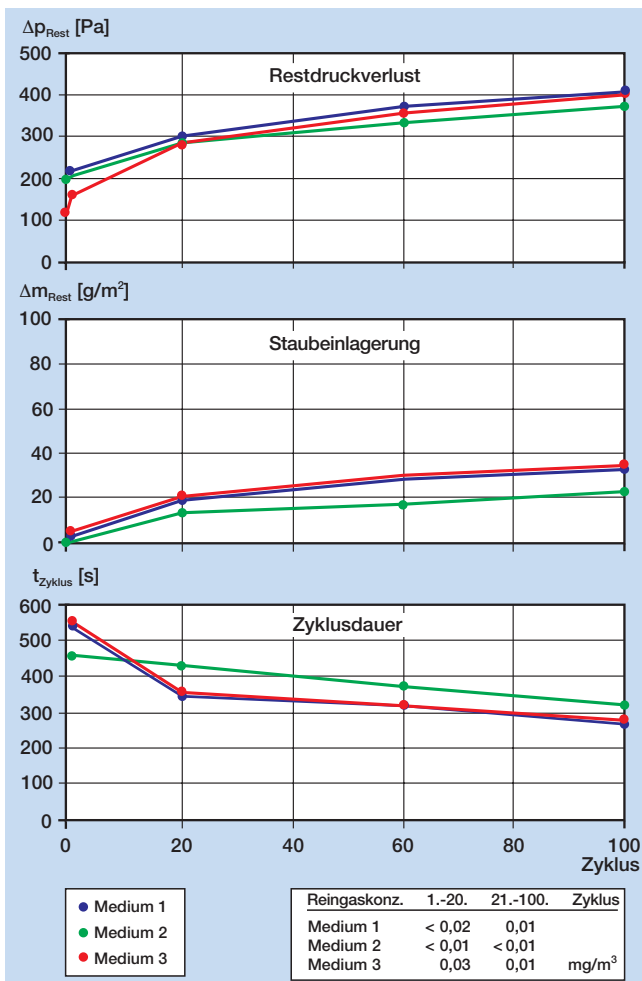


Abb.2 Prüfung von drei Filtermedien mit Mikro-Calcilin gemäß VDI 3926

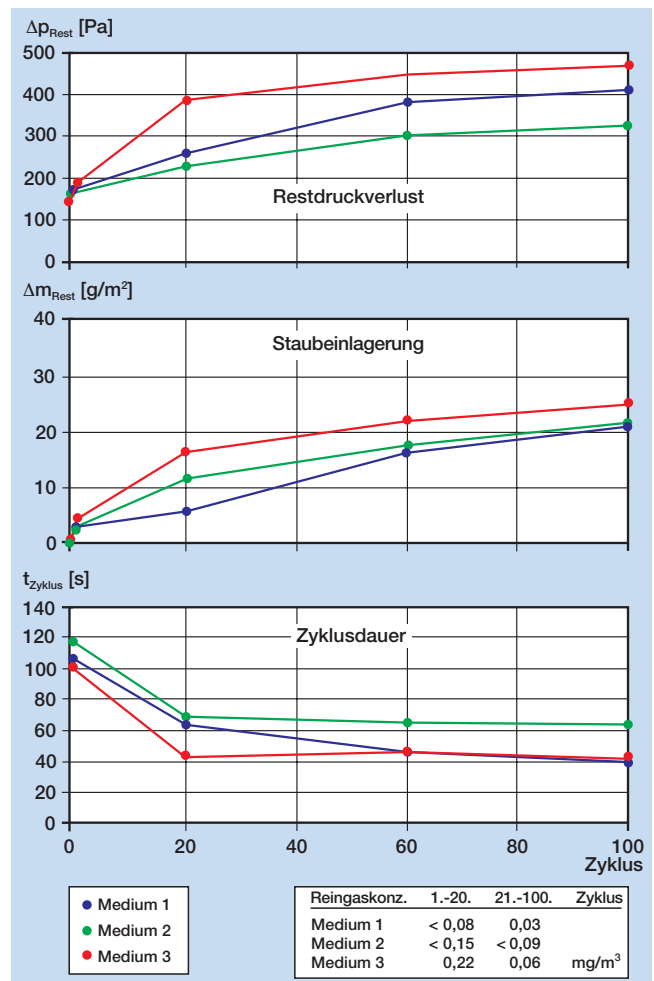


Abb.3 Prüfung von drei Filtermedien mit Titandioxid gemäß VDI 3926

Bei der Prüfung mit Mikro-Calcilin (Abbildung 2) zeigen sich beim Restdruckverlust keine größeren Unterschiede zwischen den drei Filtermedien. Bei der Betrachtung der Staubeinlagerung und Zyklusdauer zeigen zwei Medien sehr ähnliches Verhalten, während bei einem Medium Unterschiede deutlich werden. Diese Ergebnisse lassen sich unterschiedlich interpretieren:

1. Die Unterschiede zwischen den getesteten Filtermedien sind sehr gering
2. Die Prüfbedingungen sind nicht geeignet, Unterschiede zu erkennen

Um die Aussagen abzusichern, wurden die Filtermedien mit Titandioxid getestet. Die Ergebnisse sind in der Abbildung 3 dargestellt.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den drei Filtermedien. Die leichten Tendenzen, die bei der Prüfung mit Mikro-Calcilin erkennbar sind, werden durch die Prüfung mit Titandioxid verstärkt. Die nach dem Test mit Mikro-Calcilin mögliche Annahme, daß die Unterschiede zwischen den getesteten Filtermedien sehr gering sind, läßt sich nach dem Test mit Titandioxid nicht bestätigen.

Eine Verschärfung der Testbedingungen kann durch unterschiedliche Maßnahmen erreicht werden. Eine Maßnahme ist der zuvor beschriebene Wechsel des Teststaubs bei ansonsten gleichen Filtrationsbedingungen. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, bei gleichem Teststaub die Filterflächenbelastung zu erhöhen.

Aus den dargestellten Ergebnissen läßt sich schließen, daß direkte Vergleiche zwischen verschiedenen Messungen nur möglich sind, wenn alle Prüfparameter gleich sind.

■ Messung des Fraktionsabscheidegrades (Trenngrad)

Mit dem in der Abbildung 1 dargestellten Prüfstand sind über die Messungen nach VDI 3926 hinaus weitergehende Untersuchungen von Filtermedien möglich. Eine dieser Untersuchungen ist die Messung des Fraktionsabscheidegrades von Filtermedien. Möglich wird dies durch den Einsatz eines geeigneten optischen Partikelzählers sowie eines angepaßten Staubdosierers für kleine Massenströme. Damit ist der Prüfstand über die Nutzung für abreinigbare Filtermedien hinaus auch für die Untersuchung von Speicherfiltermedien einsetzbar.

Der Fraktionsabscheidegrad eines Filtermediums beeinflusst die resultierende Reingaskonzentration. Dies gilt sowohl für Oberflächenfiltermedien als auch für Tiefenfiltermedien. Bei Oberflächenfiltern wird der Abscheidegrad jedoch sehr stark von dem sich bildenden Filterkuchen beeinflusst.

Die Abbildung 4 zeigt den Fraktionsabscheidegrad als Funktion der Zeit bei zwei Filtermedien. Die Filtermedien sind in ihrer Struktur sehr ähnlich, sie unterscheiden sich im wesentlichen durch unterschiedliches Flächengewicht und Dicke.

Medium A	PES-Faservlies, thermisch gebunden, 300 g/m², Dicke 0,55 mm
Medium B	PES-Faservlies, thermisch gebunden, 125 g/m², Dicke 0,22 mm

Die Diagramme zeigen sehr eindrucksvoll den Einfluß des Staubkuchens und des Flächengewichtes auf den Fraktionsabscheidegrad.

Die Trenngrade und Filterwiderstände beider Filtermedien unterscheiden sich zu Beginn der Filtrationsphase recht deutlich. Bei der Partikelgröße 1 µm besitzt Medium A einen Abscheidegrad von etwa 85% bei 75 Pa, während Medium B bei etwa 50% und 28 Pa liegt.

Im Verlauf der Filtration steigen sowohl die Abscheideleistung als auch der Filterwiderstand an. Abscheideleistung und Filterwiderstand beider Filtermedien liegen nach 1 Stunde auf etwa gleichem Niveau. Dies bedeutet, daß die Abscheideleistung nicht mehr durch das Filtermedium, sondern im wesentlichen durch den aufgebauten Filterkuchen beeinflusst wird.

Die Messung des Trenngrades als Funktion der Zeit ermöglicht Rückschlüsse auf Filterkuchenaufbau und Reingaskonzentration und ist somit auch für die Entwicklung von Oberflächenfiltern eine wichtige Meßgröße.

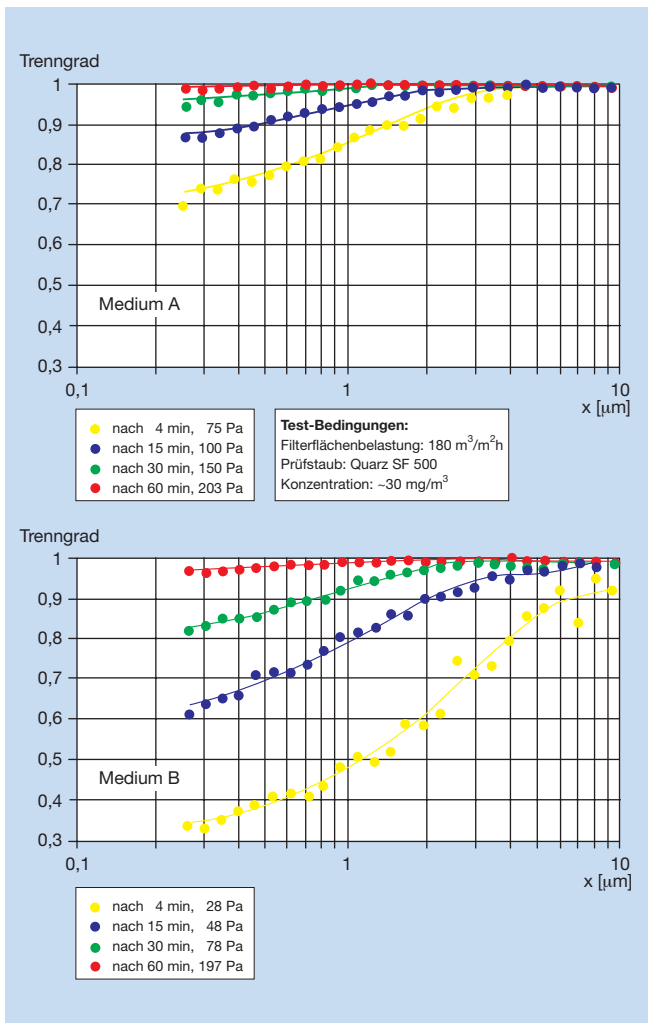


Abb.4 Messung des Trenngrades von Filtermedien als Funktion der Zeit

Messung des Partikeldurchtritts während der Abreinigung

Mit dem Prüfstand nach VDI 3926 wird die Reingaskonzentration gravimetrisch ermittelt. Dazu wird der Reingasstrom durch ein Absolutfilter geleitet und die Gewichtsänderung des Absolutfilters über der Versuchszeit ermittelt. Der gemessene Wert der Reingaskonzentration ist ein integraler Meßwert, der kaum Rückschlüsse auf den zeitlichen Verlauf der Reingaskonzentration zuläßt.

Bei Puls-Jet abgereinigten Filtern steigt die Reingaskonzentration bekanntlich unmittelbar nach dem Abreinigungsimpuls deutlich an. Diese sprunghaften Anstiege der Reingaskonzentration können nur mit on-line Messgeräten gemessen werden. Die Abbildung 5 zeigt den zeitlichen Verlauf des Partikeldurchtritts durch zwei verschiedene Filtermedien. Die Medien wurden im vorangehenden Kapitel bereits beschrieben. Als Meßgerät wurde ein optischer Partikelzähler eingesetzt, der in Reihenmessungen die Partikelzahlen und Partikelgrößen im Reingas ermittelt hat.

Die blaue Kurve zeigt die im 5-Sekunden-Takt gemessenen Peakwerte der Partikelzahlen, während die eingezeichneten Punkte mit der grünen Trendlinie das Integral der Partikelzählrate darstellt, also die Gesamtzahl der Partikel pro Abreinigungspuls.

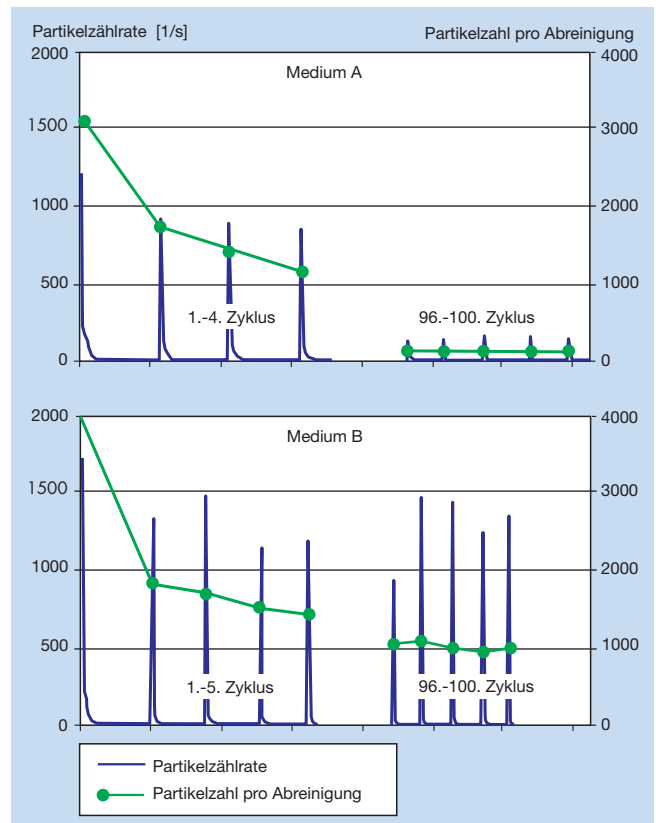


Abb.5 Partikeldurchtritt während der Abreinigung

Keine Berücksichtigung findet in dieser Darstellung die Partikelgrößenverteilung als Funktion der Zeit.

Bei beiden Filtermedien ist erkennbar, daß der Partikeldurchtritt durch den Abreinigungsimpuls ausgelöst wird, wobei der Partikeldurchtritt im wesentlichen durch zwei zeitlich versetzte Effekte verursacht wird. Zunächst führt die mechanische Beanspruchung des Filtermediums zum Partikeldurchtritt. Durch den Abreinigungspuls wird der Filterkuchen ganz oder teilwei-

se entfernt. Danach tritt der in den Abbildungen 3 und 4 beschriebene Effekt ein, daß Partikel aufgrund des fehlenden Filterkuchens das Filtermedium solange penetrieren, bis ein schützender Staubkuchen den Partikeldurchtritt wieder verhindert.

Es ist weiterhin auffallend, daß der Peakwert der Partikelzahl beim zweiten Puls deutlich unterhalb des ersten Wertes liegt, bei Medium B kleiner 50%. Der Peakwert des Partikeldurchtritts sinkt danach langsamer und hat sich bei beiden untersuchten Medien nach 100 Abreinigungszyklen auf konstantem Niveau stabilisiert. Die Entwicklung des recht unterschiedlichen Langzeitverhaltens beider Medien ist bei reiner Betrachtung der ersten Peakwerte nicht voraussehbar. Die im Langzeitbetrieb zu erwartende Reingaskonzentration ist somit in erster Linie eine Funktion des Peakwertes pro Abreinigungspuls und der Pulsfrequenz. Die Höhe des Peakwertes hängt wie gezeigt vom Filtermedium ab, jedoch sicher auch von der Intensität des Abreinigungspulses und den Staubeigenschaften.

Für den Betreiber von Filteranlagen bedeutet dies, daß die resultierende Reingaskonzentration bei konstanten Abreinigungsbedingungen sehr einfach gesenkt werden kann, indem die Pausenzeiten zwischen den Abreinigungsimpulsen verlängert werden. Eine weitere sinnvolle Maßnahme ist die Umstellung von zeitgesteuerter Abreinigung auf Differenzdrucksteuerung, da unnötige Abreinigungspulse vermieden werden können.

■ Prüfung von Filtermedien auf irreversible Blockade

Wie im vorhergehenden Kapitel beschrieben wurde, führt der Abreinigungsimpuls zu einem erhöhten Partikeldurchtritt durch das Medium und damit auch zu einer Einlagerung von Partikeln in das Filtermaterial.

Dieser Effekt ist sehr gut im Diagramm 5 erkennbar. Die starke Reduzierung des Partikeldurchtritts zwischen erstem und zweitem Abreinigungsimpuls ist auf eine Partikelanlagerung und Einlagerung in der oberflächennahen Faserschicht des Filtermediums zurückzuführen.

Auch wenn bei Filtermedien für Oberflächenfiltration die Abscheidung der Partikel an der Oberfläche des Filtermediums stattfinden soll, läßt sich eine Partikeleinlagerung nie vollständig verhindern. Der Umfang der Partikeleinlagerung ins Filtermedium hängt von verschiedenen Faktoren ab, z.B. Staubeigenschaften, Oberflächenbeschaffenheit und Struktur des Filtermediums (Faserstruktur, Porenradienverteilung), Intensität und Häufigkeit der Abreinigung, Steuerung der Abreinigung (zeitgesteuert, bzw. differenzdruckgesteuert).

Die Partikeleinlagerung in das Filtermaterial führt aufgrund eines erhöhten Durchströmungswiderstandes langfristig zu einem Anstieg des Filterwiderstands. Nicht jeder erhöhte Filterwiderstand in einer Filteranlage ist jedoch auf eine irreversible Blockade des Filtermediums, bedingt durch Staubeinlagerung in das Filtermedium, zurückzuführen.

Weitere mögliche Ursachen sind:

- ▶ Unzureichende Intensität der Abreinigung und damit ein nicht abgereinigter Filterkuchen
- ▶ Refiltration des Staubes bei online-Abreinigung aufgrund zu hoher Auftriebsgeschwindigkeit bzw. einem sehr rieselfähigem Staub

Für die Bewertung der Ursache von hohen Filterwiderständen in Filtrationsanlagen ist es daher wichtig zu wissen, ob der Filterwiderstand durch irreversible Blockade des Filtermediums verursacht wird oder ob andere Einflüsse wirksam sind.

Der Prüfstand nach VDI 3926 kann für die Untersuchung von bestaubten Filtermedien auf irreversible Blockade genutzt werden. Dazu wird das zu untersuchende Filtermedium eingespannt und die Differenzdruckkurve als Funktion der Filterflächenbelastung aufgenommen. Anschließend wird definiert mit hoher Intensität abgereinigt und die Differenzdruckkurve wiederholt. Die Differenz beider Druckkurven im Vergleich zur Differenzdruckkurve des neuen Filtermediums liefert Informationen zum Durchströmungswiderstand des Filtermediums. Diese schnelle Untersuchungsmethode hilft somit, die Gründe für hohen Filterwiderstand von Filteranlagen herauszufinden.

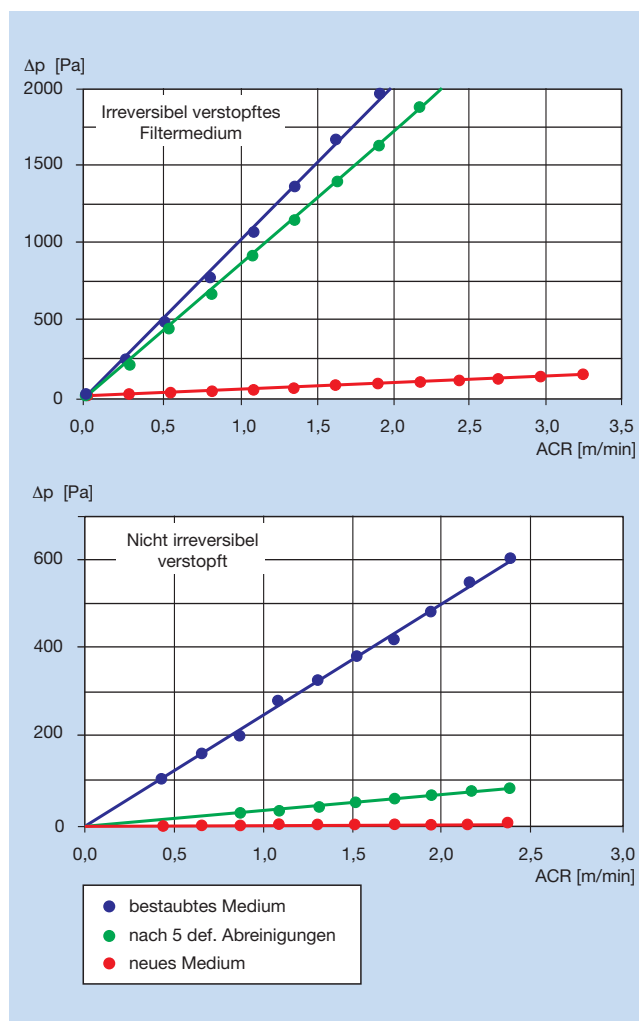


Abb.6 Prüfung von Filtermedien auf irreversible Blockade

Im oberen Teil der Abbildung 6 ist ein Fall dargestellt, bei dem das Filtermaterial blockiert ist. Der Druckverlust läßt sich selbst durch fünfmalige offline-Abreinigung nur unwesentlich reduzieren. Dem gegenüber ist im unteren Diagramm ein Fall dargestellt, bei dem durch die definierte Abreinigung der Druckverlust deutlich reduziert wird. Das Filtermedium ist nicht irreversibel blockiert; der hohe Filterwiderstand in der Filteranlage hat somit andere Ursachen.

Abbildung 7 zeigt Differenzdruckkurven von Filtermedien, die zu unterschiedlichen Betriebszeiten einer Filteranlage entnommen wurden. Die Druckverlustreduzierung durch die Abreinigung ist bei beiden Prüfungen etwa gleich. Der Differenzdruck-

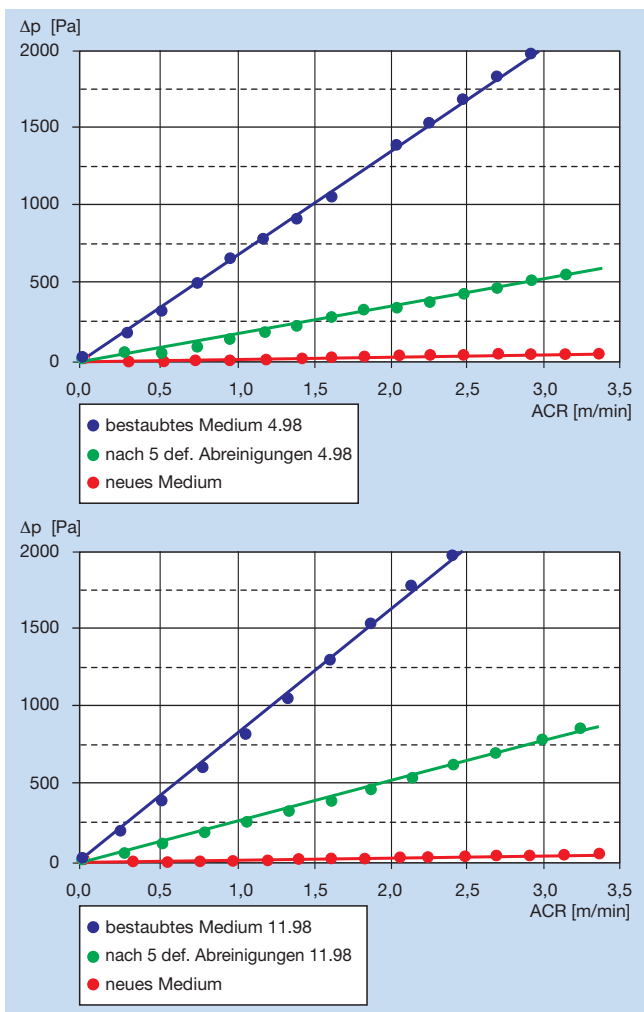


Abb.7 Prüfung von Filtermedien auf irreversible Blockade

anstieg der Filteranlage ist in diesem Fall durch einen Differenzdruckanstieg des Filtermediums verursacht, bedingt z.B. durch zu häufige Abreinigungsimpulse.

■ Simulationsprüfung zur BIA-Typprüfung nach ZH 1/487

In Filteranlagen, die im Geltungsbereich der gültigen Bundes-Immissionsschutz-Verordnung (BImSchV) betrieben werden sollen, kommen in der Regel Filtermedien zum Einsatz, die vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitsschutz (BIA) nach der ZH 1/487 geprüft und somit in die entsprechende Verwendungskategorie eingeordnet wurden.

Die Prüfung von Filtermedien nach ZH 1/487 hat historisch bedingt am Markt eine große Bedeutung, da dies der erste standardisierte Test zur Bewertung des Partikeldurchtritts von Filtermedien war. Selbst für den Fall, daß Filteranlagen im Emissionsbetrieb gefahren werden und die BImSchV somit nicht gilt, fordern die Betreiber und Hersteller der Filteranlagen sehr oft die vom BIA durchgeführte Typprüfung (ZH 1/487).

Da die vom BIA durchgeführte Typprüfung sehr oft gefordert wird, wurde bei der Freudenberg Vliesstoffe KG eine Möglichkeit gesucht, die Einstufung in die Verwendungskategorien nach ZH 1/487 durch eine schnelle Simulationsprüfung abzuschätzen und somit die Entwicklungszeit für neue Filtermedien zu verkürzen.

Die Simulationsprüfung wird an dem in Abbildung 1 beschriebenen Prüfstand durchgeführt, wobei für die Staubdosierung

der zusätzliche Dosierer für kleine Massenströme verwendet wurde. Die Abbildung 8 gibt einen tabellarischen Überblick über Prüfbedingungen der BIA-Typprüfung sowie der Simulation am VDI-Prüfstand.

Die Prüfung von Filtermedien nach ZH 1/487 wird an neuen Filtermedien durchgeführt. Der Einfluß der Abreinigung auf den Partikeldurchtritt wird hier **nicht** berücksichtigt. Der Partikeldurchtritt folgt somit dem in Abbildung 4 dargestellten Verhalten. Mit anwachsendem Filterkuchen ändern sich Partikelgrößenverteilung und Konzentration im Reingas. Das vom BIA eingesetzte Meßgerät ist ein Extinktionsphotometer, dessen Meßsignal bei **konstanter** Partikelgrößenverteilung eine eindeutige Zuordnung zur Konzentration liefert.

	BIA-Typprüfung (ZH 1/487)	Simulation am VDI-Prüfstand
Filterflächenbelastung	200 m ³ /m ² h	200 m ³ /m ² h
Prüfstaub	Quarz	Quarz SF 500
Aerosol-erzeugung	90% der Partikel mit 0,2 µm < x < 2 µm	90% der Partikel mit 0,2 µm < x < 1,5 µm X _{50,0} ≈ 0,4 µm
Staub-konzentration	(200 ± 20) mg/m ³	(200 ± 20) mg/m ³
Probefläche, Probeform	100 cm ² , Ronde	154 cm ² , Ronde
Bestäubungs-dauer	1h	1h
Auswerte-verfahren	Extinktions-photometer	gravimetrisch
Ergebnis	Kategorie U, S, G, oder C	Prognose auf Kategorie

Abb.8 Simulation der BIA-Typprüfung am VDI-3926-Prüfstand (Parameter)

Abbildung 9 zeigt den Vergleich der Ergebnisse zwischen der BIA-Typprüfung nach ZH 1/487 sowie der Simulation am VDI-Prüfstand. Der nicht-lineare Verlauf der Korrelationskurve ist sicherlich sowohl auf die unterschiedliche Meßtechnik zurückzuführen als auch auf die zuvor beschriebene Abhängigkeit eines Photometers von Partikelgrößenverteilung und Konzentration.

Da bei der Prüfung nach ZH 1/487 keine Abreinigung erfolgt, wird nur das Anfangsfiltrationsverhalten für die Bewertung der Filtermedien zugrunde gelegt. Die in Abbildung 5 dargestellten Einflüsse des Abreinigungsimpulses auf den Partikeldurchtritt durch das Filtermedium und somit auf die Reingaskonzentration werden nicht berücksichtigt.

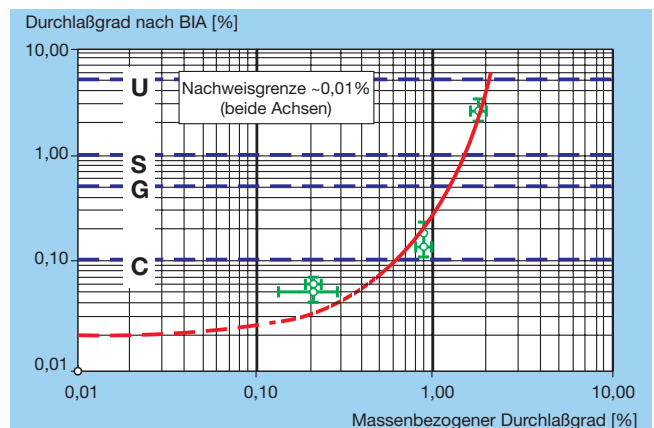


Abb.9 Korrelation zwischen Durchlaßgrad nach BIA und massebezogenem Durchlaßgrad

■ Zusammenfassung

Die Prüfung von abreinigbaren Filtermedien gemäß der VDI-Richtlinie 3926 liefert wichtige Vergleichsdaten bezüglich des Langzeitfiltrationsverhaltens unter Abreinigungsbedingungen. Ermittelt werden die zeitlichen Verläufe von Druckverlust, Zykluszeiten, die gravimetrisch ermittelten Werte von Staubeinlagerung ins Filtermedium und die Reingaskonzentration.

Je hochwertiger die zu prüfenden Filtermedien sind, desto schärfer müssen die Prüfbedingungen sein, um Unterschiede zwischen den Filtermedien festzustellen. Schärfere Prüfbedingungen können sowohl durch die Verwendung eines schwieriger zu filtrierenden Teststaubes als auch durch Verschärfung der Prüfbedingungen, wie Erhöhung der Filterflächenbelastung, erreicht werden.

Für den Anwender eines Prüfstandes gemäß VDI 3926 ist die Vielzahl der Variationsmöglichkeiten wichtig, da dies die schnelle anwendungstechnische Bewertung von abreinigbaren Filtermedien ermöglicht.

Durch die Erweiterung des Prüfstandes mit angepaßter Partikelmeßtechnik und angepaßtem Staubdosierer ergeben sich weitergehende Nutzungsmöglichkeiten, die besonders für die Entwicklung von Filtermedien Bedeutung haben:

- ▶ Messung der Partikelgrößenverteilung von Stäuben
- ▶ Fraktionsabscheidegrad als Funktion der Beladung

- ▶ Partikeldurchtrittsmessungen als Funktion der Zeit (Anzahl- und Größenverteilung)
- ▶ Simulationsprüfung zur BIA-Typprüfung (ZH 1/487)

Neben den zuvor beschriebenen Nutzungsmöglichkeiten kann der Prüfstand nach VDI 3926 sehr einfach für die Prüfung von Filtermedien auf irreversible Blockade genutzt werden. Diese Prüfung ist aufschlussreich, wenn es herauszufinden gilt, ob ein hoher Filterwiderstand durch Blockade des Filtermediums hervorgerufen wird oder ob andere Gründe dafür verantwortlich sind. Dies ist besonders dann interessant, wenn ein Austausch der Filterelemente mit hohen Wechselkosten verbunden ist.

Für den Anwender eines erweiterten Prüfstandes gemäß Abbildung 1 ergeben sich gewichtige Vorteile:

- ▶ Schnelle und sichere anwendungstechnische Bewertung von Filtermedien
- ▶ Schnelle Ermittlung von filtertechnisch relevanten Messdaten
- ▶ Schnelle und anwendungstechnisch sichere Entwicklung von Filtermedien

Die Möglichkeiten, die der zuvor beschriebene erweiterte Prüfstand nach VDI 3926 bietet, sowie das damit zu gewinnende Wissen um die filtertechnischen und anwendungstechnischen Zusammenhänge schaffen eine Grundlage, um in einem starken Wettbewerbsmarkt erfolgreich zu sein.