

Zeitschrift:	Plan : Zeitschrift für Planen, Energie, Kommunalwesen und Umwelttechnik = revue suisse d'urbanisme
Herausgeber:	Schweizerische Vereinigung für Landesplanung
Band:	35 (1978)
Heft:	12
Artikel:	Hochleistungs-Schwebstofffilter
Autor:	Zwanzig, Wilfried
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-782559

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 13.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Hochleistungs-Schwebstofffilter

**Von Wilfried Zwanzig, Deggendorf,
Bundesrepublik Deutschland**

Die Feinstreinigung von grossen Gasströmen mit hoher Staubbeladung wird durch die Anwendung eines asymmetrischen Schwebstofffilters möglich, das während des Betriebes laufend abgereinigt werden kann. In Verbindung mit einer fortschrittlichen Anwendungstechnik konnte der Schritt zur grosstechnischen Einsatzreife vollzogen werden.

1. Problemstellung

Die Notwendigkeit, Gase von Feinstäuben zu befreien, stellt sich dem Beobachter unserer Industrielandschaft als sichtbares Dunstphänomen in der Atmosphäre, dem Chemiker oder Ingenieur als zwingendes Element eines verfahrenstechnischen Prozesses und dem Mediziner oder Forscher in Klinik und Labor als Voraussetzung für verantwortungsvolles Arbeiten dar. Die hier angesprochenen Feinstäube sind solche mit einem Korndurchmesser $<1 \mu\text{m}$. Darunter fallen Ölräuch, Zinkoxidrauch, Russ, Tabakrauch, Farbpigmente, Kieselsäurekolloide, lungengängige Stäube, Bakterien und Viren. Die Abscheidung dieser Stoffe ist wichtig und schwierig zugleich. Wichtig für den Umweltschutz, weil der relative Feinststaubanteil in der Luft ständig zunimmt, und schwierig, weil diese Stäube sich wegen ihrer geringen Korngewichte und der relativ grossen angreifenden Gaswiderstandskräfte nur sehr langsam oder überhaupt nicht absetzen. Grob gesprochen verteilen sich die Korndurchmesser von Staubteilchen in unserer atmosphärischen Luft wie folgt: Gewichtsmässig sind 75 % der Staubmasse $>1 \mu\text{m}$, anzahlmässig sind 99 % der Staubteilchen $<1 \mu\text{m}$.

2. Konventionelle Entstaubungstechniken

Die konventionelle Apparatetechnik der Schwerkraft- und Fliehkräftestauber versagen bei dieser Problemstellung völlig. Waschentstauber machen das Luftsäuberungsproblem

zu einem Wassersäuberungsproblem. Auch Elektroentstauber sind häufig ungeeignet, einmal weil erstens die abzuseidenden Stäube einen in gewissen Grenzen liegenden spezifischen elektrischen Widerstand aufweisen müssen, und zweitens, weil die Feuer- und Explosionsgefahr vieler Gas- und Staubgemische enge Sicherheitsgrenzen ziehen.

Filtrationsentstauber auf der Basis klassischer Gewebefilter (Schlauch-, Taschenrahmenfilter) sind nur für grössere Stäube geeignet, da sie von der Sieb- oder Gitterwirkung des Gewebes leben. Ihr Vorteil ist die Möglichkeit zur Abreinigung, da die Staubteilchen sich vor allem auf der Gewebeoberfläche ablagern. Für die Feinststaubfiltration geringer Gas- und Staubmengen werden seit vielen Jahren Faser- oder Vliesfilter eingesetzt, sogenannte Schwebstofffilter.

Eine Darstellung der Abscheidemechanismen zeigt, dass Schwebstofffilter für Feinststäube als Tiefenfilter wirken (Staublagerung nicht auf der Oberfläche), dass sie durch grosse Staubmengen bald zugesetzt werden und entweder ausgetauscht oder abgereinigt werden müssen.

3. Abreinigbare Schwebstofffilter

Die Tiefenwirkung der Schwebstofffilter und die scheinbare Unmöglichkeit ihrer Abreinigung im eingebauten Zustand waren bisher das Haupthindernis, Schwebstofffilter für grosse Gasmengen mit hohen Staubbeladungen – also grosstechnisch – einzusetzen. Dieses Hindernis ist vor drei Jahren durch die erfolgreiche Entwicklung eines neuartigen Schwebstofffilters beseitigt worden, das während des Betriebes, also ohne Ausbau aus dem Filtergehäuse, abgereinigt werden kann. Das besondere Kennzeichen dieses Filters ist seine Asymmetrie: Das in einem Kasten zickzackförmig gefaltete Filtervlies hat zur Staubseite hin breitere Öffnungen als zur Reinseite, dadurch und wegen ihrer geringen Anströmgeschwindigkeit ($V_L \sim 1 \text{ cm/S}$) werden die

Stäube nur locker angelagert. Die gesamte Filterkapazität ist in Segmente aufgeteilt, die bei der Abreinigung durch entsprechende Klappen druckfrei gehalten werden können. Die Abreinigung erfolgt von oben reingasseitig mit Pressluft. Währenddessen filtern die übrigen Segmente weiter, der kontinuierliche Entstaubungsprozess wird nicht unterbrochen.

Ein kurzes vergleichendes Beispiel verdeutlicht die Konsequenzen dieser Innovation: Die Atmosphäre in ländlicher Gegend enthält Stäube mit $C \sim 0,2 \text{ mg/m}^3$. Ein typisches Schwebstofffilter mit den Abmessungen $610 \times 610 \times 292 \text{ mm}$ hat etwa eine Speicherfähigkeit von 1 kg Feinststaub. Dieser Wert hängt stark von der Staubart und dem Filterdruckverlust ab, den man bis zum Austausch oder zur Abreinigung toleriert ($\Delta P_{zul} = 500 \text{--} 1500 \text{ Pa}$). Ein übliches Luftstromvolumen durch eine solche Zelle beträgt $2000 \text{ m}^3/\text{h}$. Daraus ergibt sich eine Standzeit des Filters von $t_s = 2500 \text{ Stunden} = 0,3 \text{ Jahre}$.

Beträgt dagegen die Staubbeladung der zu reinigenden Luft $C = 10 \text{ g/m}^3$, dann reduziert sich die Filterstandzeit auf $t_s = 3 \text{ Minuten}$. Ein nicht während des Betriebes abreinigbares Schwebstofffilter müsste also unter solchen Einsatzbedingungen laufend ausgebaut und erneuert werden.

4. Leistungstest

Dieses neue Filter mit entsprechenden apparatetechnischen Begleitmassnahmen schliesst die Lücke zwischen der Reinraumtechnik (Kennzeichen: Feinststäube geringer Konzentration in relativ kleinen Gasmengen) und den grossen technischen Erfordernissen (Feinststäube hoher Konzentration in grossen Gasmengen).

Folgendes Testbeispiel beweist dies: Titandioxid-Pigment mit einem Kornverteilungsmaximum von $d = 2 \mu\text{m}$ wurde in einem zweistufigen Prozess gefiltert. Die Rohgasbeladung betrug $C_1 = 10 \text{ g/m}^3$ bei einer Gasmenge von $2000 \text{ m}^3/\text{h}$. Bereits nach der ersten

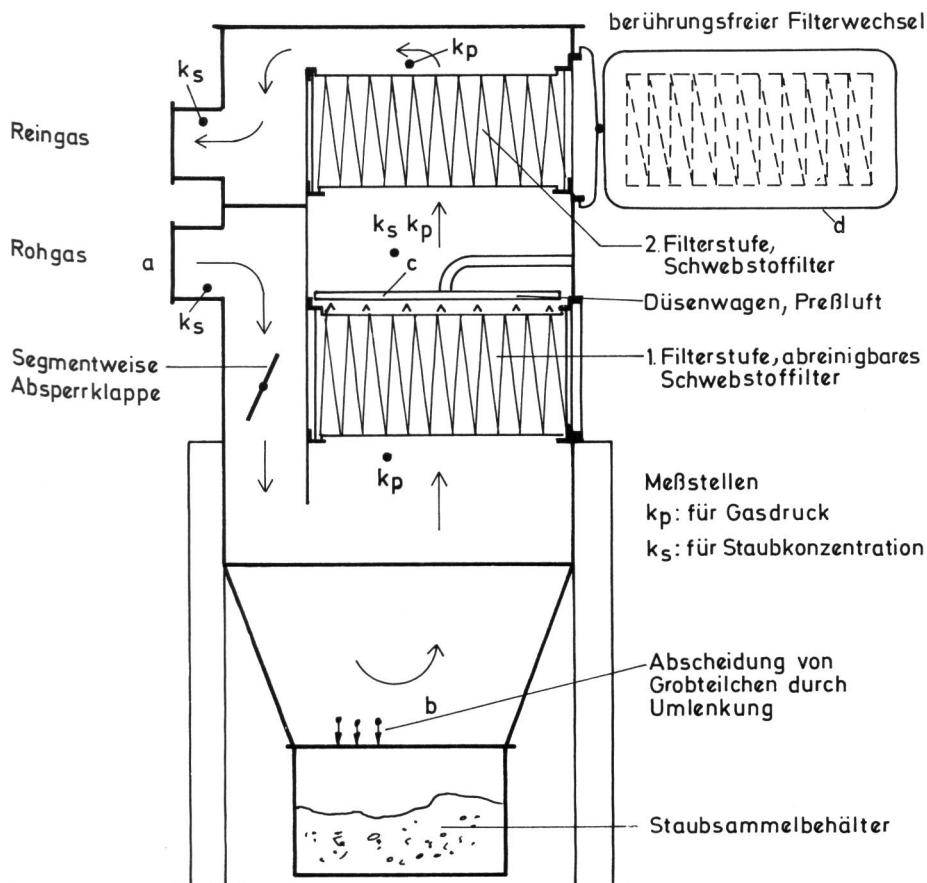


Abb. 1. Filteranlage zur Feinstfiltration von Gasen mit hoher Staubbeladung.

Stufe (ausgerüstet mit dem neuartigen Schwebstofffilter mit Abreinigung) wurde eine Reingasbeladung von $C_2 = 50 \cdot 10^{-6} \text{ g/m}^3$ erreicht bei einer Luftgeschwindigkeit im Filter von $V_L = 1 \text{ cm/s}$. Dies entspricht einem Entstaubungsgrad von $D = 0,0005\%$ (Durchlassgrad). Nach der zweiten Filtrationsstufe (ausgerüstet mit einem Schwebstofffilter ohne Abreinigung) betrug die Reststaubbeladung $C_3 = 10^{-7} \text{ g/m}^3$ und lag damit im Bereich der Nachweisgrenze der Messapparatur (Streulichtmessung mit einem Partikelzählgerät). Insgesamt erreichte also der zweistufige Prozess einen Gesamtdurchlassgrad $D_G = 10^{-8} = 0,000001\%$. Dieses Testbeispiel ist kein isoliert zu sehendes Laborergebnis, vielmehr liegen seit zwei Jahren Praxisergebnisse aus der Grosschemie vor.

5. Apparatetechnische Lösung

Ein leistungsfähiges Schwebstofffilter zu entwickeln, ist eine notwendige Voraussetzung für eine erfolgreiche Filteranlage, gewissermassen deren Herzstück. Genauso wichtig aber ist es, dass die begleitende Apparatetechnik praxisgerecht, sicher und wirtschaftlich ist. Das hier vorgestellte Filtersystem (Abb. 1) erfüllt diese Forderun-

gen. Problemangepasste Filtervliesmaterialien, der berührungsreie Filterwechsel, eine vollautomatische elektronische Steuerung, ein Sicherheitssystem, kompakte Bauweise, gringe Betriebskosten und nicht zuletzt eine weitgehende anwendungstechnische Anpassbarkeit des Gesamtsystems eröffnen weite Einsatzmöglichkeiten in verschiedenen Branchen.

6. Berührungsreie Filterwechsel

Toxische oder radioaktive Stäube machen den konventionellen Filterwechsel zur Gefahrenquelle, nicht nur für die mit dem eigentlichen Filterwechsel beschäftigten Personen, sondern auch für die Benutzbarkeit des Raumes, in dem die Filteranlage steht. Selbst gewöhnliche ungefährliche Stäube lassen den Filterwechsel zu einer schmutzigen, unbeliebten Arbeit werden. Die kompakten, genormten Filtereinsätze erlauben die Anwendung einer besonderen Kunststoffsackmethode, die ursprünglich für kerntechnische Zwecke entwickelt wurde. Hierbei wird die verbrauchte Filterzelle in einen Kunststoffsack gezogen, der anschliesend verschweisst wird. Die absolut dichte Befestigung des Kunststoffsackes am Filtergehäuse erfolgt über ein mit Dichtungsrollen und -bändern ver-

sehenes Wechselkragenprofil. So wird garantiert, dass weder aus der Filterzelle noch aus dem Filtergehäuse beim Wechseln Staub austreten kann. Die eigentliche Staubentleerung des Filtergehäuses wird jedoch vom Boden her vorgenommen (hier sammelt sich der Staub entweder durch Sichtung oder durch Abreinigung des Filters der ersten Stufe). Diese Staubentleerung erfolgt entweder kontinuierlich durch geeignete Fördermittel oder diskontinuierlich durch Kästen. Sowohl der Kasten als auch das Filtergehäuse können durch Schieber dicht verschlossen werden. Diese saubere Entleerungsmeethode erlaubt es, wertvolle Stäube wieder zu verwenden.

7. Vollautomatische elektronische Steuerung

Bei hohen Staubbeladungen werden die Schwebstofffiltereinsätze schnell durch Staubablagerungen zugesetzt, das Filter setzt dem Gasstrom einen hohen Widerstand entgegen, es muss abgereinigt werden. Der Zeitpunkt der Abreinigung ist gegeben, wenn die Druckdifferenz zwischen zwei Messstellen vor und nach dem Filtereinsatz einen Grenzwert, der von der Art des Staubes abhängt, überschreitet. Entsprechende Messungen werden im Zeittakt für alle Filtersegmente durchgeführt. Ist der Grenzwert in einem Segment erreicht, schliesst die Elektronik die entsprechende Klappe und der Düsenwagen reinigt das Segment mit Pressluft ab. Durch die laufende Drucküberwachung würde auch der unwahrscheinliche Fall eines Filterbruches sofort bemerkt und das Gerät abgeschaltet werden.

8. Sicherheitssystem

Der Sicherheitsbeitrag, den die elektronische Steuerung durch Drucküberwachung liefert, wurde schon angesprochen. Darüberhinaus verwirklicht dieses Entstaubungssystem für das mögliche kritische Element, den Filtereinsatz, das bewährte Prinzip: doppelt hält im Ernstfall besser. Da die beiden hintereinander geschalteten Filtereinsätze hinsichtlich ihrer Abscheideleistung vergleichbar sind, würde bei einem Bruch der ersten Filterstufe die zweite intakt gebliebene Stufe allein einen Staubdurchlassgrad von $D < 0,0005\%$ garantieren, was im allgemeinen völlig ausreicht. Bricht dagegen die zweite Stufe, so bringt die intakte erste Stufe ebenso allein den gleichen Durchlassgrad. Dies ist entscheidend, um während der kurzen Frist, bis sich die Anlage abschaltet,

einen Staubdurchtritt durch das Gesamtsystem zu verhindern. Darüber hinaus ist es möglich, das Filtergehäuse von der Rohgasseite und der Reingasseite her durch Spezialschieber, die elektronisch-pneumatisch betätigt werden, absolut dicht gegen die Umwelt abzuschliessen.

9. Raumsparende Bauweise

Gasfilter müssen oft nachträglich in bestehende Anlagen oder Gebäude eingebaut werden, weil Gesetze dies fordern oder die Staubprobleme eines Verfahrens in der Planungsphase noch nicht voll beherrscht wurden. In diesen Fällen ist der Platzbedarf der zu installierenden Filteranlage ein entscheidender Parameter. Aber auch bei Neubauten sollte ein Filtergerät neben seinen unvermeidlichen Anschaffungskosten möglichst wenig Platz verbrauchen. Der Entwicklungstrend geht deshalb fort von sogenannten Filtertürmen oder Filterhäusern hin zu den Kompaktentstaubern. Kompaktentstauber sind gekennzeichnet durch ein grosses Verhältnis von Gasdurchsatz/h zu Raumbedarf, bezogen auf einen gegebenen Entstaubungsgrad. Kompaktentstauber sind im Idealfall nicht höher als normale Industrieräume, nicht schwerer als übliche zulässige Deckennutzlasten und sind durch vorhandene Türen in den Raum einfahrbbar (Abb. 2.). Sie können am Entstehungsort der Stäube aufgestellt werden, so dass lange Leitungen mit entsprechenden Wand- oder Deckendurchbrüchen entfallen. Die hier besprochenen Filteranlagen sind kompakt in diesem Sinne. Ihren Platzbedarf verdeutlicht Tab. 1. Man sieht, dass hier ein Verhältnis Gasdurchsatz/Raumbedarf von $1000 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^3$ erreicht wird. Die Elementbauweise ist über Flanschungen in Ele-

mente zerlegbar, die durch jede Tür passen. Erwähnenswert ist, dass das Anlagenkonzept konsequent bis hinunter zum fahrbaren Industriestaubsauger durchgehalten wird.

10. Betriebskosten

Die Betriebskosten lassen sich aufteilen in die Energiekosten der Ventilatoren, Energiekosten zur Lufterwärmung bei Frischluftbetrieb, Kosten der Filterabreinigung, des Filtereinsatzes, des Überwachungs- und Wartungspersonals und der Beseitigung von Abnutzungsscheinungen an der Gesamtanlage. Die Ventilatorleistung ist bei gegebenem Gasstrom um so geringer, je geringer der Widerstand des Filtereinsatzes ist. Dieser Widerstand sinkt mit steigender aktiver Filterfläche. Mit grösserer aktiver Filterfläche wächst auch die Filterstandzeit, und zwar ungefähr quadratisch zur Filterfläche: $t_2/t_1 = (F_2/F_1)^2$. Die konventionellen Schwebstofffilteranlagen müssen deshalb mit grossen aktiven Filterflächen (geringen spezifischen Filterbelastungen) und relativ grossen Endwiderständen arbeiten, um lange Standzeiten zu erreichen. Üblich sind Werte der spezifischen Filterbelastung von $V_F = 20\text{--}50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ und des Endwiderstandes von $\Delta P_E = 700\text{--}1300 \text{ Pa}$. Ein abreinigbares Schwebstofffilter kann sowohl Filterfläche als auch Endwiderstand kleiner halten, was zu geringerem Raumbedarf und geringen Ventilatorleistungen führt. Ein solches Filter arbeitet selbst bei grossen Staubmengen noch optimal bei einer spezifischen Filterbelastung von $V_F = 100 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$, wobei ein Filterwiderstand vor der Abreinigung von $\Delta P_F = 600 \text{ Pa}$ eingehalten wird. So erklärt sich, dass eine zweistufige Schwebstofffilteranlage dieser Art nur eine spezifische

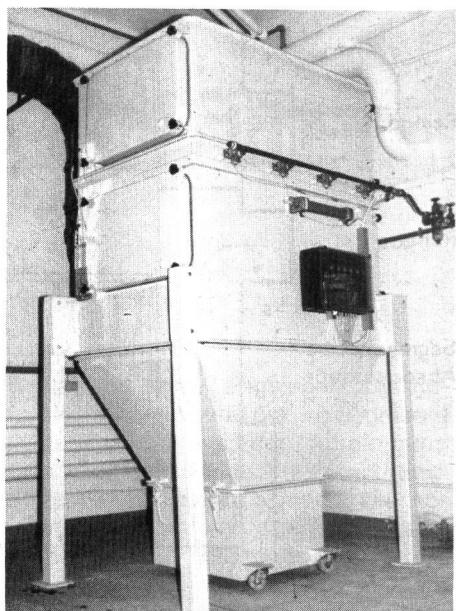


Abb. 2. ANKE-Filtersystem, Einzelentstauber PR 30.

Ventilatorarbeit von $N = 0,65 \text{ KW}/1000 \text{ m}^3$ benötigt. Zur Filterabreinigung werden pro Abreinigung von 20 m^2 aktiver Filterfläche ca. $0,5 \text{ m}^3$ Pressluft gebraucht, dies entspricht $0,01 \text{ DM}/\text{Abreinigung}$.

Die Standzeit des abreinigbaren Schwebstofffilters ist aufgrund besonderer Vliesauswahl und schonender Abreinigung äusserst lang, mehrere tausend Abreinigungszyklen werden erreicht, wie die Industriepraxis erwiesen hat. Nicht zu unterschätzen sind die Beschaffungskosten eines Schwebstofffilters und der Arbeitsaufwand zu einem sauberen Ausbau. Das neue Filtersystem bringt hier durch den berührungsfreien Wechsel erhebliche Vorteile, abgesehen davon, dass dieser Wechsel sehr viel seltener anfällt.

Zu erwähnen ist hier noch, dass der Gesamtdurchlassgrad des Filters im Bereich von $D = 10^{-8}$ einen weitgehenden Umluftbetrieb ermöglicht. Es braucht keine Frischluft durch mitunter lange Kanäle herangeführt und keine Abluft fortgeleitet zu werden. Es kostet pro Jahr (2000 Betriebsstunden) ca. 500 DM, ein Frischluftvolumen von $1000 \text{ m}^3/\text{h}$, um $\Delta t = 20^\circ \text{C}$ zu erwärmen. Die Investitionen für die anteilige Heizanlage betragen 1000–3000 DM. Mit diesen ersparten Beträgen werden die Betriebskosten der Filteranlage abgedeckt und auch ein erheblicher Teil ihrer Investitionskosten.

11. Anwendungstechnik

Ein wichtiges Problem von Schwebstofffiltern allgemein ist die Auswahl des richtigen Filtermaterials, beson-

Tab. 1. Apparatetypen, Masse und Leistung.

Apparatebezeichnung	Gas-durch-satz (Nm ³ /h)	Abmessungen (mm)			aktive Filter- fläche der 1. Stufe (m ²)
		B	T	-H	
Fahrstaubsauger FFS 10	1000	700 ¹	1000 ¹	ca. 1800 ¹	12 ¹
Einzelentstauber PR 15	1500	1000	750	2000	20
Einzelentstauber PR 20	2000	1000	900	2570	24
Einzelentstauber PR 30	3000	1000	1400	2570	40
Reihenentstauberelement SY 40	3000– 4000 ²	750	1750	2800	40
				3000 ³	

¹Anhaltswerte, je nach Zubehör; ²je nach Elementenanzahl; ³je nach Höhe der Staubsammelbehälter.

ders bei höheren Gastemperaturen ($T > 120^\circ\text{C}$) und bei aggressiven Gasen und Stäuben. Hinzu kommen bei abreinigbaren Filtern besondere Festigkeitsanforderungen an das Material. Für eine ganze Reihe von Stäuben und Gasen wurden für das neue Filter Materialien gefunden, die hinsichtlich Abscheidegrad und Standvermögen bei der Abreinigung im Versuch überzeugten und ihren Praxistest bestanden haben. Filtermaterialien für höhere Temperaturen sind in der Entwicklung. Zu den Ergebnissen der Anwendungstechnik dieses Verfahrens gehören die oben schon angesprochenen Techniken des berührungslosen Filterwechsels, die Steuerung, die Spezialabsperrschieber und die Auslegung des Filtergehäuses auf Unterdruck- und Überdruckbetrieb sowie auf aggressive Gase und Stäube.

Darüber hinaus kann ein Aktivkohlefilter zur Abscheidung von Geruchsstoffen und Kohlenwasserstoffen hinter die

zweite Schwebstofffilterstufe geschaltet werden. Ebenso ist die Benutzung von keimfreien Filtereinsätzen möglich.

Wichtig für den Anwender ist auch, dass bei Einfahren und Abnahme der Anlage die Staubbefüllung des Reingases nach der ersten und zweiten Filterstufe exakt nachgewiesen werden kann. Die Messung erfolgt mit einem elektronischen Partikelzählgerät nach dem Prinzip der Streulichtmessung für verschiedene Partikeldurchmesserklassen. Im Abnahmeprotokoll können so die Teilchenanzahl/m³ Gas mit der Korngrößenverteilung vermerkt werden.

12. Einsatzgebiete

Das neue Verfahren ist zunächst für ähnliche Anwendungsfälle wie das konventionelle Schwebstofffilter geeignet: Nukleartechnik, Medizin in Klinik und Versuch, biologische Forschung, Pharmazie, Präzisionsmechanik und Elektronik, Nahrungs- und Ge-

nussmittelherstellung. Für grössere Gasmengen dürfte es hier aufgrund seiner Abreinigungsmöglichkeit vielfältige Vorteile bieten. Einen echten Durchbruch im Sinne der Eröffnung neuer Dimensionen bringt es in der chemischen Industrie, wo grosse Feinststaubmengen entweder planmäßig oder als Nebenprodukt verarbeitet bzw. rückgewonnen werden müssen. Beispiele sind Mahl-, Misch- und Trocknungsorgane, Abfüll- und Sackentleerungsstationen von Staubprodukten sowie deren Weiterverarbeitung. Als Stäube werden hier nur Kieselsäure, Arsen, Amidosulfonsäure, Farbpulver, Kunstdünger und Zigarettenstaub für viele andere stellvertretend genannt.

Verkauf:
Vapor AG, Seestrasse 25,
8702 Zollikon, Telefon 01 65 41 00

Filtertechnik



Filtergewebe und Nadelfilze

- für Trocken- und Nass-Filtration
- aus allen bedeutenden Synthesefasern (inkl. NOMEX®)
- fertig konfektioniert zu:
 - Filterschlüchen, Filtertaschen
 - Trommelfilterbespannungen
 - Filterpressenbelägen
 - Filterkerzenüberzügen
- Meterware
- eigener Reparatur- und Reinigungsservice

Angst + Pfister ist alleiniger Generalvertreter der
FEZ-Austrofelt, Wien – für die Schweiz und FL

Verlangen Sie unsere Unterlagen!



Angst + Pfister
Partner in vielen Teilen

8052 Zürich · Thurgauerstrasse 66
Telefon 01 50 20 20
1219 Genève-Le Lignon
52-54, route du Bois-des-Frères
Téléphone 022 96 42 11