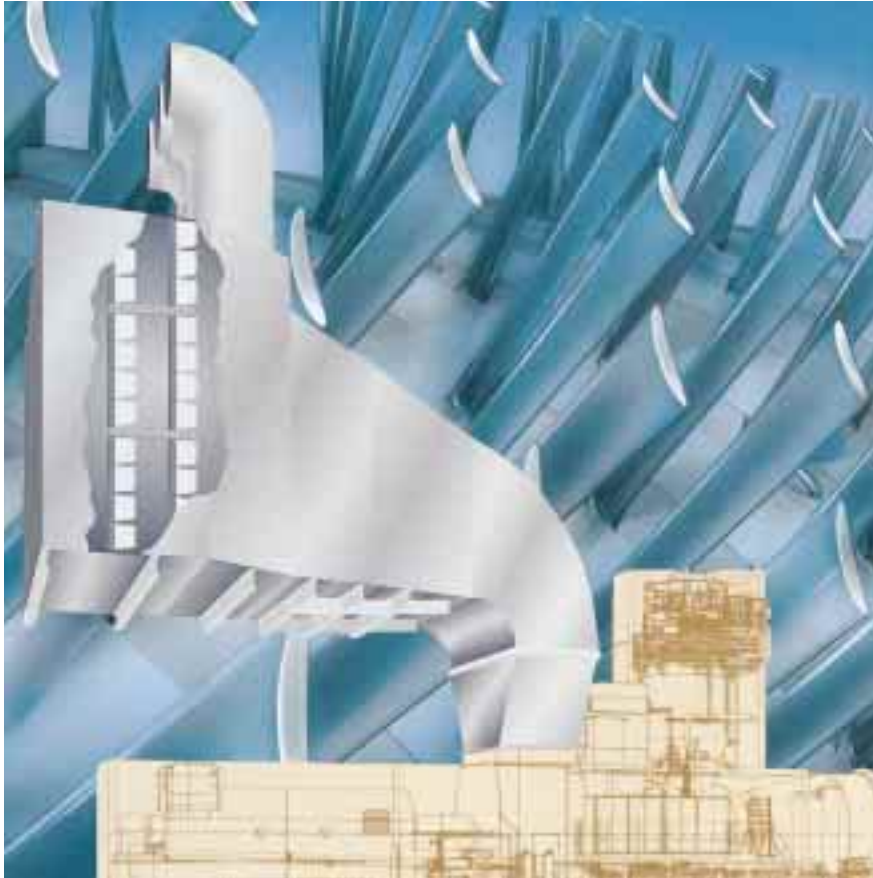


## Optimaler Wirkungsgrad für Turbomaschinen: Zuluftsysteme von Konzeption bis Installation



**viledon®**

# Die Luft

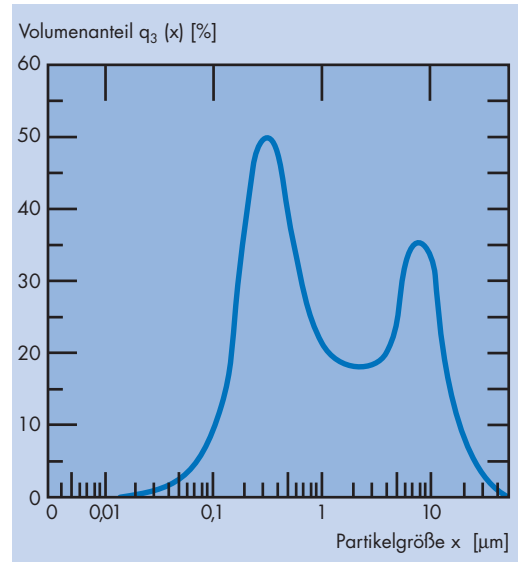
Die Außenluft ist, abhängig von Standort und Jahreszeit, mehr oder weniger stark mit Partikeln verunreinigt.

Dabei unterscheidet man grundsätzlich zwischen zwei Partikelarten:

- ▶ natürliche Partikeln, vorwiegend aus Erosionsprozessen der Erdrinde, und
- ▶ anthropogene Partikeln, die von Industrie- und Feuerungsprozessen, Verkehr u.ä. emittiert werden.

Wesentliche Parameter zur Charakterisierung verunreinigter Luft sind Partikelgrößenverteilung und Staubkonzentration. In der Grafik ist beispielhaft die Partikelgrößenverteilung normal verschmutzter Stadtluft dargestellt:

- ▶ Im Bereich  $>1 \mu\text{m}$  finden sich vorwiegend natürliche Partikeln.
- ▶ Der Bereich  $<1 \mu\text{m}$  umfaßt die anthropogenen Partikeln.



Partikelgrößenverteilung normal verschmutzter Stadtluft

Die jeweiligen Anteile dieser Bereiche sind von Ort zu Ort verschieden. Insbesondere meteorologische Einflüsse wie Nebel, Regen oder Schnee sowie Standorteinflüsse können die Partikelgrößenverteilung beeinflussen. So ist z.B. die Luft in Küstennähe mit Salz in teilweise kristalliner Form (Partikelgrößenbereich  $<2 \mu\text{m}$ ) oder gelöst in Wasser (Tröpfchen im Größenbereich von ca.  $10 \mu\text{m}$ ) belastet.

Zur Ermittlung der Staubkonzentration wird die Staubmasse pro Kubikmeter Luft gemessen. Die Staubkonzentration ist starken örtlichen und zeitlichen Schwankungen unterworfen. Die Tabelle gibt typische Mittelwerte für unterschiedliche Regionen an.

In Wüstengebieten kann die Staubkonzentration so hohe Werte erreichen, daß z.B. spezielle Vorabscheider vor den eigentlichen Filtern notwendig werden.

Region	Partikelkonzentration	Partikelgrößenbereich
Wohngebiete	0,01 - 0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,01 - 5 µm
Ländliche Gebiete	0,01 - 0,2 mg/m <sup>3</sup>	0,01 - 10 µm
Leichtindustrie-Gebiete	0,05 - 0,3 mg/m <sup>3</sup>	0,01 - 5 µm
Schwerindustrie-Gebiete	0,1 - 1 mg/m <sup>3</sup>	0,01 - 30 µm
Küstenbereiche und Offshore	0,01 - 0,5 mg/m <sup>3</sup>	0,01 - 10 µm
Wüstengebiete	0,01 - 500 mg/m <sup>3</sup>	0,1 - 100 µm
Arktische Gebiete	0,01 - 0,5 mg/m <sup>3</sup>	0,01 - 5 µm
Tropische Gebiete	0,01 - 0,5 mg/m <sup>3</sup>	0,01 - 10 µm

# Der Schaden



Verschmutzte Verdichterschaufeln

Zur Abscheidung von Partikeln aus der Zuluft für Turbomaschinen werden Filtersysteme eingesetzt. Negative Einflüsse der Luftverunreinigungen werden durch die Auswahl geeigneter Filtersysteme minimiert. Dies trägt entscheidend zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Anlagen bei.

Schadensbild	Partikelgrößenbereich	Gas-turbine	Turbo-verdichter
Erosion	> 5 - 10 µm	•	•
Verschmutzung (Fouling) und dadurch bedingte Unwuchten	ca. 0,1 - 5 µm	•	•
Verschmutzung der Zwischenkühler und nachgeschalteter Anlagenkomponenten	ca. 0,1 - 5 µm		•
Naßkorrosion	ca. 0,1 - 5 µm	•	•
Hochtemperaturkorrosion	ca. 0,1 - 5 µm	•	
Verstopfen der Kühlluftschlitze	ab 0,1 µm	•	

Die Abbildung links zeigt beispielhaft durch unzureichende Filtration verschmutzte Verdichterschaufeln einer Industriegasturbine.

Typische Schadensarten und die sie verursachenden Partikeln unterschiedlichster Größe sind in der Tabelle unten dargestellt.

- ▶ Abrasive Stäube erodieren das Laufzeug und führen zu Materialabtrag.
- ▶ Verschmutzung der Verdichterschaufeln durch Staubanbackungen (Fouling) bewirkt erhebliche Profilveränderungen und führt zu beachtlichen Wirkungsgradverlusten. Außerdem können abplatzende Staubanbackungen Unwuchten hervorrufen, die unzulässige Lagerbelastungen nach sich ziehen.
- ▶ Verschmutzung der Zwischenkühler reduziert die Kompressionswärmeabfuhr und damit den Gesamtwirkungsgrad.
- ▶ Naßkorrosion, die durch das Zusammenwirken von Luftfeuchtigkeit mit Säureanhydriden, Salzen und anderen aggressiven Stoffen verursacht wird, kann vor allem an den ersten Verdichterstufen zu Schäden führen.
- ▶ Hochtemperaturkorrosion wird vor allem durch Verunreinigungen des Brennstoffes verursacht. Aber auch Luftverunreinigungen, wie Sulfate aus Rauchgasentschwefelungsanlagen oder Metalloxide an industriellen Standorten, sind für Korrosionsschäden verantwortlich.
- ▶ Das Zuwachsen der Kühlluftschlitze in den Turbinenschaufeln wird vor allem durch feinste Partikeln mit hoher spezifischer Oberfläche hervorgerufen. Die Folge ist beschleunigte Materialermüdung durch Überhitzung.

## Die Konsequenz



Freudenberg Engineering

Aus den genannten Zusammenhängen zwischen Luftverunreinigungen und Schadensbildern an Turbomaschinen ergeben sich spezifische Anforderungen an das Filtrationssystem:

- ▶ Effiziente Abscheidung von schadensverursachenden Partikeln.
- ▶ Niedrige Druckdifferenz bei gegebenem Volumenstrom zur Minimierung der Leistungsverluste. So bedeuten 50 Pa weniger Betriebsdruckdifferenz der Filter im Ansaugsystem ca. 0,1% Leistungssteigerung der Gasturbine.
- ▶ Lange Standzeiten bei zuverlässiger Partikelabscheidung.

Zusätzlich werden aufgrund der rauen Einsatzbedingungen hohe Anforderungen an die Betriebssicherheit gestellt:

- ▶ Die Filter dürfen trotz feuchter und aggressiver Atmosphäre weder ihre mechanische Stabilität verlieren noch korrodieren.



Reg. Nr. 1420

Freudenberg Vliesstoffe KG  
Geschäftsbereich Filter  
Weinheim/Deutschland

- ▶ Die Filter müssen auch bei kurzzeitigem Ansteigen der Druckdifferenz über die Auslegungsdaten hinaus einen sicheren Betrieb gewährleisten.
- ▶ Die Filter und die Gesamtkonstruktion müssen hohen mechanischen Beanspruchungen bei instationären Strömungszuständen (Pumpen/Surge) ohne Beschädigung standhalten.
- ▶ Auch nach langer Betriebszeit darf sich die Abscheidecharakteristik des Filtrationssystems nicht verschlechtern.

Das Langzeitverhalten der Filter kann von unseren Experten auch vor Ort überprüft werden. Zur Ergänzung dieser ermittelten Werte steht das Freudenberg Meßtechnik-Labor mit seinen verschiedenen Meßeinrichtungen und Prüfständen zur Verfügung.

Grundsätzlich sichert ein modernes Qualitätsmanagementsystem nach ISO 9001 alle Vorgänge vom ersten Entwicklungsschritt über die anwendungstechnische Beratung bis hin zu Lieferung und After-Sales-Service.



Freudenberg Meßtechnik-Labor

## Die Lösung: Viledon Compact Taschenfilter



Viledon Compact Taschenfilter sind speichernde Tiefenfilter. Die Abscheidung der Partikeln erfolgt im Filtermedium an der Faser-oberfläche.

Viledon Compact Taschenfilter haben sich in unterschiedlichsten Einsatzfällen durch ihren wirtschaftlichen und sicheren Betrieb bewährt. Ihre besonderen Konstruktionsmerkmale bieten dem Turbomaschinenbetreiber zahlreiche Vorteile:

- ▶ Progressiver bzw. 3-lagiger Aufbau der Filtermedien aus synthetisch-organischen Fasern ermöglicht ein hohes Staubspeichervermögen in Verbindung mit langsamem Druckdifferenzanstieg und damit lange Standzeiten.
- ▶ Eigensteife Ausführung der Filtertaschen führt zu gleichmäßiger Staubeinlagerung. Ein Absacken der Taschen und damit Staubdurchbruch bei Ausschaltvorgängen bzw. Lastwechseln wird ausgeschlossen. Auch bei hoher Staubeinlagerung und durchfeuchteten Filtertaschen bleiben Eigensteifigkeit und Filtrationsleistung voll erhalten.
- ▶ Die Filtertaschen sind leckfrei verschweißt und in den PU-Frontrahmen eingeschäumt. Dadurch werden Staubdurchbrüche auch bei hohen Druckdifferenzen zuverlässig vermieden.



Konstruktive Pluspunkte der Viledon Compact Taschenfilter



500 µm

3-lagiges Vliesstoff-Filtermedium, mittlere Schicht elektrostatisch gesponnene Mikrofasern

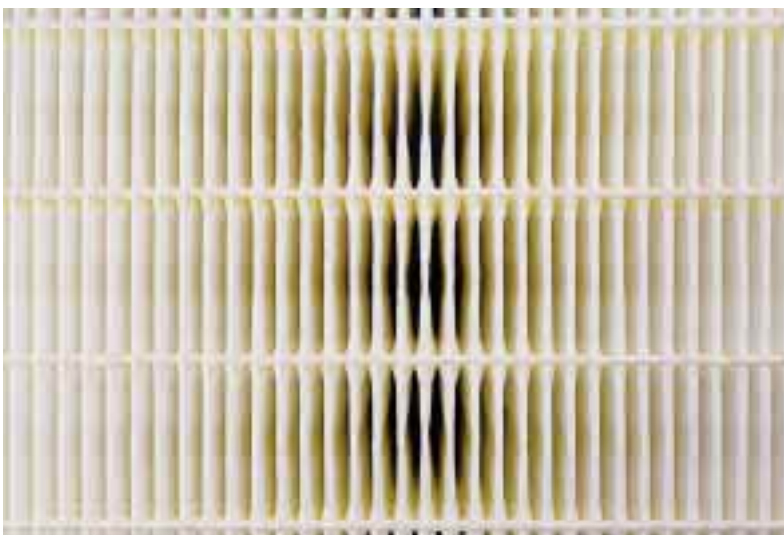
- ▶ Die eingeschweißten Abstandshalter formen die Filtertaschen während des Betriebes aerodynamisch optimal, so daß kein Verlust der aktiven Filterfläche durch Aneinanderlegen der Taschen auftritt.
- ▶ Der PU-Frontrahmen ist durch ein eingeschäumtes Profil verstärkt, mechanisch hochbelastbar und korrosionsfrei.
- ▶ Das gesamte Filterelement ist feuchtebeständig bis 100% rel. Luftfeuchte, temperaturbeständig bis 70°C, chemisch weitgehend resistent sowie voll veraschbar.
- ▶ Geringe Wartungs- und Instandhaltungskosten.
- ▶ Hohe Druckstoßbeständigkeit (Berstdruck >3000 Pa).

## Die Lösung: Viledon MaxiPleat Filter

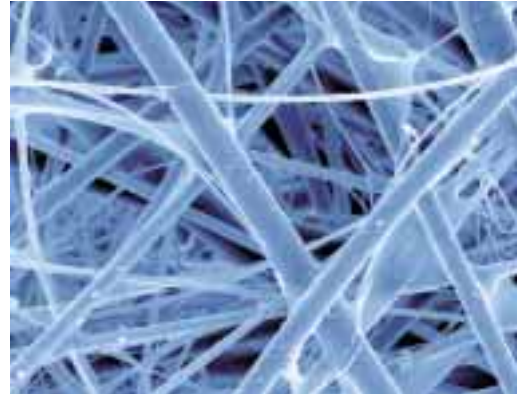


Viledon MaxiPleat Filter stellen einen Technologiesprung bei Rigid- bzw. Kassettenfiltern dar. Ihre neuartige Konstruktion ergibt ein Leistungsprofil, das sich besonders im Turbo-maschinenbetrieb bezahlt macht:

- ▶ Ein patentiertes thermisches Prägeverfahren gewährleistet optimale Faltengeometrie und äquidistante Falten sowie homogene Durchströmung bei sehr geringer Druckdifferenz.
- ▶ Die V-förmige Faltung bewirkt die volle Nutzung und gleichmäßige Staubbelegung der Filterfläche. Dies bedeutet eine lange Standzeit bei außerordentlich wirtschaftlichem und sicherem Betrieb.
- ▶ Die gesamte Anströmfläche des Filters wird ohne Behinderung durch Halterungsschienen gleichmäßig genutzt, d.h. eine überflüssige Verwirbelung der Luft verbunden mit einer hohen Druckdifferenz ist ausgeschlossen.
- ▶ Hohe Betriebssicherheit durch das Zusammenwirken der einzelnen Materialeigenschaften und Verfahrensschritte: Hochfestes Filtermedium, extreme Formstabilität des Faltenpaketes, leckfreies Vergießen im verwindungssteifen Kunststoffrahmen.



Optimale Faltengeometrie und Äquidistanz durch patentiertes Prägeverfahren



20 µm

Hochfestes Glasfaser-Filtermedium mit speziellem Bindersystem

- ▶ Die geringe Bautiefe der Viledon MaxiPleat Filter ermöglicht eine kompakte Bauweise von Zuluftgehäusen. Auch die Umrüstung bestehender Anlagen ist problemlos möglich, da die Filterabmessungen den Standardmaßen entsprechen.
- ▶ Der Rahmen besteht aus halogenfreiem Kunststoff und ist, wie das gesamte Element, voll veraschbar. Zudem sind die Filter leicht, da aufgrund der innovativen Konfektionierungstechnik der Einsatz von Verguß- und Faltenfixierungsmitteln auf ein Minimum reduziert ist.
- ▶ Das gesamte Filterelement ist korrosionsfrei, da ohne Metallteile. Leckagegefahr infolge durchstoßender Metallseparatoren ist somit ausgeschlossen.
- ▶ Viledon MaxiPleat Filter sind feuchtebeständig bis 100% rel. Luftfeuchte und temperaturbeständig bis 70 bzw. 80°C.
- ▶ Geringe Wartungs- und Instandhaltungskosten.
- ▶ Hohe Druckstoßbeständigkeit (Berstdruck >3000 Pa).

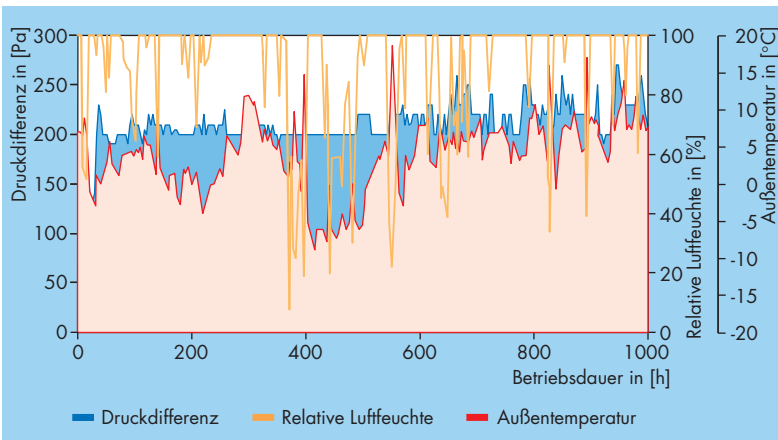
# Die Lösung: Viledon Tiefenfilterpatronen



Langjährige Erfahrungen mit Puls-Jet Filtern haben gezeigt, daß eine effektive Abreinigung dieser Oberflächenfilter aufgrund der hohen Feinstaubkonzentration mit hohem Rußanteil im atmosphärischen Staub gemäßiger Breiten oft nicht erreicht wird. Die Folge sind sehr hohe Betriebsdruckdifferenzen und häufiges Pulsen, was durch die mechanische Beanspruchung des Filtermediums zu hohen Reingaskonzentrationen führt. Die Standzeit der Puls-Jet Filter ist häufig geringer als erwartet.

Die patentierten Viledon Tiefenfilterpatronen dagegen sind speichernde Tiefenfilter. Ihr hervorragendes Betriebsverhalten ergibt sich aus den neuartigen Konstruktionsmerkmalen:

- ▶ Progressiver Aufbau des Filtermediums und damit optimale Filtrationsleistung durch Einlagerung des Staubes in der Tiefe des Mediums bei geringer Druckdifferenz und hohem Staubspeichervermögen.
- ▶ Hohe Betriebssicherheit auch bei Nebel und Regen, da das synthetisch-organische Filtermedium 100% feuchtebeständig ist. Betriebserfahrungen haben gezeigt, daß es selbst bei feuchtkalter Wetterlage weder zu einem nennenswerten Druckdifferenzanstieg noch zur Eisblockade kommt (s. Grafik).



Praxiseinsatz in Küstennähe: Druckdifferenzverlauf von Viledon Tiefenfilterpatronen



500 µm

Progressiv aufgebautes Vliesstoff-Filtermedium

- ▶ Kein Kollabieren der Falten selbst bei hohen Volumenströmen.
- ▶ Faltenbalg und Kunststoff-Stützkorb sind leckfrei in Polyurethan-Deckel und -Boden vergossen. Wahlweise sind Deckel/Boden und Stützkorb auch in oberflächenveredeltem Metall erhältlich.
- ▶ Optimale Abdichtung zur Montageplatte durch eine aufgeschäumte Polyurethandichtung.
- ▶ Da das Pulsen der Patronen nicht vorgesehen ist, kann die Druckluftversorgung eingespart werden.
- ▶ Die metallfreie Ausführung der Tiefenfilterpatronen ist problemlos entsorgbar.
- ▶ Die Filterabmessungen entsprechen den Standardmaßen. Eine Umrüstung von konventionellen Patronen auf die Tiefenfilterpatronen ist problemlos und kostengünstig möglich.

## Das Konzept

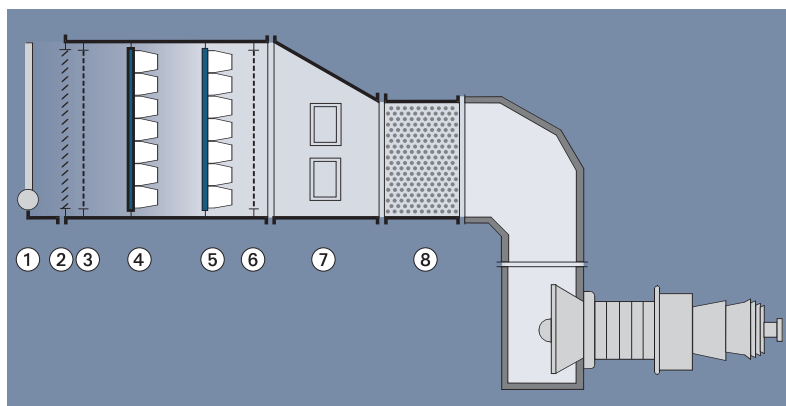
Die Auswahl einer wirtschaftlichen Vor- und Endfilterkombination ist immer eine individuelle Lösung, die auf die jeweiligen Standortfaktoren wie z.B. die Beschaffenheit der Umgebungsluft, den vorhandenen Bauraum sowie die Spezifikationen der Turbomaschine zugeschnitten wird.

Grundsätzlich eignen sich als Vorfilter die Kurz-Taschenfilter G 35 S (G3) und F 45 S (G4) sowie die Lang-Taschenfilter G 35 SL (G3), F 40 (G4) und F 50 (F5). Bei hoher Luftverschmutzung und gleichzeitiger Verwendung eines hochwertigen Endfilters ist der Einsatz des T 60 (F6) mit seiner besonders hohen Staubspeicherfähigkeit sinnvoll.

Der Wirkungsgrad der Endfilterstufe wird auf die Reinluftanforderungen der Turbomaschine ausgelegt. Für diese Filterstufe sind die Kassettenfilter der Reihe MaxiPleat (F6 bis H11) oder die Taschenfilter T 60 (F6) bzw. T 90 (F7) zu empfehlen.

In Zuluftsystemen, die auf Filterpatronen ausgelegt sind, haben sich Viledon Tiefenfilterpatronen bestens bewährt.

Neben der Auswahl der Filter kommt der konstruktiven Gestaltung der gesamten Zuluftanlage besondere Bedeutung zu. Die filtertechnischen und anlagenspezifischen Lastenhefte legt Freudenberg in enger Zusammenarbeit mit Herstellern und Anwendern von Turbomaschinen fest.



In der Abbildung unten sind die möglichen Baugruppen von Zuluftanlagen mit Taschen- oder Kassettenfiltern dargestellt:

- ▶ An Standorten mit jahreszeitlich auftretenden niedrigen Außentemperaturen bei hoher relativer Luftfeuchte muß eine Anti-Icing-Einrichtung (1) vorgesehen werden, um das Blockieren der Filter durch Eisansatz zu verhindern.
- ▶ Um das Ansaugen von Schlagregen in die Filterstufen zu vermeiden, werden nach der Anti-Icing-Anlage Wetterschutzgitter (2) angeordnet.
- ▶ Ein engmaschiges Schutzgitter (3) verhindert, daß Vögel u.a. Kleintiere in den Raum vor den Filtern eindringen können.
- ▶ Die Vorfilterwand (4) besteht aus verschraubten Aufnahmerahmen, die in eine Tragkonstruktion integriert sind. Die jeweiligen Vorfilter werden dann meist reinluftseitig eingesetzt. Standortabhängig können zusätzlich Trägheitsabscheider installiert werden.
- ▶ Die Endfilterwand (5) ist ähnlich der Vorfilterwand gestaltet. Die Endfilter werden grundsätzlich staubluffseitig montiert.
- ▶ Aus Sicherheitsgründen kann nach den Endfiltern noch ein Zuluftkanalschutzgitter (6) integriert werden.
- ▶ Das sich anschließende Übergangsstück (7) reduziert den Querschnitt der Filterwand auf den Querschnitt des Zuluftkanals. Im Übergangsstück befinden sich die Bypass-Klappen.
- ▶ Eine weitere Baugruppe ist der Ansaugschalldämpfer (8) und der Zuluftkanal bis zum Diffusor der Turbomaschine.



## Die Realisierung



Zuluftanlage (ca. 1.500.000 m<sup>3</sup>/h)

### Von der Konzeption bis zur Installation

Freudenberg liefert komplette Zuluftanlagen, die auf Basis der gemeinsam definierten Lastenhefte schlüsselfertig erstellt werden. Dabei erstreckt sich der Leistungsumfang von Consulting und Engineering über Fertigung und Inbetriebnahme bis hin zu Dokumentation und After-Sales-Service.

### Modul-Bauweise

Kennzeichen der von Freudenberg realisierten Anlagen ist die modulare Bauweise, die individuelle Lösungen erlaubt und besondere Vorteile bietet:

- ▶ Sie ermöglicht eine flexible Anpassung an die jeweiligen örtlichen und anlagenspezifischen Verhältnisse.
- ▶ Durch die komplett vormontierten Module, die nur noch verschraubt bzw. verschweißt werden, ist eine problemlose und kostensparende Montage durchführbar.

- ▶ Dieses Konzept erlaubt außerdem die Entwicklung von standardisierten Zuluftanlagen bezogen auf eine Baureihe von Turbomaschinen.

Das Gehäuse zur Aufnahme der Filterwand besteht aus Stahlblech und ist in kombinierter Schraub-/Schweißtechnik aus mehreren Elementen aufgebaut. An dieses Basisgehäuse werden alle weiteren Baugruppen der Zuluftanlage angegliedert. Die einzelnen Baugruppen können auch in bereits vorhandene Gebäude (z.B. aus Beton) montiert werden. Die Größe der einzelnen Elemente ist abhängig von den Montage- und Transportmöglichkeiten.

### Modernisierung

Zur Prüfung der Wirtschaftlichkeit bestehender Filtersysteme kann von Freudenberg eine entsprechende Analyse vorgenommen werden. Filtersysteme, die danach nicht mehr den Anforderungen an einen wirtschaftlichen Betrieb genügen, können auf Viledon Filter umgerüstet werden.

Bei der Modernisierung bestehender Anlagen ist ein kostengünstiger Austausch einzelner Baugruppen, z.B. während kurzer Stillstandszeiten, möglich.



Zuluftanlage (ca. 1.500.000 m<sup>3</sup>/h)

## Die Filter



**G 35 S**

**G 35 SL**

**F 45 S**

**F 40**

**F 50**

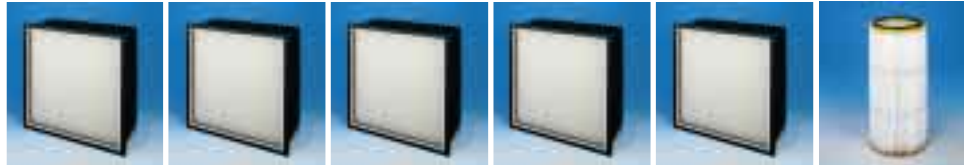
**T 60**

**T 90**

Filterklasse nach DIN EN 779	G 3	G 3	G 4	G 4	F 5	F 6	F 7
Nennvolumenstrom	3.400 m <sup>3</sup> /h	4.250 m <sup>3</sup> /h	3.400 m <sup>3</sup> /h	4.250 m <sup>3</sup> /h	4.250 m <sup>3</sup> /h	4.250 m <sup>3</sup> /h	4.250 m <sup>3</sup> /h
Maximaler Volumenstrom	4.500 m <sup>3</sup> /h	5.500 m <sup>3</sup> /h	4.500 m <sup>3</sup> /h	5.500 m <sup>3</sup> /h	5.500 m <sup>3</sup> /h	5.500 m <sup>3</sup> /h	5.500 m <sup>3</sup> /h
Anfangsdruckdifferenz bei Nennvolumenstrom	20 Pa	20 Pa	40 Pa	30 Pa	45 Pa	65 Pa	80 Pa
Empfohlene Enddruckdifferenz *	200 Pa	200 Pa	200 Pa	200 Pa	250 Pa	400 Pa	400 Pa
Berstdruck	>3.000 Pa	>3.000 Pa	>3.000 Pa	>3.000 Pa	>3.000 Pa	>3.000 Pa	>3.000 Pa
Mittlerer Abscheidegrad/ASHRAE Staub	86%	87%	95%	95%	97%	99%	>99%
Mittlerer Wirkungsgrad/ASHRAE Staub	---	---	---	---	51%	63%	85%
Staubspeichervermögen/ASHRAE Staub	1.180 g	2.300 g	590 g	1.425 g	1.380 g	1.585 g	700 g
Staubspeichervermögen/AC Fine Staub	---	---	---	---	---	3.000 g	2.200 g
Feuchtigkeitsbeständigkeit/rel. Feuchte	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

\* Dieser Wert wird aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten empfohlen. Eine Überschreitung ist in bestimmten Anwendungsfällen problemlos möglich.

Weitere technische Daten der Viledon Filter finden Sie in den jeweiligen Typeninformationsblättern.



MX 75

MX 85

MX 95

MX 98

MX 100

TFP 60

	MX 75	MX 85	MX 95	MX 98	MX 100	TFP 60
Filterklasse nach DIN EN 779	F 6	F 7	F 8	F 9	H 11 <sup>①</sup>	F 6 <sup>②</sup>
Nennvolumenstrom	4.250 m <sup>3</sup> /h	4.250 m <sup>3</sup> /h	4.250 m <sup>3</sup> /h	4.250 m <sup>3</sup> /h	3.400 m <sup>3</sup> /h	1000 m <sup>3</sup> /h
Maximaler Volumenstrom	5.500 m <sup>3</sup> /h	5.500 m <sup>3</sup> /h	5.500 m <sup>3</sup> /h	5.500 m <sup>3</sup> /h	4.250 m <sup>3</sup> /h	1.250 m <sup>3</sup> /h
Anfangsdruckdifferenz bei Nennvolumenstrom	100 Pa	110 Pa	120 Pa	150 Pa	180 Pa	150 Pa
Empfohlene Enddruckdifferenz *	400 Pa	400 Pa	400 Pa	400 Pa	600 Pa	800 Pa
Berstdruck	>3.000 Pa	>3.000 Pa	>3.000 Pa	>3.000 Pa	>3.000 Pa	>3.000 Pa
Mittlerer Abscheidegrad/ASHRAE Staub	99%	>99%	>99%	>99%	>99%	99%
Mittlerer Wirkungsgrad/ASHRAE Staub	75%	86%	92%	96%	>99%	65%
Staubspeichervermögen/ASHRAE Staub	693 g	570 g	510 g	450 g	---	---
Staubspeichervermögen/AC Fine Staub	2.300 g	1.900 g	1.700 g	1.500g	1.500 g	1.200 g
Feuchtigkeitsbeständigkeit/rel. Feuchte	100%	100%	100%	100%	100%	100%

① Filterklasse nach EN 1822

② Filterklasse in Anlehnung an DIN EN 779

Bei den angegebenen Zahlenwerten handelt es sich um Mittelwerte mit Toleranzen infolge üblicher Produktionsschwankungen.