

# CEMENT

▶ PROCESSING ▶ PERFORMANCE ▶ APPLICATION

# INTERNATIONAL

Reprint from / Sonderdruck aus: Issue No.: 1/2008, pp. 52–63

## **The history of success of the EMC bag filter: Initial development aims and practical examples from the cement industry**

**Die Erfolgsgeschichte des EMC-Schlauchfilters:  
Damalige Entwicklungsziele und Praxisbeispiele aus der Zementindustrie**

▶ **Dipl.-Kfm. Ing. K. Hofer, Scheuch GmbH, Auroldmünster, Austria**



## SUMMARY

After extensive development work the Austrian firm Scheuch GmbH brought out a bag filter in 2001 using the EMC (**E**nergy **M**inimizing **C**onception) cleaning system. This report on the initial development aims, the technical and economic advantages and the experience gained with this filter as a process filter in the widely varying applications in cement plants was occasioned by the sale of the 100<sup>th</sup> EMC filter. In the search for new possible ways of raising efficiency Scheuch has been able to make a substantial reduction in energy consumption while at the same time extending the service life of the filter bags by reducing the pressure drop at the bag filter and by minimizing the cleaning pressure and cleaning frequency. Nowadays specific filter area loadings greater than 1.0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min can be achieved with dust loadings in the raw gas of up to 1000 g/m<sup>3</sup> and filter bag lengths of up to 8000 mm. Its great advantages and potential savings make the use of EMC technology particularly worthwhile in process filter systems. These advantages have been confirmed by the design and operating values and measurements on existing dedusting plants in current use. The series of practical examples are headed by the bag filters for interconnected kiln plants, which in addition to the requirement for a high collecting efficiency that is as constant as possible and a high level of availability now often have to deal with enormous gas flows of up to 20000000 m<sup>3</sup>/h. The dedusting of the exhaust air from clinker grate coolers, usually in conjunction with the use of an air/air heat exchanger, is now one of the preferred applications for bag filters. Extreme conditions of use also occur when, for example, the recirculating air laden with finished product from a separator or a vertical roller mill has to be dedusted in a bag filter without any preliminary collection. For these applications a bag filter must be capable of dealing reliably with raw gas dust loadings of up to 1000 g/m<sup>3</sup>. Finally, there is also a description of the conversion of electrostatic precipitator plants to bag filters that is also being carried out in many places and is worthwhile anywhere where the condition of the existing precipitator with respect to corrosion and capacity makes it feasible. ◀

## ZUSAMMENFASSUNG

Nach umfangreichen Entwicklungsarbeiten brachte die österreichische Scheuch GmbH im Jahre 2001 einen Schlauchfilter mit der so genannten EMC (**E**nergy **M**inimizing **C**onception)-Abreinigung auf den Markt. Aus Anlass des 100. verkauften EMC-Filters wird in diesem Beitrag über die damaligen Entwicklungsziele, über die technischen und wirtschaftlichen Vorteile sowie über die Erfahrungen mit diesem Filter als Prozessfilter an den verschiedensten Einsatzorten im Zementwerk berichtet. Auf der Suche nach neuen Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung konnte Scheuch sowohl mit der Reduzierung des Druckverlusts am Schlauchfilter als auch durch Minimierung von Abreinigungsdruck und Abreinigungshäufigkeit den Energieverbrauch bei gleichzeitiger Verlängerung der Filterschlauchstandzeiten wesentlich herabsetzen. So werden heute bei Staubbeladungen im Rohgas von bis zu 1000 g/m<sup>3</sup> und Filterschlauchlängen bis zu 8000 mm spezifische Filterflächenbelastungen größer 1,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min erreicht. Aufgrund der großen Vorteile und Einsparpotenziale macht sich der Einsatz der EMC-Technologie bei Prozessfilteranlagen besonders bezahlt. Belegt werden diese Vorteile durch Auslegungs-, Betriebswerte und Messwertdarstellungen von ausgeführten Entstaubungsanlagen aus der Praxis. Angeführt wird die Reihe der Praxisbeispiele durch den Schlauchfilter einer im Verbundbetrieb arbeitenden Ofenanlage, der neben der Forderung nach einem möglichst konstanten hohen Abscheidegrad und einer hohen Verfügbarkeit heutzutage nicht selten solche gigantischen Gasvolumenströme bis ca. 20000000 m<sup>3</sup>/h abreinigt. Auch die Entstaubung der Abluft von Klinkerrostkühlern, meistens in Verbindung mit dem Einsatz eines Luft/Luft-Wärmetauschers, gehört heute mit zu den bevorzugten Einsatzbeispielen von Schlauchfiltern. Extreme Einsatzbedingungen liegen auch dann vor, wenn etwa die mit Fertiggut beladene Umluft eines Sichters oder einer Vertikal-Rollenmühle ohne Vorabscheidung in einem Schlauchfilter zu entstauben ist. Bei derartigen Anwendungen muss ein Schlauchfilter in der Lage sein, Rohgasstaubbeladungen bis zu 1000 g/m<sup>3</sup> zuverlässig abzuscheiden. Schließlich wird auch auf den vielerorts betriebenen Umbau von Elektrofilteranlagen auf Schlauchfilter eingegangen, der überall dort lohnend ist, wo es der Zustand des vorhandenen Filters hinsichtlich Korrosion und Kapazität noch erlaubt. ◀

# The history of success of the EMC bag filter: Initial development aims and practical examples from the cement industry

## Die Erfolgsgeschichte des EMC-Schlauchfilters: Damalige Entwicklungsziele und Praxisbeispiele aus der Zementindustrie

### 1 Comparison of online, offline and EMC cleaning systems

The search at Scheuch for new possible ways of increasing efficiency was based on over 20 years of experience with the use of pulsed cleaning for fabric filters. The intention was to reduce the energy consumption and at the same time extend the service life of the filter bags by reducing the pressure drop of a filter plant, by minimizing the cleaning pressure and by using a lower cleaning frequency. At the same time this approach was also aimed at long bag lengths of at least 8000 mm for filter area loadings significantly greater than  $1.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$  and raw gas dust loadings of up to  $1000 \text{ g}/\text{m}^3$ .

During this development project it very rapidly emerged that particularly effective and energy-saving low pressure cleaning can be achieved if the need to overcome any opposing flow is removed by partially blocking off the clean gas flow during the cleaning pulse.

The situation during filtering corresponds to that of the normal operation of a bag filter. There is a continuous gas flow in through the bag material at a very low velocity of about  $2 \text{ cm}/\text{s}$ . The solids particles in the raw gas are mechanically collected on the surface of the bag or, at the latest, in the bag material where they build up to form a filter cake. The cleaned gas then flows upwards inside the bag and collects in the clean gas chamber. During the cleaning a jet of primary compressed air is directed towards the filter bag from a compressed air receiver and a rapid-opening valve. The jet of air entrains varying amounts of secondary air, which depend on the filter design, from the clean gas filter chamber and in this way produces a brief increase in pressure inside the filter bag. This results in a flow reversal and the solids particles that have collected on the surface of the bag are thrown off.

With online cleaning all the rows of bags with the exception of the bag row where the compressed air pulse is actually being admitted are in filtering operation. However, some of the solids particles blown off the clean bag by the compressed air pulse can be sucked up again by the bags in the adjacent rows. This means that for some of the solids particles the falling process resembles a cascade, i.e. these particles may be sucked up and then cleaned off again several times, depending on the speed of falling, the flow conditions and the cleaning interval. This process slows down the vertical dust discharge into the filter trough and reduces the cleaning efficiency, i.e. the ratio between the quantity of dust reaching the filter trough and the quantity of dust detached (temporarily) from the bag surface.

With offline cleaning one chamber on the raw gas side and one on the clean gas side are taken out of the gas stream, cleaned and re-connected. During this period the solids

### 1 Vergleich zwischen Online-, Offline- und EMC-Abreinigung

Ausgehend von über 20-jährigen Erfahrungen mit der Anwendung der so genannten Impuls-Abreinigung bei Gewebeabscheidern wurde bei Scheuch nach neuen Möglichkeiten zur Effizienzsteigerung gesucht. Durch Reduzierung des Druckverlusts der Filteranlage, durch Minimierung des Abreinigungsdrucks sowie durch eine geringere Abreinigungshäufigkeit sollten der Energieverbrauch verringert und gleichzeitig die Filterschlauchstandzeiten verlängert werden. Dieses Konzept war auch zugleich auf große Schlauchlängen von mindestens 8000 mm, für Filterflächenbelastungen deutlich größer  $1,0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ min}$  und Rohgas-Staubbelastungen bis zu  $1000 \text{ g}/\text{m}^3$  ausgerichtet.

Im Rahmen dieses Entwicklungsprojekts stellte sich sehr schnell heraus, dass eine besonders wirksame und energiesparende Niederdruck-Abreinigung möglich ist, wenn durch partielles Absperrn des Reingasstroms während des Abreinigungsimpulses kein Gegenstrom überwunden werden muss.

Der Filtrierzustand entspricht dem Normalbetrieb eines Schlauchfilters. Es fließt ständig ein Gasstrom mit sehr niedriger Geschwindigkeit von ca.  $2 \text{ cm}/\text{s}$  durch das Schlauchmaterial hindurch. Die im Rohgas befindlichen Feststoffpartikel werden dabei an der Schlauchoberfläche oder spätestens im Schlauchmaterial mechanisch abgeschieden und bauen dort einen Filterkuchen auf. Das gereinigte Gas strömt dann im Schlauch nach oben und sammelt sich im Reingasraum. Bei der Abreinigung wird über einen Druckluft-Vorratsbehälter und ein schnell öffnendes Ventil ein Primär-Druckluftstrahl in Richtung Filterschlauch geleitet, der je nach Filterdesign mehr oder weniger Sekundärluft aus dem Filter-Reingasraum mitreißt und so im Inneren des Filterschlauchs eine kurzzeitige Druckerhöhung bewirkt. Dadurch tritt eine Strömungsumkehr ein und die an der Schlauchoberfläche angesammelten Feststoffpartikel werden weggeschleudert.

Bei der Online-Abreinigung bleiben alle Schlauchreihen mit Ausnahme der gerade mit einem Druckluftimpuls beaufschlagten Schlauchreihe im Filtrierbetrieb. Das bedeutet aber, dass die vom gereinigten Schlauch mittels Druckluftimpuls weggeblasenen Feststoffpartikel vom Schlauch der Nachbarreihe zum Teil wieder angesaugt werden können. Der Absinkvorgang erfolgt dadurch für einen Teil der Feststoffpartikel kaskadenförmig, d.h. je nach Sinkgeschwindigkeit, Strömungsverhältnissen und Abreinigungsintervall können diese Partikel mehrfach angesaugt und erneut abgereinigt werden. Dieser Vorgang verlangsamt den vertikalen Staubaustrag in die Filterwanne und verringert somit den Wirkungsgrad der Abreinigung, d.h. das Verhältnis zwischen der in die Filterwanne gelangenden zu der (vorübergehend) von der Schlauchoberfläche losgelösten Staubmenge.

particles can be detached from the bag with a substantially lower pressure and compressed air consumption and can fall downwards without being sucked up again by adjacent bags. The use of a lower pressure avoids breaking up the filter cake during the compressed air pulse, i.e. the particles remain better agglomerated and only slide vertically along the filter bag.

The principle familiar from the offline filter was optimized for the EMC cleaning system in such a way that it can be used cost-effectively from a medium-sized in-line filter to the large process filters. At the same time the control unit was adapted for different types of cleaning, the range of filters was increased to cover even greater bag lengths, the compressed air equipment was modified and the cleaning parameters were further optimized.

## 2 The EMC technology and its advantages

The EMC technology patented by Scheuch GmbH combines the advantages of online and offline cleaning. The basis for this is the patented pulsed cleaning system with double jet nozzles that operate with a lower receiver pressure and only require a small volume of compressed air. It is therefore a low pressure – low volume (LPLV) cleaning system. In contrast to the offline system, in which an entire filter chamber is disconnected with a reduction of the filtering area by 10 to 25 %, only a single module, just 2 to 5 % of the filter area depending on the filter size, is taken out of the gas flow on the clean gas side and brought to a flow-free state. This means that the usual construction in chambers is no longer important provided there is no need for any cut-off on the raw gas side.

A sophisticated open- and closed-loop control system reconnects the module that has been cleaned and disconnects the next module as a function of a given pressure drop value or preset time interval. This special patented detail constitutes the apparently small difference of the EMC technology from the other types of cleaning systems, but is very effective.

This means that in the main applications for process filters, i.e. dedusting gas volumes of about 80 000 m<sup>3</sup>/h and above, no additional filter area is needed as a reserve because only a small part of the filter area is offline. The only very slightly higher filter area loading that this involves is more than offset by shorter cycle times and lower energy consumption. When EMC technology is used the filter differential pressure fluctuates only slightly between two cleaning intervals, as with the online filter. There are therefore no detrimental effects on any upstream units, such as mills or separators, that have to be operated at constant negative pressure. An appropriate cleaning control system also ensures that there is a uniform supply of dust to the discharge devices.

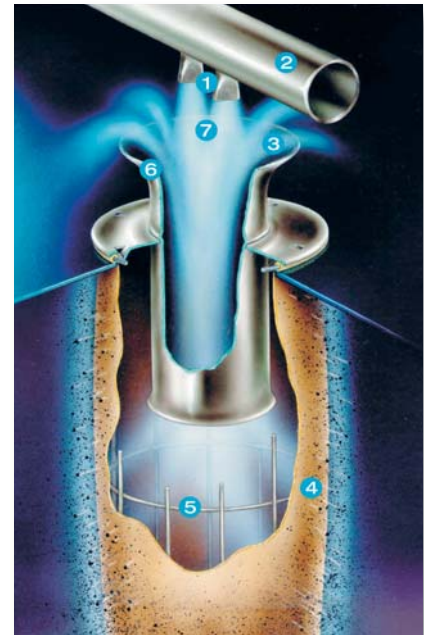
The EMC cleaning principle for periodic disconnection and cleaning of individual modules does in fact require greater expenditure on equipment, but all the ensuing advantages more than compensate for this (► Figs. 1 and 2).

The advantages are essentially:

- The use of bag lengths of up to 8 m, which has now become standard, and the lower capital costs resulting from the smaller space requirement.
- The longer bag service life that is achieved by the use of low cleaning pressures, the avoidance of the bag

Figure 1: Double-jet nozzle for the patented pulsed cleaning system 1 double-jet nozzle; 2 jet pipe; 3 secondary air; 4 filter bag; 5 support cage; 6 specially shaped injector; 7 primary air

Bild 1: Doppelstrahldüse der patentierten Impulsabreinigung 1 Doppelstrahldüse; 2 Treibstrahlrohr; 3 Sekundärluft; 4 Filterschlauch; 5 Stützkorb; 6 Speziell geformter Injektor; 7 Primärluft



Bei der Offline-Abreinigung wird eine Kammer roh- und reingasseitig aus dem Gasstrom genommen, abgereinigt und wieder zugeschaltet. Während dieser Zeit können die Feststoffpartikel mit einem wesentlich geringeren Druck- und Druckluftbedarf vom Schlauch gelöst werden und nach unten sinken, ohne vom Nachbarschlauch wieder angesaugt zu werden. Bei Anwendung eines niedrigeren Drucks wird das Zerstäuben des Filterkuchens während des Druckluftimpulses vermieden, d.h. die Partikel bleiben besser agglomeriert und gleiten nur vertikal am Filterschlauch ab.

Das vom Offline-Filter her bekannte Prinzip wurde bei der EMC-Abreinigung dahingehend optimiert, dass es vom Reihenfilter mittlerer Größe bis hin zu den großen Prozessfiltern wirtschaftlich eingesetzt werden kann. Parallel dazu wurden eine Anpassung des Steuergeräts für verschiedene Abreinigungsvarianten, die Erweiterung des Filterprogramms für noch größere Schlauchlängen, eine Modifikation der Druckluftausrüstung sowie die weitere Optimierung der Abreinigungsparameter vorgenommen.

## 2 Die EMC-Technologie und ihre Vorteile

Die durch die Scheuch GmbH patentierte EMC-Technologie verbindet die Vorteile von Online- und Offline-Abreinigung. Grundlage dafür bildet das patentierte Impulsabreinigungssystem mit Doppelstrahldüse, das nicht nur mit einem geringen Speicherdruck, sondern auch mit einem geringen Volumen an erforderlicher Druckluft arbeitet. Es handelt sich also um eine Low Pressure – Low Volume-Abreinigung (LPLV). Im Gegensatz zur Offline-Abschaltung einer gesamten Filterkammer mit einer Reduzierung der Filterfläche um 10 bis 25 % wird nur ein einzelnes Modul, je nach Filtergröße lediglich 2 bis 5 % der Filterfläche, reingasseitig aus dem Gasstrom genommen und in einen strömungsfreien Zustand gebracht. Die übliche Kammerbauweise verliert hierdurch ihre Bedeutung, sofern keine rohgasseitige Absperrung erforderlich ist.

Ein ausgeklügeltes Regel- und Steuersystem führt die jeweilige Wiedereinschaltung des abgereinigten Moduls sowie die Abschaltung des nächsten Moduls in Abhängigkeit von einem bestimmten Differenzdruckwert oder einem vorgegebenen Zeitintervall aus. Dieses spezielle und patentierte Detail macht den scheinbar kleinen Unterschied der

rebounding against the support cage and the reduction of the cleaning pulse by half, all of which mean less mechanical stressing of the bags.

- ▶ The lowering of the energy costs by 30 % for the fan because the filter can be operated with a lower differential pressure due to the intensive cleaning of the bag.
- ▶ The lowering of the energy costs by 80 % for the compressed air supply due to the low cleaning pressure of 1 to 3 bar and the fact that the cleaning pulse is reduced by half (▶ Fig. 3).
- ▶ The reduction in dust emissions through better utilization of the filtering effect of the filter cake due to longer cleaning cycles; the “carpet beating effect” is reduced by the lower cleaning pressure so that the cleaning peaks are lowered.
- ▶ The abatement of noise emission by the use of lower cleaning pressures, which reduces the sound pressure peaks by about 10 dB(A) (▶ Fig. 4).

### 3 Areas of application of the EMC technology

Process filters are particularly suitable for the application of EMC technology because of the great potential saving, and this covers the following areas of application in the cement industry:

- ▶ Throughout the world the dedusting plants for interconnected rotary kiln and raw mill plants with gas volume flows of 100 000 to 2 000 000 m<sup>3</sup>/h in new plants are now almost all bag filters; the existing electrostatic precipitators are gradually being converted to bag filters. The main reasons for this trend are their consistently high collecting efficiency, even during changeover procedures, the lack of sensitivity to fluctuating gas composition caused by the increasing utilization of secondary fuels, the lack of CO disconnections and growing range of temperature-resistant filter bag materials that is now available. Bag filters are even being used successfully for wet-process kilns.
- ▶ Exhaust air dedusting for clinker coolers with gas volume flows of 100 000 to 500 000 m<sup>3</sup>/h, usually in conjunction with an air/air heat exchanger to limit the temperature when using low-cost polyester filter bags.
- ▶ Dedusting plants for cement mills and separators with dust concentrations of up to 1 000 g/m<sup>3</sup> where the material from the mill or separator is transported in the air stream and collected in the filter. Because of the increasing kiln outputs the trend with vertical roller mills is to ever larger grinding plants with gas volume flows to be dedusted of up to 800 000 m<sup>3</sup>/h.
- ▶ Dedusting plants for the kiln bypass with gas flows of up to 300 000 m<sup>3</sup>/h, depending on the bypass level. The dusts are often sticky and particularly difficult to handle.

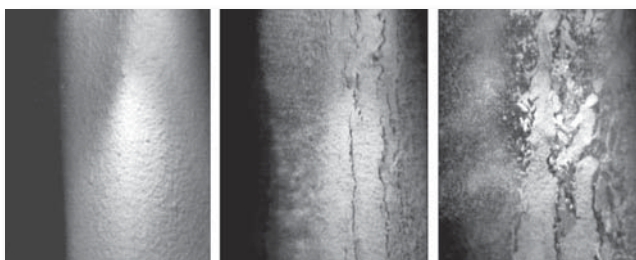


Figure 2: High-speed photographs of the EMC cleaning process

Bild 2: Hochgeschwindigkeitsaufnahmen zum EMC-Abreinigungsvorgang

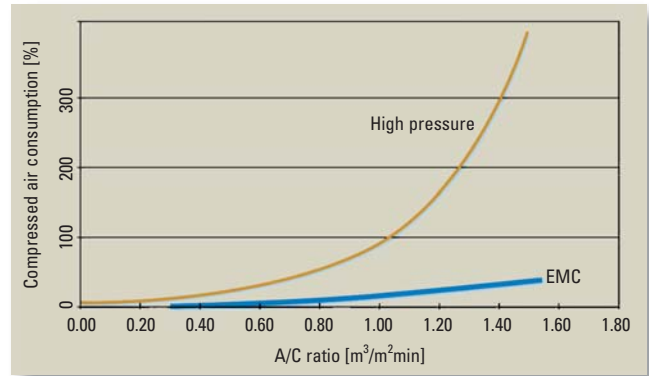


Figure 3: Comparison of compressed air consumption between high-pressure and EMC cleaning systems

Bild 3: Druckluftverbrauch im Vergleich zwischen Hochdruck und EMC-Abreinigung

EMC-Technologie zu den anderen Abreinigungsarten aus, der allerdings mit einer großen Wirkung verbunden ist.

In den Hauptanwendungsbereichen der Prozessfilter ab einer zu entstaubenden Gasmenge von etwa 80 000 m<sup>3</sup>/h sind daher keine zusätzlichen Filterflächen als Reserve nötig, da nur ein geringer Teil der Filterfläche offline ist. Die dadurch nur minimal höhere Filterflächenbelastung wird überkompensiert durch geringere Umlaufzeiten und einen niedrigeren Energieverbrauch. Wie beim Online-Filter schwankt der Filterdifferenzdruck bei Anwendung der EMC-Technologie nur geringfügig zwischen den zwei Abreinigungsintervallen. Somit ergeben sich keine nachteiligen Auswirkungen auf vorgeschaltete Aggregate wie z.B. Mühlen oder Sichter, die mit konstantem Unterdruck betrieben werden müssen. Auch ein gleichmäßiger Staubanfall für die Austragorgane ist durch eine entsprechende Abreinigungssteuerung gewährleistet.

Das EMC-Abreinigungsprinzip für das zeitweise Abschalten und Abreinigen einzelner Module erfordert zwar einen etwas höheren apparativen Aufwand, der jedoch durch die Summe der sich daraus ergebenden Vorteile mehr als wettgemacht wird (▶ Bilder 1 und 2).

Diese Vorteile sind im Wesentlichen:

- ▶ Die Anwendung von Schlauchlängen bis zu 8 m – zwischenzeitlich schon zum Standard geworden – und die niedrigeren Investitionskosten durch geringeren Platzbedarf.

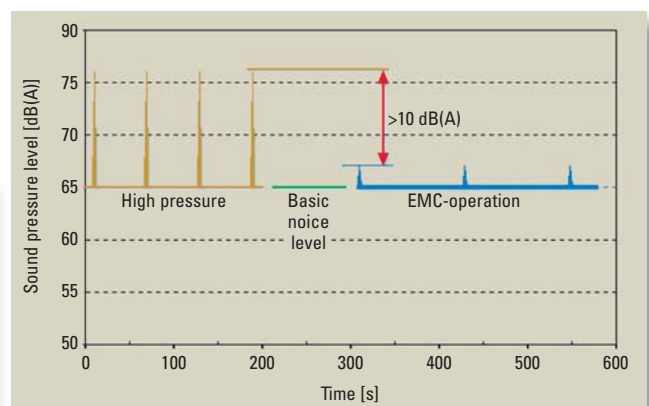


Figure 4: Comparison of noise levels between high-pressure and EMC cleaning systems

Bild 4: Schallpegel im Vergleich zwischen Hochdruck und EMC-Abreinigung

### 3.1 Kiln and raw mill dedusting

#### 3.1.1 General requirements

The majority of kiln filters are designed for both interconnected and direct operation, in which the interconnected operation is generally predominant. The hot kiln exhaust gases at 270 to 400 °C are partially or completely utilized for the drying and grinding in the raw mill and then pass on to the filter plant at about 100 to 170 °C.

When the raw mill is shut down (direct operation) the filter receives the kiln exhaust gas directly from the preheater, so a cooling system has to be incorporated to cool the kiln gas to a temperature that can be tolerated by the filter bags (► Fig. 5). The gas is cooled either in an evaporative cooler with water injection or by mixing it with ambient air. The first case involves substantial expenditure on pumps, nozzles and an evaporative section, but has the advantage of a lower volume flow for the filter because of the gas cooling. In the second case there is an increase in volume flow and therefore also in the size of the filter plant although the expenditure on construction of the gas cooling system is substantially lower.

The two cooling systems can also be combined in a hybrid system to achieve better control characteristics when starting up and changing over and so that the existing cooling system can cope if there is an increase in throughput. In special cases the clinker cooler exhaust gas is passed to a common filter together with the kiln exhaust gas, e.g. to have a greater supply of heat available for very moist raw materials.

Because of its size the kiln filter represents the ideal application for EMC technology in respect of full utilization of the potential for energy efficiency and savings in operating costs. The reduced ground area of a modern bag filter using long filter bags is also particularly advantageous with a kiln filter, especially when dedusting gas flows above 500 000 m<sup>3</sup>. The lack of sensitivity of a filter equipped with EMC technology to short-term overloading, e.g. during the input of secondary fuels, changeover procedures, etc., is an outstanding advantage. EMC filters are fitted with clean gas dampers as standard so in many cases raw gas dampers are no longer needed for shutting off a filter section because under certain conditions it is only necessary to close off the clean gas side for replacing any defective bags.

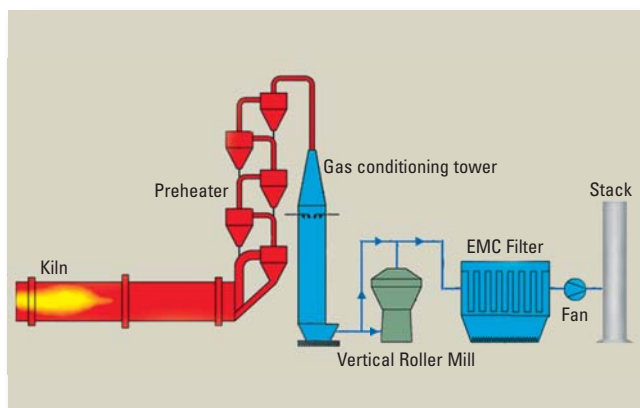


Figure 5: Process diagram for kiln plant with interconnected vertical roller mill with installed evaporative cooler

Bild 5: Verfahrensschema einer im Verbund mit einer Vertikal-Rollenmühle arbeitenden Ofenanlage mit nachgeschaltetem Verdampfungskühler

- Die höhere Schlauchstandzeit, die erzielt wird durch die Anwendung niedriger Abreinigungsdrücke, die Vermeidung von Rückschlägen des Schlauchs auf den Stützkorb und die Reduzierung der Abreinigungsimpulse auf die Hälfte, was insgesamt einer geringeren mechanischen Beanspruchung der Schläuche gleich kommt.
- Die Senkung der Energiekosten bis zu 30 % beim Ventilator, weil durch die intensive Abreinigung des Schlauchs das Filter mit einem geringeren Differenzdruck betrieben werden kann.
- Die Senkung der Energiekosten bis zu 80 % für die Druckluftversorgung, bedingt durch den geringen Abreinigungsdruck von 1 bis 3 bar sowie durch die um die Hälfte reduzierten Abreinigungsimpulse (► Bild 3).
- Die Senkung der Staubemissionen durch die bessere Ausnutzung der Filtrationswirkung des Filterkuchens aufgrund längerer Abreinigungszyklen, wobei durch den niedrigeren Abreinigungsdruck der so genannte „Teppichklopfeffekt“ reduziert wird und damit die Abreinigungsspitzen herabgesetzt werden.
- Die Verminderung der Schallemissionen durch Anwendung geringerer Abreinigungsdrücke, wodurch die Schalldruckspitzen um ca. 10 dB(A) reduziert werden (► Bild 4).

### 3 Anwendungsbereiche für die EMC-Technologie

Wegen des großen Einsparpotenzials sind für die Anwendung der EMC-Technologie Prozessfilter besonders geeignet. Dazu zählen in der Zementindustrie die folgenden Anwendungsbereiche:

- Die Entstaubungsanlagen für im Verbund geschaltete Drehöfen und Rohmühlen mit Gasvolumenströmen von 100 000 bis 2 000 000 m<sup>3</sup>/h werden weltweit bei neuen Anlagen fast nur noch als Schlauchfilter ausgeführt und vorhandene Elektrofilter sukzessive auf Schlauchfilter umgerüstet. Hauptgründe für diese Entwicklung sind der konstant hohe Abscheidegrad auch bei Umschaltvorgängen, die Unempfindlichkeit gegenüber schwankender Gaszusammensetzung infolge der zunehmenden Verwertung von Sekundärbrennstoffen, der Wegfall von CO-Abschaltungen und das wachsende Angebot temperaturbeständiger Filterschlauchmaterialien. Auch bei Öfen nach dem Nassverfahren werden Schlauchfilter erfolgreich eingesetzt.
- Abluftentstaubungen für Klinkerkühler mit Gasvolumenströmen von 100 000 bis 500 000 m<sup>3</sup>/h, meist in Verbindung mit dem Einsatz eines Luft/Luft-Wärmetauschers zur Temperaturbegrenzung bei Verwendung von preisgünstigen Polyester-Filterschläuchen.
- Entstaubungsanlagen für Zementmühlen und Sichter mit Staubkonzentrationen bis zu 1 000 g/m<sup>3</sup>, bei denen das Mahl- bzw. Sichtgut mit dem Luftstrom transportiert und erst im Filter abgeschieden wird. Aufgrund der gestiegenen Ofendurchsätze geht der Trend bei Vertikal-Rollenmühlen zu immer größeren Mahlanlagen mit zu entstaubenden Gasvolumenströmen bis zu 800 000 m<sup>3</sup>/h.
- Entstaubungsanlagen für den Ofenbypass mit Gasmenngen bis 300 000 m<sup>3</sup>/h, je nach Größe des Bypasses. Diese Stäube sind oft anbackend und besonders schwierig zu handhaben.

#### 3.1 Ofen- und Rohmühlenentstaubung

##### 3.1.1 Generelle Anforderungen

Die meisten Ofenfilter sind für den Verbund- und Direktbetrieb ausgelegt, wobei der Verbundbetrieb im Allgemeinen



Figure 6: EMC filter plant at CESLA, Slanzy cement works, Russia  
 Bild 6: EMC-Filteranlage bei CESLA, Zementwerk Slanzy, Russland

Membrane-reinforced glass fibre bags are used as the bag material when gases with continuous temperatures above 220 °C are to be dedusted. Polyimide (P84) and Ryton (PPS) are used below temperatures of 220 °C, as well as polyacrylonitrile (PAN) for temperatures up to a maximum of 120 °C. The dust concentration in the raw gas is usually 50 to 100 g/m<sup>3</sup>, but for raw mills without preliminary cyclone collection it can be as high as to 800 g/m<sup>3</sup> in interconnected operation.

### 3.1.2 Practical example: EMC kiln filter plant for CESLA, Slanzy cement works, Russia

Scheuch supplied a bag filter using EMC technology and an evaporative cooler for conditioning the gas (► Fig. 6) for dedusting the dry-process rotary kiln plant with a clinker output of 1250 t/d in the Slanzy cement works located to the west of St. Petersburg. The cement works operates under the name of CESLA and belongs to HeidelbergCement. The filter only works in direct operation and is exposed to severe conditions with ambient temperatures of -40 and +35 °C. During the process engineering design of the filter, which was carried out in conjunction with the Heidelberg Technology Center, particular attention was paid to operational reliability, availability and low operating and maintenance costs. The filter was designed for the process engineering parameters listed in ► Table 1.

Because of the 100 % direct operation the chamber construction system was preferred by the client so that bags could be replaced during operation (shutdown of individual chambers). However, the cleaning system operates by the classical EMC principle of module-wise cleaning.

Glass fibre with Teflon membranes was chosen for the filter bag material. The warranty value for the clean gas dust concentration was met without any problems.

vorherrscht. Die heißen Ofenabgase mit Temperaturen von 270 bis 400 °C werden dabei voll oder teilweise für die Mahltrocknung in der Rohmühle verwendet und gelangen dann mit ca. 100 bis 170 °C in die Filteranlage.

Bei Abschaltung der Rohmühle (Direktbetrieb) erhält das Filter das Ofenabgas direkt aus dem Vorwärmer, wobei ein Kühlsystem vorgeschaltet werden muss, um das Ofengas auf die für die Filterschläuche zulässige Temperatur abzukühlen (► Bild 5). Die Gaskühlung erfolgt dabei entweder in einem Verdampfungskühler mit Wassereindüsung oder durch Beimischung von Umgebungsluft. Im ersteren Fall ist ein erheblicher Aufwand für Pumpen, Düsen sowie eine Verdampfungsstrecke erforderlich, jedoch mit dem Vorteil eines geringeren Volumenstroms für den Filter aufgrund der Gasabkühlung. Im zweiten Fall steigen der Volumenstrom und damit auch die Größe der Filteranlage an, wobei der bauliche Aufwand für die Gaskühlung wesentlich geringer ist.

Beide Kühlsysteme können auch zu einem Hybridsystem kombiniert werden, um ein besseres Regelverhalten beim Anfahren und Umschalten zu erreichen bzw. um bei einer Durchsatzsteigerung mit dem vorhandenen Kühlsystem auszukommen. In Sonderfällen wird das Klinkerkühlerabgas mit dem Ofenabgas in ein gemeinsames Filter zusammengeführt, z.B. um bei sehr feuchtem Rohmaterial ein höheres Wärmeangebot zur Verfügung zu haben.

Aufgrund seiner Größe stellt das Ofenfilter den idealen Anwendungsfall für die EMC-Technologie hinsichtlich der vollen Ausnutzung der Potenziale zur Energieeffizienz und Betriebskosteneinsparung dar. Auch die verkleinerte Grundfläche eines modernen Schlauchabscheiders bei Verwendung von langen Filterschläuchen kommt beim Ofenfilter besonders zur Geltung, insbesondere bei zu entstaubenden Gasmengen über 500 000 m<sup>3</sup>/h. Die Unempfindlichkeit eines mit der EMC-Technologie ausgestatteten Filters gegenüber kurzzeitigen Überlastungen wie z.B. bei Zugabe von Sekundärbrennstoffen, Umschaltvorgängen etc. gilt dabei als ein herausragender Vorteil. Durch die serienmäßige Ausstattung der EMC-Filter mit Reingasklappen sind zur Absperrung eines Filterabschnitts Rohgasklappen in vielen Fällen nicht mehr erforderlich, da unter speziellen Bedingungen defekte Schläuche auch bei nur reingasseitiger Absperrung ausgetauscht werden können.

Als Schlauchmaterialien werden Membran verstärkte Glasfaserschläuche eingesetzt, wenn Gase mit Dauertemperaturen über 220 °C entstaubt werden sollen. Unterhalb Temperaturen von 220 °C gelangen auch Polyimide (P84), Ryton (PPS) und bei Temperaturen bis max. 120 °C auch Polyacrylonitrile (PAN) zum Einsatz. Die Staubkonzentrationen im Rohgas betragen meist 50 bis 100 g/m<sup>3</sup>, bei Rohmühlen ohne Zyklonvorabscheidung im Verbundbetrieb bis zu 800 g/m<sup>3</sup>.

### 3.1.2 Praxisbeispiel: EMC-Ofenfilteranlage bei CESLA, Zementwerk Slanzy, Russland

Zur Entstaubung einer Drehofenanlage nach dem Trockenverfahren mit einem Klinkerdurchsatz von 1250 t/d wurden für das westlich von St. Petersburg gelegene Zementwerk Slanzy, das unter dem Namen CESLA firmiert und zu HeidelbergCement gehört, durch Scheuch ein Schlauchfilter mit EMC-Technologie sowie ein Verdampfungskühler für die Gaskonditionierung geliefert (► Bild 6). Das Filter arbeitet nur im Direktbetrieb und ist bei Umgebungstemperaturen von -40 und +35 °C hohen Anforderungen ausgesetzt. Bei der

Table 1: Design data for the kiln filter

Tabelle 1: Auslegungsdaten des Ofenfilters

Operating parameter	Units	Value
Gas volume flow	m <sup>3</sup> /h	210000
Filter inlet temperature	°C	150 to 180
Raw gas dust concentration	g/m <sup>3</sup> (stp)	78
Pressure drop	mbar	15
Cleaning pressure	bar	2.0 to 3.0
Cycle time	min	8.0
Compressed air consumption	m <sup>3</sup> /h (stp)	30
Spec. filter area loading	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> min	1248
Clean gas dust concentration	mg/m <sup>3</sup> (stp)	10 <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Warranty value

### 3.2 Dedusting exhaust air from a clinker cooler

#### 3.2.1 General requirements

Depending on the rotary kiln design and type of process, grate coolers generate exhaust air flows of 0.75 to 1.3 m<sup>3</sup>/kg clinker (stp) at temperatures of 250 to 350 °C in normal operation, which can rise to 400 to 500 °C briefly during upset conditions. If the waste heat is not to be used for other purposes, e.g. for a dryer, a shell-and-tube heat exchanger (because the exhaust gas is dry) is usually integrated into the system before the filter to cool the gas. The exhaust air temperature is cooled down to a continuous temperature that is suitable for polyester bags (max. 150 °C) or Nomex bags (max. 180 °C). The clinker cooler exhaust air is cooled by axial fans that draw in ambient air and allow it to flow around the outside of the cooling tubes.

A careful control and safety scheme is important for the operation so that the heat exchanger can react to upset conditions in good time to protect the filter bags. In view of the often large quantities of exhaust air it is sensible to use an EMC filter, in spite of the low raw gas dust content, in order to achieve low operating costs and long bag service lives due to the gentle cleaning system.

#### 3.2.2 Practical example: EMC clinker cooler exhaust air dedusting system at the Lafarge Malogoszcz cement works in Poland

After modernization of kiln line 2 (conditioning and dedusting the kiln exhaust gas and clinker cooler exhaust air) in the Malogoszcz cement works in Poland, which has four kiln lines with a clinker output of 2000 t/d and now belongs to the French Lafarge Group, Scheuch was also entrusted with the renewal of the filter for line 3. A high degree of flexibility in the gas conditioning, controlling and collection systems was needed to cope with the strict requirements with respect to dust loading, quantity of exhaust air and temperatures. An air/air heat exchanger in the form of a tubular cooler was combined with an EMC filter plant as the ideal technical solution (► Fig. 7).

The filter inlet temperature is kept constant at 110 °C during normal as well as upset operating conditions by the upstream air/air heat exchanger in combination with variable-speed axial fans. A controllable fresh air flap was installed in the air/air heat exchanger as additional protection for the filter bags to avoid any possible temperature peaks > 150 °C at the filter inlet. The most important operating data for the dedusting plant are listed in ► Table 2. The last inspection of

verfahrenstechnischen Auslegung des Filters, die in Zusammenarbeit mit dem Heidelberger Technology Center erfolgte, wurde besonderes Augenmerk auf Betriebssicherheit, Verfügbarkeit und geringe Betriebs- und Instandhaltungskosten gelegt. Das Filter wurde für die in ► Tabelle 1 zusammengestellten technologischen bzw. technischen Parameter ausgelegt.

Wegen des 100-prozentigen Direktbetriebs wurde kunden-seitig die Kammerbauweise bevorzugt, um bei laufendem Betrieb (Kammerabschaltung) Schlauchwechsel vornehmen zu können. Das Abreinigungssystem arbeitet jedoch nach dem klassischen EMC-Prinzip der modulweisen Abreinigung.

Als Filterschlauchqualität wurde Glasfaser mit Teflonmembrane gewählt. Der Garantiewert zur Reingasstaubkonzentration wurde problemlos erfüllt.

### 3.2 Klinkerkühler-Abluftentstaubung

#### 3.2.1 Generelle Anforderungen

Bei Rostkühlern fallen im Normalbetrieb je nach Drehofenverfahren und Bauart Abluftmengen von 0,75 bis 1,3 m<sup>3</sup>/kg Kli (i.N.) mit Temperaturen von 250 bis 350 °C an, die bei Upset-Betrieb kurzzeitig auf 400 bis 500 °C ansteigen können. Sofern die Abwärme nicht anderweitig, z.B. für einen Trockner genutzt wird, ist vor dem Filter aufgrund des trockenen Abgases meist ein Rohrbündel-Wärmetauscher zur Gaskühlung integriert. Damit wird die Ablufttemperatur auf die für Polyesterschläuche (max. 150 °C) bzw. Nomexschläuche (max. 180 °C) geeignete Dauertemperatur herabgekühlt. Die Kühlung der Klinkerkühlerabluft erfolgt über Axialventilatoren, die Umgebungsluft ansaugen und die Kühlrohre von außen umströmen.

Wichtig für den Betrieb ist ein sorgfältiges Regelungs- und Sicherheitskonzept, damit der Wärmetauscher rechtzeitig auf den Upset-Betrieb zum Schutz der Filterschläuche reagieren kann. Trotz des niedrigen Rohgasstaubgehalts ist es angesichts der oftmals hohen Abluftmengen sinnvoll, ein EMC-Filter einzusetzen, um durch eine schonende Abreinigung niedrige Betriebskosten und lange Schlauchstandzeiten erreichen zu können.



Figure 7: Air/air heat exchanger and EMC filter plant at the Malogoszcz cement works in Poland

Bild 7: Luft/Luft-Wärmetauscher und EMC-Filteranlage im Zementwerk Malogoszcz, Polen

Table 2: Operating parameters of the EMC cooler exhaust air filter  
 Tabelle 2: Betriebsparameter des EMC-Kühlerabluftfilters

Operating parameter	Units	Value
Gas volume flow	m <sup>3</sup> /h	203000
Filter inlet temperature	°C	110
Raw gas dust concentration	g/m <sup>3</sup> (stp)	40
Pressure drop	mbar	8.5 to 9.5
Cleaning pressure	bar	2.0
Cycle time	min	45
Compressed air consumption	m <sup>3</sup> /h (stp)	15
Spec. filter area loading	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .min	1.20
Clean gas dust concentration	mg/m <sup>3</sup> (stp)	10 <sup>*)</sup>

<sup>\*)</sup> Warranty value

the bag filter took place in September 2007. Fig. 8 shows the compressed air consumption of the EMC filter, measured on 12.9.2007, in the form of a diagram.

### 3.3 Mill dedusting

#### 3.3.1 General requirements

The dedusting equipment for cement mills is governed essentially by the type of mill used, i.e. ball mill, vertical roller mill or high pressure roller press, and must also be designed to suit the fineness and raw gas dust concentration. In the majority of cases the downstream filter operates as a process filter, i.e. it collects the finished product being transported in the air flow. In these applications the dust loadings lie predominantly in the range from 150 to 600 g/m<sup>3</sup>.

With these high dust loadings and air volumes it is important to have a good approach flow to the entire filter so that all the filter bags are equally loaded and to avoid local abrasion stressing, such as can occur when plants for grinding granulated blastfurnace slag are being dedusted. When necessary the flow behaviour patterns in these types of plant are simulated at Scheuch by CDF to provide a better estimate of the expected velocities in the filter.

#### 3.3.2 Practical example: EMC mill filter at Atlantica Cement Bilbao, Spain

Since mid 2006 the Spanish cement producer Atlantica Cement Bilbao has operated an LM 46.2+2 Loesche Mill for producing Portland cements and ground granulated blastfurnace slags. The ground granulated blastfurnace slags are produced with Blaine values of up to 6000 cm<sup>2</sup>/g. The raw gas dust loadings lie between 127 and 315 g/m<sup>3</sup>. The negative pressure in the mill, including the pressure drop at the filter, is 52 mbar.

The EMC mill filter was designed for a volume flow of about 400000 m<sup>3</sup>/h at an average operating temperature of 100 °C. A mixed needle felt made of polyester and polyacrylonitrile was used as the filter medium, with bag lengths of 8000 mm.

A thorough inspection after an operating period of twelve months confirmed that the filter had been designed correctly. The most important parameters are listed in Table 3.

Extensive measurements carried out while individual modules were switched off in succession also showed that the EMC dedusting plant could be operated with a maximum filter area loading of 1.89 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. These results are an indication of an

#### 3.2.2 Praxisbeispiel: EMC-Klinkerkühler-Abluftentstaubung im Lafarge Zementwerk Malogoszcz, Polen

Im polnischen Zementwerk Malogoszcz, das über vier Ofenlinien mit einem Klinkerdurchsatz von je 2000 t/d verfügt und heute zur französischen Lafarge-Gruppe gehört, wurde nach der Modernisierung von Ofenlinie 2 (Konditionierung und Entstaubung Ofenabgas bzw. Klinkerkühlerabluft) Scheuch auch mit der Erneuerung der Filter für die Linie 3 betraut. Um den hohen Anforderungen hinsichtlich häufig wechselnder Betriebsbedingungen in Bezug auf Staubbeladung, Abluftmenge und Temperaturen gerecht zu werden, war ein hohes Maß an Flexibilität zur Gas-Konditionierung, Regelung und Abscheidung erforderlich. Als ideale technische Lösung wurde ein Luft/Luft-Wärmetauscher als Röhrenkühler mit einer EMC-Filteranlage kombiniert (Bild 7).

Durch den vorgeschalteten Luft/Luft-Wärmetauscher wird die Filtereintrittstemperatur sowohl im Normal- als auch im Upset-Betrieb über drehzahlgeregelte Axialventilatoren konstant auf 110 °C gehalten. Um etwaige Temperaturspitzen > 150 °C am Filtereintritt zu vermeiden, wurde zum zusätzlichen Schutz für die Filterschläuche eine regelbare Frischluftklappe im Luft/Luft-Wärmetauscher installiert. Die wichtigsten Betriebsdaten der Entstaubungsanlage sind in Tabelle 2 aufgelistet. Die letzte Inspektion des Schlauchabscheiders fand im September 2007 statt. Bild 8 zeigt eine Diagrammdarstellung zum Druckluftverbrauch des EMC-Filters, gemessen am 12.9.2007.

### 3.3 Mühlenentstaubung

#### 3.3.1 Generelle Anforderungen

Die Entstaubungseinrichtungen von Zementmühlen richten sich im Wesentlichen nach dem eingesetzten Mühlentyp, d.h. danach, ob es sich um eine Kugelmühle, Vertikal-Rollenmühle oder Hochdruck-Rollenmühle handelt, und müssen im Einzelnen auch nach der Mahlfineinheit und der Rohgasstaubkonzentration ausgelegt werden. In den meisten Fällen arbeitet das nach geschaltete Filter als Prozessfilter, d.h. als Abscheider für das im Luftstrom transportierte Fertiggut. Die Staubbeladungen liegen bei diesen Einsatzfällen überwiegend im Bereich von 150 bis 600 g/m<sup>3</sup>.

Bei den hohen Staubbeladungen und Luftmengen ist eine gute Anströmung des gesamten Filters wichtig, um alle Filterschläuche gleichmäßig zu belasten und örtliche Abrasionsbeanspruchungen, wie sie insbesondere bei der Entstaubung von Anlagen für die Hüttensandmahlung auf-

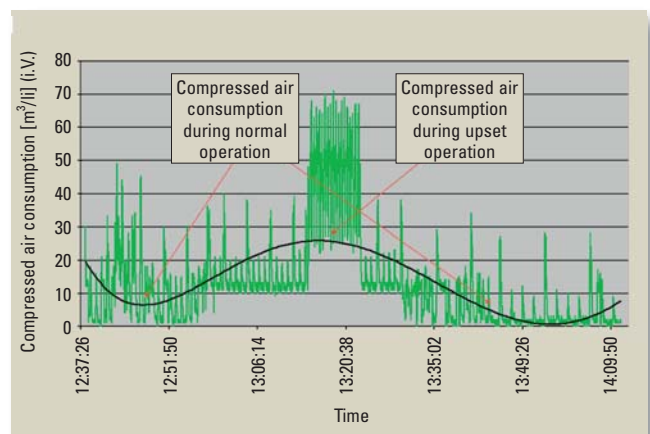


Figure 8: Diagram showing the compressed air consumption at the Malogoszcz cement works in Poland

Bild 8: Diagramm zum Druckluftverbrauch im Zementwerk Malogoszcz, Polen

Table 3: Operating parameters of the EMC mill filter  
Tabelle 3: Betriebsparameter des EMC-Mühlenfilters

Operating parameter	Units	Value
Air volume flow	m <sup>3</sup> /h	400000
Filter outlet temperature	°C	102
Raw gas dust concentration	g/m <sup>3</sup>	approx. 350
Pressure drop	mbar	9
Cleaning pressure	bar	3
Cycle time	min	approx. 11
Compressed air consumption	m <sup>3</sup> /h (stp)	86
Spec. filter area loading	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> min	0.94
Clean gas dust concentration	mg/m <sup>3</sup> (stp)	20*)

\* Warranty value

excellent distribution of the flow, and therefore also of the dust, in the filter, both longitudinally and transversely.

This means that the cleaning system functions correctly even with bag lengths of 8000 mm and in spite of the high filter area loading. The cleaning takes place over the entire length of the bag at a uniformly low differential pressure level in the same way as with short bags.

### 3.4 Separator dedusting

#### 3.4.1 General requirements

Direct collection of the finished product from a separator in a downstream process filter is characterized by extremely high dust loadings of up to 1000 g/m<sup>3</sup> with a median value for the dust particles of 5 to 15 µm. A dust of this fineness leads to a very fine filter cake that builds up quickly and generates a higher dust resistance than in the filter for a raw mill. Although the raw gas dust concentrations with separator dedusting are extremely high the filters are now usually operated without preliminary collectors, and good preliminary collection can be achieved just by appropriate changes in direction within the filter housing.

In spite of the good flow properties of the product to be collected the EMC has substantial advantages with respect to compressed air consumption and gentle cleaning when compared with filter plants with conventional cleaning systems.

#### 3.4.2 Practical example: EMC separator filter at the Solnhofer Portland cement works in Germany

For over five and a half years there has been an EMC filter in operation as a process filter for collecting the finished product from the separator for cement mill IV at the Solnhofer Portland cement works. It is designed for a volume flow of 76000 m<sup>3</sup>/h at an average operating temperature of 90 °C. The raw gas dust loading lies between 700 and 1000 g/m<sup>3</sup>. The polyester needle felt filter bags used are 4500 mm long.

The mill now supplies higher dust loadings than those measured in 2002, but with slightly lower fineness. The raw gas dust loading at maximum mill throughput lies between 700 and 1000 g/m<sup>3</sup>.

Table 4 compares the present operating data for the dedusting plant with those for 2002. As in 2002 the compressed air consumption was measured in the main supply line to the filter. For the EMC mode of operation

treten können, zu vermeiden. Bei Scheuch wird erforderlichenfalls der Strömungsverlauf in derartigen Anlagen bei der Planung mittels CFD simuliert, um die zu erwartenden Gasgeschwindigkeiten im Filter besser abschätzen zu können.

#### 3.3.2 Praxisbeispiel: EMC-Mühlenfilter bei Atlantica Cement Bilbao, Spanien

Der spanische Zementhersteller Atlantica Cement Bilbao betreibt seit Mitte 2006 eine Loesche-Mühle LM 46.2+2 zur Herstellung von Portlandzementen und Hüttensandmehlen. Die Hüttensandmehle werden mit Blaine- Werten bis zu 6000 cm<sup>2</sup>/g erzeugt. Die Rohgasstaubbelastungen liegen zwischen 127 und 315 g/m<sup>3</sup>. Der Unterdruck der Mühle einschließlich des Druckverlusts des Filters beträgt 52 mbar.

Das EMC-Mühlenfilter wurde für einen Volumenstrom von ca. 400000 m<sup>3</sup>/h bei einer mittleren Betriebstemperatur von 100 °C ausgelegt. Als Filtermedium wurde ein Mischnadel- filter aus Polyester und Polyacrylnitril bei Schlauchlängen von 8000 mm eingesetzt.

Nach einer Betriebsdauer von zwölf Monaten konnte während einer Durchmesser die Richtigkeit der Filterauslegung nachgewiesen werden. Table 3 enthält eine Zusammenstellung der wichtigsten Parameter.

In umfangreichen Messungen wurde auch ermittelt, dass sich durch das sukzessive Wegschalten von einzelnen Modulen die EMC-Entstaubungsanlage mit einer maximalen Filterflächenbelastung von 1,89 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min betreiben lassen könnte. Dieses Ergebnis spricht für eine exzellente Strömungs- und somit auch Staubverteilung sowohl in Längs- als auch Querrichtung des Filters.

Das bedeutet, dass die Funktion der Abreinigung auch bei Schlauchlängen von 8000 mm trotz hoher Filterflächenbelastung gewährleistet ist. Die Abreinigung erfolgt über die gesamte Schlauchlänge auf einem gleich niedrigen Differenzdruck-Niveau wie bei kurzen Schläuchen.

### 3.4 Sichterentstaubung

#### 3.4.1 Generelle Anforderungen

Die Fertigtutdirektabscheidung eines Sichters in einem nachgeschalteten Prozessfilter ist durch extrem hohe Staubbelastungen bis zu 1000 g/m<sup>3</sup> bei einem Medianwert der Staubpartikel von 5 bis 15 µm gekennzeichnet. Ein Staub dieser Feinheit führt zu einem sehr feinen und sich schnell aufbauenden Filterkuchen, der im Vergleich zum Filter einer Rohmühle einen höheren Staubwiderstand erzeugt. Obwohl bei der Sichterentstaubung die Rohgasstaubkonzentrationen extrem hoch sind, werden die Filter heute gewöhnlich ohne Vorabscheider betrieben und allein durch entsprechende Umlenkungen innerhalb des Filtergehäuses kann eine gute Vorabscheidung erreicht werden.

Table 4: Operating parameters of the EMC separator dedusting system  
Tabelle 4: Betriebsparameter zur EMC-Sichterentstaubung

Operating parameter	Units	Value	
		2002	2007
Year		2002	2007
Spec. filter area loading	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> min	1.3	1.3
Differential pressure	mbar	10	13.4
Cleaning pressure	bar	1.0	1.0
Clean gas dust concentration	mg/m <sup>3</sup> (stp)	5.0	5.0

Table 5: Raw gas dust concentration as a function of the type of cement, the throughput and the fineness  
 Tabelle 5: Rohgasstaubkonzentration in Abhängigkeit von der Zementart, von Durchsatz und Mahlfeinheit

Year	2002	2007	2002	2007	2002	2007
Cement type	Blaine value [cm <sup>2</sup> /g]		Throughput [t/h]		Raw gas dust concentration [g/m <sup>3</sup> ]	
Portland cement I	2800	2600	48 to 50	55 to 58	640	828
Portland-limestone cement	3800	3600	40 to 42	55 to 57	550	814
Portland cement II	3200	3000	37 to 39	50 to 53	520	757

it was set to an operating pressure of 1.0 to 1.2 bar by a throttle valve. Now, as in the past, three types of cement are produced – a normal commercial Portland cement, a Portland-limestone cement and a very fine cement. The cements differ from earlier measurements in respect of fineness and throughput. The higher throughputs in 2007 have inevitably led to increased raw gas dust concentrations (► Table 5).

► Fig. 9 shows the average compressed air consumption per minute and per hour for different grades of cement. The measurements showed the extremely low value of about 14 m<sup>3</sup>/h (stp) after an operating period of two months at a constant filter pressure drop of 10 mbar. For comparison, ► Fig. 10 shows the compressed air consumption after a service life of 66 months. No increase in compressed air consumption was detected in spite of a specific filter area loading of 1.3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min and the very high raw gas dust loading averaging 800 g/m<sup>3</sup>. The differential pressure, which is only 3.4 mbar higher than in 2002, reflects the increased process requirements as a result of the approximately 45 % higher raw gas dust loading with a filter medium service life of 66 months.

During the course of the compressed air consumption measurements a filter bag was removed and analyzed. The good visual impression (► Fig. 11) was confirmed by the chemical and physical analyses. This good condition of the filter medium after 66 months' operation emphasizes the gentle EMC cleaning system. This finding was assessed by the filter medium manufacturer as follows: "On the basis of the laboratory results there is no reason for replacing the filter bags, which seem to be virtually as good as new".

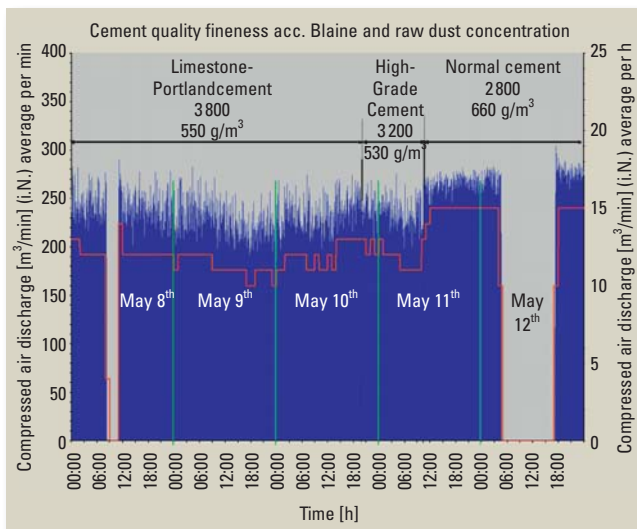


Figure 9: Recording of the compressed air consumption at a differential pressure of 10 mbar in 2002

Bild 9: Aufzeichnung des Druckluftverbrauchs bei einem Differenzdruck von 10 mbar im Jahr 2002

Trotz der guten Fließeigenschaften des abzuscheidenden Produkts ergeben sich mit dem EMC-Filter erhebliche Vorteile hinsichtlich Druckluftverbrauch und schonender Abreinigung im Vergleich zu herkömmlich abgereinigten Filteranlagen.

### 3.4.2 Praxisbeispiel: EMC-Sichterfilter beim

Solnhofer Portland Zementwerk, Deutschland  
 Seit über fünfzehn Jahren befindet sich ein EMC-Filter als Prozessfilter zur Abscheidung des Sichterfertigguts im Solnhofer Portland Zementwerk bei Zementmühle IV in Betrieb, ausgelegt für einen Volumenstrom von 76 000 m<sup>3</sup>/h bei einer mittleren Betriebstemperatur von 90 °C. Die Rohgasstaubbelastung beträgt zwischen 700 und 1 000 g/m<sup>3</sup>. Im Einsatz befinden sich Filterschläuche mit einer Länge von 4 500 mm in der Qualität eines Polyester Nadelfilzes.

Die Mühle liefert heute im Unterschied zu Messungen aus dem Jahr 2002 höhere Staubbeladungen, jedoch mit einer etwas geringeren Mahlfeinheit. Die Rohgasstaubbelastung liegt bei maximalem Mühlendurchsatz zwischen 700 und 1 000 g/m<sup>3</sup>.

Die Betriebsdaten der Entstaubungsanlage von heute im Vergleich zu 2002 enthält ► Tabelle 4. Wie im Jahr 2002 wurde der Druckluftverbrauch in der Hauptversorgungsleitung zum Filter gemessen. Für die EMC-Betriebsweise wurde er über ein Drosselorgan auf den Betriebsdruck von 1,0 bis 1,2 bar eingestellt. Nach wie vor werden drei Zementarten, ein handelsüblicher Portlandzement, ein Portland-Kalksteinzement sowie ein Zement mit hoher Mahlfeinheit hergestellt. Gegenüber früheren Messungen unterscheiden sich die Zemente hinsichtlich der Mahlfeinheit und im Durchsatz. Die höheren Durchsätze im Jahre 2007 haben zwangsläufig zu erhöhten Rohgasstaubkonzentrationen geführt (► Tabelle 5).

Auf ► Bild 9 ist der durchschnittliche Druckluftverbrauch pro Minute bzw. pro Stunde bei unterschiedlichen Zementqualitäten dargestellt. Die Messungen ergaben den extrem niedrigen Wert von ca. 14 m<sup>3</sup>/h (i.N.) nach einer Betriebsdauer von zwei Monaten bei einem konstanten Filterdruckverlust von 10 mbar. Im Vergleich dazu veranschaulicht ► Bild 10 den Druckluftverbrauch nach einer Standzeit von 66 Monaten. Trotz einer spezifischen Filterflächenbelastung von 1,3 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min und der sehr hohen Rohgasstaubbelastung von durchschnittlich 800 g/m<sup>3</sup> ist keine Steigerung im Druckluftverbrauch festzustellen. Der im Vergleich zum Jahr 2002 um nur 3,4 mbar höhere Differenzdruck spiegelt die gestiegenen Prozessanforderungen infolge der um ca. 45 % höheren Rohgasstaubbelastung bei einer Filtermedienstandzeit von 66 Monaten wider.

Im Zuge der Druckluftverbrauchsmessungen wurde ein Filterschlauch gezogen und analysiert. Der gute optische Eindruck (► Bild 11) konnte auch durch die chemisch-physikalischen Analysen bestätigt werden. Dieser gute Zustand des Filtermediums nach 66 Monaten Betrieb unterstreicht

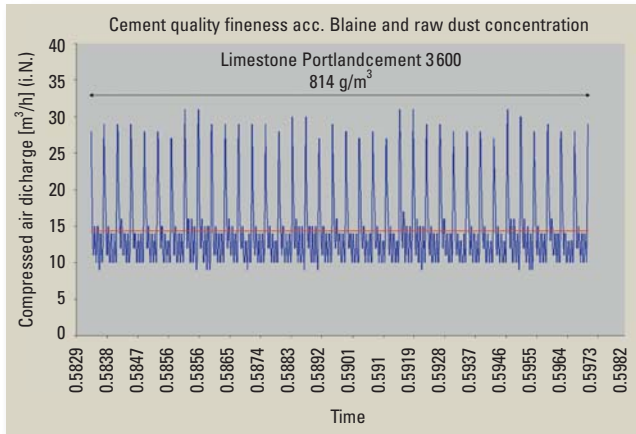


Figure 10: Recording of the compressed air consumption at a differential pressure of 13.4 mbar in 2007

Bild 10: Aufzeichnung des Druckluftverbrauchs bei einem Differenzdruck von 13,4 mbar im Jahr 2007

### 3.5 Conversion of electrostatic precipitator to EMC bag filter

#### 3.5.1 General requirements

Until about 1980 kiln and cooler exhaust air filters, and sometimes also cement mill filters, were almost exclusively electrostatic precipitators. However, electrostatic precipitators are no longer able to meet the increased demands with respect to achievable emission limits as well as operational reliability and availability. Throughout the world electrostatic precipitators are therefore gradually being converted to bag filters. Bag materials in the form of glass fibre membrane bags and polyimide fibre needle felt that are suitable for dedusting hot gases are now being marketed. These ensure substantially lower clean gas dust levels than electrostatic precipitators with a constant collecting efficiency.

The leading cement producers are now all favouring the use of bag filters for new kiln filters. When the output is being increased, when major repairs are involved or when capital investment is needed to reduce emissions it is therefore usually a question of converting existing electrostatic precipitators to bag filters, provided the condition of the plant makes this feasible.

As a rule electrostatic filter housings are very tall when compared with bag filters and are therefore ideal for conversion to EMC filters with bag lengths of up to 8 m. The existing space is can be utilized well without having to extend the housing. This saves costs and installation time as the conversion usually has to take place during a planned inspection.

With the comprehensive modular Scheuch system for different filter head widths and bag lengths a suitable module can always be found to achieve the requisite filter area for all housing dimensions.

#### 3.5.2 Practical example: conversion of electrostatic precipitator to EMC bag filter at Fujairah Cement Industries, U.A.E.

When a kiln plant operating in combination with a raw mill at Fujairah Cement Industries in the United Arab Emirates was being upgraded Scheuch converted the existing electrostatic precipitator to an EMC bag filter. For the first time Scheuch used a bag filter with EMC low pressure technology for a process dedusting system. The bag filter with an installed filter area of 3868 m<sup>2</sup> was fitted with 8 m long bags made

die schonende EMC-Abreinigung. Dieser Befund wurde durch den Filtermedienhersteller wie folgt beurteilt: „Aufgrund der Laborergebnisse gibt es keinen Grund, die Filterschläuche auszuwechseln, die mehr oder weniger wie neuwertig erscheinen.“

### 3.5 Elektrofilter-Umbau auf EMC-Schlauchfilter

#### 3.5.1 Generelle Anforderungen

Bis etwa zum Jahr 1980 wurden Ofen- und Kühlerabluftfilter, zum Teil auch Zementmühlenfilter, fast ausschließlich als Elektrofilter ausgeführt. Die gestiegenen Anforderungen in Bezug auf die erreichbaren Emissionsgrenzwerte sowie hinsichtlich Betriebssicherheit und Verfügbarkeit sind mit Elektrofiltern jedoch nicht mehr zu erfüllen. Daher werden heute weltweit sukzessive Elektrofilter auf Schlauchfilter umgebaut. Mit dem Glasfaser-Membranschlauch und Polyimidfaser-Nadelfilz befinden sich inzwischen auch für die Entstaubung von Heißgasen geeignete Schlauchmaterialien auf dem Markt, die bei konstantem Abscheidegrad wesentlich geringere Reingasstaubgehalte im Vergleich zum Elektrofilter gewährleisten.

Führende Zementhersteller entscheiden sich bei neuen Ofenfiltern heute nur noch für den Einsatz von Schlauchfiltern. Bei der Realisierung von Maßnahmen zur Durchsatzsteigerung, bei größeren Reparaturen oder erforderlichen Investitionen zur Emissionsminderung stellt sich deshalb für vorhandene Elektrofilter meistens die Frage nach einer Umrüstung auf Schlauchfilter, sofern es der Zustand der Anlage zulässt.

Elektrofiltergehäuse bauen in der Regel sehr hoch im Vergleich zu Schlauchfiltern und sind daher prädestiniert für den Umbau auf EMC-Filter mit Schläuchen bis zu 8 m Länge. Der vorhandene Platz lässt sich gut ausnutzen, ohne das Gehäuse verlängern zu müssen. Das erspart Kosten und Montagezeit, da der Umbau meistens während einer geplanten Revision erfolgen muss.

Mit dem umfangreichen Scheuch-Baukastensystem für verschiedene Filterkopfbreiten und Schlauchlängen lässt sich für jede Gehäuseabmessung das geeignete Modul finden, um die erforderliche Filterfläche realisieren zu können.

#### 3.5.2 Praxisbeispiel: Elektrofilterumbau auf EMC-Schlauchfilter bei Fujairah Cement Industries, U.A.E.

Bei Fujairah Cement Industries in den Vereinigten Arabischen Emiraten hat Scheuch im Rahmen des Upgrading einer



Figure 11: Cross-section of polyester needle felt after a service life of 66 months

Bild 11: Polyester Nadelfilzquerschnitt nach einer Standzeit von 66 Monaten

Table 6: Comparison of design data and measured data

Tabelle 6: Gegenüberstellung von Auslegungs- und Messdaten

Design data	Measured data	Units	Numerical value	
			Design	Measurement
Gas volume flow		m <sup>3</sup> /h	268 000	315 815
Gas inlet temperature		°C	150	152
	Raw gas dust concentration	mg/m <sup>3</sup> (stp)		80
	Pressure drop	mbar		10 to 11
	Compressed air consumption	m <sup>3</sup> /h (stp)		80
	Cleaning pressure	bar		2.5
	Cycle time	min		5
Spec. area loading		m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> min	1.27	1.41
Clean gas dust concentration		mg/m <sup>3</sup> (stp)	30 <sup>1)</sup>	

<sup>1)</sup>Warranty value

of PPS (Ryton) material. ▶ Table 6 contains a comparison of the design and measured data for the filter.

When the design data are compared with the current measured data under the conditions of the present mode of operation it is clear that the specific filter area loading was raised from 1.27 to 1.41 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min, i.e. the filter was able to take an exhaust gas flow that had been increased by almost 20 %. This practical example confirms that the EMC technology is a reliable and cost-effective mode of operation including when using 8 m long filter bags.

#### 4 Final comment

The practical experience of the last six years as well as the sale of the 100<sup>th</sup> EMC bag filter to HeidelbergCement AG at the end of last year underline the superiority of the EMC principle over pulse jet and reverse air cleaning systems.

The use of 8 m long filter bags has already become standard practice. Even in applications where it is necessary to clean gas flows with high loadings of fine dust it is now possible to achieve specific filter area loadings of up to 1.6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min, pressure drop values between 8 and 12 mbar and cleaning pressures between 1 and 3 bar. ◀

im Verbund mit der Rohmühle arbeitenden Ofenanlage den vorhandenen Elektrofilter auf einen EMC-Schlauchabscheider umgebaut. Zum ersten Mal setzte Scheuch dabei einen Schlauchfilter mit der EMC-Niederdrucktechnologie für die Prozessentstaubung ein. Das Schlauchfilter mit einer installierten Filterfläche von 3868 m<sup>2</sup> wurde mit 8 m langen Schläuchen der Materialqualität PPS (Ryton) ausgerüstet. ▶ Tabelle 6 enthält eine Gegenüberstellung von Auslegungs- und Messdaten des Filters.

Beim Vergleich der Auslegungsdaten mit den aktuellen Messdaten unter den Bedingungen der heutigen Fahrweise wird deutlich, dass die spezifische Filterflächenbelastung von 1,27 auf 1,41 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min gesteigert werden konnte, d.h. mit einer um fast 20 % höheren Abgasmenge beaufschlagt werden kann. Dieses Praxisbeispiel bestätigt die sichere und wirtschaftliche Betriebsweise der EMC-Technologie auch beim Einsatz von 8 m langen Filterschläuchen.

#### 4 Schlussbemerkung

Die Praxiserfahrungen der letzten sechs Jahre sowie der Verkauf des 100. EMC-Schlauchfilters Ende vergangenen Jahres an die HeidelbergCement AG unterstreichen die Überlegenheit des EMC-Prinzips gegenüber der Pulse-Jet und Reverse-Air-Abreinigung.

Der Einsatz von Filterschläuchen mit einer Länge von 8 m ist zwischenzeitlich bereits zum Standard geworden. Selbst bei Anwendungen, wo Gasvolumenströme mit hohen Feinststaubbelastungen abzureinigen sind, können heute spezifische Filterflächenbelastungen bis zu 1,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> min, Druckverlustwerte zwischen 8 und 12 mbar sowie Abreinigungsdrücke zwischen 1 und 3 bar erzielt werden. ◀



