



(Foto/Photo: Dotternhäusen)

1 Meanwhile, more than 150 EMC filter units have proved successful all around the world in industrial installations
Mittlerweile bewähren sich mehr als 150 EMC-Filteranlagen weltweit in der Praxis

Correct filter design and optimum operating point

Dipl.-Ing. Manfred Lisberger¹, Dipl.-Ing. Günter Schwarzl², Christian Straif³

¹ Manager of Research and Development, ² Research and Development, ³ General Manager Industrial Minerals Scheuch GmbH, Auroldmünster/Austria

Summary: In the case of durable capital equipment, such as large dedusting filter units, the extent of the life cycle costs (LCC) is decisively influenced by the operating expense and consequential costs, as they are considerably higher than the capital cost of the equipment when calculated on the basis of a life expectation of 15 years. Using this cost calculation method, Scheuch has relativized the previous assumption that the energy costs for the fan are the essential factor for the plant owner in the overall framework of a plant's operating expenses. As a result of calculations made on the basis of comprehensive empirical values, it has been found that the sum of the individual operating expense items determines both the correct design of the filter and the optimum operating point of the plant, due to the mutual effect of the plant parameters (Fig. 1).

Richtige Filterauslegung und optimaler Betriebspunkt

Zusammenfassung: Die Höhe der Lebenszykluskosten (LCC: Life Cycle Costs) wird bei langlebigen Investitionsgütern, wie Großfilteranlagen zur Entstaubung, durch die Betriebs- und Folgekosten maßgeblich beeinflusst, da sie über eine Lebensdauer von 15 Jahren gerechnet um ein Vielfaches höher als die Investitionskosten sind. Scheuch hat mithilfe dieser Kostenberechnungsmethode die bisherige Annahme, die Energiekosten für den Ventilator seien aus heutiger Sicht für den Betreiber das A und O im Gesamtgefüge der Betriebskosten, relativiert. Durch Berechnungen auf der Basis umfangreicher Erfahrungswerte liegt die Erkenntnis vor, dass die Summe der einzelnen Betriebskosten durch die wechselseitige Wirkung der Anlagenparameter sowohl die richtige Filterauslegung als auch den optimalen Betriebspunkt der Anlage bestimmt (Bild 1).

Conception correcte des filtres et point de fonctionnement optimal

Résumé: En effet, les coûts de cycle de vie (LCC: Life Cycle Costs) des biens d'investissements de longue durée, tels que les grandes unités de filtres de dépoussiérage, sont dans une large mesure influencés par les coûts d'exploitation et indirects car, calculés pour une durée de vie de quinze ans, ils se révèlent nettement supérieurs aux coûts d'investissement. A l'aide de cette méthode de calcul des coûts, Scheuch a relativisé l'hypothèse admise jusqu'à présent que pour l'exploitant les coûts d'énergie du ventilateur étaient dans la perspective actuelle le facteur principal parmi l'ensemble des coûts d'énergie. Les calculs basés sur un grand nombre de valeurs empiriques montrent que le total des différents coûts d'exploitation est déterminé par l'effet réciproque des paramètres de l'installation, aussi bien la bonne conception des filtres que le point de fonctionnement optimal de l'installation (Fig. 1).

Un diseño correcto y el punto de operación óptimo

Resumen: El valor de los costes de los ciclos útiles (LCC: Life Cycle Costs) está influenciado en los equipos de larga duración, como por ejemplo las instalaciones de despolvo grandes, por los costes de operación y costes derivados. Esto es debido a que el valor que alcanzan estos costes, calculados a lo largo de una vida útil de 15 años, es considerablemente superior al coste de la inversión inicial. Scheuch aplica un método para el cálculo de costes, con el que ha podido relativizar la creencia generalizada de que el coste del consumo de energía del ventilador supone el gasto más alto en la operación. Los cálculos se han realizado considerando numerosos valores basados en la experiencia. El resultado demuestra que la suma de los costes de operación individuales está determinada por el efecto variable de los parámetros de la instalación, del diseño correcto del filtro y del punto óptimo de operación de la instalación (Fig. 1).

1 Introduction

Since the introduction of the EMC (Energy Minimizing Concept) filter technology by Scheuch GmbH, Auroldmünster/Austria in 2001, more than 150 EMC filter units have been put into operation all around the world. These have a total hourly exhaust air capacity of approx. 75 000 000 Am³. The sum of all EMC system advantages, as determined by the evaluation of a database containing a very large volume of recorded operating data, has shown that the standard values previously accepted in the industry, such as filter area loading, filter pressure difference, can velocity, bag length or bag service life, can no longer be regarded as “binding” when designing a filter unit (Fig. 2).

2 Design criteria

Reliable and continuous filter unit functioning in highest availability rates is in the common interest of planners, plant owners and equipment manufacturers because stoppage of a plant means loss of production, and this takes time, costs money and is nerve-racking. The prerequisite for correct design is precise knowledge of the relevant parameters. The first of these is the volume flow to be cleaned, which is determined either by the process or by factors relating to the dust extraction. Further important parameters for correct design are the gas composition and temperature, dust loading, filter area loading, differential pressure and finally the required collection efficiency, i.e. clean gas dust content. The more precisely and comprehensively these parameters are already defined at commencement of the planning stage, the simpler it is to maintain effective and cost-effective filter functioning during plant operation. Mutual commitment and openness with regard to design data in consideration of the operating data to be expected are the guarantee for achieving the correct design point and the optimum operating point in day-to-day operation.

The data obtained from the operating experience of the last decades are still applicable for conservative design of conventional filter systems. However, EMC filter technology with its proven system advantages has made new design parameters possible, without detracting from the highest operational reliability standards or availability rates.

2.1 Filter area loading

(air to cloth ratio)

Filter area loading (FAL) expresses the specific volume flow in m³ per one m² of active filter area and minute. This can be equated with a mean gas intake velocity at the filter medium in m/min [1]. For process filters downstream of a kiln/raw mill or cement mill, this value is often around 1.0 m/min. The higher the filter area loading, the lower are the capital costs and the higher are the operating costs. For a defined mode of operation, different operating expenses and capital costs result, and these have to be compared under consideration of the life cycle costs.

2.2 Differential pressure

The differential pressure of the overall filter unit is the sum of the following component data: the pressure drop due to housing losses, dust deposit losses and residual pressure loss due to the filter bags. The differential pressure properties of the unit are mainly determined by the dust deposit losses and the residual pressure loss due to the filter bags. In the case of EMC technology, the PulseMaster control system developed by Scheuch therefore automatically undertakes a continuous adjustment in order to maintain an optimum mode of operation.



2 3D schematic of an EMC filter unit
3D-Grafik EMC-Filteranlage

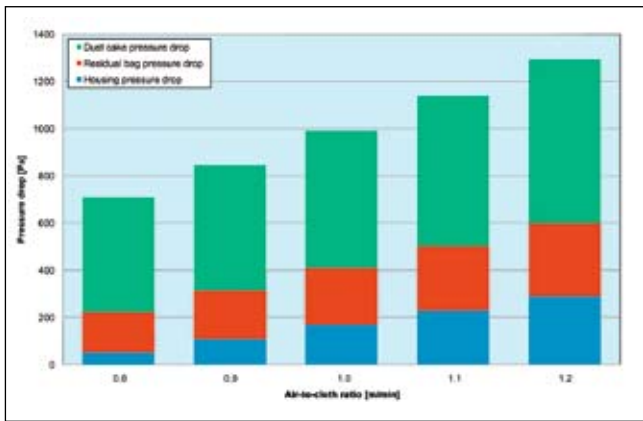
1 Einleitung

Seit der Einführung der EMC-Filtertechnologie (Energy-Minimizing-Concept) im Jahr 2001 durch die Scheuch GmbH, Auroldmünster/Österreich, konnten über 150 EMC-Filteranlagen mit einer stündlichen Abluftleistung von ca. 75 000 000 Bm³ weltweit in Betrieb genommen werden. Die Summe der EMC-Systemvorteile, die durch die Auswertung einer Vielzahl von erfassten Betriebsdaten in einer Datenbank zum Ausdruck kommt, zeigt auf, dass bisher branchenübliche Standardwerte wie Filterflächenbelastung, Filterdifferenzdruck, can-velocity, Schlauchlänge oder die Schlauchstandzeit nicht mehr bei der Auslegung als „verbindlich“ anzusehen sind (Bild 2).

2 Auslegungskriterien

Im gemeinsamen Interesse von Planer, Betreiber und Anlagenhersteller liegt eine zuverlässige und dauerhafte Funktion bei höchster Verfügbarkeit der Filteranlage. Denn Stillstand einer Anlage bedeutet Ausfall der Produktion und dies kostet Zeit, Geld und Nerven. Grundlage ist die exakte Kenntnis der Auslegungsparameter. Dazu zählt als erstes der zu reinigende Volumenstrom, der entweder prozessbedingt ist oder von Gegebenheiten der Absaugung bestimmt wird. Weitere wichtige Parameter zur richtigen Auslegung sind die Gaszusammensetzung und -temperatur, Staubbeladung, Filterflächenbelastung, Differenzdruck sowie letztlich der Abscheidegrad bzw. der einzuhaltende Reingasstaubgehalt. Je exakter und umfassender diese Parameter bereits bei Planungsbeginn definiert werden, umso einfacher ist es, bei laufendem Betrieb eine gute und wirtschaftliche Filterfunktion einzuhalten. Gegenseitige Offenheit und Verbindlichkeit bei den Designdaten unter Berücksichtigung der zu erwartenden Betriebsdaten sind der Garant für den richtigen Auslegungspunkt und den optimalen Betriebspunkt in der praktischen Anwendung.

Die aus den Betriebserfahrungen der letzten Jahrzehnte stammenden Werte haben bei konservativer Auslegung konventioneller Filtersysteme durchaus noch ihre Richtigkeit. Jedoch sind mit der EMC-Filtertechnologie und ihren bewährten Sys-



3 Filter pressure drop as a function of the net area loading of a cement mill dedusting filter with 8-m-long filter bags and a dust loading of 350 g/m³.

Filterdruckverlust in Abhängigkeit der Netto-Filterflächenbelastung einer Zementmühlentstaubung mit 8 Metern Filterschlauchlänge und bei einer Staubbeladung von 350 g/m³

Naturally, it is an essential requirement from the point of view of the plant owner that the differential pressure should be kept as low as possible. If a low filter unit pressure difference is assured, the fan can be designed to achieve a lower total pressure increase and can thus have a lower drive power.

However, it has to be taken into account that a reduction of the differential pressure takes place at the expense of a higher filter cleaning frequency and thus has a negative effect on compressed air costs and bag service life. Particularly in cases where high-quality filter bags are used, such as in hot gas applications, this greatly increases the operating expenses (Fig. 3).

2.3 "Can velocity"

The "can velocity" (upward velocity) has been used in various specifications in recent years. The term expresses the mean flow velocity between the filter bags during filter cleaning [2]. The accepted standard value for ensuring reliable cleaning (sedimentation of the dust particles) is 1.0 m/s.

Due to the fact that in EMC operation the filter bag cleaning takes place in a non gas flow state, the can velocity is irrelevant for this technology. Practical experience has shown that with the velocities prevailing during the filtration phase negligible mechanical wear occurs due to the flow-optimized filter housing (Fig. 4).

2.4 Bag service life

Operating experience concerning bag service lives speaks very clearly in favour of EMC. While it is common in this industrial sector to warrant average service lives of between 3 and 4 years, from today's perspective it is certainly possible to achieve up to 8 years with EMC filter technology (Table 1).

This results from the special advantages derived from the fact that the EMC cleaning process works in a state of non gas flow, using a low air reservoir pressure and a low compressed air volume. The EMC filter technology is so effective that the filter can be operated with a low differential pressure. Even with short cycle times, which necessitate an increase in the cleaning frequency, the recorded mechanical stressing of the filter bags is very low.

temvorteilen neue Auslegungsparameter möglich geworden, ohne Einbußen bei der Einhaltung höchster Betriebssicherheit und Verfügbarkeit in Kauf nehmen zu müssen.

2.1 Filterflächenbelastung

(air to cloth-ratio)
Die Filterflächenbelastung (FFB) drückt den spezifischen Volumenstrom in m³ pro einem m² aktiver Filterfläche und Minute aus und ist gleichbedeutend einer mittleren Anströmgeschwindigkeit des Filtermediums in m/min [1]. Für Prozessfilter nach Ofen/Rohmühle oder Zementmühle liegt sie oftmals im Bereich von 1,0 m/min. Je höher die Filterflächenbelastung ist, desto geringer sind die

Investitionskosten und desto höher sind die Betriebskosten. In Abhängigkeit einer definierten Betriebsweise ergeben sich somit unterschiedliche Betriebs- und Investitionskosten, die bei Betrachtung der Lebenszykluskosten gegenüber zu stellen sind.

2.2 Differenzdruck

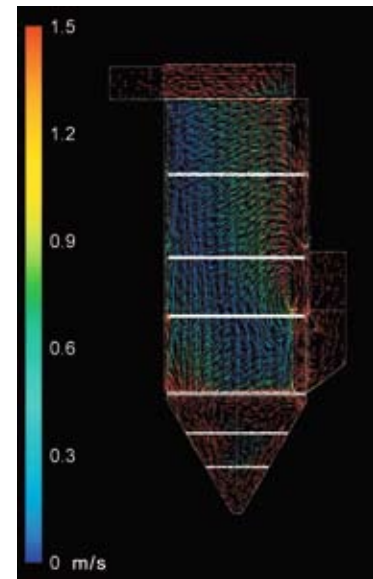
Der Differenzdruck der gesamten Filteranlage summiert sich aus folgenden Teilkomponenten: dem Gehäuse-, Staubkuchen- und Schlauchrestdruckverlust. Das Differenzdruckverhalten der Anlage wird maßgeblich durch den Staubkuchen und den Schlauchrestdruckverlust bestimmt. Bei der EMC-Technologie nimmt die von Scheuch entwickelte Steuerung PulseMaster daher automatisch eine laufende Anpassung zur optimalen Betriebsweise vor (Bild 3).

Natürlich ergibt sich aus der Sicht des Anlagenbetreibers als oberstes Gebot, den Differenzdruck möglichst gering zu halten. Ist ein geringer Filterdifferenzdruck der Filteranlage gewährleistet, so kann der Ventilator mit geringerer Gesamtdruck-erhöhung und Antriebsleistung ausgelegt werden.

Zu berücksichtigen ist, dass die Reduzierung des Differenzdruckes zu Lasten einer höheren Abreinigungsfrequenz geht und sich somit negativ auf die Druckluftkosten und die Schlauchstandzeit auswirkt. Insbesondere bei hochwertigen Schlauchqualitäten wie bei Heißgas-Anwendungen treibt es die Kosten in die Höhe.

2.3 Can-Velocity

Die „can-velocity“ (Auftriebsgeschwindigkeit) hat in den letzten Jahren Eingang in verschiedene Spezifikationen gefunden und drückt die mittlere Strömungsgeschwindigkeit während der Abreinigung zwischen den Filterschläuchen aus [2]. Als Standardwert gilt 1,0 m/s, um eine zuverlässige Abreinigung (Sedimentation der Staubpartikel) sicherzustellen.



4 CFD simulation shows that low flow velocities (under 1.5 m/s) occur in EMC filter units with 8 m-long filter bags

Die CFD-Simulation zeigt, dass bei EMC-Filteranlagen mit 8 m-Filterschläuchen geringe Strömungsgeschwindigkeiten (unter 1,5 m/s) auftreten

3 Basis for operating expense and life cycle cost calculations

The following calculations of the various operating expenses and life cycle costs are based on a kiln/raw mill dedusting application and a cement mill dedusting application. In the two case examples, both the capital costs and the operating expenses are calculated for a period of 15 years.

3.1 Capital costs

All cost variants were calculated as in the preparation of an individual quotation. The calculated costs for the EMC filter types include the raw gas and clean gas ducts, shutoff valves, discharge devices, supporting cages, supporting structures, access ways, electrical heat traces for hoppers, heat insulation of the filter, filter head casing, surface treatment and erection of the filter unit. They do not include the cost of the respective gas cooling system "evaporation cooler/mixing chamber", filter fan, foundations, ductwork, electrical cabling and higher-level control system of the filter unit.

3.2 Operating expenses

3.2.1 Energy

In the energy requirement calculation, the kWh is assumed to cost € 0.08 and the operating hours to be 8000 per year. For calculation of the power requirement, the filter pressure drop between inlet flange and outlet flange is taken into consideration as appropriate for the respective plant concept.

3.2.2 Filter bags

The calculated costs for filter bags including initial equipment are current market prices depending on the quality and length of bag and the extent of work for changing the bags. The respective differential pressure and cycle time result in different service lives that affect the operating expenses.

Tab. 1: Examples for the bag service life
Beispiele für Schlauchstandzeiten

| Client Kunde | Application Anwendung | Air volume Luftmenge | Bag material Schlauch- material | Current bag service life Aktuelle Standzeit |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Schretter & Cie Austria | Dry process kiln & raw mills Trockenofen & Rohmühlen | 158 000 Bm ³ /h | P 84 | in 7 th year im 7. Jahr |
| Cementos Balboa Spain | Dry process kiln & raw mills Trockenofen & Rohmühlen | 600 000 Bm ³ /h | Glass fibre with membrane Glasfaser mit Membrane | in 6 th year im 6. Jahr |
| Lafarge Le Teil France | Dry process kiln & raw mills Trockenofen & Rohmühlen | 2 x 175 000 Bm ³ /h | Glass fibre with membrane Glasfaser mit Membrane | in 7 th year im 7. Jahr |
| SPZ Solnhofen Germany | Separator Sichter | 76 000 Bm ³ /h | PES / PES 550 | in 8 th year im 8. Jahr |
| HOLCIM Merone Italy | Vertical roller mills Walzenschüs- sel Mühlen | 385 000 Bm ³ /h | PE 600 | in 6 th year im 6. Jahr |
| Atlantico Cement Bilbao / Spain | Vertical roller mills Walzenschüs- sel Mühlen | 391 000 Bm ³ /h | PE / PAN 600 | in 5 th year im 5. Jahr |

Da bei der EMC-Filtertechnologie die Abreinigung der Filterschläuche im strömungslosen Zustand erfolgt, ist die can-velocity daher nicht relevant. Die Praxis zeigt, dass bei den vorherrschenden Geschwindigkeiten während der Filtrationsphase aufgrund des strömungsoptimierten Filtergehäuses der mechanische Verschleiß zu vernachlässigen ist (Bild 4).

2.4 Schlauchstandzeit

Die Praxisergebnisse zu den Schlauchstandzeiten sprechen eine deutliche Sprache für die EMC-Filter. Während branchenüblich durchschnittliche Standzeiten zwischen 3 und 4 Jahren als Gewährleistung gelten, sind mit der EMC-Filtertechnologie aus heutiger Sicht durchaus bis zu 8 Jahre erreichbar (Tabelle 1).

Zurückzuführen ist dies auf die besonderen Vorzüge der EMC-Abreinigung, die aufgrund des strömungslosen Zustandes nicht nur mit einem geringen Speicherdruck, sondern auch mit einem geringen Volumen an Druckluft arbeitet. Die EMC-Filtertechnologie wirkt so nachhaltig, dass das Filter dadurch mit einem geringen Differenzdruck betrieben werden kann. Auch bei kürzeren Umlaufzeiten, die eine Erhöhung der Abreinigungsfrequenz erforderlich machen, ist nur eine sehr geringe mechanische Beanspruchung der Filterschläuche feststellbar.

3 Berechnungsgrundlagen für Betriebskosten und Lebenszykluskosten

Grundlage für die nachfolgenden Berechnungen der unterschiedlichen Betriebskosten sowie der Lebenszykluskosten sind je ein Anwendungsfall für eine Ofen/Rohmühlen-Entstaubung bzw. Zementmühlen-Entstaubung. Bei beiden Fallbeispielen werden sowohl die Investitionskosten als auch die Betriebskosten auf einen Zeitraum von 15 Jahren gerechnet.

3.1 Investitionskosten

Sämtliche Kostenvarianten wurden auf dem Wege einer individuellen Angebotserstellung gerechnet. Die dabei ermittelten Kosten der EMC-Filtertypen enthalten Roh- und Reingas-kanal, Absperrschieber, Austragorgane, Stützkörbe, Unterstützungskonstruktionen, Begehungseinrichtung, elektrische Trichter-Begleitheizungen, Wärmeisolierung des Filters, Filterkopfeinhausung, Oberflächenbehandlung und die Montage der Filteranlage. Nicht berücksichtigt sind die Kosten des jeweiligen Gaskühlsystems „Verdampfungskühler/Mischkammer“, Filterventilator, Fundamente, Rohrleitungen, elektrische Verkabelung und die übergeordnete Steuerung der Anlage.

3.2 Betriebskosten

3.2.1 Energie

Beim Energiebedarf wird die kWh mit 0,08 € angesetzt, die Betriebsstunden mit 8000 pro Jahr festgelegt. Für die Berechnung des Leistungsbedarfes wird je nach Anlagenkonzeption der Filter-Druckverlust zwischen Eintritts- und Austrittsflansch berücksichtigt.

3.2.2 Filterschläuche

Bei den Kosten für die Filterschläuche einschließlich Erstaussstattung sind aktuelle Marktpreise je nach Schlauchqualität und -länge sowie der Aufwand für Schlauchwechsel berücksichtigt. In Abhängigkeit des Differenzdruckes bzw. der Umlaufzeit ergeben sich unterschiedliche Standzeiten, die die Betriebskosten beeinflussen.

3.2.3 Compressed air

It is assumed that the compressed air is produced by a screw-type compressor (7.5 bar [overpr.]). The costs for compressed air, including compressed air conditioning, are taken to be € 0.02/Nm³ for a major industrial plant.

3.2.4 Servicing

According to experience, the annual cost of maintenance and servicing work is 0.5 % of the filter unit purchase price.

3.3 Financing costs

The basis for 15-year financing of the capital expenditure is an interest rate of 5 % p.a.

4 Operating expenses

At an assumed service life of 15 years for the filter unit for dedusting a kiln/raw mill or cement mill, the operating expenses exceed the capital cost by a wide margin. For this reason, the different operating expense categories for fan power consumption, filter bags, compressed air and servicing of an EMC filter for kiln dedusting and an EMC filter for cement mill dedusting are calculated in the following section dependent on the filter pressure difference.

4.1 Empirical values for kiln/raw mill dedusting

The basis is an EMC filter with a capacity of 1 000 000 Am³/h, 8 m-long PTFE-membrane filter bags with fibre glass reinforcement, a dust load of 50 g/m³ and a filter area loading of 1.0 m/min. With decreasing filter pressure difference, the power consumption of the fan also falls. The cycle time decreases correspondingly, which reduces the service life of the filter bags because of the higher cleaning frequency. As a consequence, the expense for filter bags and compressed air increases. As from a filter pressure difference of, for example, 7 mbar, the expense for filter bags even exceeds the energy costs of the fan. As a cost factor, the filter bag plays a significant role for hot gas applications with their associated bag quality requirements. With the EMC operating mode, a filter pressure difference of between 8.5 and 11 mbar proves to be the optimum range for the overall operating expenses with relation to the above-mentioned basic conditions (Fig. 5).

4.2 Empirical values for cement mill dedusting

The basis is an EMC filter with a capacity of 500 000 Am³/h, 8 m-long polyacrylonitrile needle felt filter bags, a dust load of 500 g/m³ and a filter area loading of 1.0 m/min.

In this application there is a qualitatively similar cost scenario. However, there is the significant difference that, due to the high dust load, a reduction in the filter pressure difference leads to an increase in expenses both for compressed air and for filter bags. At values below 8.0 mbar, the cost development maintains the same ratio between the individual operating expense categories. In the above-described application, the calculated optimum filter pressure difference for the EMC operating mode is between 9.0 and 11.0 mbar (Fig. 6).

4.3 Résumé

The calculations performed on the basis of empirical values from industrial operation demonstrate that the operating expense categories fan power consumption, filter bag costs and compressed air costs behave interdependently as a function of the filter pressure difference. Depending on the application, the

3.2.3 Druckluft

Es wird angenommen, dass die Druckluftherzeugung mit einem Schraubenkompressor (7,5 bar [Ü]) erfolgt. Die Druckluftkosten inklusive Druckluftaufbereitung werden für industrielle Großanlagen mit 0,02 €/Nm³ angesetzt.

3.2.4 Service

Erfahrungsgemäß werden für den Leistungsumfang von Wartung und Service pro Jahr 0,5 % der Anschaffungskosten der Filteranlage veranschlagt.

3.3 Finanzierungskosten

Basis für eine 15-jährige Finanzierung des Investitionsaufwandes ist ein Zinssatz von 5 % p.a.

4 Die Betriebskosten

Bei einer angenommenen Lebensdauer von 15 Jahren für die Filteranlage zur Entstaubung von Ofen/Rohmühle bzw. Zementmühle belaufen sich die Betriebskosten auf ein Vielfaches der Investitionskosten. Daher werden nachfolgend die unterschiedlichen Betriebskostenarten für Ventilatorenergie, Filterschläuche, Druckluft und Service eines EMC-Filters bei einer Ofenentstaubung sowie eines EMC-Filters bei einer Zementmühlenentstaubung in Abhängigkeit des Filterdifferenzdruckes berechnet.

4.1 Erfahrungswerte zur Ofen/Rohmühle-Entstaubung

Grundlage ist ein EMC-Filter: Leistung 1 000 000 Bm³/h, 8 m-Filter-schläuche PTFE-Membrane mit Glasfasergewebe, Staubbelastung 50 g/m³ und eine Filterflächenbelastung von 1,0 m/min. Mit abnehmendem Filterdifferenzdruck sinkt der Energieaufwand für den Ventilator. Dementsprechend reduziert sich die Umlaufzeit, wodurch sich die Standzeit der Schläuche aufgrund der höheren Abreinigungsfrequenz verringert. Als Folge erhöhen sich die Kosten für die Filterschläuche und die Druckluft. Ab einem Filterdifferenzdruck von beispielsweise 7 mbar übersteigen die Filterschlauchkosten sogar die Energiekosten des Ventilators. Der Kostenfaktor Filterschlauch spielt bei Heißgasanwendungen mit der damit verbundenen Schlauchqualität eine große Rolle. Als optimaler Bereich für die Gesamt-Betriebskosten ergibt sich bei der EMC-Betriebsweise ein Filterdifferenzdruck zwischen 8,5 und 11 mbar, bezogen auf die oben genannten Rahmenbedingungen (Bild 5).

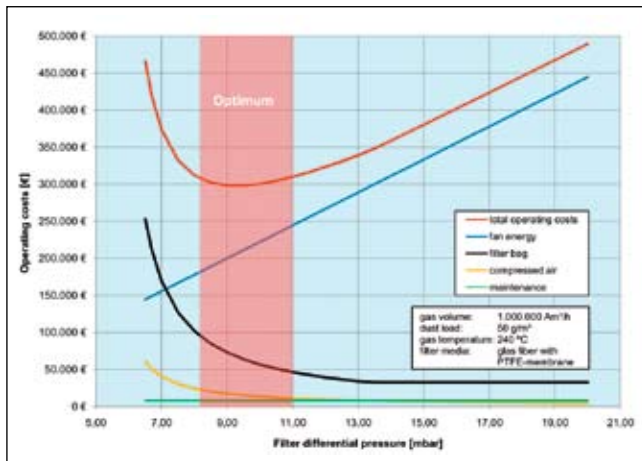
4.2 Erfahrungswerte zur Zementmühle-Entstaubung

Grundlage ist ein EMC-Filter: Leistung 500 000 Bm³/h, 8 m-Filter-schläuche Polyacrylnitril-Nadelfilz, Staubbelastung 500 g/m³ und eine Filterflächenbelastung von 1,0 m/min.

Bei diesem Anwendungsfall ergibt sich ein qualitativ ähnlicher Kostenverlauf. Mit dem gravierenden Unterschied, dass sich bei der Reduzierung des Filterdifferenzdruckes aufgrund der hohen Staubbelastung ein Anstieg der Kosten sowohl für Druckluft als auch Filterschläuche abzeichnet. Die einzelnen Betriebskostenarten bewegen sich unter 8,0 mbar in gleichen Relationen zueinander. Bei der oben beschriebenen Anwendung errechnet sich bei den Gesamt-Betriebskosten als optimaler Bereich ein Filterdifferenzdruck zwischen 9,0 und 11,0 mbar bei der EMC-Filtertechnologie (Bild 6).

4.3 Resumee

Die Berechnungen auf der Basis von Praxis-Erfahrungswerten verdeutlichen, dass sich die Betriebskostenarten Ventilatoren-



5 Individual operating expense items of a kiln-dedusting EMC filter as a function of the filter pressure difference

Einzelne Betriebskosten eines EMC-Filters bei einer Ofenentstaubung in Abhängigkeit des Filterdifferenzdruckes

overall operating expense increases as a result of decreasing filter pressure difference. The assumption that operating expenses can be minimized by keeping the filter pressure difference as low as possible is therefore not helpful. The increase in overall operating expense with rising filter pressure difference is smaller. For this reason, a filter pressure difference above the optimum range has a less negative effect than an operating point below the optimum range.

5 Life cycle costs

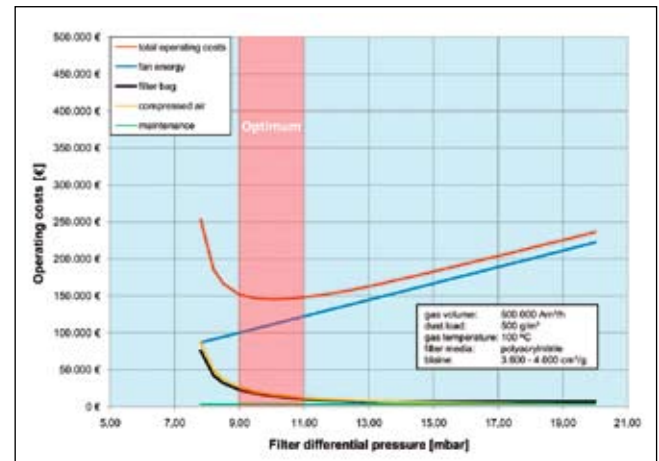
The LCCs are composed of the capital costs, the incurred financing costs and the annual operating expenses. For calculation of the LCCs for the two dedusting systems, the same design data of the EMC filter for kiln/raw mill or cement mill were applied as was the case for the operating expenses already presented. EMC units with different filter area loadings and bag lengths were compared. They are each compared with a conventional online filter unit with 6 m-long filter bags.

5.1 Effect of filter area loading on the LCC

A higher filter area loading enables the filter area and the size of the filter unit to be reduced, and thus results in a lower capital cost. Aside from the more compact and therefore more favourably-priced execution of the entire system, the higher filter area loading has the subsequent effect that the cost of cleaning system components, such as membrane valves and supporting cages including bag material, decreases. However, it does entail the disadvantage that the higher differential pressure causes greater mechanical wear of the filter bag material and thus shortens the service life of the bags. This leads to higher operating expenses. However, in the case of the EMC operating mode, these effects are not so serious. Even at a filter area loading in excess of 1.3 m³/min, stable operation of an EMC unit is assured. This fact is primarily of importance if two different operating points have to be taken into account, e.g. for interconnected operation and mill bypass operation or when a filter compartment is switched off for maintenance purposes.

5.2 Empirical values for kiln/mill dedusting

When an online system (6 m-long filter bags, FAL 1.0 m³/min) is compared to an EMC unit with 8 m-long filter bags and different FALs of 0.8 – 1.0 – 1.2 m³/min, the clear superiority of



6 Individual operating expense items of a cement-mill-dedusting EMC filter as a function of the filter pressure difference

Einzelne Betriebskosten eines EMC-Filters bei einer Zementmühlentstaubung in Abhängigkeit des Filterdifferenzdruckes

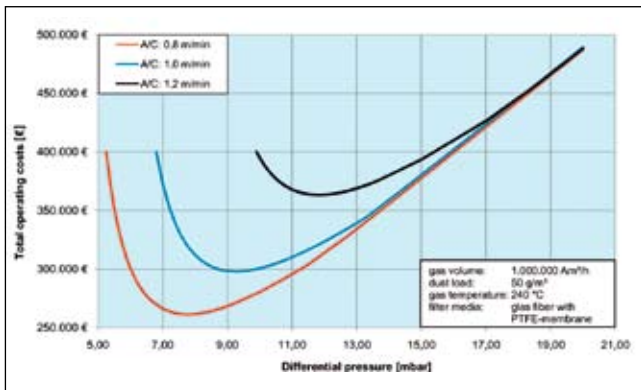
ergie zu Schlauch- und Druckluft in Abhängigkeit des Filterdifferenzdruckes interdependent verhalten. Je nach Anwendung steigen die Gesamt-Betriebskosten mit abnehmendem Filterdifferenzdruck wieder. Also ist die Annahme, minimale Betriebskosten über einen möglichst geringen Filterdifferenzdruck erreichen zu können, nicht zielführend. Der Anstieg der Gesamt-Betriebskosten mit zunehmendem Filterdifferenzdruck ist geringer. Daher wirkt sich ein Filterdifferenzdruck oberhalb des optimalen Bereiches weniger negativ aus als ein Betriebspunkt darunter.

5 Die Lebenszykluskosten

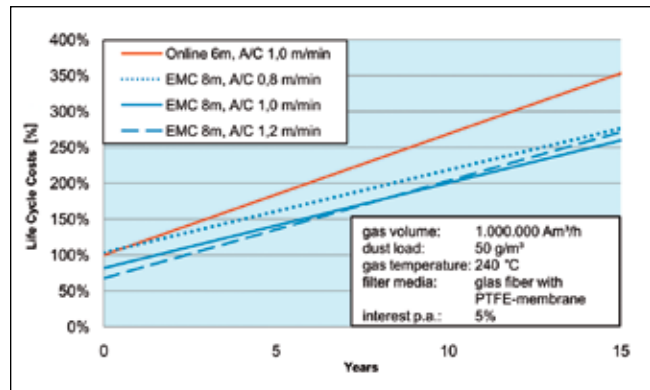
Sie setzen sich zusammen aus den Investitionskosten, den anfallenden Finanzierungskosten und den jährlichen Betriebskosten. Wie bei den zuvor präsentierten Betriebskosten werden bei den Life Cycle Costs für beide Entstaubungsanlagen dieselben Designdaten des EMC-Filters für Ofen/Rohmühle bzw. Zementmühle eingesetzt. Verglichen werden EMC-Anlagen mit unterschiedlichen Filterflächenbelastungen und Schlauchlängen. Sie werden jeweils mit einer konventionellen Online-Filteranlage mit 6 m-Schläuchen gegenübergestellt.

5.1 Auswirkung Filterflächenbelastung auf LCC

Eine höhere Filterflächenbelastung bewirkt eine Reduktion der Filterfläche und bestimmt somit die Baugröße der Filteranlage zu Gunsten geringerer Investitionskosten. Neben der kompakten und daher auch kostengünstigen Ausführung der gesamten Anlage können durch die höhere Filterflächenbelastung in weiterer Folge die Komponenten des Abreinigungssystems, wie Membranventile und Stützkörbe einschließlich Schlauchmaterial, reduziert werden. Als Nachteil ergibt sich dabei durch den höheren Differenzdruck ein höherer mechanischer Verschleiß beim Filterschlauchmaterial und somit eine Verkürzung der Standzeit. Dies führt zu höheren Betriebskosten. Jedoch sind diese Auswirkungen bei der EMC-Filtertechnologie nicht so gravierend. Selbst bei einer Filterflächenbelastung über 1,3 m³/min ist mit EMC ein stabiler Betrieb gewährleistet. Dieses Fakt ist vor allem dann von Bedeutung, wenn zwei unterschiedliche Betriebspunkte, wie z.B. bei Verbund- und Direktbetrieb oder eine Kammerabschaltung zu Wartungszwecken, zu berücksichtigen sind.



7 Total operating expense of a kiln-dedusting EMC filter as a function of the filter pressure difference
 Gesamte Betriebskosten eines EMC-Filters bei einer Ofenentstaubung in Abhängigkeit der Filterflächenbelastung



8 Comparison of the life cycle costs of Online and EMC kiln-dedusting filters with different filter area loadings
 Vergleich der Life Cycle Costs einer Ofenentstaubung: Online und EMC mit verschiedenen Filterflächenbelastungen

the EMC technology is displayed. In a mode of operation with a FAL between 1.0 and 1.2 m/min, which initially only show a minimal difference as regards capital cost and overall costs in units installed in recent years, the cost balance is fairly even. Although the operating expenses are lowest at a FAL of 0.8 m/min (Fig. 7), the life cycle costs are higher than those of the compared FALs of 1.0 and 1.2 m/min due to the higher capital costs. The capital cost of an EMC 8 M with a FAL of 1.0 m/min is 18 percent lower than that of the online system due to its more compact construction and brings a saving of 26 % over the assumed life cycle of 15 years, which works out at around € 2 500 000 (Fig. 8).

5.3 Empirical values for cement mill dedusting

With regard to the life cycle costs, the cost benefits of EMC technology are also significant in this application. Due to the use of 8 m-long filter bags, EMC has a cost advantage over the online system. A filter area loading of 1.0 m/min results in the best LCC figures. The initially lower capital cost of the variant FAL 1.2 m/min because of its smaller construction size are already equalized by the variant FAL 1.0 m/min in the middle of its life cycle (after about 7 years) due to its lower operating expenses. As in the case of kiln dedusting, the FAL variant 0.8 m/min that has the lower operating expenses does not have the lowest life cycle costs because its capital cost is higher (Fig. 9). In this comparison, the overall costs of the online system are also 32 % higher after 15 years than those of EMC technology; in money terms, this amounts to around € 1 600 000 (Fig. 10).

5.4 Effect of bag length on the LCC

The 8-m filter bag length that Scheuch prioritizes and that is already used in more than 40 plants all around the world, as well as the 10 m bag length, are responsible for the considerably better life cycle costs of EMC technology. When EMC filter technology was introduced in 2001, many plant owners were still giving 4.5-m bags as the maximum permissible length. In the meantime, EMC filter technology has been further developed for the use of 10 m-long filter bags. As the first client, the Lägerdorf plant of the Holcim (Germany) AG, ordered an EMC 10 M filter unit when modernizing their kiln dedusting system.

The main advantage of longer filter bags is the significantly lower capital cost due to the fact that the weight of the com-

5.2 Erfahrungswerte zur Ofen/Mühle-Entstaubung

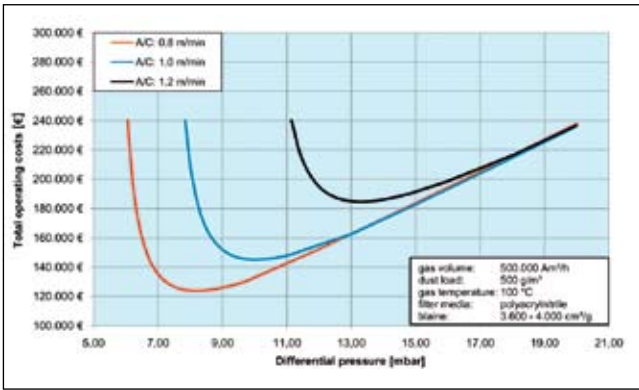
Beim Vergleich des Online-Systems (6 m-Schläuche, FFB 1,0 m/min) mit der EMC-Filtertechnologie mit 8 m-Filterschläuchen und unterschiedlichen Filterflächenbelastungen von 0,8 – 1,0 – 1,2 m/min zeigt sich eine klare Überlegenheit von EMC. Bei einer Betriebsweise zwischen 1,0 und 1,2 m/min, die anfänglich bei den Investitionskosten bzw. bei den Gesamtkosten in den letzten Jahren minimal differieren, liegt eine ziemlich ausgeglichene Kostenbilanz vor. Obwohl die Betriebskosten bei einer Filterflächenbelastung von 0,8 m/min am geringsten ausfallen (Bild 7), liegen die Lebenszykluskosten durch die höheren Investitionskosten dennoch über den verglichenen Filterflächenbelastungen von 1,0 und 1,2 m/min. EMC 8 M mit einer Filterflächenbelastung von 1,0 m/min ist bei den Investitionskosten aufgrund der kompakteren Bauweise um 18 Prozent unter dem Online-System und weist über den angenommenen Lebenszyklus von 15 Jahren eine Einsparung von 26 % auf, was rund € 2 500 000 entspricht (Bild 8).

5.3 Erfahrungswerte zur Zementmühle-Entstaubung

Bei den Life Cycle Costs setzen sich auch bei diesem Anwendungsfall die Kostenvorteile der EMC-Technologie fort. EMC ist dem Online-System durch den Einsatz der 8 m-Filterschläuche kostenmäßig überlegen. Eine Filterflächenbelastung von 1,0 m/min ergibt die günstigsten LCC-Werte. Die anfänglich geringeren Investitionskosten der Variante FFB 1,2 m/min aufgrund kleinerer Baugröße werden bereits in der Mitte des Lebenszyklus (nach ca. 7 Jahren) durch die geringeren Betriebskosten der Variante FFB 1,0 m/min wettgemacht. Wiederum zeigt sich wie bei der Ofenentstaubung, dass die günstigere Betriebskostenvariante FFB 0,8 m/min aufgrund der höheren Investitionskosten nicht die geringsten Lebenszykluskosten ergibt. (Bild 9) Die Gesamtkosten des Online-Systems liegen auch in diesem Vergleich nach 15 Jahren 32 % höher als die der EMC-Technologie, um ca. 1 600 000 € (Bild 10).

5.4 Auswirkung Schlauchlänge auf LCC

Die von Scheuch priorisierte Schlauchlänge von 8 Metern, die bereits in über 40 Anlagen weltweit eingesetzt wird, sowie die Schlauchlänge von 10 Metern geben für die wesentlich besseren Lebenszykluskosten den Ausschlag. Zur Zeit der Einführung der EMC-Filtertechnologie im Jahr 2001 wurden noch seitens der Anwender in vielen Fällen 4,5 Meter als maximal zulässige Schlauchlänge vorgegeben. Zwischenzeitlich wurde



9 Total operating expense of a cement-mill-dedusting EMC filter as a function of the filter pressure difference
Gesamte Betriebskosten eines EMC-Filters bei einer Zementmühlentstaubung in Abhängigkeit der Filterflächenbelastung

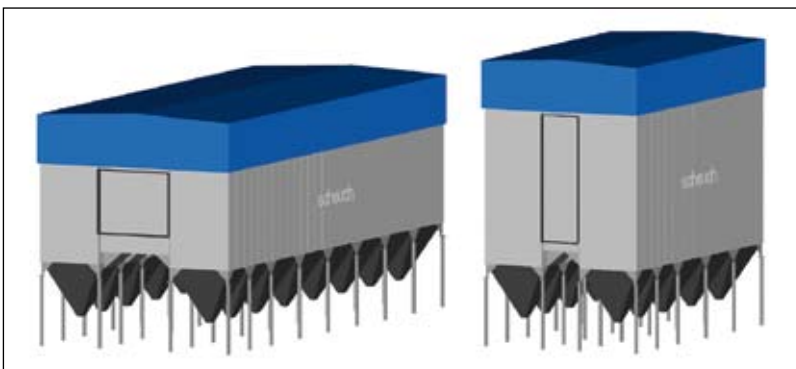
compact construction is up to 30 % lower, which is illustrated by a comparison between the EMC 6 M and the EMC 10 M [3]. Furthermore, a unit with 10 m bags only has half the footprint of the 6 m filter bag variant. In addition, as regards the so-called secondary capital costs there is an immense saving for the sub-structure of the filter unit or the mill building, foundation work and access facilities of the filter unit (Fig. 11).

The use of an EMC 10 M is already interesting as from a volume flow of 500 000 Am³/h and the unit can cover a range of up to 3 000 000 Am³/h.

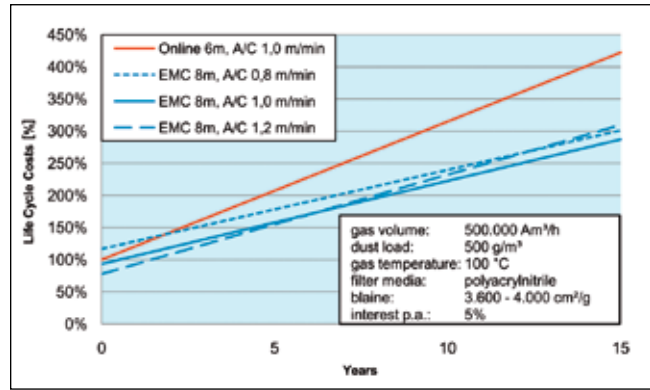
The comparison (Fig. 12) illustrates clearly that at a filter area loading of 1.0 m/min, the EMC filter unit 10 M is superior to both the online system and the EMC 8 M variant as regards both capital cost and operating expenses when calculated over a lifetime of 15 years. The capital cost of the EMC-10 M variant is 10 % below that of the EMC variant with 8 m-long filter bags. In the sum total of life cycle costs calculated over 15 years of operation, the EMC 10 M brings a saving of 7 % in comparison to the EMC 8 M. This works out at around € 500 000. In contrast, the LCC of an online system is around € 3 000 000 higher.

5.5 Résumé of life cycle costs

The savings potential of EMC technology forecast in 2003 in the ZKG article “Cost reduction through higher performance potential for process filters in the cement industry” has been confirmed in industrial installations and has even been surpassed [4]. Both of the calculation examples draw attention to the interac-



11 Size comparison of EMC filter units with 6 m or 10 m filter bags for 1 000 000 Bm³/h
Größenvergleich EMC-Filteranlage für 1 000 000 Bm³/h beim Einsatz von 6 m oder 10 m - Filterschläuchen



10 Comparison of the life cycle costs of Online and EMC cement-mill-dedusting filters with different filter area loadings
Vergleich der Life Cycle Costs einer Zementmühlentstaubung: Online und EMC mit verschiedenen Filterflächenbelastungen

die EMC-Filtertechnologie weiterentwickelt für den Einsatz von 10 m-Filterschläuchen. Als erster Kunde bestellte die Holcim (Deutschland) AG, Werk Lägerdorf, eine EMC 10 M-Filteranlage zur Modernisierung ihrer Ofenentstaubung.

Hauptvorteil großer Filterschlauchlängen sind primär die deutlich geringeren Investitionskosten, die sich bei der kompakten Bauweise durch eine Gewichtsreduktion von bis zu 30 % – Vergleich EMC 6 M : EMC 10 M – auswirken [3]. Außerdem wird bei der 10 m-Anwendung gegenüber der 6 m-Filtervariante für die Aufstellung der Anlage nur die Hälfte an Grundfläche benötigt. Zusätzlich bedeutet es bei den sogen. sekundären Investitionskosten eine immense Einsparung bei Filterunterbau oder Mühlengebäude, Fundamentierung und Begehungseinrichtungen an der Filteranlage (Bild 11).

Der Einsatz von EMC 10 M ist bereits ab Volumenströmen von 500 000 Bm³/h interessant und kann einen Bereich von bis zu 3 000 000 Bm³/h abdecken.

Der Vergleich (Bild 12) bringt klar zum Ausdruck, dass bei einer Filterflächenbelastung von 1,0 m/min die EMC-Filteranlage 10M sowohl bei den Investitions- als auch den Betriebskosten, über 15 Jahre gerechnet, dem Online-System aber auch der EMC 8M-Variante überlegen ist. Die EMC 10M-Variante liegt bei den Investitionskosten 10 % unter der EMC-Variante mit 8 m-Filterschläuchen. In der Gesamtsumme der Lebenszykluskosten ergibt sich nach 15 Betriebsjahren beim EMC 10M eine Einsparung von 7 % im Vergleich zu EMC 8M. Dies entspricht rund 500 000 €. Der Mehraufwand für das Online-System hingegen beträgt bei den LCC rund 3 000 000 €.

5.5 Resumee Lebenszykluskosten

Die in der ZKG-Fachpublikation „Kostenreduktion durch höheres Leistungspotential bei Prozessfiltern in der Zementindustrie“ im Jahr 2003 prognostizierten Einsparungspotenziale der EMC-Filtertechnologie haben sich in der Praxis bestätigt und konnten sogar übertroffen werden [4].

Beide Rechenbeispiele weisen auf die in Wechselwirkung stehenden Auslegungsparameter Filterflächenbelastung zu Druckverlust hin, die bei der Auslegung der Anlage in ein optimales Verhältnis zu bringen sind. Damit das Gesamtkostengefüge in Summe

tive design parameters of filter area loading and pressure drop, which have to be put into an optimum relationship when designing the filter unit. This influences the overall cost structure and ensures that the owner benefits from optimum life cycle costs.

It was also shown that when considering the calculation approach of life cycle costs (LCC), the correct design point of a filter unit is only "one side of the coin". Optimum adaptation to the correct operating point depending on the upstream processes, but particularly under the aspect of the operating expenses to be expected over the entire lifetime, is the "other side of the coin". More attention will have to be paid to this in future. Finally, the main requirements – correct design point and optimum operating point – can only be met by a filter system that possesses flexible characteristics enabling it to follow the variable modes of operation and that is equipped with a control system which automatically regulates the filter unit and performs continuous adjustment to the optimum mode of operation.

Scheuch therefore developed the EMC-PulseMaster controller specially for controlling the cleaning of process filters. Among its functions is the automatic control of the cleaning pressure and the cleaning frequency depending on the air permeability of the filter bag. The cleaning frequency is especially important for new filter bags during the "running-in phase" and controlling the frequency simultaneously prevents the so-called overcleaning effect. Moreover, it ensures the best possible adjustment of the cleaning process to varying operating conditions, such as occur during changes between interconnected operation and mill bypass operation of kiln and raw mill or when material flow quantities vary or, in the case of cement mills, when the fineness of grinding changes. Through the sum of its functions, the EMC-PulseMaster controller considerably influences not only the achievement of high operational reliability and availability of the filter unit but also the amount of operating expense (including filter bag service life and compressed air consumption), which has to be kept as low as possible.

6 Prospects

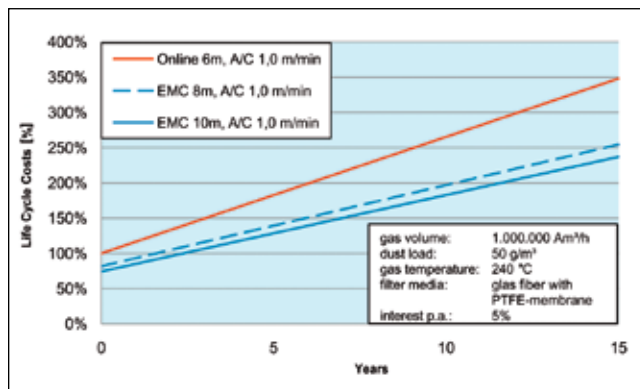
Since the introduction of EMC filter technology in 2001, Scheuch has always paid attention to operating cost calculation and has placed particular emphasis on the total life cycle costs.

In order to assure the plant owner of high performance over the entire life cycle, all available knowhow concerning energy efficiency, availability, reliability and surety of filter units has been pooled in order to further optimize the operating expenses of existing units. All Scheuch services in this sector are now available under our programme "Life Cycle Service". In this way, Scheuch will support clients even after their investment in a new unit and throughout every phase in the life of the unit will provide services that are tailored to the specific requirements of the respective production process and location.



Literaturverzeichnis/Literature

- [1] Leibinger, H.; Neumann, U.: Kostenreduktion durch höheres Leistungspotential bei Prozessfiltern in der Zementindustrie, Teil 1: ZKG INTERNATIONAL 55 (2002) No. 9, pp. 62–71.
- [2] Hofer, K.: Stand der Technik bei der Gewebefiltration mit Druckluftabreinigung in der Zementindustrie, ZKG INTERNATIONAL 58 (2005) No. 10, pp. 60–67.



12 Comparison of the life cycle costs of Online and EMC cement-mill-dusting filters Online and EMC with different bag lengths

Vergleich der Life Cycle Costs einer Zementmühlentstaubung: Online und EMC bei verschiedenen Schlauchlängen

für den Betreiber optimale Lebenszykluskosten gewährleistet. Ebenso ist zu erkennen, dass bei Berücksichtigung des rechnerischen Ansatzes der Lebenszykluskosten (LCC) der richtige Auslegungspunkt einer Filteranlage nur die „eine Seite der Medaille“ ist. Die optimale Anpassung an den richtigen Betriebspunkt in Abhängigkeit der jeweils vorgeschalteten Prozesse, besonders jedoch unter dem Aspekt der über die gesamte Lebensdauer zu erwartenden Betriebskosten, stellt die „andere Seite der Medaille“ dar. Ihr ist demnach zukünftig größere Beachtung beizumessen. Schließlich kann den Hauptanforderungen – richtiger Auslegungspunkt und optimaler Betriebspunkt – nur ein Filtersystem gerecht werden, das mit flexiblen Eigenschaften den variablen Betriebsweisen folgen kann und über eine Steuerung verfügt, die automatisch die Kontrolle und laufende Anpassung an die optimale Betriebsweise übernimmt.

Scheuch entwickelte daher speziell für die Abreinigungssteuerung von Prozessfiltern das Steuergerät EMC-PulseMaster. U. a. regelt es in Abhängigkeit der Luftdurchlässigkeit des Filterschlauches automatisch den Abreinigungsdruck und die Abreinigungsfrequenz. Letzteres ist besonders wichtig in der „Einfahr-Phase“ für neue Filterschläuche bei gleichzeitiger Vermeidung des sogenannten Overcleaning-Effekts. Zudem sorgt es für eine bestmögliche Anpassung der Abreinigung bei schwankenden Betriebsbedingungen, wie z. B. bei Verbund-/Direktbetrieb bei Ofen und Rohmühle oder bei differierenden Materialmengen oder abweichender Mahlfineinheit bei Zementmühlen. Mit der Summe seiner Funktionen nimmt die Steuerung EMC-PulseMaster einerseits erheblichen Einfluss auf hohe Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Filteranlage sowie andererseits auf die Höhe der Betriebskosten (u.a. Standzeit der Filterschläuche, Druckluftverbrauch), die so gering wie möglich zu halten sind.

6 Ausblick

Mit Beginn der Einführung der EMC-Filtertechnologie im Jahr 2001 hat Scheuch konsequent auf die Betriebskostenrechnung gesetzt und dabei immer die gesamten Lebenszykluskosten im Auge behalten.

Damit dem Betreiber eine hohe Performance über den gesamten Lebenszyklus gewährleistet werden kann, hat man zur weiteren Optimierung der Betriebskosten an bestehenden Anlagen das umfangreiche Know-how rund um die Energieeffizienz, Verfügbarkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit der Filteranlagen

- [3] Lisberger, M.; Schwarzl, G.; Straif, C.: Neu: EMC-Technologie auch für 10 m-Filterschläuche, ZKG INTERNATIONAL 62 (2009) No. 9, pp. 79–85.
- [4] Leibinger, H.; Neumann, U.: Kostenreduktion durch höheres Leistungspotential bei Prozessfiltern in der Zementindustrie, Teil 2: Gewichtung und Optimierung von Investitions- und Betriebskosten, ZKG INTERNATIONAL 56 (2003) No. 2, pp. 44–52.

intern gebündelt. Alle Dienstleistungen hierzu stehen ab sofort mit dem Programm „Life Cycle Service“ zur Verfügung. Damit begleitet Scheuch seine Kunden auch nach der Neuinvestition in jeder Lebensphase der Anlage mit Leistungen, die exakt auf ihre spezifischen Anforderungen hinsichtlich Produktionsprozess und Standort zugeschnitten sind.