Verbesserung der Energieeffizienz von Schlauchfiltern

Von Theo Schrooten und Astrid Kögel, Intensiv-Filter GmbH & Co. KG

Anlagenbetreiber installieren Abgasreinigungsanlagen auf Grund einzuhaltender gesetzlicher Vorschriften und zur Produktrückgewinnung. Äußerst bedeutend sind dabei filternde Abscheider zur Abscheidung von Staubpartikeln und zunehmend auch von anderen Schadstoffkomponenten. Als grundsätzlicher Technologievorsprung gegenüber anderen Abscheidern ist die problemlose Einhaltung aktueller Grenzwerte in einem einstufigen Prozess bei großen Volumenströmen und hohen Staubbeladungen zu nennen. Diese Vorteile haben bereits in der Vergangenheit zur Substitution von Zentrifugalabscheidern und elektrostatischen Abscheidern durch filternde Abscheider geführt und werden diese auch in Zukunft ersetzen.

Parallel ist der Trend zur weiteren Absenkung des Energieaufwandes in allen Bereichen der produzierenden Industrie ungebrochen. Dies betrifft auch Entstaubungsanlagen, die für die Produktrückgewinnung aus Gasströmen und in der Abgasreinigung eingesetzt werden. Diese in der Regel kontinuierlich betriebenen Anlagen weisen Volumenströme von einigen Tausend bis über 2 Mio. m3/h auf. Die Reduzierung des Energiebedarfs der filternden Staubabscheider, heute überwiegend Jet-Pulse Schlauchfilter, ist in diesem Zusammenhang von großer Bedeutung. Mit konstruktiven, steuerungs- und filtrationstechnischen Maßnahmen wird der spezifische Energiebedarf von Jet-Pulse-Schlauchfiltern aus dem Hause Intensiv-Filter maßgeblich gesenkt. [1]

Abreinigung im offline-Betrieb

Um einen gleichbleibenden Druckverlust des Filters zu gewährleisten, wird dieser in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zyklen abgereinigt. Die zyklische Filterabreinigung mithilfe von Druckluftimpulsen, die über Injektoren in die oben offenen Filterschläuche eingeleitet werden, erfolgt während des laufenden Filtrationsbetriebs. In dieser, als online-Betrieb bezeichneten Betriebsweise, werden die in der Rohgaskammer befindlichen Partikel kontinuierlich anfiltriert. Direkt nach der Jet-Pulse-Abreinigung ist die Partikelkonzentration in der Nähe des Filterschlauchs sehr hoch. In diesem Zustand kommt es, insbesondere bei feindispersen Stäuben mit geringer Agglome-

*** Mit dem Begriff Coanda-Effekt werden verschiedene, ursächlich nicht zusammenhängende Phänomene bezeichnet, die eine Tendenz eines Gasstrahls oder einer Flüssigkeitsströmung nahelegen, an einer konvexen Oberfläche „entlangzulaufen", anstatt sich abzulösen und sich in der ursprünglichen Fließrichtung weiterzubewegen.[2]**

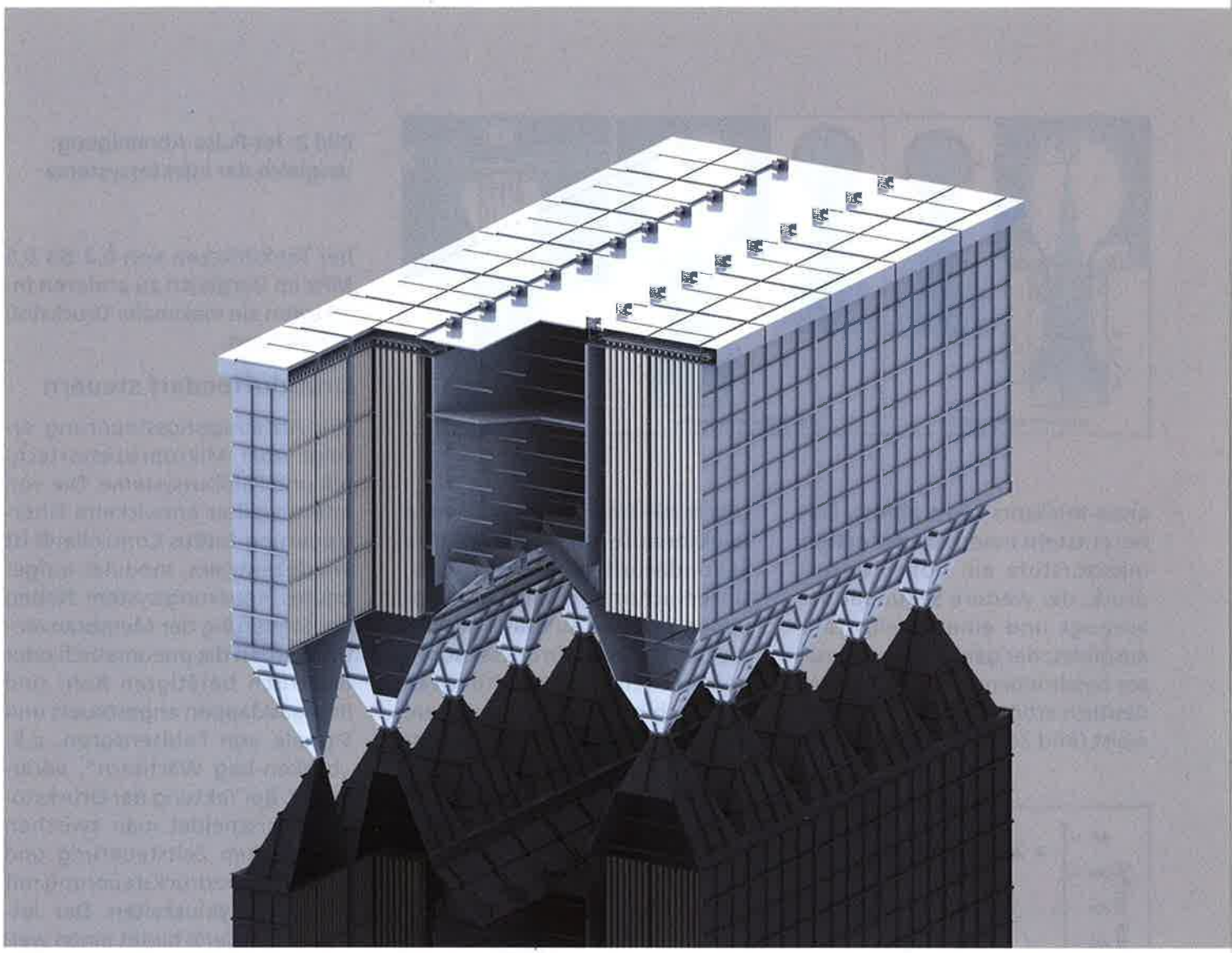

Bild 1: Jet-Pulse Schlauchfilter der Baureihe ProJet® mega

rationsneigung, zum Wiederanfiltrieren abgereinigter Partikel. Diese „innere" Staubzirkulation kann einen erheblichen Anteil an der Filterkuchenmasse verursachen und trägt damit zum Druckverlust bei. Zur Steigerung der Energieeffizienz werden Filtermodule durch roh- und/oder reingasseitige Absperrorgane, z. B. Klappen, im offline- oder semi-offline- (nur reingasseitige Abtrennung) Betrieb während der Abreinigung in einen nahezu strömungslosen Zustand versetzt. Dies verhindert, dass sich Staubschichten wieder anlagern. Parallel kann beim Offline-Betrieb die Abreinigung mit einem Druckluftimpuls geringerer Intensität erfolgen (Speicherdruck Druckluftbehälter 0,1 bis 0,3 MPa).

Abreinigung mit Coanda-Effekt

Für einen energieeffizienten Betrieb einer Jet-Pulse-Filteranlage ist auch das Injektorsystem von entscheidender Bedeutung. Viele Injektorsysteme bestehen aus einem Blasrohr mit einfachen Bohrungen als Lochdüsen (Nozzle-Injektor, Bild 2a). Eine deutliche Verbesserung bei der Umwandlung der statischen Druckenergie im Blasrohr in einen gerichteten Druckluftstrahl wird durch Aushalsung der Düsen zu einer „Idealen Düse" erreicht (Bild 2b). Das von Intensiv-Filter unter dem Namen Coanda-Injektor entwickelte Abreinigungssystem nutzt den Coanda-Effekt* aus. Hierbei tritt die Druckluft aus einem Ringspalt aus und wird über eine gewölbte Oberfläche geführt. Die Primärluft folgt dabei der Grenzschicht, die durch die Geometrie des Co-

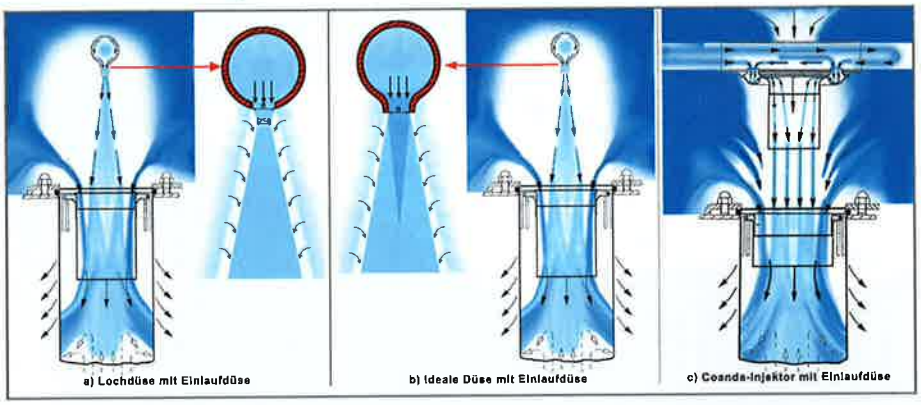

Bild 2: Jet-Pulse Abreinigung: Vergleich der Injektorsysteme

anda-Injektors nicht ablöst. Dabei entsteht innerhalb der ersten Injektorstufe ein hoher Unterdruck, der weitere Sekundärluft ansaugt und einen Treibstrahl ausbildet, der gegenüber den zuvor beschriebenen Varianten eine deutlich erhöhte Luftmenge aufweist (Bild 2c). Dieser Treibstrahl tritt in die Einlaufdüse als zweite Injektorstufe ein, in der weitere Sekundärluft angesaugt wird. Untersuchungen der beschriebenen Systeme auf Basis des mit piezoresisitiven Drucksensoren gemessenen, lokalen effektiven Schlauchinnendrucks belegen, dass mit dem Coanda-Injektor bei Tankdrücken von 0,2 bis 0,5 MPa im Vergleich zu anderen Injektoren ein maximaler Druckstoß erzielt wird.

Druckluftbedarf steuern

Die Abreinigungssteuerung erfolgt über Mikroprozessortechnik und Feldbussysteme. Die von Intensiv-Filter entwickelte Filtersteuerung JetBus Controller® ist ein dezentrales, modular aufgebautes Steuerungssystem. Neben der Steuerung der Membranventile werden die pneumatisch oder elektrisch betätigten Roh- und Reingasklappen angesteuert und Signale von Feldsensoren, z.B. „broken-bag Wächtern", verarbeitet. Bei Taktung der Druckstöße unterscheidet man zwischen einer festen Zeitsteuerung und der Differenzdrucksteuerung mit variablen Zykluszeiten. Der JetBus Controller® bietet einen weiteren Steuerungsparameter, mit dem sich eine bedarfsgerechte Abreinigung vornehmen lässt. Über die kontinuierliche Anpassung des Abreinigungsdrucks wird der Druckluftbedarf den jeweils vorherrschenden Betriebsbedingungen angepasst. Als Regelgröße der so genannten vordruckgeregelten Abreinigung dient der Filterdifferenzdruck. Bild 3 zeigt die Regelcharakteristik der vordruckgeregelten Abreinigung. Hierbei wird der zur Abreinigung notwendige Druckluft-Tankdruck

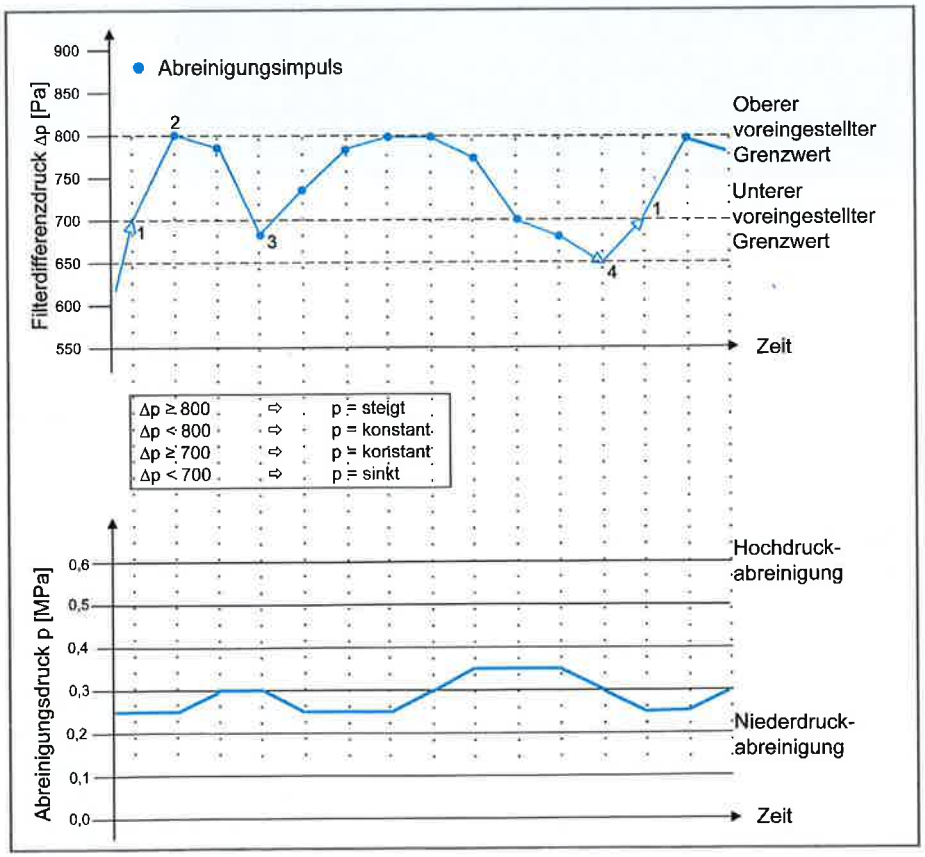

Bild 3: Regelcharakteristik der vordruckgeregelten Abreinigung

durch das Betriebsverhalten des Filters bestimmt. Das obere Diagramm zeigt den Filterdifferenzdruck, im unteren Diagramm ist der Tankdruck (=Abreinigungsdruck) dargestellt. Auf Position 1 wird die Abreinigung eingeschaltet. Im weiteren Verlauf nimmt der Differenzdruck z.B. zu. Bei Erreichen bzw. Überschreitung des oberen Grenzwertes des Differenzdrucks (800 Pa) wird der Abreinigungsdruck erhöht (Pos. 2). Als Folge sinkt der Differenzdruck innerhalb des zulässigen Korridors und der Abreinigungsdruck wird konstant auf 0,3 MPa gehalten. Bei dieser Einstellung kommt es im weiteren Verlauf zu einer Unterschreitung des unteren Grenzwertes (700 Pa) woraufhin der Abreinigungsdruck wieder abgesenkt wird (Pos. 3). Unterschreitet der Filterdifferenzdruck den unteren maximal zugelassenen Grenzwert und fällt weiter ab (Pos. 4), schaltet das System die Abreinigung aus. Erst bei erneutem Erreichen des unteren maximal zugelassenen Grenzwertes (700 Pa-Linie) startet die Abreinigung wieder. Bleibt die Abreinigung aufgrund des niedrigen Filterdifferenzdruckes ausgeschaltet, wird ggf. auch zwangsabgereinigt, um zu große Staubansammlungen zu vermeiden. Die Betriebsdaten der Entstaubungsanlage werden somit permanent und bei minimalem Druckluftbedarf im gewünschten Betriebspunkt gehalten.

Optimierung der Gehäusewiderstände durch strömungstechnische Simulationen

Die CFD-Simulation (Computational Fluid Dynamics) ermöglicht es heute, Durchströmung und Druckverlust auch komplexer Apparate mit turbulenter Innenströmung mit überschaubarem Aufwand vorauszuberechnen. Die konstruktive Optimierung von Schlauchfiltern und Anlagenkomponenten zur Minimierung der Durchströmverluste erfolgt bei Intensiv-Filter durch die Vernetzung des 3-D CAD Systems (Solid Works) mit dem hauseigenen CFD-Programm (CFX). Im Ergebnis kann z. B. der Druckverlust, vor allem durch Einsatz von Leitblechen und wandbündigen Rohgasklappen signifikant gesenkt werden. [3]

Energieeffiziente Filtermedien

Auch Filtermedien wirken sich deutlich auf die Betriebskosten aus. Schließlich hat der Druckverlust von Filtermedium und angelagertem Filterkuchen den mit Abstand größten Anteil an zum Betrieb der Filteranlage anfallenden Energiekosten. Daher hat sich Intensiv-Filter zum Ziel gesetzt, exakt diesen Druckverlust zu reduzieren. Das Ergebnis erzielt man z. B. durch die unter dem Produktnamen ProTex® (PES) erhältlichen Filtermedien. Sie weisen im Vergleich zu konventionellen Filtermedien auf der Anströmseite (zwischen Rohgasseite und Stützgewebe) einen vergleichsweise hohen Mi-

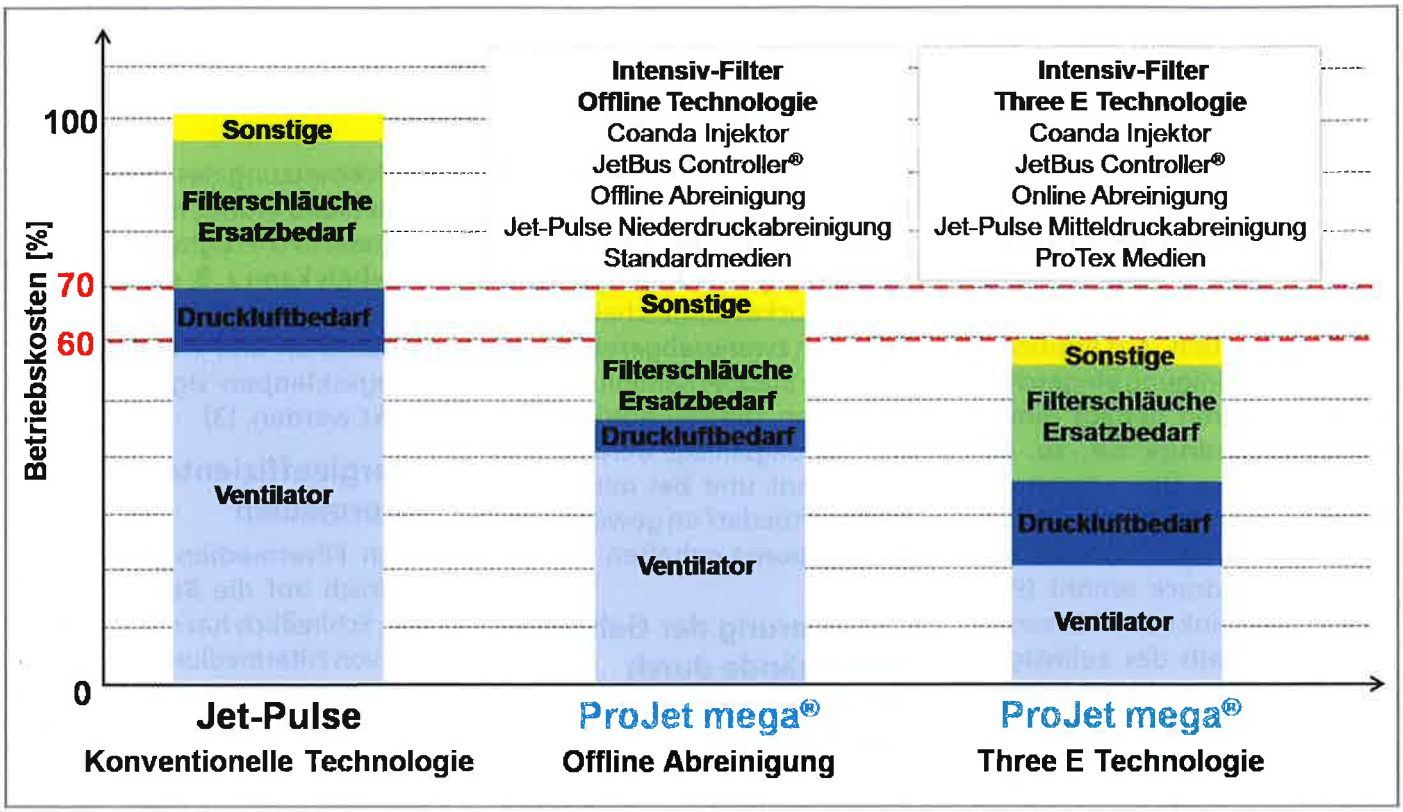

Bild 4: Vergleich der Betriebskosten und des Einsparpotentials

krofaseranteil auf. Diese sind so angeordnet, dass der Druckverlust in der ersten Filtrationsphase nach der Druckstoßabreinigung nicht überproportional, sondern nahezu linear ansteigt. Versuche mit einer 10-Schlauch-Technikumsanlage zeigen, dass der mittlere Differenzdruck (Mess-Stellen auf der Roh- und Reingasseite) durch Verwendung des ProTex®-Filtermediums gegenüber einem konventionellen Mikrofasermedium bei konstanter Zykluszeit um mehr als 40 Prozent reduzierbar ist. Gegenüber einem konventionellen PES-Nadelvlies-Filtermedium (ohne Mikrofaser) wird das Differenzdruckniveau sogar um fast 60 Prozent abgesenkt.

Die energieeffiziente Baureihe ProJet® mega

Die oben beschriebenen Maßnahmen führten zu der Baureihe ProJet mega®, die zur signifikanten Senkung des Energiebedarfs und damit der Betriebskosten über folgende Eigenschaften verfügt:

- Verteilung des Rohgases über ein CFD optimiertes Strömungsleitsystem, um eine crossflow und top-down Strömung im Rohgasraum und zwischen den Filterschläuchen zu erreichen.
- Neues Design der Rein- und Rohgasklappen mit robustem pneumatischen Drehantrieb und mit minimiertem Strömungswiderstand (CFD optimiert), Rohgasklappen in wandbündiger Anordnung.
- Ventilblöcke mit integrierter Membran inkl. besonders großem Hub und durchgestecktem geraden Injektorrohr für kürzeste Strömungswege.
- Injektortechnologie, wahlweise mit „Idealer Düse" oder Coanda Injektor.
- Alle Online- und Offline-Betriebsweisen, z.B. semi-offline mit

Literaturverzeichnis

[1] Schrooten, T., Esser, R., Knop, K., Kögel, A., Klein, G.-M.: Optimizing plant components using flow simulations. ZKG International 62 (2009), Nr. 6/7, 48–53

[2] http://de.wikipedia.org. [Online] [Zitat vom: 19. Januar 2012.] http://de.wikipedia.org/wiki/Coand%C4%83-Effekt

[3] Knop, K., Kögel, A., Schrooten, T.: CFD for filter optimisation, perfecting the design of bagfilters. Global Cement Magazine, 06/2010, 14-18

[4] Klein, G.-M., Neuhaus, T., Daniel, T., Kögel, A.: Moderne Entstaubungstechnologien senken die Betriebskosten von Jet-Pulse-Schlauchfilteranlagen. Process 11/2009, 60-61

Niederdruckabreinigung, minimalem Druckluftbedarf und maximalen Schlauchstandzeiten.

- Abreinigungssteuerung mittels JetBus Controller® und vordruckgeregelter Steuerung. Hierbei wird der Filterdifferenzdruck als Regelgröße über die kontinuierliche Steuerung des Tankdrucks als Stellgröße konstant gehalten und damit der erforderliche Druckluftbedarf auf ein Minimum reduziert. Gleichzeitig wird die Belastung der Filterschläuche minimiert und deren Standzeit erhöht.
- Filterschläuche „made by Intensiv-Filter" in verschiedenen Ausführungen: z. B. ePTFE/Glasfaser Membranmedien oder Mikrofasernadelvliese der ProTex® Generation mit weiteren Vorteilen bzgl. Energieeffizienz, z.B. ProTex® PI und ProTex® m-Aramid für Hochtemperaturanwendungen.

Durch Optimierung der Gehäuseströmung, des Abreinigungssystems und der Filtermedien ist in der ProJet mega® Baureihe der Einsatz von Filterschlauchlängen über 10 m möglich. Die gegenüber konventionellen Bauformen (druckstoßabgereinigtes Schlauchfilter online, konventionelles Nadelfilzmedium, Schlauchlänge 6 m) mit den beschriebenen Neuerungen der Baureihe ProJet mega® erzielbare Energiekostenreduzierung in der industriellen Entstaubung ist in Bild 4 für einen beispielhaften Fall zusammengefasst. Hierbei können, gleiche Prozessbedingungen vorausgesetzt, Energiekosten um 40 % reduziert werden. Dieses Ergebnis wird durch den kombinierten Effekt der Reduktion des Filterwiderstandes und des Druckluftbedarfs im Semi-Offline-Betrieb sowie durch den geringeren Differenzdruck bei Verwendung des ProTex® Filtermediums erreicht. Da auch die Wartungs-, Filtermedien- und Investitionskosten reduziert werden, können mit der neu entwickelten Filtertechnologie die LCC über eine Bilanzzeit von 10 Jahren um 40 % gesenkt werden.

Gründung 1922. Seitdem tragen Schlauchfilter von Intensiv-Filter wesentlich zur Verbesserung der Umweltverhältnisse bei. Als Spezialist für Filteranlagen nimmt man heute eine führende Position in den internationalen Märkten ein – sowohl im Bereich Neuanlagen als auch für Umbauten in verschiedenen Geschäftsfeldern. Das Produktportfolio umfasst Schlauchfilteranlagen, filternde Abscheider und Entstaubungsgeräte ebenso wie Filtermedien, Staubaustragskomponenten und Ersatzteile.

Intensiv-Filter GmbH & Co. KG
Voßkuhlstraße 63
42555 Velbert
Tel: +49 2052 910-0
Fax: +49 2052 910-248
if@intensiv-filter.com
www.intensiv-filter.com

SICHERE ENTNAHME MIT DEM OSZILLOMAT.

Das OSZILLOMAT-System für alle Schüttgut-Gruppen und komplexen Anforderungen.

KO kohäsiv | SI schießend | NF nicht fließend | EM ent-mischend
EK elastisch kohäsiv | KV kohäsiv viskos | HY hygros-kopisch | LF leicht fließend

Komplexe Schüttgüter sicher und präzise zum Prozess.
Fordern Sie jetzt unverbindlich unter office@geroldinger.com das kostenlose Infomaterial an oder erfahren Sie mehr über die Vorteile des OSZILLOMAT-Systems unter: www.geroldinger.com

GEROLDINGER
Wissen schafft die besten Anlagen

geroldinger.com