Effiziente Entstaubungstechnik für große Abgasvolumenströme

Saubere Luft

Der Vormarsch von Schlauchfilteranlagen und filternden Abscheidern ist mit der problemlosen Einhaltung aktueller Emissionsgrenzwerte in einem einstufigen Prozess – bei höchsten Volumenströmen und Staubbeladungen – zu begründen. Daher haben sich Schlauchfilteranlagen und filternde Abscheider bei zahlreichen industriellen Prozessen zur Abscheidung von Partikeln aus Gasströmen durchgesetzt.

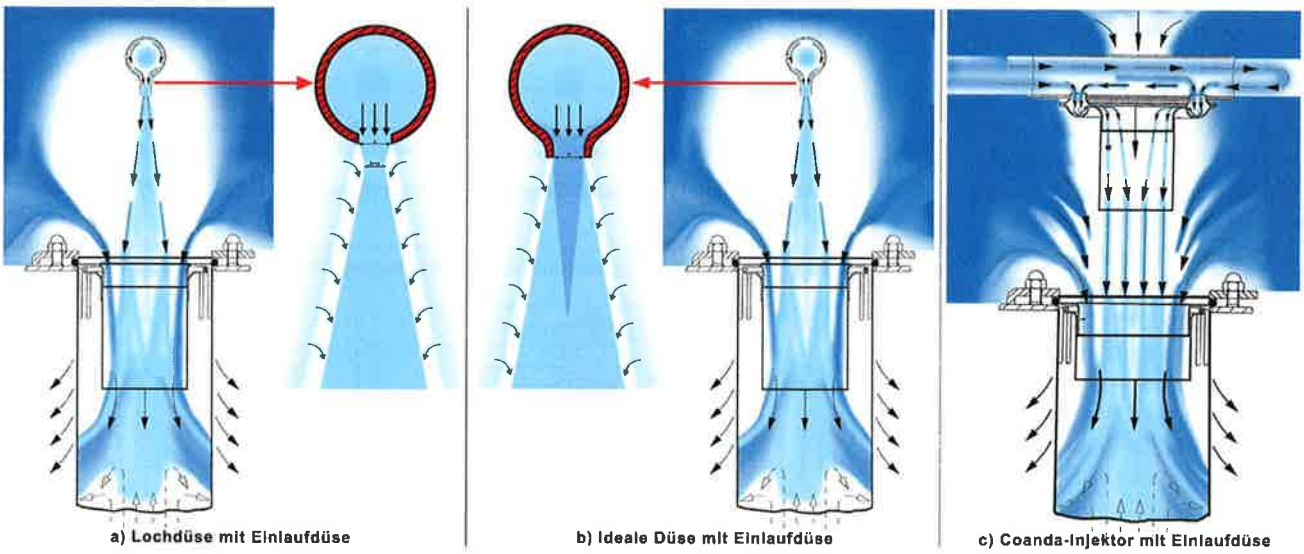

Bild 1: Vergleich verschiedener Injektorsysteme

Die filternden Abscheider müssen neben der Erreichung einer hohen Abscheideeffizienz, insbesondere bei großen Abgasvolumina, auch darauf ausgerichtet sein, den Energieverbrauch zu minimieren. Im Folgenden werden konstruktive, steuerungstechnische und filtrationstechnische Maßnahmen vorgestellt, die zu einer Senkung des spezifischen Energiebedarfs von Jet-Pulse-Schlauchfiltern beitragen.

Die Filtrationsabscheider der Bauart Intensiv-Filter zeichnen sich durch eine Zuführung des Rohgases im Kreuzstrom aus. Das Rohgas strömt durch den Filtereintritt und weiter über eine Verteilerplatte in den Abscheider ein. Im Filtergehäuse wird der Rohgasstrom vergleichmäßigt und im Kreuzstrom an die Filterschläuche geführt. Die Abscheidung der Partikel findet an der Oberfläche des Filtermediums statt, bzw. an der Oberfläche des sich darauf abscheidenden Filterkuchens. Zur Erreichung eines stationären Betriebes, d. h. eines gleichbleibenden Druckverlustes des Filters Δp_F wird der Filtrationsabscheider in regelmäßigen oder unregelmäßigen Zyklen abgereinigt. Hier unterscheidet man zwischen Online- und Offline-Betrieb. Im Online-Betrieb werden die vom Rohgas transportierten Partikel anfiltriert. Die Regenerierung der Filtermedien und das Abwerfen des Filterkuchens erfolgt ohne Herausnahme einer Filtereinheit. Im sogenannten Offline-Betrieb oder Semi-Offline-Betrieb (nur reingasseitige Abtrennung) werden Filtermodule der Filteranlage in der Regel durch reingasseitige Absperrorgane (Klappen, Schieber, Ventile) während der Abreinigung in einen nahezu strömungslosen Zustand versetzt. Der Volumenstrom wird in bestimmten Einheiten unterbrochen oder stark heruntergesetzt. Hierdurch wird die mögliche Wiederanlagerung

Die Autoren:

Theo Schrooten
Technischer Direktor,
Intensiv-Filter

Tim Neuhaus
Leiter Projektmanagement Geschäftsbereich Food,
Intensiv-Filter

Astrid Kögel
Leiterin Marketing Kommunikation,
Intensiv-Filter

von Staubpartikeln nach der Abreinigung wirksam unterbunden und der Staub kann „in Ruhe" sedimentieren. Dies ist bei sehr feinen und wenig agglomerierenden Stäuben besonders wichtig. Parallel kann beim Offline-Betrieb die Abreinigung mit einem Impuls geringerer Intensität erfolgen (Speicherdruck Druckluftbehälter 0,1 bis 0,4 MPa). Neben einer signifikanten Reduzierung des Druckverlusts des Filterkuchens als Haupteffekt, wird damit auch der Druckluftverbrauch deutlich gesenkt. Die apparativen Maßnahmen bewirken eine wesentliche Steigerung der Energieeffizienz.

Die Strömungswiderstände des Filtrationsabscheiders ergeben sich u. a. aus den Druckverlusten des Filterkuchens Δp_{FK}, des Filtermediums direkt nach der Jet-Pulse-Abreinigung (Restdruckverlust Δp_0) sowie der Strömung des gereinigten Gases, das nach oben aus dem Schlauch abströmt (Druckverlust der Schlauch-Innenströmung Δp_{SI}). Sämtliche weiteren Strömungswiderstände (Rohgaseintritt bis Filterkuchenoberfläche, Reingasströmung ab Schlauchaustritt bis Austritt Reingaskanal) werden im Gehäusedruckverlust Δp_G zusammengefasst. Direkt nach der Jet-Pulse-Abreinigung ist die Partikelkonzentration extrem hoch. In diesem Zustand kommt es, insbesondere bei feindispersen Stäuben mit geringer Agglomerationsneigung, zum Wiederanfiltrieren abgereinigter Partikel. Diese „innere" Staubzirkulation kann einen erheblichen Anteil an der Filterkuchenmasse verursachen und trägt zum Druckverlust Δp_{FK} bei.

Bei konstruktiven Optimierungsmaßnahmen kann der Anlagendruckverlust durch den Einsatz strömungstechnischer Simulationen überprüft werden. CFD-Simulationen (Computational Fluid Dynamics) ermöglichen die Voraussage des Anlagenverhaltens in einem Detaillierungsgrad, den traditionelle und kostenintensive Versuchsaufbauten nie erreichen können. Sie basieren auf der numerischen Strömungsmechanik, die das Ziel hat, strömungsmechanische Probleme approximativ mit numerischen Methoden zu lösen. Mittels CFD-Simulation werden Wärmeübergänge, Druckverlustverhalten, Geschwindigkeitsprofile, Partikeltrajektorien, Strömungs- und Verdampfungsvorgänge analysiert. Die Programme zur CFD-Simulation haben sich daher zu wichtigen Werkzeugen bei der Analyse und Optimierung von durchströmten Anlagen und Apparaten entwickelt. Die Optimierung von Schlauchfiltern und Anlagenkomponenten erfolgt bei Intensiv-Filter durch die enge Vernetzung des 3-D- CAD Systems (Solid Works) mit dem hauseigenen CFD-Programm (CFX).

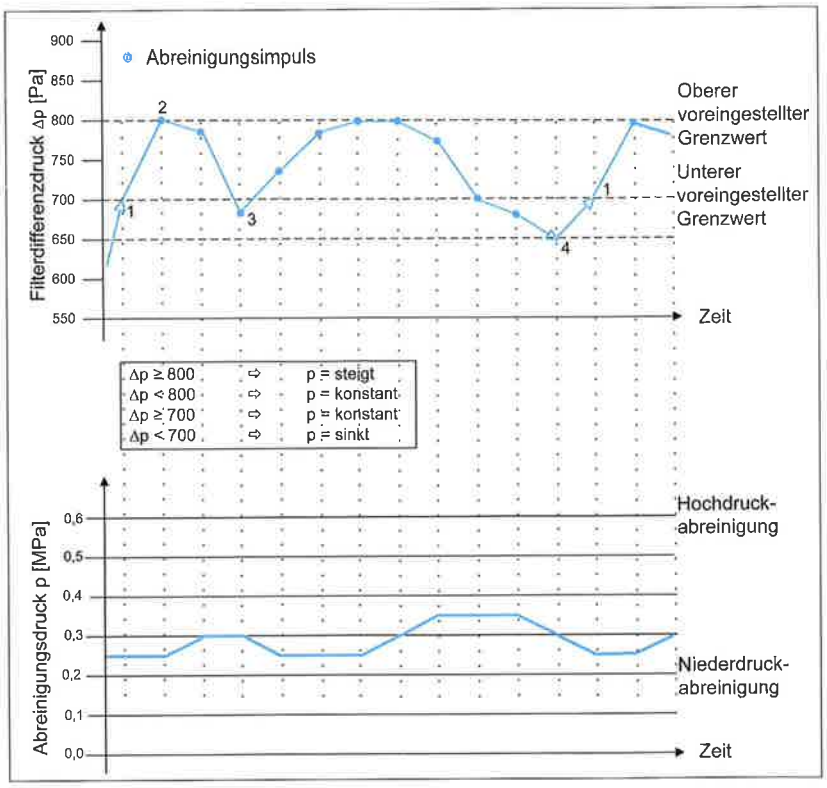

Bild 2: Funktionsdiagramm der geregelten Abreinigung

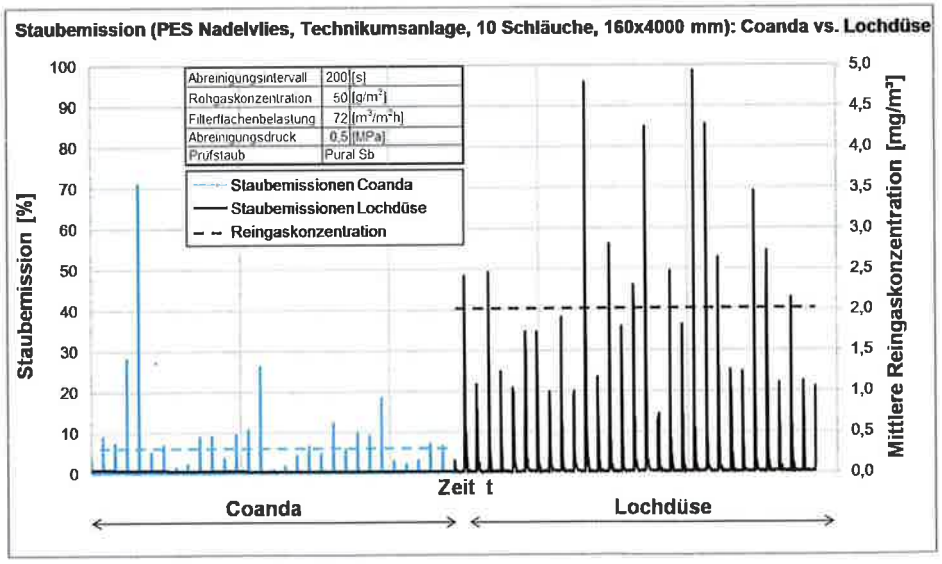

Bild 3: Funktionsdiagramm Abreinigungsschema

Steuerungs- und Injektorsysteme

Von entscheidender Bedeutung für einen energieeffizienten Betrieb einer Jet-Pulse-Filteranlage ist, neben den schon genannten Maßnahmen, das Injektorsystem. Die Abreinigung hat so zu erfolgen, dass sich der Filterkuchen über die gesamte Schlauchlänge vollständig ablöst. Parallel ist das Zurückschlagen des Mediums auf den Stützkorb (Teppichklopfeffekt) durch entsprechende Modulation des Druckverlaufs im Filtermedium zu minimieren. Viele Injektorsysteme bestehen aus einem Blasrohr mit einfachen Bohrungen als Lochdüsen (Bild 1a). 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 1b). Das von Intensiv-Filter unter dem Namen Coanda-Injektor entwickelte Injektorsystem nutzt den sogenannten Coanda-Effekt aus, bei dem die Druckluft aus einem Ringspalt austritt und über eine gewölbte Oberfläche geführt wird (Bild 1c). Die Primärluft folgt dabei der Grenzschicht, die durch die Geometrie des Coanda-Injektors nicht ablöst. Dabei entsteht innerhalb der ers-

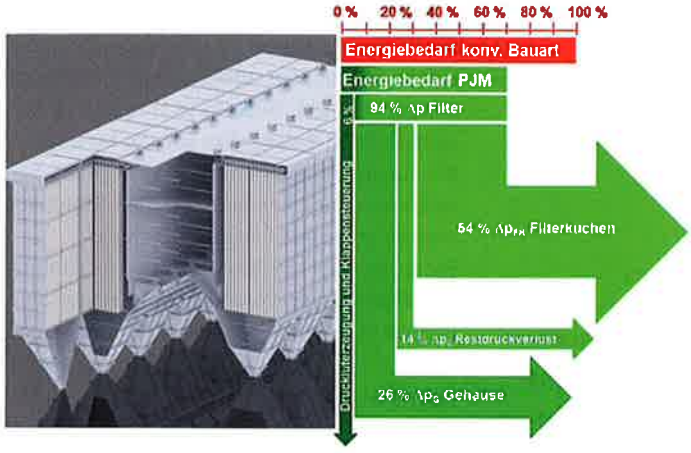

Bild 4: Energieeffiziente Schlauchfilteranlagen-Baureihe Intensiv-Filter ProJet mega mit Abreinigung durch JetBus Controller

ten Injektorstufe ein extrem hoher Unterdruck, der Sekundärluft ansaugt und einen Treibstrahl ausbildet. Der Treibstrahl tritt in die Einlaufdüse als zweite Injektorstufe, in der weitere Sekundärluft angesaugt wird. Gegenüber den zuvor beschriebenen Varianten weist der Coanda-Injektor eine deutlich erhöhte Luftmenge auf und bei hohen Schlauchinnendrücken wird eine maximale Abreinigungsintensität erzielt. Des Weiteren wird das Zurückschlagen des Filtermediums auf den Stützkorb gemindert, was eine Reduzierung des „Teppichklopfeffekts" bewirkt und damit auch die Staubemission reduziert (Bild2).

Die Regelung der Abreinigung erfolgt durch eine auf Mikroprozessortechnik basierende bedarfsgerechte Filtersteuerung, genannt JetBus Controller. Der JetBus Controller nutzt ein speziell auf die Anforderungen von Intensiv-Filter zugeschnittenes Feldbussystem. Der modulare Aufbau des Systems ermöglicht einen flexiblen Steuerungsaufbau, der auch nachträglich einfach zu verändern bzw. zu erweitern ist. Das Filter kann wahlweise im Online- oder Offline-Modus betrieben werden. Hierbei regelt der JetBus Controller den Abreinigungsdruck und steuert gegebenenfalls die pneumatisch betätigten Reingasklappen oder auch Rohgasklappen.

Die Anpassung der Abreinigung an die Betriebsbedingungen der Entstaubungsanlage erfolgt durch die Überwachung der Anlagenparameter, die direkt beurteilt werden können. Die Systemfunktionen werden entsprechend flexibel parametriert. Störquellen wie auch Fehler werden ermittelt und können analysiert werden. Basierend auf einem modernen Bus-System, ergibt sich ein angepasstes dezentrales Steuerungskonzept, sodass sich kompakte und wirtschaftliche Gesamtlösungen realisieren lassen.

In Bild 2 ist die Option der druckgeregelten Abreinigung beschrieben. Auf Position 1 wird die Abreinigung eingeschaltet. Der Abreinigungsdruck bleibt solange unverändert, bis der obere maximal zugelassene Grenzwert erreicht wird (Position 2). Danach wird der Abreinigungsdruck erhöht und die Anlage vom System beobachtet. Bei Unterschreitung des unteren Grenzwertes (Position 3) wird der Abreinigungsdruck verringert. Innerhalb einer vorgegebenen Messzeit prüft das Abreinigungssystem die Anlagenparameter und stellt sich auf sich verändernde Daten ein. Unterschreitet der Filterdifferenzdruck den unteren zugelassenen Grenzwert (Beispiel Bild 3: 700-Pa-Linie) und fällt weiter ab (Position 4), schaltet das System die Abreinigung aus. Erst bei erneutem Erreichen des unteren Grenzwertes startet die Abreinigung wieder. Um zu große Staubansammlungen zu vermeiden, wird gegebenenfalls auch zwangsabgereinigt. Die Betriebsdaten der Entstaubungsanlage werden somit permanent optimiert. Der zur Abreinigung notwendige Kesseldruck wird durch die Anlagenparameter bestimmt und der Betrieb der Anlage wird automatisch durch Regelung des Abreinigungsniveaus den vorherrschenden Bedingungen angepasst. Wesentliche Regelgröße ist hierbei der Filterwiderstand.

Der Einsatz des JetBus Controller bietet sich insbesondere zur Senkung des Energiebedarfs, aber auch bei Filteranlagen mit wechselnden Beanspruchungen und zum Aufbau eines definierten Filterkuchens bei Trockensorptionsanlagen an. Er ist ein wesentliches Element energieeffizienter Entstaubungsanlagen und kann sowohl für Online- als auch Offline-Betrieb eingesetzt werden. Betriebserfahrungen mit Filteranlagen, die nach dem Prinzip der Filterbaureihe ProJet mega gebaut wurden, zeigen stationäre Betriebsdaten bei Abreinigungsdrücken <0,3 MPa und Filterdifferenzdrücken von etwa 1000 Pa. Das bedeutet gegenüber herkömmlichen Schlauchfiltern eine Reduzierung des Druckverlustes um 20 % bei gleichzeitiger Reduzierung des Druckluftbedarfs. Allein mit diesen Maßnahmen können die Betriebskosten um etwa 30 % gesenkt werden (Bild 4). Durch den Einsatz der ThreeE-Technologie sowie moderner Filtermedien (ProTex) ist auch bei Online-Fahrweise ein erhebliches Einsparungspotenzial bei den Energiekosten (Betriebskostenreduzierung um etwa 40 %) zu erreichen (Bild 5).

Halle 6.0, Stand E1

» **prozesstechnik-online.de/cav0512489**

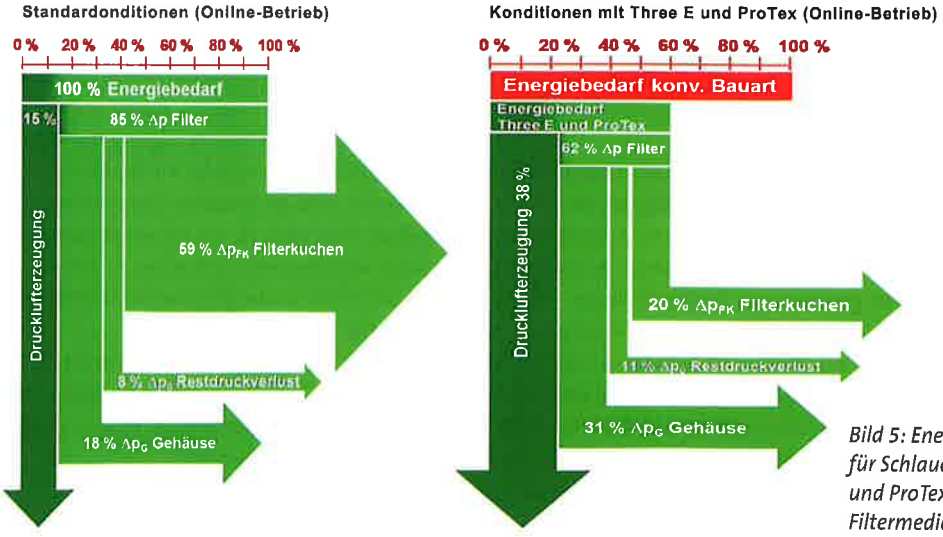

Bild 5: Energieflussdiagramm für Schlauchfilteranlagen mit ThreeE-Technologie und ProTex-Filtermedien