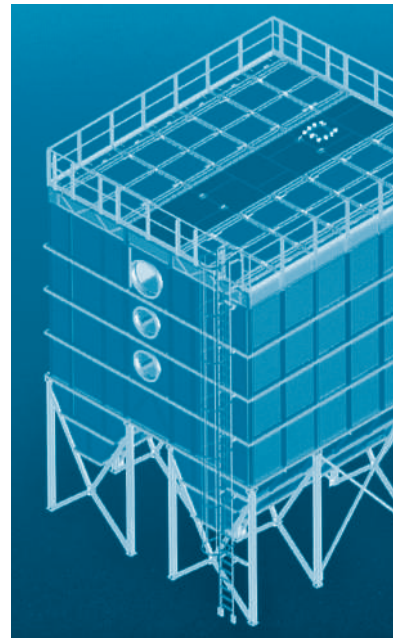
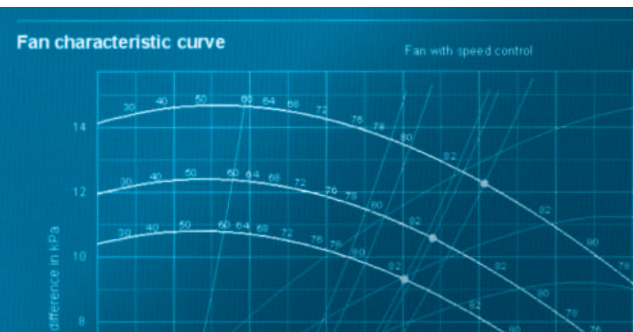


Innovationen von Venti Oelde

Radialventilatoren im Zementwerk –
Vermeidung und Beseitigung von Ablagerungen



Radialventilatoren im Zementwerk

Vermeidung und Beseitigung von Ablagerungen

1. Einleitung

Gase, die mit Stäuben beladen sind, müssen in vielen industriellen Prozessen transportiert werden. Ablagerungen in Ventilatoren und in den Förderwegen, die für den Transport von staubbeladenen Gasen eingesetzt sind, stellen ein ständiges Problem bei der Zement- und Kalkherstellung und in zahlreichen anderen industriellen Prozessen dar. Ablagerungen in den Förderwegen führen zu Querschnittsreduzierungen und erhöhen die Strömungsgeschwindigkeiten. Damit verbunden sind größere Strömungswiderstände, die den Ventilator in seinem Volumendurchsatz reduzieren.

Der Drosseleffekt ist nicht unerheblich, da der Strömungswiderstand im Quadrat zur Strömungsgeschwindigkeit anwächst. Nehmen die Ablagerungen weiter erheblich zu und der Ventilator wird links vom Kulminationspunkt auf der Kennlinie betrieben, so bricht der Volumendurchsatz im Extremfall so stark ein, dass es auch zu einer Verstopfung des Fördersystems kommen kann.

In der Regel reicht jedoch die Staubbeladung im Gasstrom nicht aus, die Systeme total zu verstopfen. Vielmehr stellt sich ein niedrigerer Volumendurchsatz ein, was eine erhebliche Prozessbeeinflussung zur Folge haben kann.

Besonders folgenschwer sind Ablagerungen im Ventilatorlaufrad. Diese können zu erheblichen Unwuchten und Schwingungen mit erhöhten Wellen- und Lagerbelastungen sowie Schäden als Langzeitfolge führen. Die Schwingungsgeschwindigkeit in mm/s ist mit Hilfe von

Schwingungsüberwachungseinrichtungen messbar. Als Messstelle wird das laufradseitige Wälzlager gewählt. Dort wird horizontal gemessen, mit stationärem Aufnehmer und Fernübermittlung zum Prozessleitstand oder mit einem Handmessgerät bei regelmäßigen Kontrollgängen. Wichtige Systemventilatoren werden ausnahmslos mit fest installierten Schwingungsüberwachungssystemen ausgerüstet.

Der Beurteilungsmaßstab für Maschinenschwingungen ist in der DIN ISO 10816 festgelegt. Hiernach werden die Grenzwerte bestimmt und bei stationären Schwingungsüberwachungseinrichtungen die Grenzkontakte für „Vorwarnung“ und „Abschaltung“ gesetzt. Anhand der aufgezeigten Schwingungsgeschwindigkeit ist dann die Größenordnung der Ablagerungen leicht abschätzbar und eine notwendig werdende Reinigung kalkulierbar.

2. Einflussgrößen von Ablagerungen

2.1 Stoffeigenschaften der Feststoffpartikel

Sehr häufig ist die Ursache einer Ablagerung in der Staubzusammensetzung zu suchen. Untersuchungen von Ablagerungsproben haben gezeigt, dass in der Regel Ton und/oder Alkalichloride die Bildung von Ablagerungen besonders fördern. Sedimentstoffe (meistens aus Ton) führen zu einem harten, fest haftenden Belag, da die schweren Stauteilchen mit hoher Geschwindigkeit auf die Schaufelaufseite auftreffen.

Die Alkalichloride begünstigen besonders dann Ablagerungen, sobald im Abgas eine Staubanreicherung stattfindet.

Beispielsweise begünstigt ein Gipsanteil von ca. 8 % im Sichtgut eines Zyklon-Umluftsichters die Ablagerung auf der Schaufelhinterseite. Es ist bekannt, dass feiner Gips sehr zu Ablagerungen neigt. Es kommt zu einer Anreicherung von feinsten Gipspartikeln in der Sichterumluft, da der Feinanteil von den Zyklonenabscheidern nur z.T. aus dem Gasstrom getrennt wird. Ablagerungen auf der Schaufelhinterseite bestehen bis zu 25 % aus feinsten Gipspartikeln.

2.2 Korngrößenzusammensetzung

Der Einfluss der Korngrößenzusammensetzung in einem Zementrohmehl auf die Bildung von Ablagerungen erlangt nur dann Bedeutung, wenn sich große Alkalichloridkonzentrationen im Gasstrom befinden.

2.3 Temperatur

Aufgrund von Betriebserfahrungen ist bekannt, dass in zwei Temperaturbereichen verstärkt Ablagerungen auftreten.

Es sind einerseits die niedrigen Temperaturen beim An- und Abfahren als Folge der Taupunktunterschreitung und andererseits der Temperaturbereich größer 400 °C, für den es noch keine ausreichende Erklärung gibt.

2.4 Beladung im Fördermedium

Eine überdurchschnittliche Staubbeladung im Gasstrom entsteht bei abgenutzten Zyklonen (beschädigte Tauchrohre), unvollständig schließenden Pendelklappen oder Zellenradschleusen. Mit der Staubbeladung steigt die Neigung zu Ablagerungen

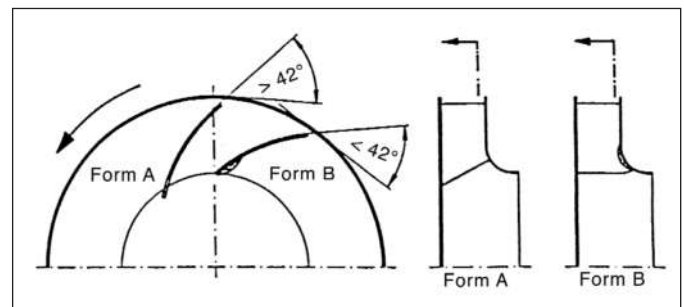


Bild 1: Schaufelform und Schaufelwinkel an Hochleistungsradialventilatoren

Form A: Schaufelkante im Einlaufbereich zurückgesetzt, daher keine Ansatzneigung hinter der Laufraddeckscheibe

Form B: Ansatzneigung hinter der Laufraddeckscheibe

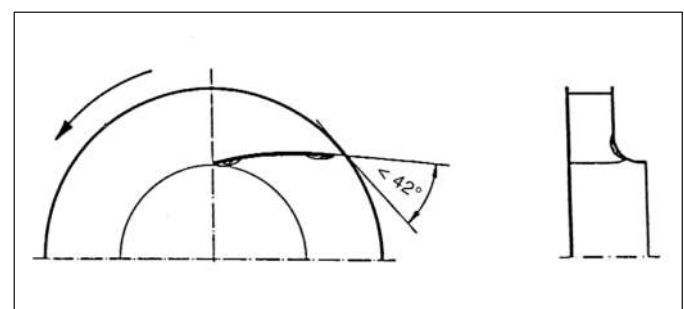


Bild 2: Schaufelwinkel < 42°

mit Ansatzbildung am Schaufelumfang und Ansatzbildung am Laufradeinlauf

und Verschleiß am Ventilator und Laufrad. Alkalien und Gips führen zu Anreicherungen im Abgas und in der Sichterumluft, wodurch Ablagerungen ebenfalls begünstigt werden.

2.5 Feuchtegehalt

Die Neigung zu Ablagerungen wird bei erhöhter Luft- und Materialfeuchtigkeit begünstigt, was immer dann geschieht, wenn beim An- und Abfahren der Anlage die Temperatur unter den Taupunkt abfällt.

2.6 Schüttwinkel

Neben dem Öffnungswinkel der Laufradschaufeln ist auch der natürliche Schüttwinkel des Staubes eine wichtige Größe in Bezug auf die Bildung von Ablagerungen an den Laufradschaufeln. Aus der Praxis ist bekannt, dass Ablagerungen vermeidbar sind, wenn der Staub einen geringen natürlichen Schüttwinkel aufzeigt und gleichzeitig der Öffnungswinkel der Laufradschaufeln > 42 Grad ist (Bilder 1 und 2).

2.7 Strömungsgeschwindigkeit

Die Strömungsgeschwindigkeit hat einen bedeutenden Einfluss auf die Bildung von Ablagerungen, da die Aufprallkräfte und die Abscheidewirkung aus dem Gasstrom mit zunehmender Geschwindigkeit größer werden. So trennt sich z.B. ein Tonstaub bei der Umlenkung im Laufrad aus der Hauptströmung, prallt mit hoher Geschwindigkeit auf und bleibt haften.

2.8 Aerodynamik

Durch eine gestörte Anströmung des Laufrades von der Ventilatoreinlaufseite her wird nicht nur der Ventilatorwirkungsgrad negativ beeinflusst, sondern auch die Neigung zu Ablagerungen verstärkt. Der Einbau von Doppelkrümmern, Umlenkungen, inkorrekt bemessenen Saugkästen, Regelklappen usw. führt zu einer Verdichtung des Materialstromes und zu Ablagerungen.

3. Vermeidung bzw. Verminderung von Ablagerungen

Die Umstände, die zur Bildung von Ablagerungen führen, lassen sich nicht mit einer einzigen Gegenmaßnahme abstellen. Maßnahmen, die zur Verminderung von Ablagerungen führen, sind:

- gleich bleibender Betrieb und damit gleich bleibende Materialzufuhr
- gleich bleibende Materialgüte
- gleich bleibende Brennstoffzufuhr, Brennstoffgüte und Temperatur
- angemessener Luftüberschuss, aber keine Falschluff
- gut funktionierende Zyklonabscheider-Wärmetauscher
- gut funktionierende Zellenradschleusen, Doppelpendelklappen
- gut funktionierende Umluft- oder Streutellersichter
- optimierter Mühlen- bzw. Sichterumluftbetrieb
- Vermeidung von Betriebsunterbrechungen und damit verbundenen Taupunktunterschreitungen

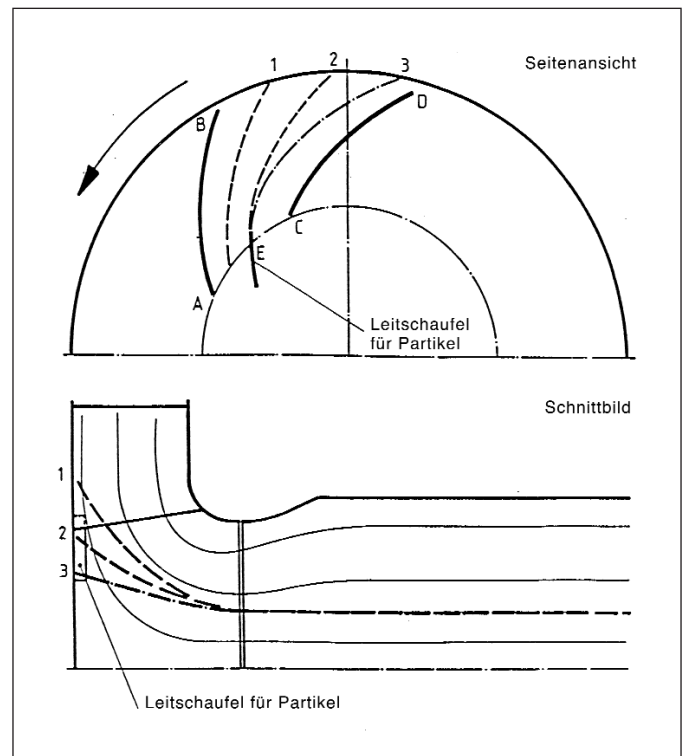


Bild 3: Veränderung der Partikelflugbahn 2 und 3 durch die Leitschaufel

A-B,C-D Schaufel

E Berührungspunkt der Partikel mit der Leitschaufel

Führen diese allgemeinen Maßnahmen nicht zu dem gewünschten Erfolg oder lassen sich diese Maßnahmen nicht einstellen, müssen Untersuchungen durchgeführt und Gegenmaßnahmen getroffen werden. Eine Untersuchung sollte zunächst einmal die Stellen exakt ermitteln, wo sich die Ablagerungen bilden, und hiernach die chemische Zusammensetzung sowie die Korngrößenzusammensetzung der Ablagerungen feststellen. Sedimente (meistens Tonkomponenten), die fest anhaften, befinden sich gewöhnlich bei der Laufschaufelvorderseite. Auf der Laufschaufelvorderseite finden sich in Mahl- oder Sichtersystemen meistens Klinkerstäube oder Quarzsand. Klinkerstaub und Quarzsand neigen weniger zu Ablagerungen. Sie rufen, allerdings je nach der Be-

ladung des Gasstroms, hohen Materialverschleiß im Laufrad hervor. Leichte, feinere Stäube, wie feines Rohmehl oder Gips, alkalireiche Stäube, lagern sich bis zu erheblichen Schichtstärken auf der Laufschaufelhinterseite und hinter der Laufraddeckscheibe im Einlaufbereich an. Die Anhaftung ist nicht sehr fest.

In den Bildern 1 und 2 ist dargestellt, wie mit konstruktiven Maßnahmen, durch Änderung der Schaufelform und der Schaufelwinkel, Ablagerungen hinter den Laufschaufeln und der Laufraddeckscheibe vermieden werden können. Schaufelwinkel von größer 42 bis zu 50 Grad neigen nur geringfügig zu Ablagerungen auf der Rückseite, haben dabei aber noch gute Wirkungsgrade, bis zu 84 % im Optimum.

In Bild 3 sind die Stromlinien des Gases und die Partikelflugbahnen 1, 2 und 3 dargestellt. Die Bahnen 1 bis 3 sind partikelgrößenabhängig. Die Bahn 1 entspricht einem feinen Partikel, welches annähernd der Strömungsbahn des Gases folgt. Mit wachsender Partikelgröße weichen die Partikelflugbahnen – Bahn 2 und 3 – von der Strömungsbahn des Gases ab. Die Partikel der Bahn 1 durchströmen den Schaufelkanal, wogegen die Partikel der Bahnen 2 und 3 auf den Laufradboden treffen und von den Leitschaufeln in den Schaufelkanal geschleudert werden. Bei richtiger Platzierung der Leitschaufeln können die Flugbahnen der Partikel so gelenkt werden, dass sie nicht auf die Schaufeln aufreffen. Ablagerungen auf der Laufschaufelvorderseite werden dadurch unterbunden. Die Größe, Position und der Winkel der Leitschaufeln werden von der Partikelgrößenzusammensetzung, von der Dichte der Partikel, der Ventilatorbaugröße und der Umfangsgeschwindigkeit des Laufrades bestimmt.

4. Reinigungsverfahren

Es ist in der Praxis durchaus anzutreffen, dass Ablagerungen nur reduziert oder verschoben, aber nicht gänzlich verhindert werden können, so dass eine Abreinigung unumgänglich wird. Die Reinigung sollte während des Betriebes möglich, der notwendig werdende Termin vorausschaubar und damit einzuplanen sein. Ist jedoch eine Reinigung nur im Stillstand bei geöffnetem Ventilator durchführbar, so ist es zwingend notwendig, die dafür erforderliche Produktionsunterbrechung, den Personaleinsatz und die Kosten so gering wie möglich zu halten.

4.1 Druckluftabreinigung mit fest installierten Blasdüsen

Für leicht anhaftende Ablagerungen im Einlaufbereich und auf den Laufschaufelrückseiten haben sich eigens hierfür entwickelte Blasdüsen bewährt (Bild 5). Die Blasdüse ist fest installiert und auf die Stellen mit den Ablagerungen ausgerichtet. Sie wird mit Druckluft von 6 bar gespeist. Mit einem Magnetventil und über ein Zeitschaltrelais wird der Reinigungstakt visuell eingestellt (z.B. 1 Sekunde Reinigung je 30 Minuten) und den Erfordernissen angepasst. So hat der Anlagenbetreiber die Möglichkeit, die Reinigungsintervalle und den Druckluftbedarf auf das notwendige Maß zu beschränken.

Bei sehr breiten Laufrädern kann der Einsatz von zwei Blasdüsen notwendig werden, um die ganze Schaufelfläche anblasen und abreinigen zu können.



Bild 4: verschleißgeschütztes Laufrad mit entsprechenden Schaufelwinkeln

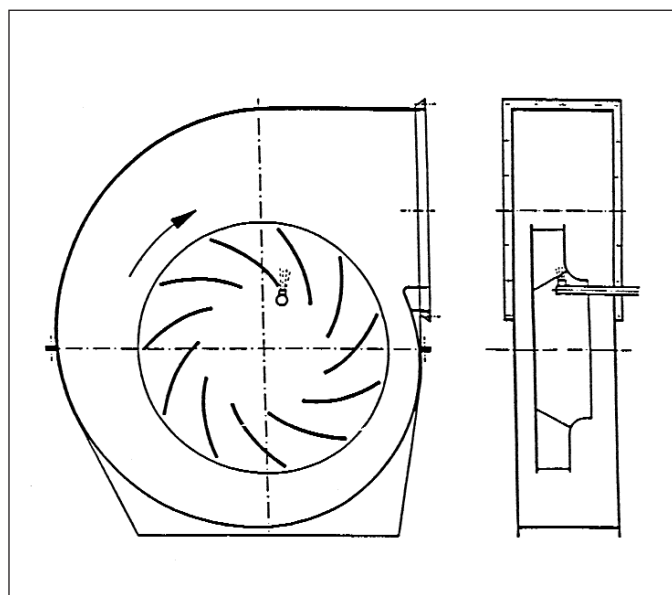


Bild 5: Druckluftabreinigung eines Schaufelrades

4.2 Reinigung mit Flusssand oder Splitt

Ein sehr wirksames Reinigungsverfahren gegen fest anhaftende Tonkomponenten auf den Laufschaufelvorderseiten ist die Reinigung mit grobkörnigem Flusssand oder Splitt. Das Material wird auf der Saugseite des Ventilators in den Gasstrom eingegeben. Die Sand- oder Splittteilchen prallen auf die auf der Lauf-radschaufel fest anhaftenden Ablagerungen und tragen oder sprengen diese ab. Je nach der Haftintensität der Anbackung wird Flusssand, Hüttensand, Splitt oder Klinker dem Gasstrom zugegeben. Der Reinigungseffekt ist sehr gut. Es muss jedoch beachtet werden, dass die Laufschaufeloberfläche nicht zu sehr aufgeraut wird, da sonst erneute Ablagerungen um so intensiver auf der rauhen Fläche haften könnten.

Es besteht auch die Möglichkeit, den vorgenannten Reinigungsvorgang zu automatisieren. In einen Vorratsbehälter von ca. 2 m³ Fassungsvermögen wird der Splitt eingefüllt und über einen

Rohrstutzen mit Zellenrad-schleuse am Auslauf zum Ventilatoreintritt verbunden. Am flügelradseitigen Lager des Ventilators ist ein Schwingungsmessgerät (Vibrocontrol 1000) installiert. Sobald die Schwinggeschwindigkeit des Ventilators den vorgewählten Grenzwert überschreitet, wird das Zellenrad in Betrieb gesetzt, die Splittzufuhr dosiert freigegeben und der Reinigungsvorgang eingeleitet. Sobald die Schwinggeschwindigkeit des Ventilators den vorgewählten Grenzwert unterschreitet, wird der Reinigungsvorgang beendet. Es sind zwei vorgewählte Grenzwerte möglich, ein höherer Grenzwert zur Einleitung und ein zweiter, niedriger angesetzter Grenzwert zur Beendigung des Reinigungsvorganges. Erfahrungsgemäß wird jedoch hiermit nicht die Schaufelhinterseite erreicht und abgereinigt, so dass sich die Anwendung im wesentlichen auf die Abreinigung von z.B. festen Tonkomponenten auf der Schaufelvorderseite beschränkt.

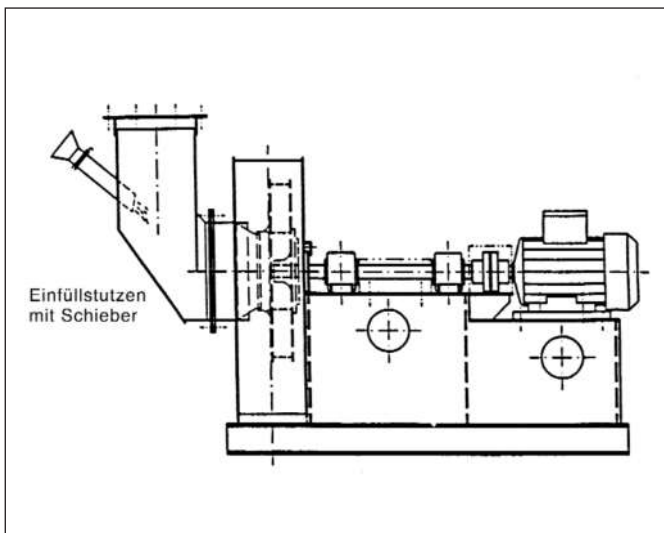


Bild 6: Beseitigung von festen Ablagerungen durch Zugabe von Flusssand oder Splitt



Bild 7: Abgasventilator hinter Elektrofilter

4.3 Reinigung mit Schallwellen

Dieses Verfahren bietet eine Reihe von Vorteilen technischer und wirtschaftlicher Art. Es werden Ablagerungen mit Hilfe von Schwingungen abgesprengt. Je nach Härte der Ablagerungen wird eine Frequenz zwischen 150 und 250 Hz von einem Schallerzeuger ausgestrahlt, der mit Druckluft angetrieben und von einem Magnetventil gesteuert wird. Das Gerät ist sehr robust und betriebssicher.

Weitere Informationen entnehmen Sie bitte unserem Sonderdruck „Schallwellen befreien Lüfterräder von Staubablagerungen“.

4.4 Reinigung im Stillstand bei geöffnetem Ventilator

Eine weit verbreitete Methode, Ablagerungen fest anhaftend oder lose gezielt abzureinigen, ist das Sandstrahlverfahren (Bild 8). Nachdem das Laufrad in der gewünschten Position festgesetzt wurde, wird mit einer Druckluftlanze und mit einem Strahlmittel (Hütten- sand oder Flusssand) abgereinigt. Für ein geübtes Team von zwei Personen kann z.B. der Systemventilator nach einem Zyklon- Wärmetauscher in ca. zwei Stunden abgereinigt werden.

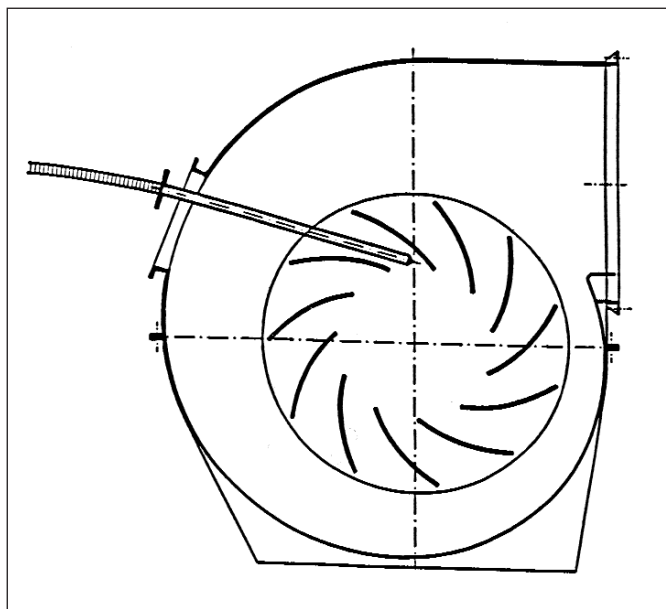


Bild 8: Abreinigung der Schaufelhinterseite eines Laufrades mittels Druckluft- lanze und Strahlmittel im Stillstand



Ventilatorenfabrik Oelde GmbH
Postfach 37 09
D-59286 Oelde
Telefon: 0 25 22/75-0
Telefax: 0 25 22/75-250
info@venti-oelde.de
www.venti-oelde.de

- Industrieventilatoren
- Entstaubungs- und Prozessgasreinigungsanlagen
- Abluftbehandlungsanlagen
- Be- und Entlüftungs-, Heizungs- und Klimatisierungsanlagen
- Recycling- und Abfallaufbereitungsanlagen
- Oberflächentechnik