

- 1 -

5

10

15 Entfernen von Staubpartikeln von einer relativ bewegten Materialbahn

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäss dem Oberbegriff des
20 Patentanspruchs 1 sowie eine Vorrichtung gemäss dem Oberbegriff des
Patentanspruchs 4.

Die Konstruktionen von Entstaubungsanlagen für bewegte Materialbahnen, auch Bahnreinigungsanlagen genannt, können grob in berührungsfrei, sowie in solche mit Bürstenunterstützung arbeitende unterteilt werden. Bei den letzteren Entstaubungsanlagen wurden die Staubpartikel mit rotierenden Bürstenwalzen oder stationären Bürstenreihen von der Materialbahn mechanisch gelöst und dann abgesaugt. Die Bürstenbeschaffenheit, sowie deren Stärke, Material und Ausführungsart der Borsten waren dabei auf die Eigenschaften der zu reinigenden Materialoberfläche abgestimmt. Derartige nicht gattungsgemässe Entstaubungsanlagen sind im Bundesverband Druck e.V., Postfach 1869, Biebricher Allee 79, D - 6200 Wiesbaden 1, "Technischer Informationsdienst", II/1985, S. 1 bis 20, sowie in der WD87/06527 beschrieben.

Berührungsfrei arbeitende Entstaubungsanlagen wiesen eine Ein-

- 2 -

blaseinheit auf, welche einen Gasstrahl auf die zu reinigende Bahn führte, sowie eine Absaugeinheit, mit der das die Staubpartikel aufnehmende Gas wieder abgesaugt wurde. Mit der Einblaseinheit zusammen oder in deren Nähe wurden Entladungselektroden zum Ent-
5 laden der auf der Materialbahn befindlichen Staubpartikel angeordnet. Derartige Entstaubungsanlagen sind aus der EP-A 0 245 526, der EP-A 0 520 145, der EP-A 0 524 415, der EP-A 0 395 864 und der CH-A 649 725 bekannt.

10 Ein anderer Weg wurde in der EP-A 0 084 633 beschritten. Hier wurde ein turbulenter Gasstrom auf eine zu entstaubende Gewebbahn gerichtet und diese durch die turbulente Strömung in Vibration versetzt, wodurch die Staubpartikel von der Gewe-
15 oberfläche abgelöst wurden. Diese Entstaubungsart liess sich jedoch nur bei dünnen Materialbahnen anwenden, welche sich durch den Gasstrahl in Vibrationen versetzen liessen.

Eine nicht gattungsgemässe Reinigungsanlage zum Entfernen von einer auf einem bewegten Band, insbesondere einem Walzband
20 haftenden Flüssigkeit wird in der DE-A 4 215 602 beschrieben. Die bei einer Entstaubungsanlage sich ergebenden Probleme mit auf der Oberfläche durch elektrostatische Kräfte anhaftende Partikel ergaben sich hier nicht.

25 Sofern bei den oben aufgeführten Entstaubungsanlagen überhaupt eine strömungstechnische Ausgestaltung der Düsenaustritte der Einblaseinheiten vorgenommen wurde, sind sie als zur Materialbahn geneigte Kanäle mit konstantem Kanalquerschnitt im Bereich der Düsenaustrittsöffnung ausgebildet worden, wie z.B.
30 in der EP-A 0 245 526, der EP-A 0 520 145 und der DE-A 4 214 602 dargestellt ist. Lediglich in der EP-A 0 084 633 und in einer Ausführungsvariante der DE-A 4 215 602 wurde ein Austrittskanalquerschnitt der Düse mit einem sich verändernden Querschnitt beschrieben. In der EP-A 0 084 633 wurde der Gasstrom senkrecht auf
35 die Gewebbahn geführt. In der DE-A 4 215 602 wurde eine fälschlicherweise als Laval-Düse bezeichnete Düse mit einem nach einer Verengung sich birnenförmig erweiternden und wieder vereng-

enden Querschnitt verwendet.

Die Erfindung löst die Aufgabe, eine Entstaubung einer bewegten, stabilen, für die Entstaubung nicht in Vibration zu versetzende
5 Materialbahn vorzunehmen, bei der auf Entladungselektroden verzichtet werden kann.

Der Erfindung liegt die 1. überraschende Erkenntnis zugrunde, dass lediglich durch die Auswahl eines Gasstromes, insbesondere
10 dessen Drucks, auf einem zu entstaubenden Bereich einer Materialbahnoberfläche sowie die Auswahl der Distanzierung dieses Bereichs von einer geerdeten Fläche eine effiziente Entstaubung möglich ist. Es wird nun davon ausgegangen, dass die effiziente Entstaubung nur dann möglich ist, wenn der auf dem im zu entstaubenden Bereich
15 erzeugte Gasdruck des Gasstroms so gross ist, dass die dem Produkt aus dem Gasdruck und dem obigen Abstand gemäss dem Gesetz von Paschen entsprechende kritische Spannung kleiner ist als die elektrostatische Spannung (Ladung) der Staubpartikel, welche diese hauptsächlich an der Materialbahnoberfläche festhält.
20 D.h. unter diesen Verhältnissen erfolgt eine Selbstentladung der Staubpartikel. Sie werden neutralisiert. Sie haften nun nur noch aufgrund der bedeutend kleineren Van-der-Waals-Kraft und anderer nicht elektrostatischer Kräfte. Die Gasgeschwindigkeit des die Bedingungen des Paschengesetzes erzeugenden Gasstroms ist nun
25 noch derart hoch, um auch die nur noch gering anhaftenden Staubpartikel zu entfernen.

Der Entladungseffekt (Gesetz von Paschen) wird noch durch den Effekt der Balloelektrizität (Wasserfallelektrizität, Lenard-Effekt)
30 Effekt) unterstützt, wie er durch den sich verengenden Düsenquerschnitt sich ergibt. Hierdurch erfolgt eine wenigstens teilweise Ionisation des durchströmenden Gases, hier Luft, ohne Verwendung irgendeiner elektrische Energie benötigenden Ionisationseinheit.

35 Der 2. überraschenden Erkenntnis liegt zugrunde, dass durch die Spezialgestaltung der Absaugeinheit der Gasstrom bei einem Ablenkungswinkel umgelenkt wird und somit den nötigen Absaugeffekt der

Staubpartikel in die Absaugeinheit fördert.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen gibt es für den Fachmann eine Vielzahl von Ausgestaltungsmöglichkeiten, wobei hier nur
5 eine geringe Auswahl aufgezeigt werden kann.

Der nahezu tägliche Ausbauvorgang zur Reinigung der Hochspannungselektroden und deren nachträglicher exakten Justage beim Wiedereinbau entfallen somit bei gemäss der Erfindung
10 konstruierten Vorrichtungen.

Die geforderte Gasströmung ist in bevorzugter Weise durch die Ausgestaltung der Einblaseinheit und/oder der Absaugeinheit, wie sie in den abhängigen Patentansprüchen beschrieben ist bzw. sind,
15 erreichbar.

Im folgenden werden Beispiele des erfindungsgemässen Verfahrens sowie der zur Durchführung des Verfahrens in bevorzugter Weise verwendbaren Vorrichtungen anhand der Zeichnungen näher be-
20 schrieben. Neben den hier beschriebenen Düsenanordnungen und -konstruktionen können selbstverständlich auch noch andere Ausführungsformen benützt werden, sofern die unten beschriebenen Bedingungen für eine Entladung der Staubpartikel sowie der Ueberwindung deren Haltekräfte auf der Materialbahn ohne Verwendung
25 elektrischer Energie benötigende Hochspannungselektroden erreicht werden. Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich aus dem nachfolgenden Beschreibungstext. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung der Kräfte, welche Staub-
30 partikel auf einer Materialbahn halten,

Fig. 2 das Paschen-Gesetz,

Fig. 3 einen Querschnitt durch die Entstaubungsvorrichtung,
35

Fig. 4a und 4b einen Teilquerschnitt und eine Draufsicht in Richtung IVb auf eine Einblaseinheit der Entstaubungsvor-

richtung mit schlitzförmigem Gasaustritt,

Fig. 5a und 5b eine zu den Figuren 4a und 4b analoge Darstellung
für einen in einer Düsenreihe angeordneten Gasaustritt,

5

Fig. 6 einen Querschnitt durch eine Variante der Entstaubungsvorrichtung mit zwei auf der gleichen Seite der Materialbahnoberfläche angeordneten Einblaseeinheiten,

10

Fig. 7 einen Querschnitt durch eine weitere Variante der Entstaubungsvorrichtung, bei der die zu entstaubende Materialbahn umgelenkt wird,

15

Fig. 8 einen Querschnitt durch die in Figur 3 dargestellte Entstaubungsvorrichtung, jedoch mit Strömungsbeeinflussungselementen in der Einblas- und Absaugeinheit,

20

Fig. 9 eine Draufsicht in Blickrichtung IX in Figur 8 auf die Strömungsbeeinflussungselemente der Einblaseinheit,

Fig. 10 eine Draufsicht in Blickrichtung X in Figur 8 auf die Strömungsbeeinflussungselemente der Absaugeinheit,

25

Fig. 11 einen Längsschnitt durch eine Variante einer Einblas- und Absaugeinheit und

Fig. 12 eine schematische Darstellung einer Entstaubungsvorrichtung mit der in Figur 11 dargestellten Einblas- und Absaugeinheit zur Entstaubung von blattförmigem Gut.

30

In Figur 1 sind die auf Staubpartikel S wirkenden elektrostatischen und Van-der-Waals-Kräfte E und W schematisch dargestellt. Oftmals sind die Staubpartikel S zusätzlich durch Flüssigkeitsbrücken F festgehalten. Der auf die Staubpartikel S einwirkende Gasstrom G tritt auf der rechten Seite B der

35

Figur 1 ein. Der Gasstrom G wird auf der linken Seite A abgesaugt.

In Figur 2 ist das Gesetz von Paschen - die Abhängigkeit der kritischen Spannung $U/krit$ vom Produkt aus Druck p und Abstand d für unterschiedliche Gase - aufgetragen. Figur 2 ist eine Kopie der Abbildung 6.20 aus K. Simonyi, „Physikalische Elektronik“, Verlag B.G. Teubner Stuttgart, 1972, Seite 526. Das Gesetz von Paschen ist u.a. in dem hier gerade zitierten Buch auf den Seiten 524 bis 526, sowie in Ch. Gertsen, „Physik“ Springer-Verlag 1960, S. 303 beschrieben. Durch dieses Gesetz wird die kritische elektrische Spannung $U/krit$ angegeben, bei der eine Entladung zwischen zwei ebenen Elektroden "zündet", wobei p der Druck im Gasstrom zwischen den Elektroden ist. Das Druck-Abstands-Produkt $p \cdot d$ ist auf der Abszisse der Figur 2 in Torr·cm angegeben, wobei 1 Torr 133 Pa bei 0° C ist.

Erfindungsgemäss wird nun das Gesetz von Paschen bei der Entstaubung einer Materialbahn 1 verwendet. Die Staubpartikel S haften infolge ihrer elektrischen Ladung auf dieser. Es wird nun erfindungsgemäss eine Einblaseeinheit 3a/b der Entstaubungsvorrichtung mit einer geerdeten Potentialfläche in einem Abstand d von der Materialbahnoberfläche angeordnet und die Geschwindigkeit und der Druck zwischen der Materialoberfläche und der Potentialfläche des aus der Einblaseeinheit 3 austretenden Uberschall-Gasstroms G derart eingestellt, dass die Spannung, hervorgerufen durch die geladenen Staubpartikel S, gleich der kritischen Spannung $U/krit$ im Paschen-Gesetz ist. Es kann nun aus der Figur 2 das für die kritische Spannung $U/krit$ benötigte Produkt $p \cdot d$ herausgesucht werden. Nun wird der Gasdruck zwischen der die Staubpartikel S tragenden Materialoberfläche und der geerdeten Potentialfläche derart eingestellt, dass bei vorgegebenem konstruktivem Abstand d zwischen der Materialoberfläche und der geerdeten Potentialfläche der oben herausgesuchte Wert des Produkts $p \cdot d$ angenähert wird. Mit Hilfe eines elektronischen Feldmeters, kann festgestellt werden, wie hoch die elektrische Ladung ist. Hierdurch ist eine Optimierung des Produkts $p \cdot d$ bei der Montage und Einstellung der Entstaubungsvorrichtung möglich.

Die geforderten Bedingungen lassen sich mit dem Uberschallgasstrom G erreichen. Die entladenen Staubpartikel S werden nun durch den Uberschall-Gasstrom G ohne Verwendung elektrisch vorgespannter Entladungselektroden aufgenommen und mit einer Absaug-

5 einheit 7 abgesaugt. Die hohen Unterhaltskosten, wie sie für Anlagen mit elektrisch vorgespannten Entladungselektroden benötigt werden, entfallen somit hier.

Die Einblas- wie auch die Absaugeinheit 3a/b, bzw. 7a/b sind

10 aus Metall hergestellt und geerdet. Es ist deshalb der Abstand der Einblaseinheit 3a/b von der Oberfläche der Materialbahn 1 gleich dem Abstand d der Geerdeten Potentialfläche von dieser. Um eine gute elektrische Leitfähigkeit zu erhalten, können die der Materialbahn 1 zugewandten Oberflächen der Einblas- wie

15 auch die Absaugeinheit 3a/b, bzw. 7a/b mit einer elektrisch leitfähigen Schicht beschichtet sein. Bei Aluminium würde man z.B. ein Anodisierungsverfahren verwenden, um eine gute elektrische Leitfähigkeit zu erhalten.

Bei der in Figur 3 im Querschnitt dargestellten Entstaubungsvorrichtung ist sowohl eine Entstaubung der Ober- wie auch der Unterseite 9a, bzw. 9b der Materialbahn 1 möglich. Es sind hierzu

20 über der Ober-, wie auch über der Unterseite 9a, bzw. 9b je eine Einblas- 3a und 3b und je eine Absaugeinheit 7a und 7b angeordnet. Die Bewegung der Materialbahn 1 erfolgt in Richtung des Pfeils 11. Die Fördergeschwindigkeit der Materialbahn 1 liegt bei dem hier beschriebenen Ausführungsbeispiel bei 4,75 bis

25 15 m/s. Die Fördergeschwindigkeit hat keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad der Entstaubungsvorrichtung.

30 Die unten beschriebene Einblaseinrichtung 3a, bzw. 3b ist derart ausgebildet, dass aus ihr ein Uberschall-Gasstrom, hier ein Uberschall-Luftstrom G austritt. Der aus der Einblaseinrichtung 3a/b austretende Gasstrom G trifft auf die Oberfläche

35 der Materialbahn 1 unter einem Winkel α zwischen 20° und 100°, bevorzugt zwischen 30° und 55° gegen deren Bewegungsrichtung 11 ein. Die Absaugung der von der Materialoberfläche abgehobenen

Staubpartikel S erfolgt in der Strömungsrichtung 25 des ausströmenden Gases G nachgeschaltet unter einem ersten Winkel α zwischen 20° und 70°, bevorzugt unter etwa 45° und noch einmal nachgeschaltet an einer zweiten Stelle etwa senkrecht zur Materialoberfläche. Diese zweite Absaugung wirkt insbesondere auf in Vertiefungen und Löchern liegende Staubpartikel S.

Die Einblaseinheit 3a/b hat einen zweigeteilten, unten beschriebenen Düsenaufbau. Ausgehend von einem Druckkanal 13 als Gasversorgungseinheit ist ein sich stetig verjüngender Düsenquerschnitt 15 vorhanden, der nach einer Verengung 17 in einen sich stetig erweiternden Düsenquerschnitt 19 bis zum Düsenausgang 20 übergeht. Die Breite der Verengung 17 liegt zwischen 0,02 mm und 0,08 mm, bevorzugt unter etwa 0,04 mm. Der Öffnungswinkel am Düsenausgang 20 liegt zwischen 3° und 15°, bevorzugt jedoch zwischen 5° und 10°. Die im Querschnitt der Figur 3 links liegende Mantellinie im sich erweiternden Düsenquerschnitt 19 ist gewölbt ausgebildet, während die gegenüberliegende Mantellinie eine Gerade 21 ist. Diese Gerade 21 verläuft unter dem Winkel α zur Ebene der Materialbahn 1. Der Winkel α liegt zwischen 20° und 100°, bevorzugt zwischen 30° und 55°. Der Randpunkt 22 dieser Geraden 21 am Düsenausgang 20 hat den geringsten Abstand d zur Materialbahn 1, der je nach zu entstaubendem Material zwischen 0,5 und 2 mm liegt. Dieser Abstand d entspricht dem Abstand d des Paschen-Gesetzes. Die Öffnung 23 zwischen den beiden Einblaseinheiten 3a und 3b ist in Bewegungsrichtung 11 als dreifach sich erweiterndes "V" ausgebildet, dessen Schenkel-Winkel sich an jeder Uebergangsstufe 24a und 24b vergrößert. Der Gasaustritt aus der Düsenöffnung 20 erfolgt, wie in der Figur 3 durch einen Pfeil 25 angedeutet ist, schräg auf die Materialbahn 1 entgegen deren Bewegungsrichtung 11 in Richtung auf die betreffende Absaugeinheit 7a, bzw. 7b hin.

35

Der Randpunkt 22 ist als scharfe Kante ausgebildet. Durch diese scharfe Kante 22 entsteht beim Austritt der

Ueberschallströmung G aus dem Düsenausgang 20 ein Strömungswirbelbereich, dessen Turbulenzen ein Abheben der gemäss dem Paschen-Gesetz entladenen Staubpartikel S von der Oberfläche 9a, bzw. 9b der Materialbahn 1 entgegen der Van-der-Waalschen-Kräfte W unterstützt. Die Einblaseinheiten 3a und 3b sind aus Metall und durch eine schematisch dargestellte elektrische Erdung analog zur Absaugeinheit 7a und 7b geerdet. Der Düsenausgang 20 liegt in einer Ebene 6, welche die Materialbahn 1 in einem Winkel zwischen 25° und 65°, bevorzugt unter 45° schneidet.

Analog zu den beiden Einblaseinheiten 3a und 3b sind auch zwei Absaugeinheiten 7a und 7b vorhanden. Die beiden Absaugeinheiten 7a und 7b sind symmetrisch zueinander angeordnet und ausgebildet. Jede der beiden Absaugeinheiten 7a und 7b hat zwei Absaugkanäle 27 und 29, welche in eine Absaugkammer 30 münden. Die Eingänge der Absaugkanäle 31a und 31b sind in einer Ebene 33 angeordnet, welche einen konstanten Abstand von der Ober-, bzw. Unterseite 9a, bzw. 9b der Materialbahn 1 aufweist. Die Ebene 33 ist gleichzeitig die der Materialober-, bzw. Unterseite gegenüberliegende Oberseite der Absaugeinheit 7a, bzw. 7b. Bevorzugt werden die Absaugeinheiten 7a und 7b aus elektrisch leitfähigem Material (Metall) gefertigt. Sollte jedoch anderes Material verwendet werden oder das Metall sich im Laufe der Zeit mit einem nichtleitenden Korrosionsüberzug überziehen können, so ist diese Oberfläche, wie auch diejenige der Einblaseinheiten 3a und 3b, wie bereits oben ausgeführt, mit einer elektrisch leitfähigen Schicht zu versehen. Die Ebene 33 ist, wie in Figur 3 dargestellt, gegenüber dem Düsenausgang 20 zurückversetzt. Diese Zurückversetzung kann auch kleiner sein. Die Ebene 33 könnte auch direkt anschliessend an den Düsenausgang 20 angeordnet sein.

Der Absaugkanal 27 hat einen sich trichterförmig verjüngenden, gegen die Oberfläche der Materialbahn 1 geneigten Absaugmund 35. Die Neigung des Absaugmundes 35 ist in Richtung

zum Düsenausgang 20 gerichtet. Die dem Düsenausgang 20 zugewandte Mantellinie 36a des trichterförmigen Absaugmundes 35 weist einen möglichst flachen Winkel β zur Oberfläche der Materialbahn 1 auf. Der Winkel β liegt zwischen 15° und 30°

5 Die der Mantellinie 36a gegenüberliegende andere Mantellinie 36b des Absaugmundes 35 verläuft steiler und weist zur Oberfläche der Materialbahn 1 einen Winkel σ zwischen 20° und 70° auf. Da auf jeden Fall der Absaugmund 35 trichterförmig ausgebildet sein soll, verbietet sich von selbst, dass bei

10 den Winkeln β und σ die beiden Winkeltrennwerte von 30° zusammen verwendet werden können.

Der Absaugmund 35 geht dann in ein verengtes Kanalstück 37 über, dessen eine Mantellinie die Verlängerung der Mantellinie 36b ist. Dieses Kanalstück 37 erweitert sich zu einem

15 weiteren Kanalstück 39, welches dann in die Absaugkammer 30 einmündet.

Der Abstand h des Schnittpunktes der Mantellinie 36b mit der Ebene 33 von der Kante 22 (= das eine untere Ende der Geraden 21) ist zehn- bis fünfundzwanzigmal der Abstand d .

20

Durch die Anordnung der Einblaseinheit 3a, bzw. 3b wird der Absaugkanal 27 von eventuell anhaftenden Staubpartikeln S freigespült.

25

Der Absaugkanal 29 ist ebenfalls trichterförmig ausgebildet, wobei jedoch dessen dem Düsenausgang 20 zugewandte Mantellinie 40a senkrecht zur Oberfläche der Materialbahn 1 verläuft, während die hierzu gegenüberliegende Mantellinie 40b leicht zur Oberfläche der Materialbahn 1 geneigt verläuft.

30

Die Absaugkammer 30 weist wenigstens jeweils an einer ihrer gegenüberliegenden Wände eine Profilierung 44 auf. Diese Profilierung 44 dient zum Einhängen nicht dargestellter Strömungsleitbleche. Die Strömungsleitbleche sind notwendig,

35

damit in der Absaugkammer 30 möglichst über allen Einmündungen der Kanäle 27 und 29 annähernd gleiche Druckverhältnisse herrschen.

5 Zum Entstauben der mit einer Geschwindigkeit von bis zu 30 m/s bewegten Materialbahn 1 wird Luft G mit der Einblaseeinheit 3a und 3b mit einer Luftgeschwindigkeit von bis zu maximal 550 m/s geblasen. Um diese Ausströmgeschwindigkeit zu erreichen, herrscht im Druckkanal 13 ein Druck von etwa
10 2 bar. Auf der Oberfläche der Materialbahn 1 ergibt sich dann ein Druck, je nach gewählter Uberschall-Gas-Geschwindigkeit, von 50 bis 100 mbar. Die auf der Oberfläche der Materialbahn 1 sich befindenden Staubpartikel S werden nun aufgrund der oben beschriebenen Gesetzmässigkeiten von Paschen in
15 einer Dunkelentladung, welche im Prinzip eine Glimmentladung bei sehr kleinen Stromstärken ist, neutralisiert. Gleichzeitig erfolgt ein Abheben der Staubpartikel S durch den Uberschallluftstrom G, unterstützt durch die Verwirbelung, hervorgerufen durch die Kante 22 entgegen der auf sie
20 wirkenden Van-der-Waals-Kräfte. Die Staubpartikel S werden durch die Absaugkanäle 27 und 29 abgesaugt, wobei der nahezu senkrecht zur Oberfläche der Materialbahn 1 verlaufende Kanal 29 hauptsächlich dazu dient, Staubpartikel S aus Vertiefungen und Löchern aufzunehmen.

25 Die eingeblasene Luft durch die Einblaseeinheit, bzw. -einheiten 3a und 3b sowie die Absaugleistung der Absaug-einheit, bzw. -einheiten 7a und 7b liegt im Temperaturbereich von 18° C bis 23° C. Im Raum, in welchem die Entstaubungsvorrichtung steht, herrscht ein Ueberdruck.
30

Der Düsenausgang 20 wie auch die Eingänge zu den Kanälen 27 und 29 können nun, wie in Figur 4a und Figur 4b einmal vergrössert im Querschnitt und einmal in Draufsicht dargestellt ist, als Längsschlitz 41 und einmal als Düsenreihen 43, wie in den Figuren 5a und 5b dargestellt ist, ausgebildet werden.
35

Zur Verbesserung des Aufnahmeporgangs der Staubpartikel S in den Ueberschallgasstrom G können im sich erweiternden Düsenquerschnitt 19 der Einblaseinheit 3a und 3b, sowie auch in den beiden Absaugkanälen 27 und 29 Strömungsbeeinflussungselemente 49, 50 und 51, wie in Figur 8 angedeutet, angeordnet werden.

Bei den im Düsenbereich 19 an der Wandung 21 angeordneten Strömungsbeeinflussungselementen 49 handelt es sich um schmale Längsstege, wie sie in einer Draufsicht in Blickrichtung IX in Figur 9 dargestellt sind. Jeder Längsteg 49 liegt in einer zur Bewegungsrichtung 11 parallel verlaufenden Ebene, welche unter einem Winkel von 82° zur Materialbahn 1 steht. In dem oben beschriebenen Beispiel haben die Längsstege 49 eine Breite von 1 mm und einen gegenseitigen Abstand von 15 mm.

Bei denen in den Absaugkanälen 27 und 29 angeordneten Reihen von Stegen 50 und 51 handelt es sich um schmale Längsstege, wie sie in einer Draufsicht in Blickrichtung X in Figur 10 dargestellt sind. Jeder Längsteg 50 und 51 liegt in einer zur Bewegungsrichtung 11 ebenfalls parallel verlaufenden Ebene, welche unter einem Winkel von 60° zur Materialbahn 1 verläuft. In dem oben beschriebenen Beispiel haben die Längsstege 50 und 51 eine Breite von 2 mm und einen gegenseitigen Abstand von 30 mm.

Zusätzlich zu den in Figur 3 angeordneten Einblaseinheiten 3a und 3b können auch beidseits der Absaugeinheit, bzw. -einheiten 7a und 7b je eine weitere Einblaseinheit, wie in Figur 6 dargestellt, angeordnet werden.

Anstelle von ebenen Materialbahnen 1 können auch durch eine Umlenkeinheit 45 umgelenkte Materialbahnen 46 entstaubt werden. Die Lage der Einblas-, wie auch die der Absaugeinheit ist dann, wie in Figur 7 dargestellt, dem Verlauf der Materialbahn 46 angepasst. Der Ablöswinkel der Materialbahn 46 von der

Umlenkeinheit 45 liegt bevorzugt zwischen 15° und 20°, um eine elektrische Aufladung durch Ladungsaustausch und Ladungstrennung nicht unnötig anwachsen zu lassen.

5 Die bereits oben erwähnte Zerteilung der Einblaseinheit 3a, bzw. 3b mit den Teilstücken 3' und 3'' gestattet gegenüber einer einteiligen Ausführung eine einfachere Herstellung. Die Teilung erfolgt entlang der Linie 47, welche in die Gerade 19 übergeht. Die Abdichtung erfolgt über einen Dichtring 48, dessen Verlauf
10 je nach Verwendung der Düsenreihe 43 oder des Längsschlitzes 41 gelegt wird. Durch die Teilung der Einblaseinheit 3a, bzw. 3b ist eine einfache Herstellung der Strömungsbeeinflussungselemente 49 erst möglich.

15 Die Einblaseinheit 3a und 3b, sowie die dazugehörigen Absaugeinheiten 7a und 7b werden bevorzugt als Blöcke ausgebildet, welche parallel zur Bewegung der Materialbahn 1 aneinander gereiht angebaut werden können, um die Breite der Entstäubungsvorrichtung der jeweiligen zu entstäubenden Materialbahnbreite anpassen zu können.
20

Anstelle die Materialbahn zu bewegen, kann selbstverständlich auch die Entstäubungsvorrichtung über die Materialbahn bewegt werden. In der Regel wird man aber die Materialbahn unter,
25 bzw. zwischen den Düsenaus- und -eingen hindurchziehen.

Mit der oben beschriebenen Entstäubungsvorrichtung können nicht nur Materialbahnen entstäubt werden, sondern auch Platten und Bögen.
30

Die oben beschriebene Entstäubungsvorrichtung kann zum Entstauben von jeglichem bahnförmigen und plattenförmigen Material, wie Press-Spanplatten, Tischlerplatten, Kunststoff-, Papier-, Pappbänder, Glas, allg. Folien, Metall- und medizinische Folien, Textilien, Leiterplatten, Industriegeflechte, Film- und Magnetstreifen etc. verwendet werden.
35

Anstelle der in den Figuren 3 bis 10 dargestellten Einblaseeinheit 3a und 3b kann auch eine in Figur 11 dargestellte Einheit 53 verwendet werden, welche eine Vereinigung einer Einblaseeinheit mit einer Absaugeinheit darstellt. Ferner wird hier gegenüber den Einblaseeinheiten 3a und 3b mit einer Gasausströmungsgeschwindigkeit im Unterschallbereich gearbeitet; es kann jedoch auch im Bereich der Schallgeschwindigkeit gearbeitet werden. Analog zu den Einblaseeinheiten 3a und 3b ist auch die Einheit 53 aus zwei geordneten Düsentteilen 54a und 54b aufgebaut und hat eine Verengung 55 des Düsenkanalquerschnitts 56. Ausgehend von einem zum Druckkanal 13 analog ausgebildeten Druckkanal 57 hat auch diese Düse einen sich verjüngenden Düsenquerschnitt 59 (analog zu 15). Im Gegensatz zu den Einblaseeinheiten 3a und 3b ist jedoch hier die gerade Mantellinien aufweisende Verengung 55 bis zum Düsenausgang 60 vorgezogen und somit bedeutend länger. D.h. es erfolgt hier eine stärkere Ionisationswirkung (Ballon-elektrizität) auf den durchfließenden Gasstrom. Die Achse der Verengung 55 weist einen bevorzugten Winkel δ von etwa 51° mit der Tangente 68 zur Materialoberfläche 71 auf. Es können auch andere Werte für den Winkel δ zwischen 20° und 100° und insbesondere zwischen 30° und 55° verwendet werden. Der im Ausführungsbeispiel aufgeführte Wert erlaubt jedoch ein optimales Arbeiten, insbesondere im Hinblick auf einen geringen Luftverbrauch und ein gutes Andrücken der zu entstaubenden Materialbahn 71 an die Trommel 74 (Druckzylinder).

Auch diese Einheit 53 hat analog zu den obigen Einblaseeinheiten 3a und 3b einen sich strömungstechnisch "erweiternden Düsenquerschnitt", den jetzt hier der Raum 61 vor dem Düsenausgang 60 bildet. Im Gegensatz zu den obigen Einblaseeinheiten 3a und 3b ist nämlich hier die zur unteren Kante 22 analog ausgebildete Kante 63 der einen Düsenkanalseite gegenüber der anderen um eine Kantenhöhe a von 0,1 mm bis 0,9 mm, hier um 0,6 mm nach aussen verlängert. Diese Verlängerung bewirkt einerseits eine Düsenkanalerweiterung und andererseits eine Umlenkung des austretenden Gasstroms, wie mit dem Pfeil 64 angedeutet ist. Dieser Gasstrom bewirkt somit einen Absaug-

effekt, der die Staubpartikel in die Absaugeinheit 65 fördert, die letztlich durch eine angeordnete Reihe von Stegen im Absaugkanal für die Strömungsrichtung sorgt und zuletzt eine sehr wichtige Rolle für die Förderung von Staubpartikeln bis zum Absaugschlauch bewirkt.

Die Breite b der Verengung 55 wird zusammen mit dem Gasdruck im Druckkanal 57 derart eingestellt, dass eine optimale Entstaubung bei möglichst geringem Luftverbrauch erfolgt. Bei der hier beschriebenen Ausführungsvariante wird mit einer Breite der Verengung von 0,04 mm bei einem Druck von 1,5 bar im Druckkanal 57 und einem Abstand $d/53$ von 4 mm bis 7 mm, bevorzugt 5 mm gearbeitet. Die Neigung des verengten Düsenkanals 55 gegenüber der Tangente 68 zur Materialbahn 71 beträgt hier beispielsweise 51°.

In die Einheit 53 integrierte Absaugeinheit besteht in einem annähernd zum Absaugkanal 35, 37 und 39 analog ausgebildeten Absaugkanal 65, wobei hier in einer einfacheren konstruktiven Ausführung die eine Kanalwand lediglich durch ein ansetzbares entsprechend geformtes Blech 67 gebildet ist. Auch hier weist der Einlauf des Absaugkanals 65 analog zu dem bereits oben beschriebenen einen spitzen Winkel ϕ in Transportrichtung 70 der Materialbahn auf. Der Winkel ϕ sollte einen Wert zwischen 20° und 50° haben und bevorzugt zwischen 33° und 39° liegen. Der dem Düsenausgang 60 abgewandte Rand der Eingangsöffnung des Absaugkanals 65 befindet sich in einem Abstand e , der bei dem Ausführungsbeispiel 17 mm beträgt.

Um den für die Entstaubung benötigten Luftverbrauch zu minimieren, ist der Druckkanal 57 in Querrichtung zur Materialbahn 71 in einzelne Teilkanäle unterteilt. Diese nicht explizit dargestellten Teilkanäle, welche in den Figuren 11 und 12 mit dem Bezugszeichen 57 identisch sind, sind über jeweils einen mit einem (nicht dargestellten) Kolben verschliessbaren Versorgungskanal mit einer Versorgungs-

kammer 69 verbunden. Zum Druckausgleich haben die Versorgungskanäle geringfügig sich ändernde Strömungsquerschnitte. Die Kolben sind über einen nicht dargestellten Mechanismus derart verstellbar, dass beginnend von der
5 äusseren Peripherie ein Versorgungskanal nach dem anderen und damit auch ein Teilkanal nach dem anderen von der Luftzufuhr und damit von der Versorgungskammer 69 abtrennbar ist. Hiermit ist eine Anpassung an die tatsächlich zu
10 reinigende Bahnbreite möglich. Es wird nur die benötigte Anzahl Teilkanäle mit Druckluft versorgt und damit der Luftverbrauch optimiert, d.h. minimiert.

Die Anordnung der Einblas-/Absaugeinheit 53 in einer Entstaubungsvorrichtung für blattförmiges Gut 71 zeigt
15 Figur 12. Die zu reinigenden Blätter 71 werden jeweils mit einer Klammer 72 auf einer ersten Trommel 73 (Zuführzylinder) gefasst und gehalten. Die Uebergabe an eine zweite Trommel 74 (Druckzylinder) erfolgt in deren
Annäherungsort 76 mit benachbarten Klammern 72 und 75,
20 wobei synchron zueinander die Klammer 72 geöffnet und die Klammer 75 zur Bogenübernahme geschlossen wird. Die Darstellung in Figur 12 zeigt das bereits von der Klammer 75
gefasste Gut 71 bei geöffneter Klammer 72, wobei ein Teil
des blattförmigen Guts 71 noch auf der Trommel 73 anliegt,
25 sowie auf diese aufgezogen wird. Der Trommel 74 zugeordnet ist die Einblas-/Absaugeinheit 53, an der in Querrichtung zur Breite des Guts 71 Sicherheitsrollen 77 angeordnet
sind, welche eine Führung des blattförmigen Guts 71 bei
einem Luftstromausfall oder einer nicht einwandfreien Blatt-
30 übergabe sicherstellen sollten.

Infolge der hohen verwendeten Rotationsgeschwindigkeiten der Trommeln 73 und 74 tendieren die Bögen 71 (Gut) zum Heraus-
ausschlagen, bzw. zum Ablösen von der Trommeloberfläche. Mit
35 den erfindungsgemässen Vorrichtungen lässt sich nun durch Einstellung des Luftdrucks dieses Abheben neben der Entstaubung zufriedenstellend einstellen. Wird der Luftdruck

jedoch derart eingestellt, dass lediglich eine einwandfreie Entstaubung erreicht wird, kann dieser für die "Fixierung" der Bögen zu gering sein. In diesem Fall übernimmt dann die Sicherheitsrolle 77 die gewünschte Niederhaltung.

5

10

15

20

25

30

35

Patentansprüche

5

1. Verfahren zum Entfernen von Staubpartikeln (S) von einer relativ bewegten, insbesondere stabilen Materialbahnoberfläche (1; 71) mit einer berührungsfrei arbeitenden Entstaubungsvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass
10 ein geerdeter, der Materialbahnoberfläche (1; 71) zugewandter Potentialflächenbereich (6, 33; 54a, 54b) einer Einblaseinheit (3a, 3b; 53) der Entstaubungsvorrichtung in einem Abstand (d; d/53) zur Materialbahnoberfläche (1; 71) angeordnet wird, die Geschwindigkeit und der
15 Druck (p) zwischen einem jeweils zu entstaubenden Materialbahnoberflächenbereich und der Potentialfläche (6, 33; 54a, 54b) des aus der Einblaseinheit (3a, 3b; 53) austretenden Gasstroms (G) derart eingestellt werden, dass die dem Produkt aus Druck (p) und Abstand (d; d/53) gemäss dem Gesetz von Paschen zugeordnete kritische
20 Spannung (U/krit) unter der elektrostatischen Spannung (E) der Staubpartikel (S) auf der Materialbahnoberfläche (1; 71) liegt, damit deren Neutralisation erfolgt und somit eine Ueberwindung der Haltekräfte (E/W) der Staubpartikel auf der Materialbahnoberfläche
25 gegeben ist und diese (S) ohne eine elektrische Energie benötigende Ionisationseinheit, lediglich durch den Gasstrom (G) aufgenommen und von wenigstens einer Absaugereinheit (7a, 7b; 65) abgesaugt werden.
- 30
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasstrom, insbesondere ein Luftstrom (G), unter einem Winkel (α , δ) zwischen 20° und 100°, bevorzugt zwischen 30° und 55° auf die Materialbahnoberfläche (1; 71) geblasen
35 und durch wenigstens eine entgegen der Gasströmrichtung nachgeschaltete, d.h. in Materialtransportrichtung (11; 70) vorgelagerte Absaugereinheit (7a, 7b; 65) abgesaugt wird.



3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die durch den Gasstrom (G) von der Materialbahnoberfläche abgehobenen Staubpartikel (S) von einer unter einem Winkel (σ ; Φ) zwischen 20° und 70°, bevorzugt unter 45° gegen die Gasströmrichtung (25) geneigten ersten Absaugöffnung (27; 65) sowie vorzugsweise mit einer zusätzlichen zweiten annähernd senkrecht zur Materialbahnoberfläche (1) stehenden Absaugöffnung (29) aufgenommen werden.
4. Entstaubungsvorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 mit einer Versorgungseinheit (13; 57) verbundenen Einblaseinheit (3a, 3b; 53) sowie einer Absaugeinheit (7a, 7b; 65), dadurch gekennzeichnet, dass die Einblaseinheit (3a, 3b; 53) ausgehend von der Versorgungseinheit (13; 57) einen stetig sich verjüngenden Düsenquerschnitt (15; 59) aufweist, der nach einer Verengung (17; 55) in einen sich erweiternden Querschnitt (19; 61) übergeht, die Einblaseinheit (3a, 3b; 53) einen dem Staubpartikel (S) tragenden Materialbahnoberflächenbereich (1; 71) zugewandten, geerdeten, elektrisch leitenden Oberflächenbereich (6, 33; 54a, 54b) hat, wobei der Gasdruck in der Versorgungseinheit (13; 57) sowie der Abstand (d; d/53) des geerdeten Oberflächenbereichs (6, 33; 54a, 54b) von dem jeweils kontinuierlich zu entstaubenden Materialbahnoberflächenbereich (1; 71) derart einstellbar sind, dass die Staubpartikel (S) hier ohne jeglichen Einsatz einer an eine elektrische Energiequelle anzuschliessenden Ionisationseinheit zur Ionisation des Gasstroms ablösbar und durch die Absaugeinheit (7a, 7b; 65) absaugbar sind.
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasdruck in der Versorgungseinheit (13; 57) der Abstand (d; d/53) der geerdeten Potentialfläche (6, 33; 54a, 54b) vom zu entstaubenden Materialbahnoberflächenbereich (1; 71) sowie die Ausgestaltung des Düsenquerschnitts (15, 17, 19; 59, 56, 55, 61) und dessen Lage zum zu ent-



- staubenden Bereich derart eingestellt sind, dass die kritische Spannung ($U/krit$) des Gesetzes von Paschen in Abhängigkeit des Produkts aus dem Abstand (d , $d/53$) und einem durch den Gasdruck in der Versorgungseinheit (13; 57) zwischen dem geerdeten Oberflächenbereich (6, 33; 54a, 54b) und dem zu entstaubenden jeweiligen kontinuierlich vorbeiziehbaren Materialbahnoberflächenbereich (1; 71) mit der Einblaseinheit (3a, 3b; 53) erzeugbaren zweiten Gasdruck (p) unter der die Staubpartikel (5) u.a. im Bereich haltenden elektrostatischen Spannung (E) liegt.
6. Vorrichtung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Düsenausgang derart angeordnet ist, dass dessen austretender Gasstrom entgegen der Transportrichtung (11; 70) der Materialbahn (1; 71) auf diese auftrifft.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Achse des Düsenkanals (21; 55) der Einblaseinheit (3a, 3b; 53) in einer zur Materialbahn (1; 71), bzw. deren Tangente (68) unter einem Winkel (α ; δ) zwischen 20° und 100° , bevorzugt zwischen 30° und 55° liegenden Ebene liegt.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Wandung der Düse der Einblaseinheit (3a, 3b; 53) zu deren Achse wenigstens einen unsymmetrisch ausgebildeten Wandbereich, insbesondere im Bereich der Öffnung (20; 60) aufweist, wobei eine der Düsenkanalmantellinien der Einblaseinheit (3a, 3b; 53) eine Gerade (21; 55) ist, welche in einer zur Materialbahn (1; 71) unter einem Winkel (α ; δ) zwischen 20° und 100° , bevorzugt zwischen 30° und 55° verlaufenden Ebene liegt.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die gerade Düsenkanalmantellinie (21; 55) am Düsenausgang (20; 60) in einer scharfen Kante (22; 63) endet, um einen von hier gegen die Materialbahnoberfläche ausgehenden



Strömungsverwirbelungsbereich zu erzeugen.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Absaugmund (35) der Absaugeinheit (27; 65) sich trichterförmig ausgehend von der Absaug-
5 Öffnung (31a) verjüngt, wobei eine der Düsenmantellinien eine erste Gerade (36a) ist, welche in einer zur Materialbahn (1; 71) unter einem Winkel (β , Φ) zwischen 15° und 50°, insbesondere zwischen 33° und 39° liegenden Ebene
10 verläuft.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Einblaseinheit (3a, 3b; 53) aus
15 wenigstens zwei Teilstücken (3', 3"; 54a, 54b) ausgebildet ist und bevorzugt die oder eine der Trennungslinien (47) durch die Gerade (21; 55) der Düsenkanalmantellinie verläuft.
12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 11, gekennzeichnet durch eine blockweise Unterteilung bevorzugt
20 parallel zur Relativbewegungsrichtung (11; 70) der Materialbahn (1; 71), um die Vorrichtungsbreite an die Breite der Materialbahn (1; 71) auf einfache Weise konstruktiv anpassen zu können.
- 25
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 4 bis 12, gekennzeichnet durch eine erste und eine zweite in Relativbewegungsrichtung (11) der Materialbahn (1) voneinander
30 distanziert angeordnete Einblaseinheit (3a), welche beidseits der Absaugeinheit (7a) abgeordnet sind, wobei bevorzugt die Achsen der Einblasdüsenkanäle der ersten und der zweiten Einblaseinheit gegeneinander gerichtet sind.

