



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**27.05.2009 Patentblatt 2009/22**

(51) Int Cl.:  
**B03C 3/88 (2006.01) B03C 3/74 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **08019567.0**

(22) Anmeldetag: **08.11.2008**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**AL BA MK RS**

(71) Anmelder: **Robert Bosch GmbH**  
**70442 Stuttgart (DE)**

(72) Erfinder: **Steiner, Dietmar, Dr.**  
**73642 Welzheim (DE)**

(30) Priorität: **24.11.2007 DE 102007056696**

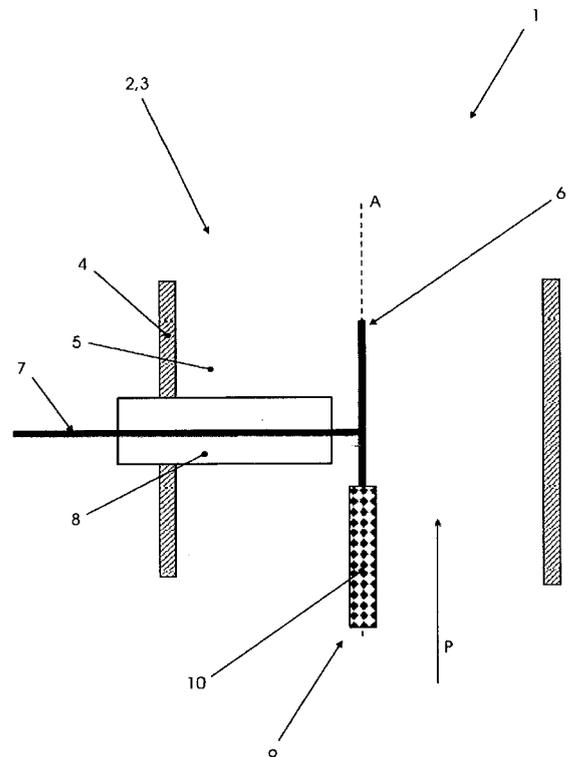
(54) **Elektrostatistischer Abscheider mit Partikelabweismittel, Heizungssystem und Verfahren zum Betrieb**

(57) Die Erfindung betrifft einen elektrostatistischen Abscheider (1) für eine Abgasleitung (2) einer Abgasreinigungsanlage, ein Heizungssystem zur Erzeugung von Energie mittels Verbrennen von einem Energieträger mit einem elektrostatistischen Abscheider (1) und ein Verfahren zur Reduzierung von Ablagerungen von Partikeln eines Abgasstroms (P) an einer Elektrode (6) eines elektrostatistischen Abscheiders (1) eines Heizungssystems.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen elektrostatistischen Abscheider (1), ein Heizungssystem und ein Verfahren zu schaffen, welche die Nachteile gemäß dem Stand der Technik überwinden und die insbesondere eine Ablagerung von Partikeln auf der Elektrode (6) verhindern oder reduzieren.

Gekennzeichnet ist der elektrostatistische Abscheider (1) dadurch, dass dieser ein Partikelabweismittel umfasst, welches verhindert, dass sich Partikel an der Elektrode (6) ablagern. Gekennzeichnet ist das Heizungssystem dadurch, dass dieses den erfindungsgemäßen elektrostatistischen Abscheider (1) umfasst. Gekennzeichnet ist das erfindungsgemäße Verfahren dadurch, dass dieses den Schritt umfasst: Erzeugen eines elektrischen Vorfeldes, um Partikel, die sich in dem elektrischen Feld zu der Elektrode (6) bewegen, vorgelagert entlang von Feldlinien des elektrischen Vorfeldes zu einer Vorelektrode (10) zur Erzeugung des elektrischen Vorfeldes zu bewegen.

Fig. 1



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft einen elektrostatischen Abscheider, insbesondere für eine Abgasleitung einer Abgasreinigungsanlage, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Weiter betrifft die Erfindung ein Heizungssystem zur Erzeugung von Energie mittels Verbrennen von einem Energieträger mit einem elektrostatischen Abscheider nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 7. Darüber hinaus betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Reduzierung von Ablagerungen von Partikeln eines Abgasstroms an einer ein elektrisches Feld erzeugenden Elektrode eines elektrostatischen Abscheiders eines Heizungssystems nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 8.

**[0002]** Die GB 2 045 647 A beschreibt eine Elektrode einer Ionisierungsvorrichtung für einen elektrostatischen Luftfilter. Die Elektrode umfasst einen stromleitenden Draht, der in mehreren parallel zueinander angeordneten, elektrisch seriell angeschlossenen Abschnitten in einen Rahmen gespannt wird. Die Elektrode umfasst ferner Verschraubungen, Schutzhülsen und Federn. Der Draht wird in der Ankerschraubung eingehängt, frei durch den vom Rahmen gebildeten Raum geführt, durch die Verschraubung, die schlauchartige Schutzhülse und die Verschraubung gefädelt, wiederum durch den freien Raum geführt, usw. Schließlich endet der Draht in der Spannverschraubung, mit der der Draht gespannt werden kann.

**[0003]** Die JP 2007 263 754 A beschreibt eine Abreinigungsvorrichtung für eine Elektrode eines Emissionsspektrometers. Die Abreinigungsvorrichtung umfasst eine Bürste (brush) mit einem Bürstenbesatz aus Metalldraht. Die Bürste ist funktional und konstruktiv von der Elektrode getrennt ausgebildet und wird außerhalb der Messgerät-Betriebszeiten zum Einsatz gebracht. In einer Pause zwischen zwei Messvorgängen bürstet die Abreinigungsvorrichtung über die Elektrode und entfernt kratzend Rückstände von kondensiertem Metalldampf.

**[0004]** Aufgrund der Emissionen von Heizungsanlagen und globaler Bemühungen, derartige Emissionen zu reduzieren - siehe zum Beispiel das Kyoto-Abkommen - werden bei Heizungsanlagen entsprechende Abgasreinigungsanlagen verwendet. Diese sollen insbesondere die schädlichen Stoffe und Partikel aus Abgasen herausfiltern, so dass das verbleibende, gereinigte Abgas bedenkenlos an die Umwelt abgegeben werden kann. Insbesondere werden derartige Abgasreinigungsanlagen bei Biomasse-Heizanlagen eingesetzt, bei denen neben ansonsten ökonomischen und ökologischen Vorteilen eine erhöhte Emission an Schadstoffen in den Abgasen auftreten kann. Gerade die relativ hohe Emission an Feinstaub als ein Schadstoffanteil ist bei Biomasse-Heizungsanlagen ein Problem.

**[0005]** Aus der EP 1 193 445 A2 ist eine Abgasreinigungsanlage bekannt, welche für Biomasse-Heizungsanlagen zur Verringerung von Feinstaubemission verwendet wird. Die dort beschriebene Vorrichtung ist in ei-

nen Rauchgaskanal einbaubar und weist hierzu einen Deckel auf, der gasdicht auf eine zugehörige Öffnung an einem Rauchgaskanal aufsetzbar ist. An der Innenseite des Deckels ist über eine isolierende Halterung eine Sprühelektrode, zum Beispiel in Form eines gespannten Stabes, gehalten. Ein Hochspannungs-Transformator mit Gleichrichterfunktion erlaubt den Aufbau einer hohen Gleichspannung zwischen dem Draht und dem Deckel, welcher elektrisch leitend mit dem Ofenrohr verbunden ist, so dass dieses als Kollektorelektrode wirkt.

**[0006]** Ein derartiger Elektrofilter mit Sprühelektrode und Kollektorelektrode ist auch als elektrostatischer Abscheider bekannt. Dieser wird zur Abgasreinigung in einer Abgasleitung einer Heizungsanlage eingesetzt. Dabei wird durch die Sprühelektrode, welche etwa mittig durch die Abgasleitung verläuft und deshalb auch als Mittelelektrode bezeichnet wird, und eine umgebende Mantelfläche der Abgasleitung ein Kondensator gebildet, der bei einer zylinderrohrförmigen Ausbildung der Abgasleitung auch als Zylinderkondensator bezeichnet wird. Die Sprüh- oder Mittelelektrode weist in der Regel einen kreisförmigen Querschnitt in Strömungsrichtung des Abgases auf, wobei der Durchmesser des Querschnitts oder auch der Krümmungsradius im Allgemeinen relativ klein ausgebildet ist (zum Beispiel kleiner als 0,4 mm). Um nun die Schadstoffe, genauer die nicht an die Umwelt abzugebenden Partikel, des Abgases aus dem Abgasstrom abzuscheiden, wird durch die Mittelelektrode und die durch die Mantelfläche gebildete Kollektorelektrode ein quer zur Strömungsrichtung verlaufendes Feld mit Feldlinien von der Mittelelektrode zur Kollektorelektrode gebildet. Hierzu wird an die Mittelelektrode eine Hochspannung angelegt, zum Beispiel in dem Bereich von 15 kV. Dadurch bildet sich eine Corona-Entladung aus, durch welche die in dem Abgas durch das Feld strömenden Partikel unipolar aufgeladen werden. Aufgrund dieser Aufladung wandern die meisten der Partikel durch die elektrostatischen Coulomb-Kräfte zur Innenwand der Abgasleitung, welche als Kollektorelektrode dient.

**[0007]** Wie oben bereits erwähnt, werden die Partikel durch die entlang der Oberfläche der Elektrode sich ausbildende Corona-Entladung elektrostatisch aufgeladen. Dies geschieht auf molekularer Ebene durch folgenden Prozess: Liegt die Elektrode z.B. gegenüber dem Abgasrohr auf negativer Hochspannung, so wird eine große Anzahl von Gasmolekülen negativ aufgeladen. Sie bewegen sich im von der Elektrode sowie dem Abgasrohr aufgespannten elektrischen Feld in Richtung des Abgasrohres. Treffen diese auf ihrem Weg durch das Abgasrohr auf elektrisch neutrale Partikel, so bleiben sie an diesen haften und laden die bis dahin neutralen Partikel ebenfalls negativ auf. Die geladenen Partikel strömen getrieben durch elektrostatische Ablenkkräfte zur Innenwand des Abgasrohres. Hier bleiben die Teilchen haften, verlieren ihre Ladung und werden sicher aus dem Abgasstrom entfernt. Dies ist der Kernprozess eines elektrostatischen Abscheiders und führt je nach Geometrie, Höhe des Corona-Stroms, Elektrodenform etc. zu

Abscheideraten bis etwa über 90%. Dieser Kernprozess kann durch folgende Effekte gestört werden:

**[0008]** Bei der Verbrennung entstehen bipolar geladene Partikel. Mittels Boltzmann-Verteilung kann der Anteil einfach bzw. mehrfach geladener Partikel abgeschätzt werden. Die Verteilung ist symmetrisch, d.h. es entstehen gleich viele positive wie negativ geladene Partikel. Für Bedingungen, wie sie im Abgas von Biomasse-Heizungen vorliegen, tragen zwischen 15 und 20% der Partikel eine elektrische Elementarladung. Die Anzahl geladener Partikel wird durch Koagulation zwar um ca. 10% pro Sekunde reduziert, dennoch liegen am Ort des elektrostatischen Abscheiders (entspricht ca. ein bis zwei Sekunden Flugzeit der Partikel vom Ort der Verbrennung) noch über 10% geladener Partikel vor. Gelangen die geladenen Partikel nun in die Nähe der auf negative Hochspannung liegenden Elektrode der Aufladeeinheit (Einheit Abgasrohr, Elektrode), so werden die negativen Partikel von der Elektrode weg in Richtung Abgasrohrinnenseite strömen. Die positiven Partikel strömen dagegen auf die Elektrode zu. Hiervon wird ein Teil beim Durchströmen der Aufladeeinheit neutralisiert bzw. negativ umgeladen, der Rest der Partikel gelangt jedoch zur Elektrode und lagert sich dort ab. Über die Betriebsdauer kommt es deshalb zu Funktionseinschränkungen des elektrostatischen Abweisers. Denn der auf der Elektrode abgelagerte Feinstaub verhindert lokal die Ausbildung der Corona. Dadurch verschlechtert sich die elektrische Aufladung der Partikel. Die Abscheideeffizienz des Systems wird degradiert. Zudem existiert in unmittelbarer Nähe der Corona (in einem Radius wenige Millimeter um die Elektrode) ein bipolares Ladungsgebiet. Elektrisch neutrale Partikel, welche dieses Gebiet durchströmen, können auch von einer negativen Elektrode positiv aufgeladen werden. Sie strömen dann auf die Elektrode zu. Ein Teil wird durch die Corona neutralisiert bzw. negativ umgeladen, ein kleiner Rest gelangt jedoch zur Elektrode und lagert sich ebenfalls dort ab.

**[0009]** Nachteilig an den elektrostatischen Abscheidern gemäß dem Stand der Technik ist, dass es nach einer längeren Betriebszeit zu einer kontinuierlichen Degradation des Corona-Stroms bei konstanter Hochspannung kommt. Dadurch sinkt die Aufladeeffizienz der Elektrode, was wiederum die Abscheideleistung des gesamten Systems verringert.

**[0010]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen elektrostatischen Abscheider zu schaffen, der diesen Nachteil überwindet und der insbesondere eine Ablagerung von Partikeln auf der Elektrode verhindert oder reduziert, um die Funktionsdauer des elektrostatischen Abscheiders zu erhöhen.

**[0011]** Weiter liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Heizungssystem mit einem erfindungsgemäßen Abscheider zu schaffen, das eine zuverlässige Abgasreinigung garantiert.

**[0012]** Zudem liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zu schaffen, nach welchem die dauerhafte Ablagerung von Partikeln an der Elektrode verhin-

dert oder zumindest reduziert wird.

**[0013]** Erfindungsgemäß wird dies durch die Gegenstände mit den Merkmalen des Patentanspruches 1 und des Patentanspruchs 7 sowie durch ein Verfahren mit den Merkmalen gemäß des Patentanspruchs 8 gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind den Unteransprüchen zu entnehmen.

**[0014]** Der erfindungsgemäße elektrostatische Abscheider ist dadurch gekennzeichnet, dass bei dem elektrostatischen Abscheider, insbesondere für eine Abgasleitung einer Abgasreinigungsanlage, mit einem Strömungskanal mit einer Kanalwandung und einem Kanalinneren, durch welchen ein partikelbeinhaltendes Abgas in einer Strömungsrichtung strömt, und einer sich in dem Kanalinneren im Wesentlichen in Strömungsrichtung erstreckenden Elektrode, zur Bildung eines elektrischen Feldes zwischen Elektrode und der Kanalwandung, vorgesehen ist, dass weiter ein Partikelabweisemittel umfasst ist, welches verhindert, dass sich Partikel des Abgases an der Elektrode ablageren. Das Partikelabweisemittel verhindert oder reduziert wirksam ein Ablagern von Partikeln an der Elektrode.

**[0015]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Partikelabweisemittel mindestens eine Vorelektrodeneinheit umfasst, welche in Strömungsrichtung des Abgases vor der Elektrode angeordnet ist, um ein elektrisches Feld in Strömungsrichtung vor der Elektrode zu bilden.

**[0016]** Aufgrund dieses Feldes werden Partikel, welche entlang ihrer Strömung das elektrische Feld der Vorelektrodeneinheit passieren, vorgelagert zu der Elektrode, zumindest zu einem Großteil, wirksam aus dem Abgasstrom entfernt. Partikel die ohne Vorelektrodeneinheit zur Elektrode gelangen würden, werden somit wirksam vor der Elektrode herausgefiltert.

**[0017]** In einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Vorelektrodeneinheit so ausgebildet ist, dass diese ein zu der Elektrode gleiches Spannungsniveau benutzt. An der Vorelektrodeneinheit kann aber auch ein zu der Elektrode unterschiedliches Spannungsniveau angelegt sein, welches höher oder niedriger als das der Elektrode ist. Hiermit wird eine wirksame Filterfunktion realisiert.

**[0018]** In noch einer weiteren Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Vorelektrodeneinheit eine Vorelektrode aufweist, welche die gleiche Polarität wie die Elektrode besitzt. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass Partikel, welche ohne Vorelektrodeneinheit zur Elektrode gelangen würden, an der vorgelagerten Vorelektrodeneinheit zu der Vorelektrode gelangen. Die Vorelektrode wirkt somit als eine Art "Opferelektrode".

**[0019]** Ein Ausführungsbeispiel sieht vor, dass die Vorelektrode als leitend verbunden mit der Elektrode ausgebildet ist. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass Elektrode und Vorelektrode die gleiche Polarität aufweisen.

**[0020]** Noch ein weiteres Ausführungsbeispiel sieht vor, dass die Vorelektrode unterschiedlich zu der Elek-

trode ausgebildet ist. Die Vorelektrode ist insbesondere hinsichtlich der für die Erzeugung eines elektrischen Feldes erforderlichen Parameter unterschiedlich zu der Elektrode ausgebildet. Die Unterschiede können in der Geometrie, dem Material, dem Herstellungsverfahren, der Oberflächenstruktur und dergleichen ausgebildet sein. Die Vorelektrode ist in einer bevorzugten Ausführungsform einteilig mit der Elektrode ausgebildet. Bevorzugt ist die Vorelektrode gegenüber der Elektrode als Verdickung ausgebildet.

Eine Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass mindestens eine der Elektroden zumindest teilweise als büschelartige Anordnung von Drähten ausgebildet ist, welche an einem Ende fest und an ihrem anderen Ende frei angeordnet sind und sich bei Anlegen einer Spannung entlang der dadurch gebildeten Feldlinien ausrichten. Durch Bewegen der Drähte können anhaftende Partikel einfach abgeschüttelt werden. Hierzu kann eine Spannung mehrfach hintereinander in kurzen Abständen angelegt werden, so dass die Drähte sich entsprechend bewegen und Partikel abschütteln.

**[0021]** Das Heizungssystem ist dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung von Energie mittels Verbrennen von einem Energieträger wie Biomasse mit einer Feinstaub emittierenden Heizungsanlage, wie einer Biomasse-Heizungsanlage, zum Verbrennen des Energieträgers, wobei partikelbeinhaltende Abgase entstehen, und mit einem elektrostatischen Abscheider in einer Abgasleitung, umfassend einen Strömungskanal mit einer Kanalwandung und einem Kanalinneren, durch welchen das partikelbeinhaltende Abgas in einer Strömungsrichtung strömt, eine sich in dem Kanalinneren im Wesentlichen in Strömungsrichtung erstreckende Elektrode und eine Elektrodenzuführung, um die Elektrode zu speisen, wobei die Elektrodenzuführung mit einem Isolator zumindest teilweise ummantelt ist, vorgesehen ist, dass der elektrostatische Abscheider gemäß dem erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheider ausgebildet ist, mit einem Partikelabweisemittel, welches verhindert, dass sich Partikel des Abgases an der Elektrode ablagern.

**[0022]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist dadurch gekennzeichnet, dass bei dem Verfahren zur Reduzierung von Ablagerungen von Partikeln eines Abgasstroms an einer ein elektrisches Feld erzeugenden Elektrode eines elektrostatischen Abscheiders eines Heizungssystems, umfassend die Schritte: Erzeugen eines elektrischen Feldes zwischen einer Kanalwandung und der Elektrode, um die entlang der Elektrode strömenden Partikel entlang der Feldlinien aus dem Abgasstrom zu bewegen, vorgesehen ist, dass weiter der Schritt umfasst ist: Erzeugen eines elektrischen Vorfeldes, um Partikel, die sich in dem elektrischen Feld zu der Elektrode bewegen, vorgelagert entlang von Feldlinien des elektrischen Vorfeldes zu einer Vorelektrode zur Erzeugung des elektrischen Vorfeldes zu bewegen.

**[0023]** In einer Ausführungsform umfasst das Verfahren weiter den Schritt: Bewegen mindestens einer der Elektroden, um an der entsprechenden Elektrode anhaf-

tende Partikel abzuschütteln. Die Bewegung kann rotatorisch, translatorisch (z.B. vibrierend) oder als Kombination davon erfolgen. Bevorzugt erfolgt die Bewegung ruckartig.

5 **[0024]** Mit dem erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheider, dem erfindungsgemäßen Heizungssystem und dem erfindungsgemäßen Verfahren werden insbesondere die folgenden Vorteile realisiert:

10 **[0025]** Eine Vermeidung bzw. Reduzierung von Feinstaubablagerungen auf der Elektrode wird realisiert. Damit die positiv geladenen Partikel im Abgasstrom sich nicht auf der Elektrode ablagern können, müssen sie aus der Abgasströmung entfernt werden. Dies geschieht vorliegend durch ein zweites elektrisches (Vor-) Feld stromaufwärts vor der Elektrode.

15 **[0026]** Dieses kann durch eine getrennte Hochspannungszuführung auf einem anderen Spannungsniveau wie jenes der (Mittel-) Elektrode realisiert werden. Die Polarität der (Mittel-)Vorelektrode des Vorfeldes wird dabei vorzugsweise identisch wie die der nachgeschalteten Mittel- oder Corona-Elektrode gewählt. Abhängig von der Strömungsgeschwindigkeit bzw. der Geometrie der Einheit Elektrode-Abgasrohr, welche auch als Aufladungseinheit bezeichnet wird, existiert ein optimaler Abstand  
20 zwischen Corona- und Vorelektrode bzw. deren optimale Geometrie (Länge, Breite, Querschnitt etc.). Stromaufwärts zur Aufladungseinheit ist ein metallischer Körper, der zum Beispiel als Verdickung der Elektrode ausgebildet sein kann, elektrisch leitend mit der Elektrode verbunden. Der Körper liegt daher auf demselben Spannungsniveau wie die Elektrode. Durch eine entsprechende Dimensionierung des Körpers bzw. der Elektroden kann erreicht werden, dass an dem Körper oder der Vorelektrode zuverlässig alle aus dem Verbrennungsprozess stammenden positiv geladenen Partikel abgeschieden werden. Der Körper oder die Vorelektrode, welche somit als "Opfer-Elektrode" fungiert, bietet bevorzugt eine viel größere Ablagerungsfläche als die Mittelelektrode der Aufladungseinheit. Dadurch kann die maximale Betriebszeit des elektrostatischen Abscheiders bis zu Funktionseinschränkungen und somit einem nächsten Wartungsabschnitt verlängert werden.

30 **[0027]** Eine automatisierte Entfernung von Verunreinigungen auf der Hochspannungselektrode wird realisiert. Trotz des elektrischen Vorfeldes kann es zu Feinstaubablagerungen auf der Elektrode kommen. Diese lassen sich automatisiert entfernen. Es hat sich gezeigt, dass statt einer massiven drahtförmigen Elektrode auch ein Büschel aus feinen Drähtchen bei Anlegen einer  
35 Hochspannung einen ausreichend hohen Corona-Strom erzeugt. Die feinen Drähte sind ausreichend beweglich, so dass sie bei Aufschalten der Hochspannung den elektrischen Feldlinien folgen. Bei Ausschalten der Hochspannung folgen die Drähte wieder der Gravitation.  
40 Durch entsprechendes Schalten bewegen sich die Drähte hin und her. Diese Bewegung reicht aus, um den locker anhaftenden Feinstaub abzuschütteln. Falls die Bewegung in der Gasströmung nicht ausreichend ausgeprägt  
45  
50  
55

erfolgt, so kann auch bei Stillstand des Abgasventilators mehrmals automatisiert die Hochspannung ein- und ausgeschaltet werden. Die feinen Drähte unterliegen im aggressiven Plasma der Corona natürlich auch einem erhöhten chemischen und physikalischen Verschleiß. Durch entsprechend angepasste Geometrie- und Materialauswahl wird das Optimum zwischen Ausbildung eines ausreichend hohen Corona-Stroms, der elektrostatischen Beweglichkeit und chemisch-physikalischer Beständigkeit eingestellt.

**[0028]** Der erfindungsgemäße elektrostatische Abscheider weist in einem Abgassystem einen minimalen Strömungswiderstand auf, welcher sich auch bei steigender Beladung durch anhaftende Partikel nur geringfügig und langsam erhöht. Elektrostatische Abscheider weisen eine relativ große Aufnahme-Kapazität für abgeschiedenen Feinstaub des Partikelstroms auf. Bei langsamen Strömungsgeschwindigkeiten des Abgasstroms und genügend langen Abscheidestrecken für den Feinstaub, verfügen elektrostatische Abscheider für submikrone Partikel über eine Abscheideeffizienz > 90%. Aus den zuvor ausgeführten Gründen werden elektrostatische Abscheider deshalb häufig für die Abgasreinigung von Heizungssystemen wie einer Pellet-Heizanlage, anderen Biomasse-Heizanlagen oder Ölbrennern eingesetzt. Das Aufrechterhalten des für die Aufladung der Partikel nötigen Corona-Stroms auch nach mehreren Betriebsstunden stellt eine technische Schwierigkeit bei der Ausführung des elektrostatischen Abscheiders dar. Das erfindungsgemäße Freihalten der auf Hochspannungspotential liegenden Mittelelektrode verlängert die maximale Betriebszeit des elektrostatischen Abscheiders bis zur nächsten Wartung entscheidend.

**[0029]** Das elektrische Vorfeld gleicher Polarität aber von optimiertem Spannungsniveau, welches stromaufwärts zur eigentlichen Aufladeeinheit angeordnet ist, entfernt bei geeigneter Wahl der Geometrie zuverlässig alle bereits geladen aus dem Verbrennungsprozess stammenden Feinstaubpartikel. Dadurch wird die Elektrode der Aufladungseinheit zuverlässig von Feinstaub freigehalten. In einer Ausführungsform ist die Vorelektrode als Verlängerung der Aufladungselektrode um ein dickeres Endstück entgegen der Strömungsrichtung des Abgases ausgebildet. Dieses Endstück dient als "Opferelektrode" mit einer sehr viel größeren Beladungskapazität für geladene Feinstaubpartikel als die (Mittel-) Elektrode.

**[0030]** Das automatisierte Reinigungskonzept für die Corona-Elektrode wirkt wie folgt: In zahlreichen Versuchen hat sich gezeigt, dass der Feinstaub aus zum Beispiel der Holzverbrennung sehr locker an der Corona-Elektrode haftet. Die durch das Ausrichten der Drähte im elektrostatischen Feld erzwungene Bewegung der Elektrode, oder Teilen davon, ist ausreichend um den Feinstaub abzuschütteln. Dieses Bewegen lässt sich einfach automatisieren.

**[0031]** Die Zeichnungen stellen mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung dar und zeigen in den Figuren:

Fig. 1 schematisch einen Längsquerschnitt durch eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheiders,

5 Fig.2A-B schematisch in einer Seitenansicht ein Ausführungsbeispiel einer büschelartigen Elektrode, einmal ohne elektrisches Feld (2A), einmal mit angelegtem elektrischen Feld (2b), und

10 Fig. 3A-B schematisch in einer Draufsicht das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2A und 2B.

**[0032]** Fig. 1 zeigt schematisch einen Längsquerschnitt durch eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen elektrostatischen Abscheiders 1. Der elektrostatische Abscheider 1 ist in einer Abgasleitung 2 (nur teilweise dargestellt) einer hier nicht dargestellten Abgasreinigungsanlage angeordnet und umfasst einen Strömungskanal 3. Der Strömungskanal 3 ist als rohrförmiger Abschnitt der Abgasleitung 2 ausgebildet und umfasst eine Kanalwandung 4 und ein Kanalinneres 5. Durch den Strömungskanal 3 strömt ein hier durch einen Pfeil P dargestelltes, partikelbeinhaltendes Abgas in die ebenfalls durch den Pfeil P dargestellte Strömungsrichtung. Im Inneren des Strömungskanals 3 erstreckt sich in Strömungsrichtung P eine Elektrode 6, die auch als Mittelelektrode oder Coronelektrode bezeichnet wird. Der Strömungskanal 3 ist bevorzugt im Querschnitt in Strömungsrichtung P rotationssymmetrisch um eine Mittelachse A ausgebildet. Die Elektrode 6 erstreckt sich entlang dieser Mittelachse A. Gespeist wird die Elektrode 6 über eine Elektrodenzuführung 7, welche mit einem Isolator 8 ummantelt ist. Zusammen mit der Kanalwandung 4 bildet die Elektrode 6 eine Aufladeeinheit, in welcher Partikel elektrisch aufgeladen werden können. Hierzu bildet die Elektrode 6 mit der Kanalwandung 4 unter Anlegen einer Hochspannung ein elektrisches Feld aus, dessen Feldlinien im Wesentlichen radial zu der Elektrode 6 bzw. der Kanalwandung 4 verlaufen, im Wesentlichen quer, genauer rechtwinklig, zur Strömungsrichtung P. In Strömungsrichtung P vorgeschaltet zu der Elektrode 6 ist eine Vorelektrodeneinheit 9 mit einer Vorelektrode 10 angeordnet. Diese Vorelektrodeneinheit 9 weist die gleiche Polarität wie die Elektrode 6 auf, jedoch auf einem anderen Spannungsniveau. In der vorliegenden Fig. 1 ist die Vorelektrode 10 elektrisch leitend mit der Elektrode 6 verbunden, wobei in dem dargestellten Ausführungsbeispiel die Vorelektrode 10 in der Form unterschiedlich zu der Elektrode 6, genauer als Verdickung der Elektrode 6 ausgebildet ist. Die Vorelektrode 10 bildet mit dem entsprechenden Abschnitt der Kanalwandung 4 bei Anlegen einer Spannung ein entsprechendes Vorfeld aus. In diesem Vorfeld werden Partikel, welche ohne das Vorfeld zu der Elektrode 6 gelangen würden, zu der Vorelektrode 10 gelenkt. Die Vorelektrode 10 weist eine größere Aufnahmekapazität gegenüber der Elektrode 6 durch ihre größere Oberfläche auf. Auf diese Weise ist eine längere

Betriebsdauer des elektrostatischen Abscheiders 1 gewährleistet. In Fig. 2 und 3 ist eine Ausführungsform einer Elektrode 6 bzw. 10 dargestellt, mit welcher anhaftende Partikel von der Elektrode 6 bzw. 10 entfernt werden können.

**[0033]** Fig. 2A-B zeigen schematisch in einer Seitenansicht ein Ausführungsbeispiel einer büschelartigen Elektrode 6 bzw. 10, einmal ohne elektrisches Feld (Fig. 2A), einmal in einem bestehenden elektrischem Feld (Fig. 2B). Die büschelartig ausgebildete Elektrode 6, 10 weist mehrere elektrisch leitende Drähte 11 auf. Die Drähte 11 sind an einem ihrer Enden fest in einer Halterung 12 eingespannt. Das andere, gegenüberliegende Ende der Drähte 11 ist frei. In Fig. 2A liegt kein elektrisches Feld an. Die Drähte 11 richten sich gemäß dem Gravitationsfeld aus. In Fig. 2B liegt ein elektrisches Feld an. Entsprechend richten sich die elektrisch leitenden Drähte 11 gemäß den Feldlinien dieses erzeugten Feldes aus. Durch Schalten des elektrischen Feldes, bzw. einer entsprechenden Spannung, lassen sich somit die Drähte 11 der Elektrode 6, 10 bewegen. Aufgrund dieser Bewegung lassen sich an den Drähten 11 anhaftende Partikel abschütteln.

**[0034]** Fig. 3A und 3B zeigen schematisch in einer Draufsicht das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2A bzw. 2B. In Fig. 3A ist ein Zustand ohne erzeugtes elektrisches Feld zu sehen, die Ausrichtung der Drähte 11 lässt diese in dieser Darstellung nicht erkennen. In Fig. 3B hingegen liegt ein elektrisches Feld an und die Drähte 11 richten sich gemäß den radial von der Elektrode 6, 10 verlaufenden Feldlinien des Feldes aus.

## Patentansprüche

1. Elektrostatischer Abscheider (1), insbesondere für eine Abgasleitung (2) einer Abgasreinigungsanlage, mit einem Strömungskanal (3) mit einer Kanalwandung (4) und einem Kanalinneren (5), durch welchen ein partikelbeinhaltendes Abgas (P) in einer Strömungsrichtung strömt, und einer sich in dem Kanalinneren (5) im Wesentlichen in Strömungsrichtung (P) erstreckenden Elektrode (6), zur Bildung eines elektrischen Feldes zwischen der Elektrode (6) und der Kanalwandung (4),  
**dadurch gekennzeichnet, dass** weiter ein Partikelabweisemittel umfasst ist, welches verhindert, dass sich Partikel des Abgases (P) an der Elektrode (6) ablagern, wobei das Partikelabweisemittel mindestens eine Vorelektrodeneinheit (9) umfasst, welche in Strömungsrichtung des Abgases (P) vor der Elektrode (6) angeordnet ist, um ein elektrisches Feld in Strömungsrichtung (P) vor der Elektrode (6) zu bilden.
2. Elektrostatischer Abscheider (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorelektrodeneinheit (9) so ausgebildet ist, dass diese ein zu

der Elektrode (6) gleiches Spannungsniveau benutzt.

3. Elektrostatischer Abscheider (1) nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorelektrodeneinheit (9) eine Vorelektrode (10) aufweist, welche die gleiche Polarität wie die Elektrode (6) besitzt.
4. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorelektrode (10) leitend verbunden mit der Elektrode (6) ausgebildet ist.
5. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die Vorelektrode (10) unterschiedlich zu der Elektrode (6) ausgebildet ist.
6. Elektrostatischer Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine der Elektroden (6,10) zumindest teilweise als büschelartige Anordnung von Drähten (11) ausgebildet ist, welche an einem Ende fest und an ihrem anderen Ende frei angeordnet sind und sich bei Anlegen einer Spannung entlang der **dadurch** begründeten Feldlinien ausrichten.
7. Heizungssystem zur Erzeugung von Energie mittels Verbrennen von einem Energieträger wie Biomasse mit einer Feinstaub emittierenden Heizungsanlage, wie einer Biomasse-Heizungsanlage, zum Verbrennen des Energieträgers, wobei partikelbeinhaltende Abgase (P) entstehen, und einem elektrostatischen Abscheider (1) in einer Abgasleitung (2), umfassend einen Strömungskanal (3) mit einer Kanalwandung (4) und einem Kanalinneren (5), durch welchen das partikelbeinhaltende Abgas (P) in einer Strömungsrichtung strömt, eine sich in dem Kanalinneren (5) im Wesentlichen in Strömungsrichtung (P) erstreckende Elektrode (6) und eine Elektrodenzuführung (7), um mindestens die Elektrode (6) zu speisen, wobei die Elektrodenzuführung (7) mit einem Isolator (8) zumindest teilweise ummantelt ist,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** der elektrostatische Abscheider (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6 ausgebildet ist mit einem Partikelabweisemittel, welches verhindert, dass sich Partikel des Abgases (P) an der Elektrode (6) ablagern.
8. Verfahren zur Reduzierung von Ablagerungen von Partikeln eines Abgasstroms (P) an einer ein elektrisches Feld erzeugenden Elektrode (6) eines elektrostatischen Abscheiders (1) eines Heizungssystems, umfassend die Schritte:

Erzeugen eines elektrischen Feldes zwischen einer Kanalwandung (4) und der Elektrode (6), um die entlang der Elektrode (6) strömenden Partikel (P) entlang der Feldlinien aus dem Abgasstrom zu bewegen,

5

**dadurch gekennzeichnet, dass** weiter der Schritt umfasst ist: Erzeugen eines elektrischen Vorfeldes, um Partikel (P), die sich in dem elektrischen Feld zu der Elektrode (6) bewegen, vorgelagert entlang von Feldlinien des elektrischen Vorfeldes zu einer Vor-  
elektrode (10) zur Erzeugung des elektrischen Vorfeldes zu bewegen.

10

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass** weiter der Schritt umfasst ist: Bewegen mindestens einer der Elektroden (6, 10), um an der entsprechenden Elektrode (6, 10) anhaftende Partikel abzuschütteln.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

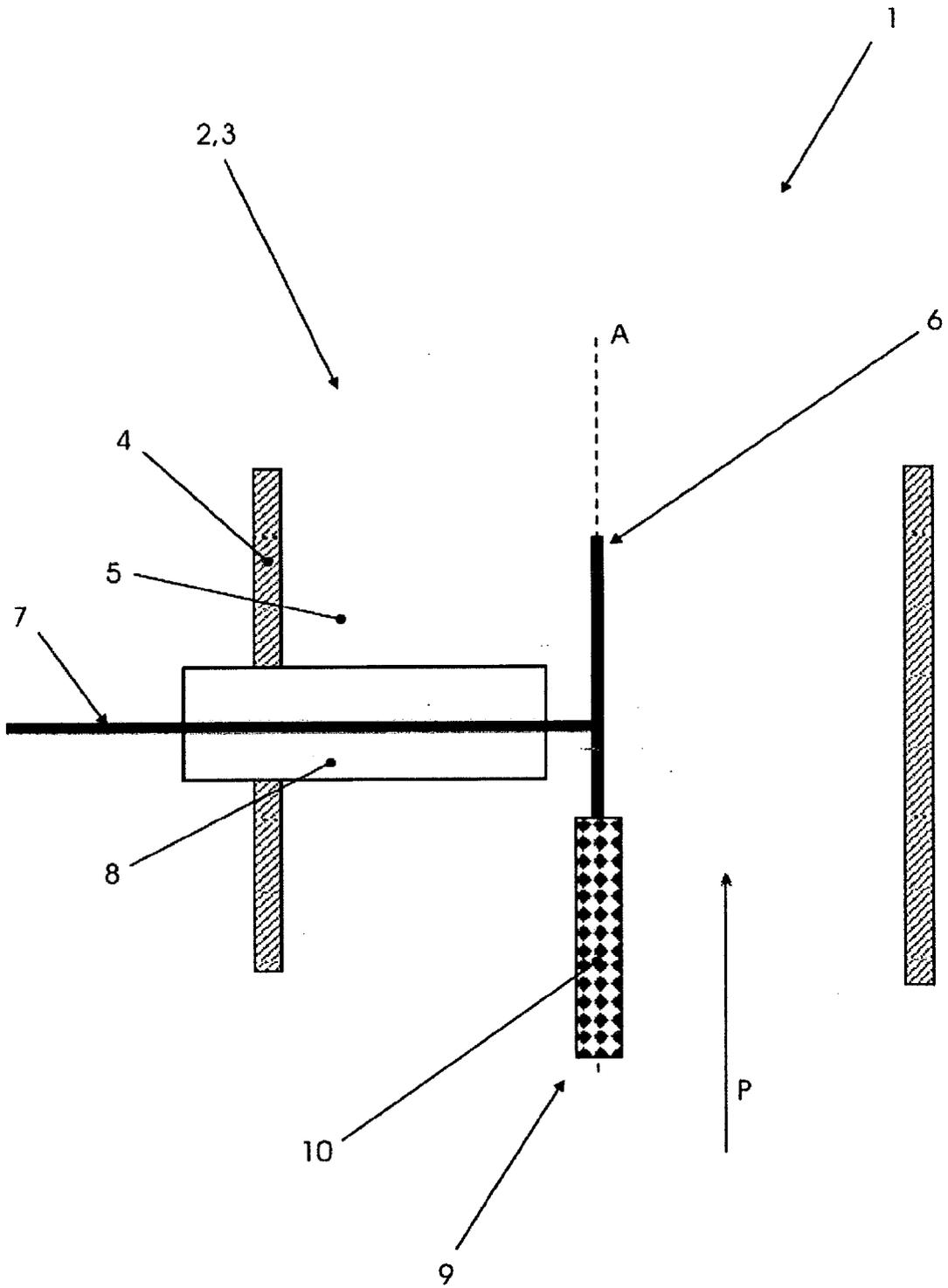


Fig. 2

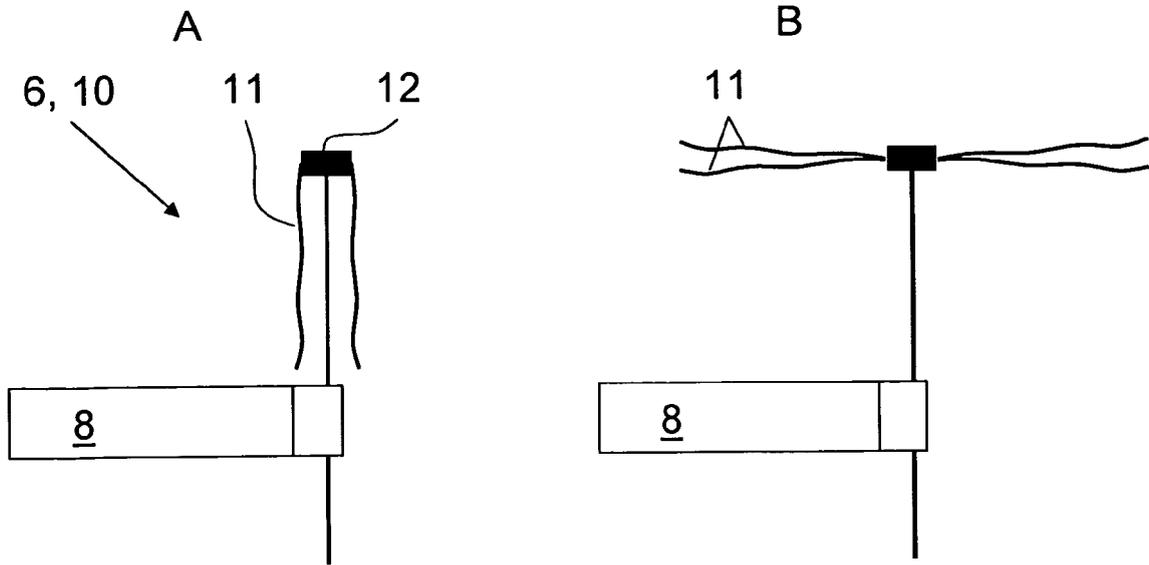
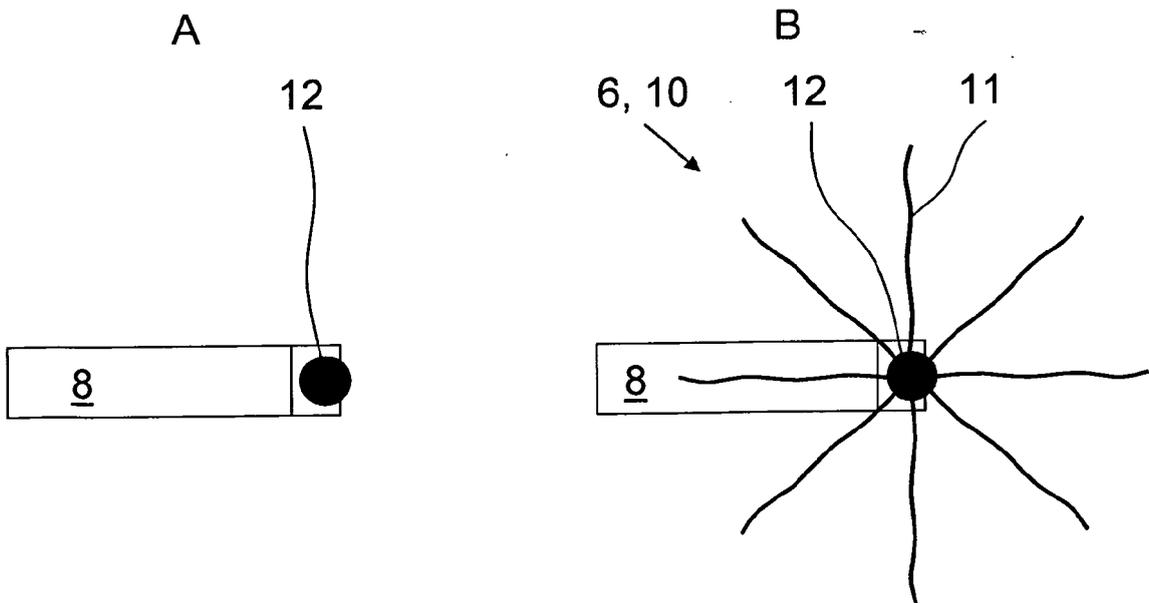


Fig. 3



**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- GB 2045647 A [0002]
- JP 2007263754 A [0003]
- EP 1193445 A2 [0005]