



(11) **EP 1 404 453 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**10.08.2011 Patentblatt 2011/32**

(51) Int Cl.:  
**B03C 3/16** <sup>(2006.01)</sup> **B03C 3/53** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **02748807.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2002/006873**

(22) Anmeldetag: **21.06.2002**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2003/008104 (30.01.2003 Gazette 2003/05)**

(54) **ANLAGE ZUM ELEKTROSTATISCHEN REINIGEN VON GAS UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN DERSELBEN**

UNIT FORT THE ELECTROSTATIC SCRUBBING OF GAS AND METHOD FOR OPERATION THEREOF

INSTALLATION D'EPURATION ELECTROSTATIQUE DE GAZ ET MODE DE FONCTIONNEMENT ASSOCIE

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR**

- **WÄSCHER, Thomas**  
**69123 Heidelberg (DE)**
- **PAUR, Hanns-Rudolf**  
**76139 Karlsruhe (DE)**
- **BAUMANN, Werner**  
**76228 Karlsruhe (DE)**

(30) Priorität: **10.07.2001 DE 10132582**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**07.04.2004 Patentblatt 2004/15**

(74) Vertreter: **Gärtner, Stephan et al**  
**Karlsruher Institut für Technologie**  
**Stabsabteilung Innovation**  
**Postfach 36 40**  
**76021 Karlsruhe (DE)**

(73) Patentinhaber: **Karlsruher Institut für Technologie**  
**76131 Karlsruhe (DE)**

(72) Erfinder:  
• **BOLOGA, Andrei**  
**76133 Karlsruhe (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**FR-A- 1 250 161 US-A- 2 983 332**  
**US-A- 4 222 748 US-A- 4 449 159**

**EP 1 404 453 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage für die Reinigung industrieller Gase von darin enthaltenen festen und flüssigen Partikeln, wie sie beispielsweise bei der Müllverbrennung, Metallurgie, Chemie, überhaupt der Industrie vorkommen.

**[0002]** Das Ausfiltern vor allem mit Submikronpartikeln angereichertem Gas ist ein akutes praktisches Problem. Die niedrige Wirksamkeit der Gasreinigung mit derzeitigen Einrichtungen ist unbefriedigend.

**[0003]** Wenn überhaupt möglich, braucht das Entstauben von Gasen von Submikronpartikeln hohe Gasgeschwindigkeiten, das geschieht häufig mit Zyklonen - das sind Wirbel, in denen die Fliehkraft ausgenützt wird - und geht mit starkem Energieverbrauch einher. In elektrostatischen Abscheidern wiederum muss die Anzahl elektrischer Felder oder die Länge der Hochspannungselektroden oder der geerdeten Elektroden erhöht werden. Dies erhöht den Energieverbrauch für die elektrostatische Ladung der Partikel, aber auch die Baugröße der Gasreinigungsanlage. In feuchten Abscheidern bedeutet die Aufsammung von Submikronpartikeln eine Erhöhung des Sprühflüssigkeitsvolumens und verlangt eine hohe relative Geschwindigkeiten zwischen den Wassertropfen und der Gasströmung.

**[0004]** Für das Aufsammeln der Submikronpartikel werden unterschiedliche Mikroporenfilter, wie Keramik, Filtersäcke/-tüten, etc. verwendet (siehe US 4,029,482, US 3,999,964). Die Wirksamkeit der meisten dieser Anlagen ist durch die niedrige Geschwindigkeit des Gasstromes begrenzt. In vielen Einrichtungen führt die Aufsammung von Submikronpartikeln auch zu einem hohen Druckabfall, der den Energieverbrauch hoch hält. Auch ist periodisches oder kontinuierliches Reinigen der Filter mittels pneumatischer Pulse oder Auswaschen notwendig.

**[0005]** Die Aufsammung von Submikronpartikeln kann durch Sättigung des Gases mit Wasserdampf verbessert werden. Die Wasserdampfkondensation auf Partikeln, Partikelladung in einem elektrischen Feld und ihre Entladung durch den Gasstrom wird beispielsweise in der US 4,222,748, die als nächstlieger den Stand der Technik angesehen wird, oder FR 2,483,259 oder DE 2,235,531 oder CA 2,001,990 beschrieben.

**[0006]** Die bekannten technischen Lösungen haben mehrere Nachteile: Für das elektrische Laden der Partikel werden lange Anordnungen von Elektroden für eine Koronaentladung im Elektrodenzwischenraum gebraucht. Diese Elektrodenysteme benötigen Hochspannung und erzeugen eine nicht homogene Verteilung des elektrischen Feldes in der Ladezone. Letzteres garantiert nicht die wirksame elektrische Ladung der Partikel im Gas an allen Stellen des Elektrodenzwischenraums.

**[0007]** Ionisatoren werden ebenfalls für die elektrische Ladung von Partikeln eingesetzt. Das aber erfordert mehrere Ionisierungseinrichtungen, was die Gasreinigungsanlage komplex macht. Die Hochspannungsisolierer benötigen große Mengen an Druckluft und treiben damit den Energieverbrauch hoch.

**[0008]** Die Verwendung von wassergespülten Filtern oder Absorbieren verbraucht große Mengen an Wasser für das Sprühen und erhöht den Druckabfall in der Gasreinigungsanlage.

**[0009]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Anlage zur Gasreinigung bereitzustellen mit der das Reinigungsverfahren mit wesentlich verbessertem Wirkungsgrad durchgeführt werden kann. Die Aufgabe wird durch eine Gasreinigungsanlage gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 und ein damit durchgeführtes Verfahren gemäß den Verfahrensschritten des Anspruch V1 gelöst.

**[0010]** Die Anlage besteht aus drei zusammenhängenden Baugruppen, die an technisch zweckmäßigem Ort in die Gasleitung eingebaut sind, und zwar in Strömungsrichtung des Gases:

der ersten, dem ersten Rohrabschnitt 1, in dem die elektrostatische Ladeeinheit/-gruppe zur Erzeugung einer Koronaentladung untergebracht ist und sich im anschließenden Raum ein Raumladungsgebiet ausbildet, aus dem heraus im wesentlichen die gleichnamig geladenen Partikel an die Innenwand des Rohrabschnitts 1 über thermische Bewegung und Ladungsabstoßung gedrängt und dort neutralisiert werden,

dann der zweiten, dem zweiten Rohrabschnitt 2, in der das aus dem Raumladungsvolumen kommende Gas in einer Gruppe geerdeter Elektroden von den noch vorhandenen geladenen Partikeln befreit und die angelagerten elektrisch entladen werden,

schließlich der dritten, dem dritten Rohrabschnitt 3, in der die Filtereinrichtung eingebaut ist und darin das nur noch mit Restpartikeln versetzte Gas davon vollends befreit wird, um dann schließlich in die Umgebung ausgeleitet zu werden.

**[0011]** Die im ersten Rohrabschnitt 1 eingebaute elektrostatische Ladeeinheit ist in Strömungsrichtung folgendermaßen aufgebaut: Um den Umfang, entlang der Innenwand der Gasleitung sitzt zunächst ein Kollektor 110 zum Aufsammeln des an der Innenwand der Gasleitung herabfließenden Kondenswassers. Dann kommt die sich über den lichten Querschnitt der Gasleitung ausdehnende geerdete Elektrode in Form einer Platte, die, über den Querschnitt gleichmäßig verteilt, zur Achse der Gasleitung parallele Perforationen/Düsen hat. Jede Düse verzweigt sich in Strömungsrichtung über

## EP 1 404 453 B1

die Plattendicke zunächst konisch, geht dann stetig in ein Ringgebiet über und weitet sich dann mit stetigem Übergang konisch. Über den lichten Querschnitt der Gasleitung schließt sich ein Hochspannungselektroden gitter 112 an, auf dem der Strömungsrichtung entgegengerichtete Elektroden 113 sitzen, die alle ein freies, spitz zulaufendes Ende haben und jeweils in eine der Düsen ragen. Die Elektroden können einerseits einzeln axial, d.h. parallel zur Achse des zugehörigen Rohrabchnitts und andererseits insgesamt lateral und axial mit dem Gitter 112 justiert werden. Das Hochspannungsgitter 112 wird über mindestens einbare Durchführungen in Position gehalten.

**[0012]** Die im zweiten Rohrabchnitt 2 eingebaute Gruppe geerdeter Elektroden 212 ist folgendermaßen aufgebaut:

Die Gruppe geerdeter Elektroden 212 ist ein Bündel Röhren, deren Längsachsen parallel zur Achse des Rohrabchnitts 2 liegen und diesen ausfüllen. Sie sind aus elektrisch leitendem oder nicht leitendem, jedoch gasinertem Material. Die Röhren berühren sich gegenseitig nicht. Sie werden über je eine durchlöchernte Platten an den beiden Stirnseiten und über mindestens eine dazwischen in Position und zueinander auf Distanz gehalten. Diese Röhrenpaket wird von dem Rohrabchnitt 2 unmittelbar ummantelt. Die Lochstruktur der beiden Stirnplatten stimmt mit dem Querschnitt des Rohrbündels überein. Die Löcher in den Stirnplatten haben jeweils die lichte Weite der Rohre. Die mindestens eine Platte dazwischen hat dieselbe Lochstruktur, jedoch haben die Löcher eine lichte Weite vom Außendurchmesser der Rohre. Zudem hat diese dazwischen liegende Lochplatte oder haben diese dazwischen liegenden Lochplatten an ihrem Rand einen Bereich, mit dem sie nicht an der Rohrrinnenwand 2 anliegen, so dass dadurch ein zusammenhängendes Kammersystem besteht. Die beiden außen liegenden Kammern sind über je einen Stutzen in der Wand des Rohrabchnitts 2 an einen Kühlmittelkreislauf angeschlossen. Damit ist das Röhrenpaket kühlbar, ohne dass das Kühlmittel mit dem noch partikelgeschwängerten Gas in Berührung kommen kann.

**[0013]** Das Röhrenpaket 212 steht mit seiner stromabwärtigen Stirn auf einem elektrisch leitenden Träger oder Gitter 211, der oder das über eine Ringkonsole 210 an der Wand des Rohrabchnitts 2 elektrisch leitend befestigt ist.

**[0014]** Die von der Rohrleitungswand 2 ins Innere geführte Wasserleitung ragt in das Zentrum auf die stromzugewandte Stirn des Röhrenpakets 212. Am Ende dieser sitzt ein Sprühkopf 220, der mit seiner Sprühachse auf der dortigen Achse der Rohrleitung 2 angebracht ist, und zwar in mindestens einer Entfernung zu der folgenden Gruppe den Querschnitt überdeckenden geerdeten Elektroden 212, dass beim periodischen Besprühen die exponierte Stirn der Elektrodenanordnung vollständig von dem Sprühkegel aus Wasser überdeckt wird. Mit diesem Sprühwasser 221 wird die Innenwand der Röhren 212 gespült, abgelagerte Partikel abgeschwemmt und aufgrund der Feuchtigkeit/Nässe und der damit auftretenden brauchbaren elektrischen Leitfähigkeit elektrisch neutralisiert und über die Auslassstutzen 232 teilweise abgeleitet.

**[0015]** Im dritten, stromabwärts folgenden Rohrabchnitt 3 ist die Einheit zur Filterung des durchströmenden Gases eingebaut. In ihm ist zunächst eine Rohrleitung, die von der Wand des Rohrabchnitts 3 bis auf die Achse geht und dann in Stromrichtung abknickt und auf der Achse in den von Filter zylindrische umgebenden Raum ragt. Dieser axiale Rohrteil geht durch einen Deckel 311, der auf der gasstromzugewandten Stirn des Filters sitzt und verhindert, dass der Gasstrom ungefiltert in das Innere des Filters eintreten kann. Im Endbereich der Rohrleitung sitzt mindestens ein Sprühkopf 322 zum Besprühen der gesamten Innenwand der zylindrischen Filtereinrichtung.

**[0016]** Der Filterdeckel 311, 312 besteht aus zwei konzentrischen Teilen und bildet im Zusammenbau eine ringförmige Wanne 324, deren Öffnungsring der Gasströmung zugewandt ist. In dieser Wanne wird Tropfwasser aus dem stromaufwärts davor liegenden Rohrabchnitt 2 aufgefangen und über einen Stutzen 319 abgeleitet.

**[0017]** Die Filtereinrichtung besteht aus einem rohrförmigen Gestell/Gehäuse/Käfig (323), um das mantelartig ein poröses Material 310 als eigentlicher Filter in mindestens einer Lage gelegt ist.

**[0018]** Zwischen der Innenwand des Rohrabchnitts 3 und der Außenwand der Filtereinrichtung besteht ein ringförmiger Freiraum, in den das noch mit Restpartikeln angereicherte Gas einströmt. Die Filtereinrichtung sitzt mit ihrer strömungsabgewandten Stirn auf einer ringförmigen, an der Wand des Rohrabchnitts 3 befestigten Konsole 314, die gleichzeitig mit der Wand des Rohrabchnitts 3 eine ringförmige Wanne zum Auffangen eines Teils des Sprühwassers 320 bildet, das über Stutzen 317 in der Wand des Rohrabchnitts 3 abgeleitet wird. Das mit Partikeln versetzte Gas muß somit durch das Filter, das mit seinem Deckel zwischen der strömungsabgewandten Konsole 314 und einer strömungszugewandten Konsole 313 eingespannt ist. Das durch das Filter gezwängte, und von Partikel befreite Gas tritt als gereinigtes Gas durch die ringförmige Konsole hindurch in die stromabwärts davor liegende Umgebung.

**[0019]** Die Situation im nebengeordneten Anspruch 2 unterscheidet sich von der in Anspruch 1 nur in der Ausgestaltung des zweiten Rohrabchnitts. In diesem besteht das Paket aus geerdeten Elektroden (212) auch aus elektrisch leitendem oder elektrisch nicht leitendem Material, dann aber nur aus einem den Querschnitt des Rohrabchnitts 2 höchstens ausfüllenden Bündel paralleler Röhren 212, die ungeordnet stehen, also sich berühren oder nicht. Diese Röhrenpaket steht auf dem geerdeten Träger/Gitter 211 und ist dort positioniert verankert. Im Gegensatz zu der Ausführung nach Anspruch 1 werden die einzelnen Röhrenwände jetzt beidseitig beströmt, d.h. das hierin noch nachzureinigende Gas strömt durch die einzelne Röhre als auch daran außen vorbei. Die Ablagefläche für die Partikel und deren elektrische Neutralisation daran ist also erheblich, im besten Fall bei gegenseitig Nichtberührung doppelt so groß wie in dem Aufbau

## EP 1 404 453 B1

des Rohrabschnitts 2 nach Anspruch 1. Zwischen den Röhren 212 strömt kein Kühlmittel, da keine Kammern zur separaten Durchströmung bestehen, es wird also nicht gekühlt. Andererseits werden die Röhren außen und innen mechanisch nicht unterschiedlich belastet, können dadurch also extrem dünn gehalten werden. Es genügt, wenn die Wandstärke  $d_{ws}$  einer Röhre 212 in Bezug auf ihren Durchmesser  $D_2$  in dem Bereich  $0,01 D_2 < 0,1 D_2$  gehalten wird.

**[0020]** In den Unteransprüchen 3 bis 9 sind Maßnahmen beschrieben, die zweckmäßig sind und das Reinigungsverfahren weiter erleichtern:

Das Hochspannungsgitter 112 ist über eine Durchführung 117 oder mehr als eine, gleichmäßig um den Umfang des Rohrabschnitts verteilte Durchführungen 117 an eine Hochspannungsquelle angeschlossen ist (Anspruch 3). Eine Durchführung oder alle können auch zur Aufrechterhaltung der Isolationsfestigkeit mit einem Sperrgas 116 durchströmt werden (Anspruch 4).

**[0021]** Die Oberfläche der Röhren 212 aus dem Paket von geerdeten Elektroden 212 ist außen und/oder innen vergrößert ist (Anspruch 5), um einerseits wirkungsvoller zu kühlen und andererseits innen mehr Ablagefläche zu haben (Ansprüche 6 und 7).

**[0022]** Zur wirksameren Ausscheidung der im Gasstrom mitgeführten Verunreinigungen ist in den Röhren je eine spiralförmige Einrichtung eingebaut, die das strömende Gas zu einer Wendelbewegung zwingt, wodurch durch zentrifugale Kräfte erzeugt (Anspruch 8) werden.

**[0023]** Das am Boden der geerdeten Elektroden über den dortigen Träger teilweise an den Rand gelangte Abwasser wird ebenfalls abgeleitet und der Reinigung zugeführt (Anspruch 9), wie auch das über die Filterdeckel und über die ringförmige Konsole am Boden des Filters aufgefangene Abwasser, das massereicher anfällt.

**[0024]** Das Verfahren nach Anspruch 10 läuft nach den folgenden Schritten ab:

Vor dem Einleiten des Gases in die Einrichtung wird dasselbe gekühlt und mit Wasserdampf gesättigt.

**[0025]** Der Gasstrom 4 wird an einem Kondensatkollektor 110 vorbei durch eine mit Düsen mit jeweils einem engen Mittelstück versehene, geerdete Platte (111) gezwängt, um sich danach in einen jeweils konisch öffnenden Ausgangsbereich der Düse in je einen Elektrodenzwischenraum, der aus dem jeweiligen Düsenausgang und einer dahineinragenden Hochspannungselektroden spitze (122) gebildet wird, zu expandieren, in dem Aerosolpartikel elektrostatisch geladen werden.

**[0026]** Ein Teil der elektrisch geladenen Aerosolpartikel aus dem Gasstrom werden unter Einwirkung einer Raumladung im weiteren Bereich des Gasstromes durch elektrostatische Abstoßung zwischen den elektrisch geladenen Partikeln und der geladenen Aerosolablagerung auf den Innenwänden dieses Bereiches entladen.

**[0027]** Der Gasstrom wird durch ein System von hohlen, geerdeten Elektroden mit gleichzeitiger Ablagerung geladener Aerosole auf der vom Gasstrom berührten Oberfläche der geerdeten Elektroden geleitet. Dann wird der Gasstrom in den Ringbereich zwischen einer rohrförmigen Filtereinrichtung und der Wand der Gasleitung durch den Filter aus einem porösen Material gedrückt, wobei die geladenen Partikel in dem Filtermaterial vom Filtermaterial abhängig mehr oder weniger vollständig abgelegt werden. Das so gereinigte Gas wird dann in die stromabwärts liegende Umgebung geleitet. Die Filtereinrichtung wird kontinuierlich oder periodisch durch Besprühen aus den Sprühköpfen im Innern gewaschen, d.h. die im Filtergewebe abgelegten Partikel mit dem Sprühwasser ausgeschwemmt.

**[0028]** Weitere nützliche Verfahrensschritte sind:

Vor dem Eintritt des Gasstromes in das Paket geerdeter Röhren wird derselbe im Vorraum mit Wasser besprüht (Anspruch 11).

**[0029]** Der durch das Paket der Röhren strömende Gasstrom wird über Durchströmen eines Kühlmittels durch den Röhrenzwischenraum gekühlt, weiter werden die geladenen Partikel, die sich auf der jeweiligen Röhreninnenwand ablagern über die periodische Bewässerung der Innenwände des Röhrenpakets von der stromzugewandten Stirnseite her entladen. Dadurch, dass dem Gasstrom in den geerdeten Röhren durch die jeweils eingebaute spiralförmige Einrichtung ein Drall oder eine Drehung verliehen oder aufgezwängt wird, werden die noch mitgeführten Partikel zusätzlich durch zentrifugale Kräfte nach außen und damit an die Innenwand gedrängt, die ankommenden abgelagert elektrisch neutralisiert und abgeschwemmt (Anspruch 13).

**[0030]** Die wirksame Gasreinigung wird bei niedrigem Druckabfall, geringer Energieverbrauch für die elektrostatische Ladung, ohne kontinuierliches Sprühen von Wasser für die Reinigung der geerdeten Elektroden erreicht, wobei kontinuierliches Sprühen ohne weiteres einstellbar ist.

**[0031]** Das modulare Bauprinzip der Einrichtung und die kleine Baugröße erlauben, sie zur Erweiterung bestehender Gasreinigungsanlagen zu verwenden und sie in ihrer Wirksamkeit der Gasreinigung auf Submikronpartikel zu erweitern. Die Bauelemente sind aus leichten und hinsichtlich des zu reinigenden Gases aus korrosionsbeständigen Materialien

gefertigt.

**[0032]** Die Rezyklierung des Sprüh-/Schmutzwassers erlaubt, das Problem der Abwassererzeugung für die kommunale Kanalisation zu vermeiden, allenfalls bis auf eine unerhebliche Menge zu beschränken.

**[0033]** Die geerdete Elektrode/Platte mit ihren in ihr über die Stirnfläche gleichverteilten Düsen mit jeweils konisch verjüngendem Gaseingang und konisch aufweitendem Gasausgang der bewirkt den Effekt der gesättigten Gasbeschleunigung und Expansion mit Wasserkondensation, was die Größe und die Anzahl geladener Partikel mit kleinerer Beweglichkeit erhöht. Das führt dann zu der Zone der Raumladung mit hoher Ladungsvolumendichte und sichert die Entladung von Partikeln durch die weitere Gasströmung an den geerdeten Bauelementen der Anlage.

**[0034]** Zusammengefasst hat die Anlage und das Verfahren zum Betreiben derselben folgende Vorteile:

- die Anlage ist modular aufgebaut;
- die Anlage hat kleine Dimensionen und geringes Gewicht;
- die Bauelemente sind aus für das rohe/ungereinigte Gas aus korrosionsbeständigen Materialien;
- die effektive Reinigung des Gases von Submikronpartikeln;
- der Energieverbrauch zum elektrostatischen Laden der im Gas vorhandenen Partikel ist niedrig;
- der Druckabfall in der Anlage ist niedrig;
- permanentes Besprühen mit Wasser zum Reinigen der Elektroden und des Filters ist nicht notwendig;
- das aufgesammelte Abwasser aus den drei Rohrabschnitten der Anlage wird aufbereitet und wieder für das Verfahren in der Anlage verwendet.

**[0035]** Die Anlage wird im folgenden anhand der Zeichnung näher beschrieben. Die Zeichnung gibt mit den Figuren 1 bis 6 eine bevorzugte Ausgestaltungen wieder. in der Figur 7 werden dann noch experimentelle Daten an Bekanntem reflektiert.

**[0036]** Es zeigt:

- Figur 1 die Gesamtansicht im Schnitt,
- Figur 2 den Rohrabschnitt mit Ladeeinrichtung,
- Figur 3 die Perforationen/Düsen in der geerdeten Elektrode,
- Figur 4 die Hochspannungselektroden in der Ladeeinrichtung,
- Figur 5 den Rohrabschnitt mit geerdeten Hohlelektroden in zwei Bauweisen,
- Figur 6 das Beispiel einer geerdeten Elektrode,
- Figur 7 den experimentell ermittelten Verläufe der Konzentrationsverteilung der Partikel am Eingang und am Ausgang.

**[0037]** Die strömungszugewandte Stirnseite des Röhrenbündels 212 hat von der Hochspannungselektrode 112 der Ladeeinheit einen Abstand von 1, 5- bis 5mal dem Durchmesser D der geerdeten Elektrodenplatte. D, die lichte Weite der Gasleitung 1, bzw. 2, bzw.3, der Gasleitung mit dem zu reinigenden Gas überhaupt, liegt in einem Größenbereich, der mit dem Rohgasvolumenstrom, dividiert durch die zu D korrespondierende Fläche, eine Gasgeschwindigkeit zwischen 0,1 und 10 m/sec, vorteilhafterweise zwischen 0,5 und 2 m/sec, erlaubt. Das ist aus der Gasströmungstechnik bekannt. Daher wird die Dimension entsprechend des Anfalls und der Strömungsgeschwindigkeit festgelegt. Die Länge der geerdeten Elektroden 212, die Röhren 212 leitet sich aus dem entscheidenden Parameter D folgendermaßen ab:

$$0,5 D < L < 5 D.$$

**[0038]** Die Anlage zur elektrostatischen Reinigung von Gas/Gas besteht nach der schematischen Darstellung in Figur 1 aus dem in Strömungsrichtung ersten Rohrabschnitt 1 mit der elektrostatischen Ladeeinheit 1, dem anschließenden Rohrabschnitt 2 mit der Gruppe geerdeter Elektroden 212, die aus einem Bündel Röhren 212 besteht, und schließlich dem dritten Rohrabschnitt 3 mit der Filtereinrichtung. Die Gasströmung wird durch den Pfeil 4 zu Beginn des ersten Rohrabschnitts 1 für den Eintritt des belasteten Rohgases und den Pfeil 5 für den Austritt des gereinigten Gases am Ausgang des dritten Rohrabschnitts angedeutet. Die Rohrabschnitte 1 bis 3 haben hier beispielsweise kreisförmigen Querschnitt, jedoch lässt sich die Anlage auch mit einem rechteckigen Querschnitt realisieren.

**[0039]** Stromaufwärts von der elektrostatischen Ladeeinheit 1 sitzt am Eintritt in die Anlage der ringförmige Kollektor 110 an der Innenwand zum Auffangen des an der Rohrleitungszuleitung zur runterlaufenden Kondensatwassers und damit zum Schutz der nachfolgenden elektrostatischen Ladeeinheit. Dieses aufgefangene Kondensatwasser wird über den Stutzen 118 zur Wiederaufbereitung abgeleitet.

**[0040]** Die geerdete Elektrode 111 der Ladeeinheit 1 ist eine die lichte Weite des Rohrabschnitts 1 abdeckende Platte

## EP 1 404 453 B1

111 aus elektrisch leitendem Material, wie Graphit oder korrosionsbeständiges, mechanisch geeignetes Metall wie Edelstahl. Die Platte hat über den Querschnitt des Rohrabschnitts 1 gleichverteilte Düsen, in Strömungsrichtung gesehen, folgender Struktur:

5 Den konisch verjüngenden Eintritt 120, die hohlzylindrische Kompressionszone, die Taille, und dann den konisch sich weitenden Austritt 121. Die drei Einzelstrukturen, Eintritt, Taille, Austritt, reihen sich stetig hintereinander, der Ein- und Austritt sind gleich oder unterschiedlich lang, hier ist der Eintritt etwas kürzer. Die Anzahl Düsen und ihre Durchmesser hängen von den Bedingungen des technischen Prozesses, vom Volumen des zu reinigenden Gases, von den Bedingungen für die wirksame Ladung des Aerosols und dem minimalen Druckabfall in der Ladungseinheit  
10 1 ab. Andere Düsenformen sind, falls zumindest ähnlich leistungsfähig, ebenfalls geeignet.

**[0041]** Das mit Hochspannung beaufschlagbare Gitter 112 schließt sich, über den Querschnitt des Rohrabschnitts 1 ausdehnend, an. Es wird über die Durchführung 115 oder um den Umfang gleichverteilte Durchführungen 115 gehalten, über die das Gitter 112 in Grenzen lateral verstellt werden kann. Eine der Durchführungen dient als Hochspannungs-  
15 verbindung zwischen dem nicht eingezeichneten Netzgerät außerhalb und dem Gitter 112. Alle Durchführungen 115 werden über den Stutzen 11 daran mit Sperrgas 116 beströmt, um am Durchtritt der Durchführungen ins Innere elektrisch stets definierte Verhältnisse zu haben. Diese Sperrgas 116 ist üblicherweise temperiert, muss aber bei dem Anlagen-  
aufbau nicht zwingend sein.

**[0042]** Das Hochspannungsgitter 112 ist so grobmaschig wie möglich und daher mindestens Knoten in der Struktur der Düsenanordnung in der geerdeten Grundplatte 111, auf diesen zu den Düsen korrespondierenden Knoten sind die  
20 Elektroden 122 verschraubt und ragen dem Gasstrom entgegen. Je eine Elektrode 113 ragt mit ihrer freien Spitze 122 in den Austritt 121 einer Düse. Das Elektrodengitter 112 samt aufgesetzter Elektroden 113 ist axial und lateral verstell-/justierbar (siehe Figuren 1 bis 4). Das legt die Höhe der Vorentladungsspannung und die Stromdichte im Bereich des  
25 Elektrodenzwischenraumes, wo die Partikelladung stattfindet, fest. Die maximale Stromdichte bei minimal angelegter Hochspannung hängt mit der Lage der Spitzen 122 der Elektroden 113 im kritischen Querschnitt den Düsen zusammen. Die axiale Position der Elektrodenspitze 122 im konischen Auslauf 121 der Düse ist individuell einstellbar (siehe Figur  
2). Stromabwärts an das Elektrodengitter 112 schließt sich die durch die ionisierten Partikel/Aerosole gebildete Raum-  
ladungsvolumen an, das sich vom Hochspannungsgitter 112 bis zu der von der Wand des Rohrabschnitts 2 hereinra-  
genden Wand in seiner Länge erstreckt.

**[0043]** Der Rohrabschnitt 2 mit den geerdeten Elektroden 212 aus dem Bündel Röhren (siehe Figur 1 Mitte und Figur  
30 5, Anordnung 2) ist stromabwärts vom Gitter 112 in einer Entfernung von 1,5 bis 5 D eingebaut, D der lichte Durchmesser der Gasleitung  $1/2/3$  und der oben erklärte charakteristische Dimensionsparameter der geerdeten Elektrode 111. Ein Beispiel für die Anordnung des geerdeten Röhrenbündels 212 ist in Figur 5 unten dargestellt. Die lichte Weite der Röhren  
212 ist derart, dass eine laminare Gasströmung darin zustande kommt.

**[0044]** Die Röhren 212 als auch die Wände der Rohrabschnitte 1 bis 3 können aus leitendem, wie Graphit oder für  
35 den Prozess inerter Edelstahl, VA, oder nicht leitendem Material, wie PP, PVC, PVDF, GFK, sein, sie können starr oder flexibel sein. Als Material Die Anzahl und der Durchmesser der Röhrenelektroden 212 hängt von den Bedingungen ab, wirksame Sedimentation der geladenen Partikel auf den Elektrodeninnenwänden 212 zu gewährleisten und minimalem  
Druckabfall in der Röhrenanordnung einzuhalten.

**[0045]** Das Bündel der Röhren 212 ist zwischen zwei Lochplatten 213, deren Löcher die lichte Weite der Röhren 212  
40 haben, derartig eingespannt, dass durch jedes Rohr 212 hindurch ein freier Durchgang besteht. Darüber hinaus ist hier das Röhrenbündel 212 durch drei weitere Lochplatten 222, deren Löcher eine lichte Weite gleich dem Außendurchmesser der Röhren 212 haben. Die drei Lochplatten 222 sind äquidistant zwischen den beiden äußeren Lochplatten positioniert und haben an einer Stelle des Randbereiches eine Einbuchtung, so dass ein Kammersystem zwischen den beiden  
45 äußeren Lochplatten 213 zustande kommt, durch das Kühlmittel mäanderförmig durchgeströmt werden kann. Die beiden äußeren Kammern haben in der Wand des Rohrabschnitts 2 je einen Stutzen 215 und 217, durch die das Kühlmittel aus- bzw. eingelassen wird und von der Außenwand der Röhren 212 Wärme aufnimmt. Diese Kühlung erhöht die  
Effektivität der Gasreinigung. Wird als Kühlmedium 214 Gas, z.B. Luft mit Umgebungstemperatur verwendet, kann die  
wärmere Abluft 216 als Isolationsluft/Sperrgas verwendet werden.

**[0046]** Das Röhrenbündel 212 mit den Lochplatten 213 und 222 sitzt mit seiner strömungsabgewandten Stirn auf dem  
50 Träger 211, der hier ein Gitter aus gewebeartig zueinander verlaufenden metallischen Drähten besteht. Diese gesamte Einrichtung liegt auf Erdpotential, bzw. ist geerdet.

**[0047]** Um die Wirksamkeit der Entladung der geladenen Partikel innerhalb des Rohrabschnitts 2 zu erhöhen, wird  
der Gasstrom gezwungen, zu rotieren. Er wird hier durch die in jede Röhre 212 eingebaute Spirale 229 zu einer Wen-  
55 delbewegung gezwungen (siehe Figur 6). Die Spiralen 229 werden hier jeweils durch einen Stab 230 axial gehalten.

**[0048]** Der Sprühkopf 220 ist innerhalb der Gasführung zwischen der Ladegruppe 1 und der Gruppe 2 der geerdeten  
Elektroden 212 eingebaut. Der Sprühkopf ist derart eingebaut, dass der Sprühwasserkegel die strömungszugewandte  
Stirn des Röhrenbündels 212 bzw. die dortige Lochplatte 213 ganz überdeckt. Das intervallweise bzw. periodische

Wassersprühen verringert die Gastemperatur, gewährleistet die Befeuchtung und die Reinigung der inneren Oberfläche der geerdeten Röhren 212 und verbessert so die Aufsammlung geladener Aerosolpartikel. Das Wasser zum Sprühen wird durch die Leitung am Stutzen 219 herangeführt, an deren Ende der Sprühkopf 220 montiert ist. Natürlich kann auch kontinuierlich gesprüht werden.

5 **[0049]** Die Anordnung 1, in Figur 5 links, zeigt den Aufbau der Einrichtung zur Nachreinigung des Gases ohne die Kühlung des Röhrenpakets, weil keine Strömungskammern wie in Anordnung 2 bestehen, dafür aber die Röhren beidseitig von dem aus der Raumladungszone kommenden, nachzureinigenden Gas innen und außen angeströmt und die noch vorhandenen geladenen Partikel weitestgehend vollends abgelagert und elektrisch neutralisiert werden. In der Anordnung 1 können sich die Röhren 212 berühren. In der Anordnung 2 sollen sich die Röhren wegen der notwendigen

10 Ausbildung von Strömungskammern mit Umströmung aller Röhren nicht berühren, allenfalls können sie sich sehr nahe kommen, so dass sie stets aber kühlmittelumströmt sind.  
**[0050]** Stromabwärts im Rohrabschnitt 3 ist die Filtereinrichtung eingebaut. Das eigentliche Filtermaterial 310 ist aus porösem Material, das das rohrförmige, elektrisch leitende Gittergehäuse hohlzylinderförmig ummantelt. Der Außendurchmesser des Filterkäfigs 323 ist kleiner als der Innendurchmesser der Wand des Rohrabschnitts 3, damit besteht  
15 ein ringförmiger Zwischenraum. Auf der strömungszugewandten Stirn des Gittergehäuses 323 samt porösem Filtermaterial 310 sitzt der zentral offene Filterdeckel 311, der eine ringförmige Wanne 324 bildet, bündig auf. Der Filterdeckel 311 wird zentral mit dem Deckel 312 verschlossen, durch den zentral hindurch die vom Stutzen 321 in der Wand des Rohrabschnitts 3 kommende Wasserleitung hindurchgeht. Tropfwasser aus dem Gasstrom und von dem Gitter 211 wird darin aufgefangen und über den oder die gleichmäßig um den Umfang des Rohrabschnitts 3 vorhanden Stutzen 319  
20 abgeleitet.

**[0051]** Der Filterkäfig 323 samt Filtermantel 310 steht auf dem Ring 315 und mit diesem in der von der ringförmigen Konsole 314 auf der strömungsabgewandten Seite am Ausgang des Rohrabschnitts 3 entlag der Innenwand und der Innenwand gebildeten Ringwanne. Mit dieser Konsole und über Streben von dem Deckel 312 zu den wenigsten drei  
25 um den Umfang gleichmäßig verteilten Konsolen 313 wird die eigentliche Filtereinrichtung zusammen und in Position gehalten. Durch diesen Filteraufbau in dem Rohrabschnitt 3 ist der Gasstrom gezwungen, allein über den ringförmigen Zwischenraum durch den Filtermantel 310 zu treten und darin seine aufgesammelten Partikel abzuladen, um dann gereinigt aus dem Innern des Gittergehäuses zentral durch die ringförmige Konsole am Ausgang auszutreten.

**[0052]** Das über die Sprühköpfe im Endbereich der auf der Achse verlaufenden Leitung austretende Wasser berieselt die Innenwand des Filters und spült die darin abgelegten Partikel aus, die als Filtrat in der ringförmigen Wanne aufge-  
30 sammelt werden. Diese Filtrat wird über den Filtratauslaß 317 abgelassen.

**[0053]** In einem elektrischen Ersatzschaltbild lässt sich die Aufteilung des Ladegerätstroms  $I_{\text{lade}}$  in den über die geerdete Elektrode 111 aus hier Graphit fließenden Ionisierungsstrom  $I_{\text{erde}}$ , den neutralisierenden Strom  $I_{\text{aerosol I}}$  aus der Hauptabscheidung aus der Ladungszone im Rohrabschnitt 1, den neutralisierenden Strom  $I_{\text{aerosol II}}$  aus der Neben-  
35 abscheidung in dem Röhrenpaket 212 und dem neutralisierenden Strom  $I_{\text{aerosol III}}$  für die schließliche Restabscheidung im Filter 310/323 aufteilen, also (siehe Fig 1)

$$I_{\text{lade}} = I_{\text{erde}} + I_{\text{aerosol I}} + I_{\text{aerosol II}} + I_{\text{aerosol III}}.$$

40 Gute elektrische Kontaktierung muß in der Anlage bestehen, um die Reinigung wirkungsvoll und für die Anlage selbst ungefährlich zu halten.

**[0054]** Das Filtergehäuse 323 kann zylindrisch, rechteckig sein. Andere Geometrien sind, solange sie die Effektivität nicht beeinträchtigen, auch einsetzbar.

**[0055]** Die Einrichtung zur elektrostatischen Reinigung des Gases von flüssigen und/oder festen Submikronpartikeln kann von der Einrichtung zur Reinigung und dem wiedereingeleiteten Gebrauch des gereinigten, aufgesammelten Ab-  
45 wassers versorgt werden. Die Einrichtung zur Abwasserreinigung schließt Standardverfahren und Ausrüstung ein. Sie ist in Figur 1 nicht eingezeichnet. Die Gasleitung kann ringförmigen oder rechteckigen Querschnitt haben. Eine andere Geometrie kommt auch in Frage, solange sie die Funktion in dieser Effektivität zulässt.

**[0056]** Experimentelle Untersuchungen wurden beispielsweise mit Gasen der Rate  $320 \text{ m}_N/3\text{h}$  aus der Verbrennung von Holz mit einer Durchsatzrate von  $36 \text{ kg/h}$  durchgeführt. Der Gasstrom wurde gekühlt und mit Wasserdampf gesättigt, bevor mit  $50^\circ\text{C}$  in die Einrichtung zur elektrostatischen Reinigung eingeleitet wurde. Die Partikel-Massenkonzentration betrug  $40 - 60 \text{ mg/m}^3$ . Die Diagramme der Partikelkonzentration im stromaufwärtigen und stromabwärtigen Gasstrom zeigen, dass der Einsatz der Anlage und des Verfahrens zur Gasreinigung eine deutliche Abnahme der Submikronpartikel-Konzentration im Gasstrom erreicht, und zwar  $95 - 99\%$ . Der Effekt wird bei niedrigem Energieverbrauch für die  
50 Partikelladung, etwa  $30 - 50 \text{ W}$ , und minimalem Druckabfall,  $300 \text{ Pa}$ , und einer korrespondierenden Isolationsluftgebläseleistung von  $15 \text{ W}$  erreicht. Die Polarität der angelegten Spannung war negativ. Die Konturenmaße der Einrichtung sind: Höhe  $1200 \text{ mm}$ , Innendurchmesser  $360 \text{ mm}$ . Während des Experimentes wurde kein zusätzliche Wasser in den

## EP 1 404 453 B1

Gasstrom gesprüht. Die Selbstreinigung der geerdeten Elemente der Einrichtung bestand.

### Bezugszeichenliste:

5	<b>[0057]</b>
	1 Rohrabchnitt
	110 Kollektor
10	111 Elektrode, Platte
	112 Hochspannungselektrode
15	113 Elektrode
	114 Durchführung
	115 Hochspannung
20	116 Sperrgas
	117 Stutzen
25	118 Stutzen
	119 Abwasser
	120 Düse, konischer Teil
30	121 Düse, konischer Teil
	122 Elektrodenspitze
35	123 Stellschraube
	124 Haltearm
	125 Konsole
40	126 Wand
	2 Rohrabchnitt
45	210 Konsole
	211 Träger, Gitter
	212 Elektrode, Röhre
50	213 Stirnplatte
	214 Kühlmittel
55	215 Stutzen
	216 Kühlmittel

## EP 1 404 453 B1

	217	Stutzen
	218	Sprühwasser
5	219	Stutzen
	220	Sprühkopf
	221	Sprühstrahl
10	222	Lochplatte
	223	Innenwand
15	224	Außenwand
	225	Gasstrom
	226	Rohrwand
20	227	Strömungsraum
	228	Draufsicht
25	229	Spirale, Wendel
	230	Achse
	231	Abwasser
30	232	Stutzen
	233	
35	3	Rohrabschnitt
	310	Material, Filter
	311	Deckel
40	312	Deckel
	313	Konsole
45	314	Konsole
	315	Ring, Filterboden
	316	Abwasser
50	317	Stutzen
	318	Abwasser
55	319	Stutzen
	320	Sprühwasser

- 321 Stutzen  
 322 Sprühkopf  
 5 323 Gestell, Gitter  
 324 Wanne  
 325  
 10 4 Rohgas, Rohgaseingang  
 5 Reingas, Reingasausgang  
 15 3 Rohrabschnitt

### Patentansprüche

20 1. Anlage zum elektrostatischen Reinigen von Gas, bestehend aus in Strömungsrichtung:

A) einer in einem ersten Rohrabschnitt (1) eingebauten elektrostatischen Ladeinheit/-gruppe zur Erzeugung einer Koronaentladung, durch die das elektrisch geladene Rohgas (4) hindurchtritt und ein Raumladungsvolumen zur Hauptreinigung bildet,

25 B) einer sich daran in einem zweiten Rohrabschnitt (2) anschließenden Einheit aus einer Gruppe geerdeter Elektroden zur Nachreinigung und

C) einer sich daran in einem dritten Rohrabschnitt (3) anschließenden Einheit zur Filterung des durchströmenden Gases zur Restreinigung,

wobei

30 die im ersten Rohrabschnitt (1) eingebaute elektrostatische Ladeinheit in Strömungsrichtung folgendermaßen aufgebaut ist:

ringförmig entlang der Innenwand der Gasleitung sitzt ein Kollektor (110) zum Aufsammeln des Kondenswassers von der stromaufwärts liegenden Innenwand der Gasleitung,

35 über den lichten Querschnitt der Gasleitung sitzt eine geerdete Elektrode (111), die, über einen zentralen Bereich des Querschnitts gleichmäßig oder rotationssymmetrisch zur Achse des Rohrabschnitts verteilt, zu dieser Achse parallele Durchgänge/Düsen hat, die in Strömungsrichtung jeweils einen konisch zusammenlaufenden, dann einen stetig sich anschließenden, kreisringförmigen und schließlich einen sich ebenfalls stetig anschließenden, konisch auseinanderlaufenden Abschnitt hat,

40 über mindestens drei um den Umfang gleichverteilten Durchführungen (124) gehalten, sitzt parallel zu der geerdeten Elektrode (111) zentral ein mit Hochspannung beaufschlagbares Gitter (112), auf dessen Knotenstellen spitz zulaufende Elektroden (113) in der Struktur der Perforationen/Düsen axial verstellbar stehen, die parallel zur Achse der Gasleitung gerichtet sind und mit ihren Spitzen (122) entgegen der Strömungsrichtung in je einen konisch sich öffnenden Teil (121) der Perforation/Düse ragen, und sich daran im Rohrabschnitt (1) das vorgegebene Volumen mit metallischer Mantelwand zur Ausbildung einer Raumladung anschließt, aus dem die geladenen Verunreinigungen an dieser Mantelwand ablagern,

die im zweiten Rohrabschnitt (2) eingebaute Gruppe geerdeter Elektroden (212) folgendermaßen aufgebaut

45 ist: die Gruppe geerdeter Elektroden (212) besteht aus einem Bündel aus einander sich nicht berührenden Röhren (212), die Achsen der Röhren (212) parallel zueinander und zu der des Rohrabschnitts (2) liegen, je eine perforierte Deckplatte (213) mit der Perforationsstruktur des Röhrenbündels (212) sitzt an der strömungszugewandten und strömungsabgewandten Stirn des Pakets, so dass zu jedem Rohr (212) ein freier Zu- und Abgang mit der lichten Weite der Rohre (212) besteht, äquidistant zwischen den beiden Deckplatten (213) geht das Röhrenbündel (212) durch mindestens eine perforierte Platte (222) mit der Perforationsstruktur des Röhrenbündels (212), so dass mindestens zwei Kammern zustande kommen, die zueinander  
 50 einen Zugang haben, und in der Wand des Rohrabschnitts in den beiden durch die beiden Deckplatten (213) begrenzten Kammern ein Stutzen (215 bzw. 217) zum Zu- bzw. Ausleiten eines Kühlmittels (214 bzw. 216) zum Kühlen der Röhren (212) angebracht ist,

auf Konsolen (210) an der Innenwand des Rohrabschnitts (2) ein geerdeter, durchlässiger Träger/geerdetes,

durchlässiges Gitter (211) verankert ist, auf dem das zusammengehaltene Paket aus den Röhren (212) steht,

der geerdete, durchlässige Träger teilweise Abwasser von den Röhren (212) über einen Stutzen (232) oder mindestens zwei, gleichmäßig um den Umfang des Rohrabchnitts (2) verteilten Stutzen (232) ableitet, und die strömungszugewandte Stirnseite der Gruppe geerdeter Elektroden (212) von der Ladeeinheit einen Abstand von 1, 5- bis 5mal dem Durchmesser D der geerdeten Elektrode (111) hat,

stromaufwärts, vor dem Paket gebündelter Röhren (212) ein von der Rohrleitungswand kommendes Rohr in das Zentrum des Rohrabchnitts (2) ragt, an dessen Ende ein Sprühkopf (220) sitzt, der mit seiner Sprühachse auf der dortigen Achse der Rohrleitung (2) in einer Entfernung zu der Stirn der nachfolgenden Gruppe geerdeter Elektroden (212) sitzt, so dass der Sprühstrahl daraus die strömungszugewandte Stirn des Pakets völlig überdeckt und die Röhren (212) innwändig von abgelegten Verunreinigungen gespült werden können,

die im dritten Rohrabchnitt (3) eingebaute Einheit zur Filterung des durchströmenden Gases folgendermaßen aufgebaut ist:

eine Rohrleitung geht von der Wand des Rohrabchnitts (3) in das Innere, knickt auf der Achse ab, geht durch einen Teil (312) eines strömungszugewandten Filterdeckels (311, 312) hindurch und ragt in den lichten Bereich einer Filtereinrichtung, im Endbereich der Rohrleitung sitzt mindestens ein Sprühkopf (322) zum Besprühen der Innenwand der Filtereinrichtung vom Gaseintritt her,

der Filterdeckel (311, 312) bildet in seinem Zusammenbau eine ringförmige Wanne, deren Öffnung der Gasströmung zugewandt ist,

die Filtereinrichtung besteht aus einem rohrförmigen Gestell/Gehäuse/Käfig (323), um das mantelartig ein poröses Material als Filter in mindestens einer Lage gelegt ist,

zwischen der Innenwand des Rohrabchnitts (3) und der Außenwand des Filters (310) besteht ein ringförmiger Freiraum, in den das Gas einströmt und die restlichen Verunreinigungen vollends ablagert,

die Filtereinrichtung sitzt mit ihrer strömungsabgewandten Stirn auf einer ringförmigen, an der Wand des Rohrabchnitts (3) befestigten Konsole (314), die gleichzeitig eine ringförmige Wanne zum Auffangen eines Teils des Sprühwassers (320) bildet, das über Stutzen in der Wand des Rohrabchnitts (3) abgeleitet wird, die Filtereinrichtung (310, 323) samt Filterdeckel (311, 312) zwischen der strömungsabgewandten Konsole (314) und der strömungszugewandten Konsole 313 eingespannt ist.

## 2. Anlage zum elektrostatischen Reinigen von Gas, bestehend aus in Strömungsrichtung:

A) einer in einem ersten Rohrabchnitt (1) eingebauten elektrostatischen Ladeeinheit/-gruppe zur Erzeugung einer Koronaentladung, durch die das elektrisch geladene Rohgas (4) hindurchtritt und ein Raumladungsvolumen zur Hauptreinigung bildet,

B) einer sich daran in einem zweiten Rohrabchnitt (2) anschließenden Einheit aus einer Gruppe geerdeter Elektroden zur Nachreinigung und

C) einer sich daran in einem dritten Rohrabchnitt (3) anschließenden Einheit zur Filterung des durchströmenden Gases zur Restreinigung,

wobei

die im ersten Rohrabchnitt (1) eingebaute elektrostatische Ladeeinheit in Strömungsrichtung folgendermaßen aufgebaut ist:

ringförmig entlang der Innenwand der Gasleitung sitzt ein Kollektor (110) zum Aufsammeln des Kondenswassers von der stromaufwärts liegenden Innenwand der Gasleitung,

über den lichten Querschnitt der Gasleitung sitzt eine geerdete Elektrode (111), die, über einen zentralen Bereich des Querschnitts gleichmäßig oder rotationssymmetrisch zur Achse des Rohrabchnitts verteilt, zu dieser Achse parallele Durchgänge/Düsen hat, die in Strömungsrichtung jeweils einen konisch zusammenlaufenden, dann einen stetig sich anschließenden, kreisringförmigen und

schließlich einen sich ebenfalls stetig anschließenden,

konisch auseinanderlaufenden Abschnitt hat,

über mindestens drei um den Umfang gleichverteilten Durchführungen (124) gehalten, sitzt parallel zu der geerdeten Elektrode (111) zentral ein mit Hochspannung beaufschlagbares Gitter (112), auf dessen Knotenstellen spitz zulaufende Elektroden (113) in der Struktur der Perforationen/Düsen axial verstellbar stehen, die parallel zur Achse der Gasleitung gerichtet sind und mit ihren Spitzen (122) entgegen der Strömungsrichtung in je einen konisch sich öffnenden Teil (121) der Perforation/Düse ragen, und sich daran im Rohrabchnitt (1) das vorgegebene Volumen mit metallischer Mantelwand zur Ausbildung einer Raumladung anschließt, aus dem die geladenen Verunreinigungen an dieser Mantelwand ablagen,

## EP 1 404 453 B1

die im zweiten Rohrabschnitt (2) eingebaute Gruppe geerdeter Elektroden (212) folgendermaßen aufgebaut ist:

5 die Gruppe geerdeter Elektroden (212) besteht aus einem Bündel ungeordneter, paralleler, einander sich nicht berührender oder nicht berührender Röhren (212),  
die auf einem geerdeten, durchlässigen Träger/Gitter (211) sitzen und positioniert verankert sind,  
der geerdete, durchlässige Träger teilweise Abwasser von den Röhren (212) über einen Stutzen (232)  
10 oder mindestens zwei, gleichmäßig um den Umfang des Rohrabschnitts (2) verteilten Stutzen (232) ableitet, und  
die Wandstärke  $d_{ws}$  der Röhren (212) aufgrund der Gleichbelastung von innen und außen, auf den Röhrendurchmesser  $D_2$  bezogen, im Bereich dünn ist und im Bereich

$$15 \quad 0,01 D_2 < d_{ws} < 0,1 D_2,$$

liegt, die strömungzugewandte Stirnseite der Gruppe geerdeter Elektroden (212) von der Ladeeinheit einen Abstand von 1, 5- bis 5mal dem Durchmesser D der geerdeten Elektrode (111) hat,  
20 stromaufwärts, vor dem Paket gebündelter Röhren (212) ein von der Rohrleitungswand kommendes Rohr in das Zentrum des Rohrabschnitts (2) ragt, an dessen Ende ein Sprühkopf (220) sitzt, der mit seiner Sprühachse auf der dortigen Achse der Rohrleitung (2) in einer Entfernung zu der Stirn der nachfolgenden Gruppe geerdeter Elektroden (212) sitzt, so dass der Sprühstrahl daraus die strömungzugewandte Stirn des Pakets völlig überdeckt und die Röhren (212) innwändig von abgelegten Verunreinigungen gespült werden können,  
25 die im dritten Rohrabschnitt (3) eingebaute Einheit zur Filterung des durchströmenden Gases folgendermaßen aufgebaut ist:

30 eine Rohrleitung geht von der Wand des Rohrabschnitts (3) in das Innere, knickt auf der Achse ab, geht durch einen Teil (312) eines strömungzugewandten Filterdeckels (311, 312) hindurch und ragt in den lichten Bereich einer Filtereinrichtung, im Endbereich der Rohrleitung sitzt mindestens ein Sprühkopf (322) zum Besprühen der Innenwand der Filtereinrichtung vom Gaseintritt her, der Filterdeckel (311, 312) bildet in seinem Zusammenbau eine ringförmige Wanne, deren Öffnung der Gasströmung zugewandt ist,  
35 die Filtereinrichtung besteht aus einem rohrförmigen Gestell/Gehäuse/Käfig (323), um das mantelartig ein poröses Material als Filter in mindestens einer Lage gelegt ist,  
zwischen der Innenwand des Rohrabschnitts (3) und der Außenwand des Filters (310) besteht ein ringförmiger Freiraum, in den das Gas einströmt und die restlichen Verunreinigungen vollends abgelagert,  
40 die Filtereinrichtung sitzt mit ihrer strömungsabgewandten Stirn auf einer ringförmigen, an der Wand des Rohrabschnitts (3) befestigten Konsole (314), die gleichzeitig eine ringförmige Wanne zum Auffangen eines Teils des Sprühwassers (320) bildet, das über Stutzen in der Wand des Rohrabschnitts (3) abgeleitet wird,  
die Filtereinrichtung (310, 323) samt Filterdeckel (311, 312) zwischen der strömungsabgewandten Konsole (314) und der strömungzugewandten Konsole 313 eingespannt ist.

- 45
3. Anlage nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das mit Hochspannung beaufschlagbare Gitter (112) über seine Durchführungen (124) in seiner Ebene und senkrecht dazu justierbar ist, wobei die Durchführungen (124) zur Sicherung der Isolationsfestigkeit über je einen Gasstutzen (117) mit einem Sperrgas (116) beströmt werden können.
  - 50 4. Anlage nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gitter über mindestens eine Durchföhrung (124) an eine Hochspannungsquelle angeschlossen ist.
  - 55 5. Anlage nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Röhren (212) aus metallischem oder nicht metallischem Material sind und die Oberfläche derselben aus dem Paket von Elektroden (212) außen und/oder innen vergrößert ist.
  6. Anlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Röhren (212) Wellmantelrohre sind.

7. Anlage nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Kammerräumen außen auf den Röhren Ringscheiben gut wärmeleitend aufgezogen sind.
8. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 und 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** in den Röhren (212) je eine Einrichtung (229) zur Strömunglenkung eingebaut ist, die der Gasströmung eine wendelförmige Bewegung aufzwingt.
9. Anlage nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 und 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** von dem Stutzen (217), dem Ausgang des in dem Rohrenpaket erwärmten Kühlmittels (216) eine Rohrleitung zu einem Reservoir des Sperrgases führt.
10. Verfahren zum elektrostatischen Reinigen von Gas mit einer Anlage gemäß den Ansprüchen 1 bis 9, bestehend aus den Schritten:

A) vor Einleiten des Gases in die Anlage wird dasselbe gekühlt und mit Wasserdampf gesättigt;  
 B) der Gasstrom (4) wird an einem Kondensatkollektor (110) vorbei durch eine mit Düsen mit jeweils einem engen Mittelstück versehene, geerdete Platte (111) geströmt, um sich danach in einen jeweils konisch öffnenden Ausgangsbereich der Düse in je einen Elektrodenzwischenraum, der aus dem jeweiligen Düsenausgang und einer dahineinragenden Hochspannungselektroden spitze (122) gebildet wird, zu expandieren, in dem in einer Koronaentladung im Gasstrom mitgenommene Aerosolpartikel elektrostatisch geladen werden, die ein ab der mit Hochspannung beaufschlagbaren Elektrode (112) stromabwärtiges Volumen als Raumladung füllen, aus dem hauptsächlich über elektrostatische Abstoßung gleichnamig geladener Partikel und thermische Bewegung dieselben an der durch die Befeuchtung elektrisch leitfähigen, geerdeten Mantelinnenwand (2) neutralisiert und abgelagert werden,  
 C) Weiterführen des Gasstroms durch ein an Erdpotential gelegtes Paket hohler Röhren (212), das auf einem geerdeten Träger/Gitter (211) steht, auf deren Innenwand sich im Gasstrom verbliebene, elektrisch geladene Partikel anlagern, wobei das Röhrenpaket (212) durch je eine Scheibe an der Stirn, mindestens eine Stützscheibe dazwischen und die anliegende Wand des Rohrabschnitts (2) ein mit Kühlmittel (214/216) durchströmbares Kammersystem bildet, das von den Röhren (212) von deren Außenwand Wärme abnimmt,  
 Weiterführen des Gasstromes in den Ringbereich zwischen einer rohrförmigen Filtereinrichtung (310/323) und der Wand des Rohrabschnitts (3) und Strömen des Gasstromes durch das Filter aus einem porösen Material (310), wobei die schließlich noch im Gasstrom verbliebenen Partikel vollends auf dem porösen Material abgelegt werden, um über innwändiges kontinuierliches oder periodisches Ansprühen des Filters über Sprühköpfe (322) daraus ausgespült, über eine ringförmige Wanne (314), in der das Filter steht, aufgesammelt und über einen daran angeschlossenen Stutzen (317) angeleitet zu werden, schließlich Ausleiten des gereinigten, elektrisch neutralen Gases (5) durch die zentrale Bodenöffnung des Filters in die stromabwärts davor liegende Umgebung.

## Claims

1. Unit for the electrostatic scrubbing of gas, consisting - in the direction of flow - of:

A) an electrostatic charging unit/group installed in a first conduit section (1) for generating a corona discharge through which the electrically charged raw gas (4) passes and forms a space charge volume for the main scrubbing,  
 B) a downstream unit in a second conduit section (2) and comprising a group of earthed electrodes for auxiliary scrubbing and  
 C) a downstream unit in a third conduit section (3) for filtering the gas flowing through it for fine scrubbing, wherein  
 the electrostatic charging unit installed in the first conduit section (1) is configured as follows in the direction of flow:

a collector (110) for collecting the condensate from the upstream inner wall of the gas conduit sits in the shape of an annulus along the inner wall of the gas conduit,  
 across the open cross-section of the gas conduit sits an earthed electrode (111) which exhibits, distributed over a central region of the cross-section evenly or rotationally symmetrically to the axis of the conduit section, perforations/jets parallel to said axis, each of which in the direction of flow exhibits a conically narrowing section followed by a contiguous annular section and finally by a likewise contiguous conically widening section,

## EP 1 404 453 B1

held by at least three penetrations (124) evenly distributed about the periphery is disposed centrally and parallel to the earthed electrode (111) a grid (112), chargeable with a high voltage, at whose intersection locations pointed electrodes (113) stand axially adjustable in the pattern of the perforations/jets which are directed parallel to the axis of the gas conduit and with their tips (122) each extend opposite to the direction of flow into a conically opening part (121) of the perforation/jet, and the given volume with a metal jacket wall follows in the conduit section (1) to configure a space charge from which (volume) the charged impurities precipitate on this jacket wall,

the group of earthed electrodes (212) installed in the second conduit section (2) is configured as follows:

the group of earthed electrodes (212) consists of a bundle of tubes (212) not touching each other, the axes of the tubes (212) lying parallel to one another and to the axis of the conduit section (2), one perforated end face plate (213) having the perforation pattern of the tube bundles (212) is disposed on the upstream and downstream faces of the pack such that for each tube (212) there is a free inlet and outlet with the clear width of the tubes (212),

equidistant between the two end face plates (213) the tube bundle (212) passes through at least one perforated plate (222) having the perforation structure of the tube bundle (212) so that at least two chambers are formed which are in communication with each other, and in the wall of the conduit section in the two chambers limited by the two end face plates (213) are provided connectors (215, 217) for respectively supplying and discharging a coolant (214, 216) for cooling the tubes (212),

consoles (210) on the inner wall of the conduit section (2) carry an earthed penetrable support/earthed penetrable grid (211) on which the assembled pack of tubes (212) is supported,

the earthed penetrable support partially discharges waste water from the tubes (212) via a connector (232) or at least two connectors (232) evenly distributed about the periphery of the section (2), and the upstream end face of the group of earthed electrodes (212) is disposed at a distance from the charging unit of 1.5 to 5 times diameter D of the earthed electrode (111),

upstream from the tube bundle (212) a tube coming from the conduit wall extends to the centre of the conduit section (2) and is provided at its end with a spray head (220) arranged with its spray axis on the local axis of the conduit (2) at a distance from the end face of the following group of earthed electrodes (212) so that the emerging spray jet fully covers the upstream face of the bundle so as to flush off impurities deposited on the inside walls of the tubes (212),

the unit installed in the third conduit section (3) for filtering the through-flowing gas is configured as follows:

a conduit runs from the wall of conduit section (3) to the interior, turns on its axis, passes through a part (312) of an upstream filter lid (311, 312), and extends into the open region of a filter unit, in the end region of the conduit is disposed at least one spray head (322) for spraying the inside wall of the filter unit from the gas inlet,

the filter lid (311, 312) forms in its assembly an annular tray whose opening faces the gas flow, the filter unit consists of a tubular rack/housing/cage (323) enveloped in at least one layer of a porous material as a filter, between the inside wall of the conduit section (3) and the outside wall of the filter (310) is an annular gap into which the gas flows and deposits all remaining impurities,

the filter unit is supported at its downstream end by an annular console (314) which is attached to the wall of the conduit section (3) which at the same time forms an annular tray for collecting part of the spray water (320) that is discharged via connectors in the wall of the conduit section (3), the filter unit (310, 323) including filter lids (311, 312) is engaged between the downstream console (314) and the upstream console (313).

### 2. Unit for the electrostatic scrubbing of gas, consisting - in the direction of flow - of:

A) an electrostatic charging unit/group installed in a first conduit section (1) for generating a corona discharge through which the electrically charged raw gas (4) passes and forms a space charge volume for the main scrubbing,

B) a downstream unit in a second conduit section (2) and comprising a group of earthed electrodes for auxiliary scrubbing, and

C) a downstream unit in a third conduit section (3) for filtering the gas flowing through it for fine scrubbing, wherein

the electrostatic charging unit installed in the first conduit section (1) is configured as follows in the direction of flow:

a collector (110) for collecting the condensate from the upstream inner wall of the gas conduit sits in the

shape of an annulus along the inner wall of the gas conduit,  
 across the open cross-section of the gas conduit sits an earthed electrode (111) which exhibits, distributed  
 over a central region of the cross-section evenly or rotationally symmetrically to the axis of the conduit  
 section, perforations/jets parallel to said axis, each of which in the direction of flow exhibits a conically  
 narrowing section followed by a contiguous annular section and finally by a likewise contiguous conically  
 widening section,

held by at least three penetrations (124) evenly distributed about the periphery sits centrally and parallel  
 to the earthed electrode (111) a grid (112), chargeable with a high voltage, at whose nodes pointed electrodes  
 (113) stand axially adjustable in the pattern of the perforations/jets which are directed parallel to the axis  
 of the gas conduit and with their tips (122) each extend opposite to the direction of flow into a conically  
 opening part (121) of the perforation/jet, and the given volume with a metal jacket wall follows in the conduit  
 section (1) to configure a space charge from which (volume) the charged impurities precipitate on this jacket  
 wall,

the group of earthed electrodes (212) installed in the second conduit section (2) is configured as follows:

the group of earthed electrodes (212) consists of a bundle of unordered, parallel tubes (212) not touching  
 one another or not touching, which are supported on an earthed, penetrable support/grid (211) and  
 are anchored in position,

the earthed penetrable support partially discharges waste water from the tubes (212) via a connector  
 (232) or at least two connectors (232) evenly distributed about the periphery of the section (2), and  
 the wall thickness  $d_{ws}$  of the tubes (2) is thin relative to the tube diameter  $D_2$  because of the equalised  
 inside and outside pressure, and is in the range

$$0.01 D_2 < d_{ws} < 0.1 D_2,$$

the upstream end face of the group of earthed electrodes (212) is disposed as a distance from the charging  
 unit of 1.5 to 5 times diameter  $D$  of the earthed electrode (111),

upstream from the tube bundle (212) a tube coming from the conduit wall extends to the centre of the  
 conduit section (2) and is provided at its end with a spray head (220) arranged with its spray axis on the  
 local axis of the conduit (2) at a distance from the end face of the following group of earthed electrodes  
 (212) so that the emerging spray jet fully covers the upstream face of the bundle so as to flush off impurities  
 deposited on the inside walls of the tubes (212),

the unit installed in the third conduit section (3) for filtering the through-flowing gas is configured as follows:

a conduit runs from the wall of conduit section (3) into the interior, turns on its axis, passes through a  
 part (312) of an upstream filter lid (311, 312), and extends into the open region of a filter unit, in the  
 end region of the conduit is disposed at least one spray head (322) for spraying the inside wall of the  
 filter unit from the gas inlet,

the filter lid (311, 312) forms in its assembly an annular tray whose opening faces the gas flow, the  
 filter unit consists of a tubular rack/housing/cage (323) enveloped in at least one layer of a porous  
 material as a filter, between the inside wall of the conduit section (3) and the outside wall of the filter  
 (310) is an annular gap into which the gas flows and deposits all remaining impurities,

the filter unit is supported at its downstream end by an annular console (314) which is attached to the  
 wall of the conduit section (3) which at the same time forms an annular tray for collecting part of the  
 spray water (320) that is discharged via connectors in the wall of the conduit section (3), the filter unit  
 (310, 323) including filter lids (311, 312) is engaged between the downstream console (314) and the  
 upstream console (313).

3. Unit according to Claim 1 or 2, **characterised in that** the grid (112) chargeable with high voltage is adjustable in  
 its plane and perpendicular to said plane, whereby the penetrations (124) can each be supplied with a seal gas  
 (116) via a gas connector (117) to ensure insulation strength.

4. Unit according to Claim 3, **characterised in that** the grid is connected by at least one penetration (124) to a high-  
 voltage source.

5. Unit according to Claim 4, **characterised in that** the tubes (212) are made of metal or non-metal material and that

their surface area out of the bundle of electrodes (212) is enlarged on the outside and/or inside.

6. Unit according to Claim 5, **characterised in that** the tubes (212) are corrugated jacket tubes.

5 7. Unit according to Claim 5, **characterised in that** in the chamber spaces, disc plates are shrunk onto the outside of the tubes in a way that provides good thermal conduction.

8. Unit according to any one of the preceding Claims 1 and 3 to 7, **characterised in that** a flow directing device (229) which induces a spiral motion in the gas flow is installed in each of the tubes (212).

10 9. Unit according to any one of the preceding Claims 1 and 3 to 8, **characterised in that** a conduit leads to a reservoir of the seal gas from the connector (217), the outlet of the coolant (216) heated in the tube bundle.

15 10. Method for the electrostatic scrubbing of gas with a unit according to Claims 1 to 9, consisting of the following steps:

A) before being admitted into the unit the gas is cooled and saturated with water vapour;

20 B) the gas stream (4) is conducted past a condensate collector (110) through an earthed plate (111) provided with nozzles each having a narrow centre section, to then expend into a conically opening exit area of the nozzle into an electrode gap formed by the respective nozzle exit and a high-voltage electrode tip (122) extending into said exit area, where aerosol particles entrained in the gas stream are electrostatically charged in a corona discharge, said aerosol particles then filling - as a space charge - a volume downstream of the electrode (112) chargeable with high voltage from which, chiefly by electrostatic repulsion of like charged particles and thermal movements, these same are neutralised and deposited on the earthed jacket inside wall (2) which is made electrically conductive by the wetting,

25 C) onward conducting of the gas stream through an earthed bundle of hollow tubes (212) that is carried on an earthed support/grid (211) on whose inside wall are deposited electrically charged particles remaining in the gas stream, whereby the tube bundle (212) - by way of a disc at either end face, at least one supporting disc in between and the adjacent wall of the conduit section (2) - forms a chamber system through which coolant (214/216) can flow and which absorbs heat from the outside wall of the tubes (212), onward conducting of the gas stream into the annular region between a tube-like filter unit (310/323) and the wall of the conduit section (3) and flowing of the gas stream through the filter comprising a porous material (310), whereby those particles still left in the gas stream are completely deposited on the porous material to be flushed out of it by continuous or intermittent spraying of the inner filter walls by spray heads (322), collected by an annular tray (314) in which the filter stands and discharged through a connector (317) connected thereto, finally passing the scrubbed, electrically neutralised gas (5) out through the central opening in the base of the filter into the environment lying downstream of it.

## Revendications

40

1. Installation d'épuration électrostatique de gaz comprenant dans le sens de passage du flux :

45 A) une unité/groupe de charge électrostatique installée dans un premier segment de tube (1) pour générer une décharge couronne, traversée par le gaz brut (4) chargé électriquement et formant un volume de charge d'espace pour l'épuration principale,

B) une unité dans un second segment de tube (2) relié au précédent segment, composé d'un groupe d'électrodes reliées à la masse pour une épuration supplémentaire, et

50 C) une unité dans un troisième segment de tube (3) relié au précédent, pour filtrer le gaz traversant pour une purification résiduelle, installation dans laquelle

- l'unité de charge électrostatique montée dans le premier segment de tube (1) est réalisée de la manière suivante dans le sens de passage du flux :

55 \* un collecteur (110) est installé de manière annulaire le long de la paroi intérieure de la conduite de gaz pour collecter l'eau condensée provenant de la paroi intérieure de la conduite de gaz en amont,

\* une électrode reliée à la masse (111) occupe la section libre de la conduite de gaz ayant des passages/buses répartis régulièrement dans la zone centrale de la section ou symétriquement en rotation par rapport à l'axe du segment de tube, en étant parallèles à cet axe et ayant dans le sens de passage du

## EP 1 404 453 B1

flux, un segment se rétrécissant en forme de cône puis un segment en anneau de cercle réuni de manière continue, prolongé également de manière continue par un segment s'élargissant en forme de cône,

\* une grille (112) mise à haute tension, maintenue par au moins trois passages (124) répartis régulièrement à la périphérie est installée parallèlement à l'électrode (111) mise à la masse en position centrée, sur les emplacements des noeuds de laquelle se dressent des électrodes pointues (113) réglables axialement dans la structure des perforations/buses dirigées parallèlement à l'axe de la conduite de gaz et dont les pointes (122) pénètrent en sens inverse à celui du flux, chacune dans une des parties (121) s'ouvrant en cône des perforations/buses et ensuite on a dans le segment de tube (1) un volume prédéterminés avec une paroi d'enveloppe métallique pour réaliser une charge d'espace d'où les impuretés chargées viennent se déposer sur cette paroi d'enveloppe,

- le groupe d'électrodes reliées à la masse (212) du second segment de tube (2) est construit de la manière suivante :

\* le groupe des électrodes reliées à la masse (212) se compose d'un faisceau de tubes (212) ne se touchant pas, les axes des tubes (212) étant parallèles entre eux et au segment de tube (2),

\* chacune des plaques de recouvrement perforée (213) avec la structure de perforation des faisceaux de tubes (212) repose sur la face frontale amont et la face frontale aval du paquet pour avoir un accès et une sortie libres pour chaque tube (212) selon la largeur libre du tube (212),

\* de manière équidistante entre les deux plaques de recouvrement (213), le faisceau de tubes (212) traverse au moins une plaque perforée (222) selon la structure de perforation du faisceau de tubes (212), pour former au moins deux chambres communicantes et on installe dans la paroi du segment de tube, dans les deux chambres délimitées par les deux plaques de recouvrement (213), un ajutage (215, 217) pour l'arrivée, respectivement, la sortie d'un agent de refroidissement (214, 216) pour refroidir les tubes (212),

\* un support perméable relié à la masse ou une grille (211) perméable sur laquelle repose le paquet rassemblé des tubes (212), est accroché à des consoles (210) de la paroi intérieure du segment de tube (2),

\* le support perméable relié à la masse, évacue partiellement de l'eau provenant des tubes (212) par un ajutage (232) ou au moins deux ajutages (232) répartis également à la périphérie du segment de tube (2), et

\* la face frontale côté amont du groupe des électrodes reliées à la masse (212) est espacée de l'unité de charge d'une distance de 1,5 à 5 fois le diamètre (D) des électrodes reliées à la masse (111),

\* en amont, avant le paquet de tubes (212) en faisceau, un tube issu de la paroi du tube pénètre dans le centre du segment de tube (2), son extrémité étant munie d'une tête de pulvérisation son axe de pulvérisation étant éloigné de l'axe du segment de tube (2) à cet endroit, en étant éloigné de la face frontale du groupe suivant des électrodes reliées à la masse (212), de sorte que le jet pulvérisé recouvre intégralement la face frontale amont du paquet et la paroi intérieure des tubes (212) est rincée pour dégager les impuretés,

- l'unité de filtrage du gaz installée dans le troisième segment de tube (3) est réalisée de la manière suivante :

\* une conduite issue de la paroi du segment de tube (3) passe à l'intérieur, pour se dévier suivant l'axe, traverser une partie (312) d'un couvercle de filtre (311, 312) amont et pénétrer dans la zone libre d'une installation de filtre, la zone d'extrémité de la conduite porte au moins une tête de pulvérisation (322) pour pulvériser la paroi intérieure de l'installation de filtre à partir de l'entrée de gaz,

\* le couvercle de filtre (311, 312) forme par assemblage, une cuvette annulaire dont l'ouverture est tournée vers le flux de gaz,

\* l'installation de filtre se compose d'une armature/boîtier/cage (323), autour de laquelle est déposé un matériau poreux formant filtre en au moins une couche,

\* un espace libre annulaire dans lequel arrive le gaz et dépose la totalité des impuretés résiduelles est formé entre la paroi intérieure du segment de tube (3) et la paroi extérieure du filtre (310),

\* l'installation de filtre repose avec son extrémité aval sur une console (314) annulaire fixée à la paroi du segment de tube (3), cette console formant également une cuvette pour récupérer une partie de l'eau pulvérisée (320) qui est amené par des ajutages dans la paroi du segment de tube (3),

\* l'installation de filtre (310, 323) y compris le couvercle (311, 312) est serrée entre la console (314) non tournée vers le flux et la console (313) tournée vers le flux.

## EP 1 404 453 B1

### 2. Installation d'épuration électrostatique de gaz comprenant dans le sens de passage du flux :

5 A) une unité/groupe de charge électrostatique installée dans un premier segment de tube (1) pour générer une décharge couronne, segment traversé par le gaz brut (4) chargé électriquement et formant un volume de charge d'espace pour l'épuration principale,

B) une unité dans un second segment de tube (2) relié au précédent, composée d'un groupe d'électrodes reliées à la masse pour une épuration supplémentaire, et

10 C) une unité dans un troisième segment de tube (3) relié au précédent pour filtrer le gaz traversant pour une purification résiduelle, installation dans laquelle

- l'unité de charge électrostatique montée dans le premier segment de tube (1) est réalisée de la manière suivante dans le sens de passage du flux :

15 \* un collecteur (110) est installé de manière annulaire le long de la paroi intérieure de la conduite de gaz pour collecter l'eau condensée provenant de la paroi intérieure de la conduite de gaz en amont,

\* une électrode reliée à la masse (111) occupe la section libre de la conduite de gaz, ayant des passages/buses réparties régulièrement dans la zone centrale de la section ou symétriquement en rotation par rapport à l'axe du segment de tube, étant parallèles à cet axe et ayant dans le sens de passage du flux un segment se rétrécissant en forme de cône puis un segment en anneau de cercle réuni de manière continue, prolongé également de manière continue par un segment s'élargissant en forme de cône,

20 \* une grille (112) mise à haute tension, maintenue par au moins trois passages (124) répartis régulièrement à la périphérie est installée parallèlement à l'électrode (111) mise à la masse en position centrée, sur les emplacements des noeuds de laquelle se dressent des électrodes pointues (113) réglables axialement dans la structure des perforations/buses dirigées parallèlement à l'axe de la conduite de gaz et dont les pointes (122) pénètrent en sens inverse à celui du flux, chacune dans une des parties (121) s'ouvrant en cône des perforations/buses et ensuite on a dans le segment de tube (1) un volume prédéterminés avec une paroi d'enveloppe métallique pour réaliser une charge d'espace d'où les impuretés chargées viennent se déposer sur cette paroi d'enveloppe,

25 - le groupe d'électrodes reliées à la masse (212) du second segment de tube (2) est construit de la manière suivante :

35 \* le groupe des électrodes reliées à la masse (212) se compose d'un faisceau de tubes (212) parallèle qui ne se touchent pas reposant sur un support/ grille perméable (211) relié à la masse et sont ancrés en place,

\* le support perméable relié à la masse évacue partiellement de l'eau provenant des tubes (212) par un ajutage (232) ou au moins deux ajutages (232) répartis également à la périphérie du segment de tube (2), et

40 \* l'épaisseur des parois  $d_{w9}$  des tubes (212), sous l'effet d'une même charge intérieure et extérieure, par rapport au diamètre ( $D_2$ ) dans la plage mince, est comprise dans la plage  $0,01 D_2 < d_{w6} < 0,1 D_2$ ,

\* la face frontale amont du groupe des électrodes reliées à la masse (212) est espacée de l'unité de charge d'une distance de 1,5 à 5 fois le diamètre ( $D$ ) des électrodes reliées à la terre (111),

45 \* en amont, avant le paquet de tubes (212) en faisceau, un tube issu de la paroi du tube pénètre dans le centre du segment de tube (2), son extrémité étant munie d'une tête de pulvérisation son axe de pulvérisation étant éloigné de l'axe du segment de tube (2) à cet endroit, en étant éloigné de la face frontale du groupe suivant des électrodes reliées à la masse (212), de sorte que le jet pulvérisé recouvre intégralement la face frontale amont du paquet et la paroi intérieure des tubes (212) est rincée pour dégager les impuretés,

50 - l'unité de filtrage du gaz installée dans le troisième segment de tube (3) est réalisée de la manière suivante :

55 \* une conduite issue de la paroi du segment de tube (3) passe à l'intérieur, pour se dévier suivant l'axe, traverser une partie (312) d'un couvercle de filtre (311, 312) amont et pénétrer dans la zone libre d'une installation de filtre, la zone d'extrémité de la conduite porte au moins une tête de pulvérisation (322) pour pulvériser la paroi intérieure de l'installation de filtre à partir de l'entrée de gaz,

\* le couvercle de filtre (311, 312) forme par assemblage, une cuvette annulaire dont l'ouverture est tournée vers le flux de gaz,

## EP 1 404 453 B1

\* l'installation de filtre se compose d'une armature/boitier/cage (323), autour de laquelle est déposé un matériau poreux formant filtre en au moins une couche,

\* un espace libre annulaire dans lequel arrive le gaz et dépose la totalité des impuretés résiduelles est formé entre la paroi intérieure du segment de tube (3) et la paroi extérieure du filtre (310),

\* l'installation de filtre repose avec son extrémité aval sur une console (314) annulaire fixée à la paroi du segment de tube (3), cette console formant également une cuvette pour récupérer une partie de l'eau pulvérisée (320) qui est amené par des ajutages dans la paroi du segment de tube (3),

\* l'installation de filtre (310, 323) y compris le couvercle (311, 312) est serrée entre la console (314) non tournée vers le flux et la console (313) tournée vers le flux.

3. Installation selon la revendication 1 ou 2,

**caractérisée en ce que**

la grille (112) mise à haute tension peut être ajusté par ses passages (124) dans son plan et perpendiculairement à celui-ci, les passages (124) pouvant être alimentés, chacun par du gaz de blocage (116) chaque fois par un ajutage de gaz (117), pour garantir la tenue de l'isolation.

4. Installation selon la revendication 3,

**caractérisée en ce que**

la grille est branchée par au moins un passage (124) à une source de haute tension.

5. Installation selon la revendication 4,

**caractérisée en ce que**

les tubes (212) sont en un matériau métallique ou non métallique et leurs surfaces sont agrandies à l'intérieur et à l'extérieur au-delà du paquet d'électrodes (122).

6. Installation selon la revendication 5,

**caractérisée en ce que**

les tubes sont des tubes à gaine ondulée.

7. Installation selon la revendication 5,

**caractérisée en ce que**

dans les chambres, les tubes reçoivent à l'extérieur, des rondelles emmanchées ayant une bonne conductibilité thermique.

8. Installation selon l'une des revendications 1 et 3 à 7,

**caractérisée en ce que**

dans les tubes (212) on installe à chaque fois un dispositif (229) pour dévier le flux qui contraint le flux de gaz à un mouvement hélicoïdal.

9. Installation selon l'une des revendications 1 et 3 à 8,

**caractérisée en ce que**

à partir de l'ajutage (217) de sortie d'un agent de refroidissement (216) réchauffé dans le paquet de tubes, une conduite est reliée à un réservoir de gaz de blocage.

10. Procédé d'épuration électrostatique de gaz à l'aide d'une installation selon l'une des revendications 1 à 9 comportant les étapes suivantes :

A) avant d'introduire le gaz dans l'installation, celui-ci est refroidi et saturé avec de la vapeur d'eau,

B) le flux de gaz (4) est conduit à un collecteur de condensat (110) à travers une plaque (111) reliée à la masse à travers des buses ayant chacune une pièce médiane étroite pour s'expanser ensuite dans une zone de sortie de buse s'ouvrant par une forme conique dans l'espace intermédiaire entre les électrodes constitué par la sortie de buse et la pointe de l'électrode à haute tension (122) venant en saillie dans celle-ci, dans laquelle par une décharge corona, les particules d'aérosol emportées dans le flux de gaz sont chargées électrostatiquement, ces particules replissant comme charge d'espace, le volume en aval de l'électrode (112) mise à haute tension et à partir de ce volume, principalement par répulsion électrostatique, les particules charge de même signe et par leur agitation thermique sont neutralisées et déposées sur l'enveloppe des paroi intérieure (2) reliées à la masse rendues électroconductrices par humidification,

C) conduire ensuite le flux de gaz à travers un paquet de tubes creux (212) mis au potentiel de la masse, se

## EP 1 404 453 B1

trouvant sur un support/grille (211), lui-même mis à la masse sur la paroi intérieure desquels se déposent les particules restantes, chargées électriquement,

5 \* le paquet de tubes (212) formant un système de chambre traversé par un agent de refroidissement (214/216) qui absorbe la chaleur des tubes (212) à partir de leur paroi extérieure, chambres constituées par un disque, à chaque face frontale, au moins un disque d'appuis intermédiaire et la paroi d'appui du segment de tube (2),

10 \* ensuite on conduit le flux de gaz, dans la zone annulaire entre un dispositif de filtre (310/323) tubulaire et la paroi du segment de tube (3) et le passage du flux de gaz à travers le filtre formé d'un matériau poreux (310),

15 \* les particules restant encore dans le flux de gaz sont finalement intégralement déposées sur le matériau poreux pour être évacuées par rinçage par une pulvérisation périodique ou en continu sur la paroi intérieure du filtre par des têtes de pulvérisation (322), par une cuvette annulaire (314), dans laquelle se trouve le filtre, collecté et évacué par un ajutage (317) relié à celle-ci, pour finalement délivrer le gaz (5) purifié et électriquement neutre par l'ouverture centrale de fond du filtre dans l'environnement en aval.

20

25

30

35

40

45

50

55

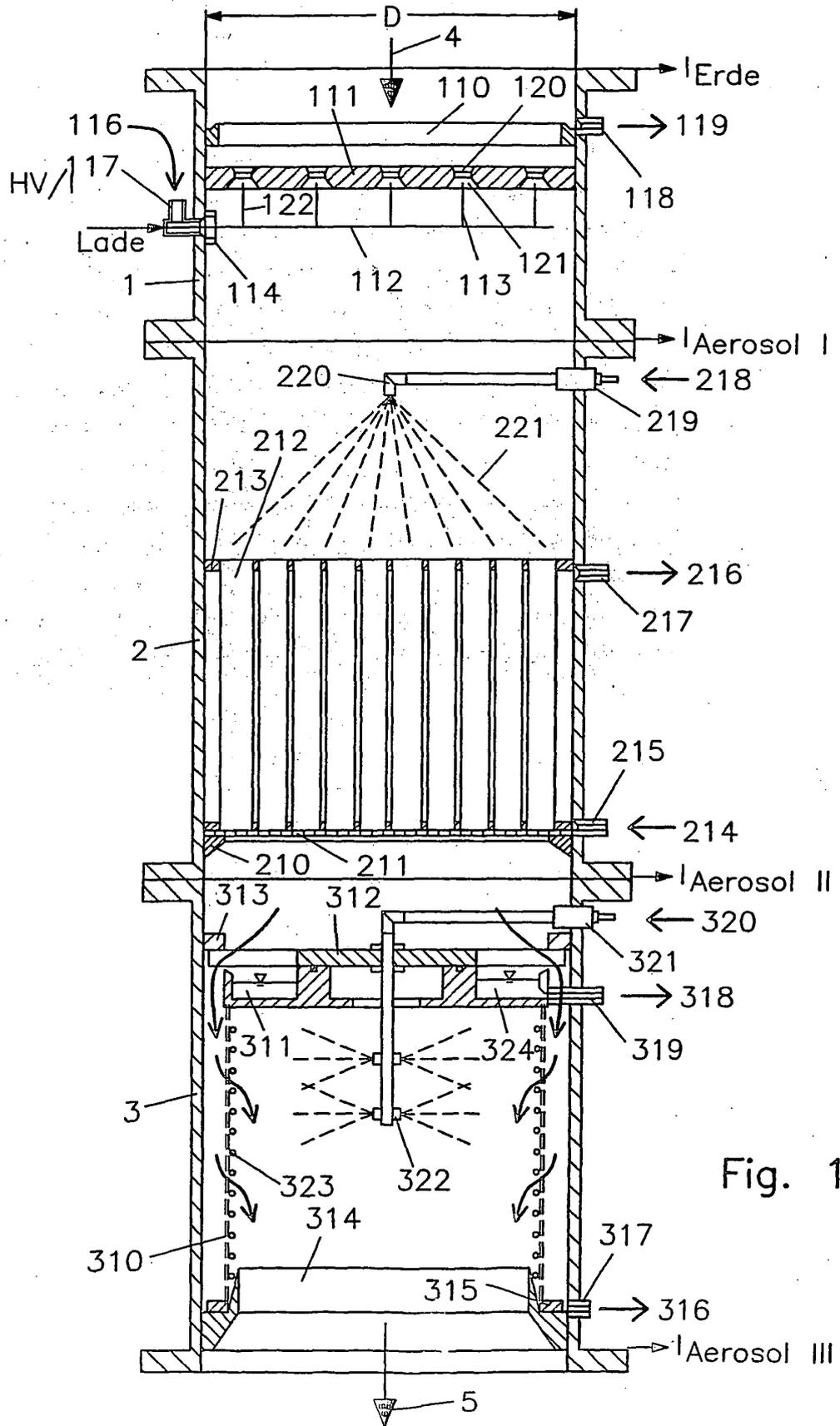


Fig. 1

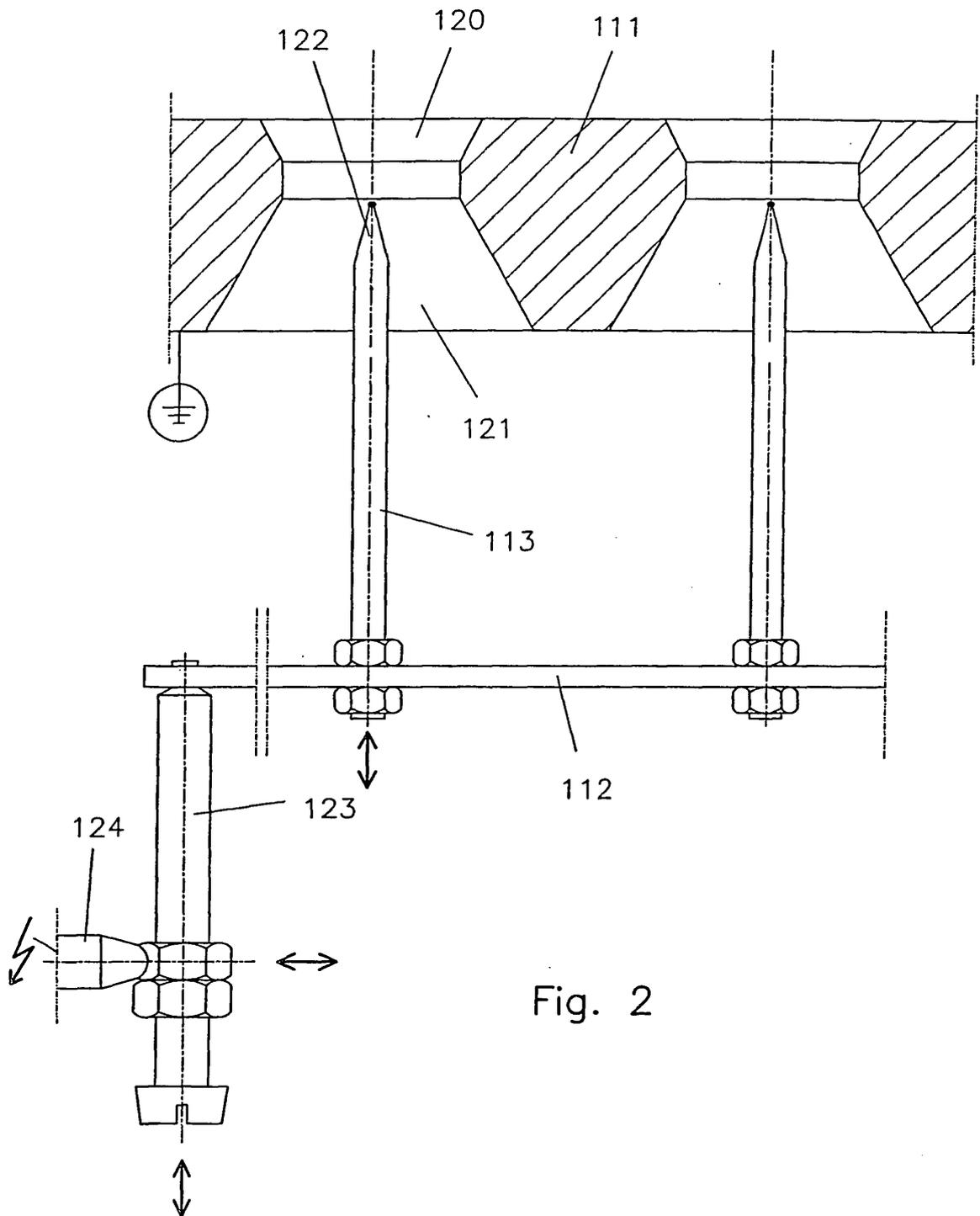


Fig. 2

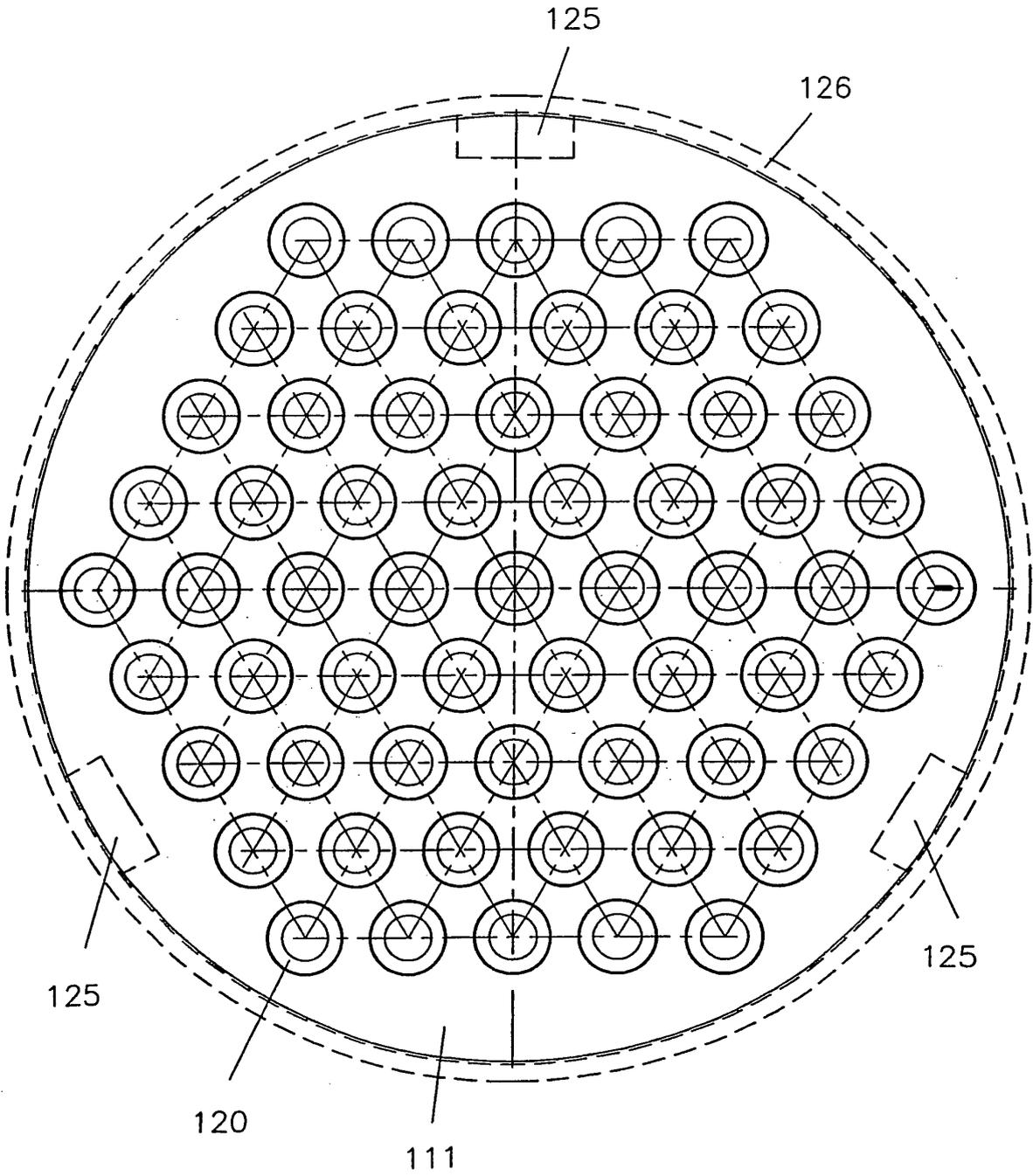


Fig. 3

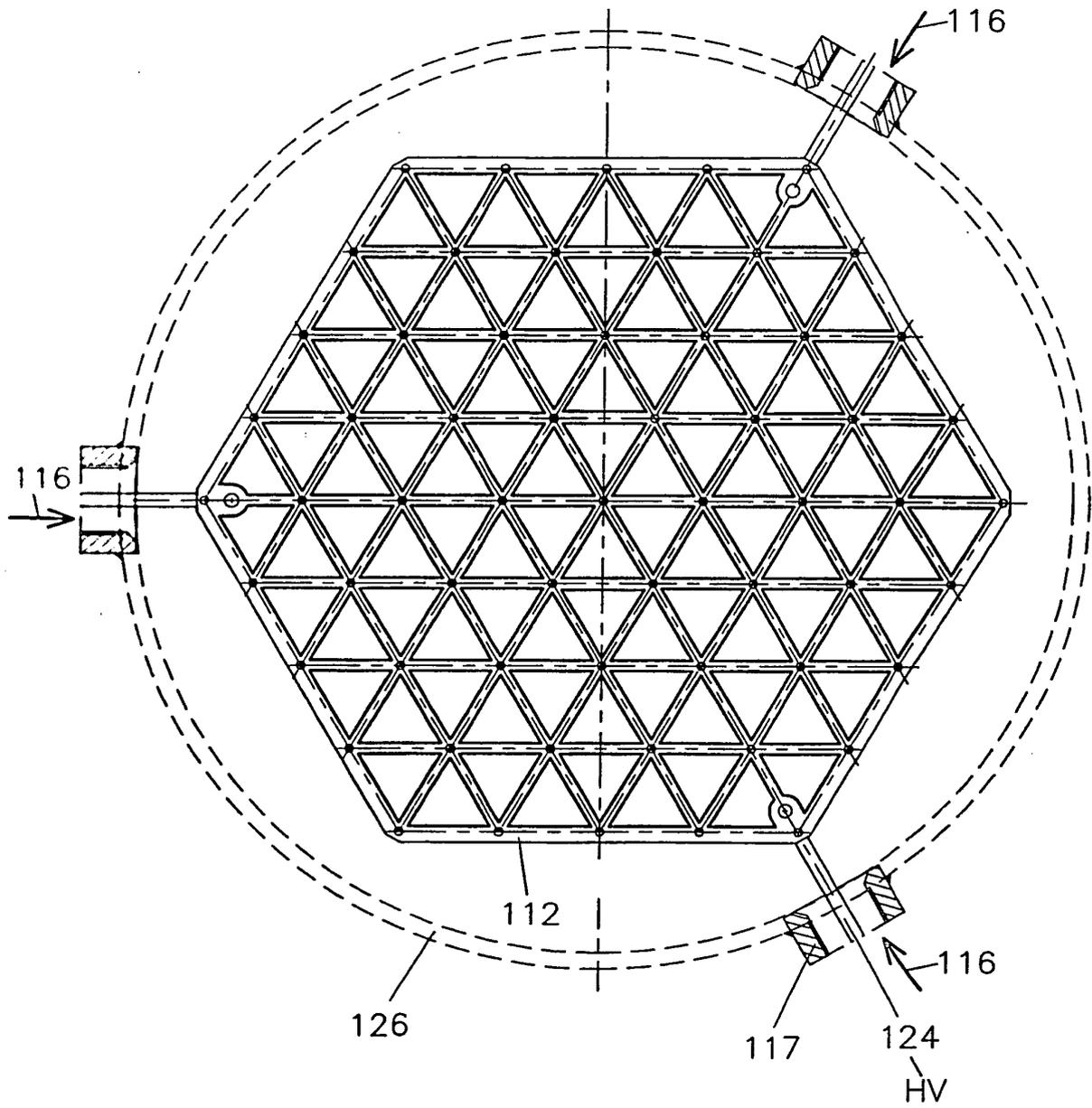


Fig. 4

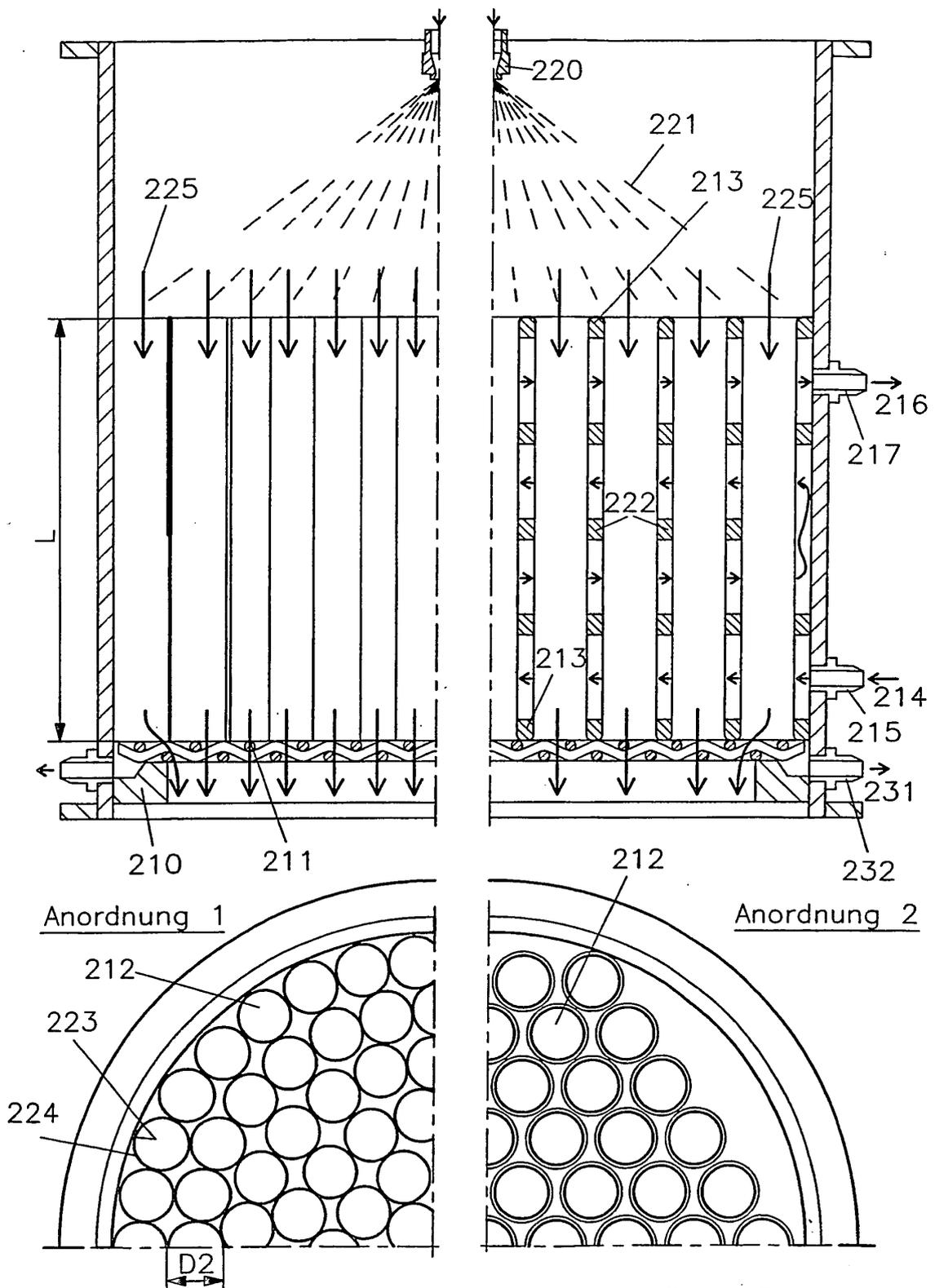


Fig. 5

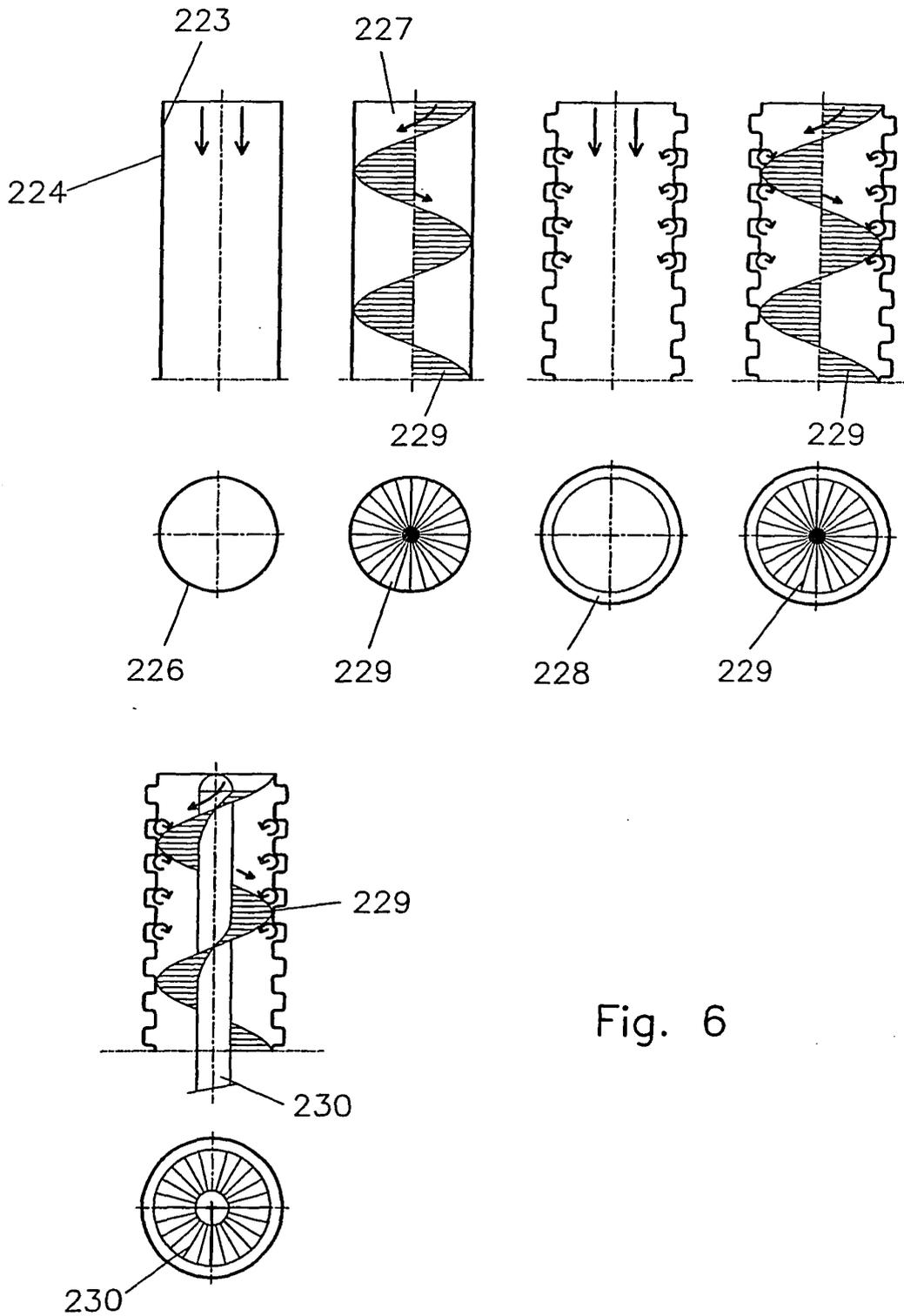


Fig. 6

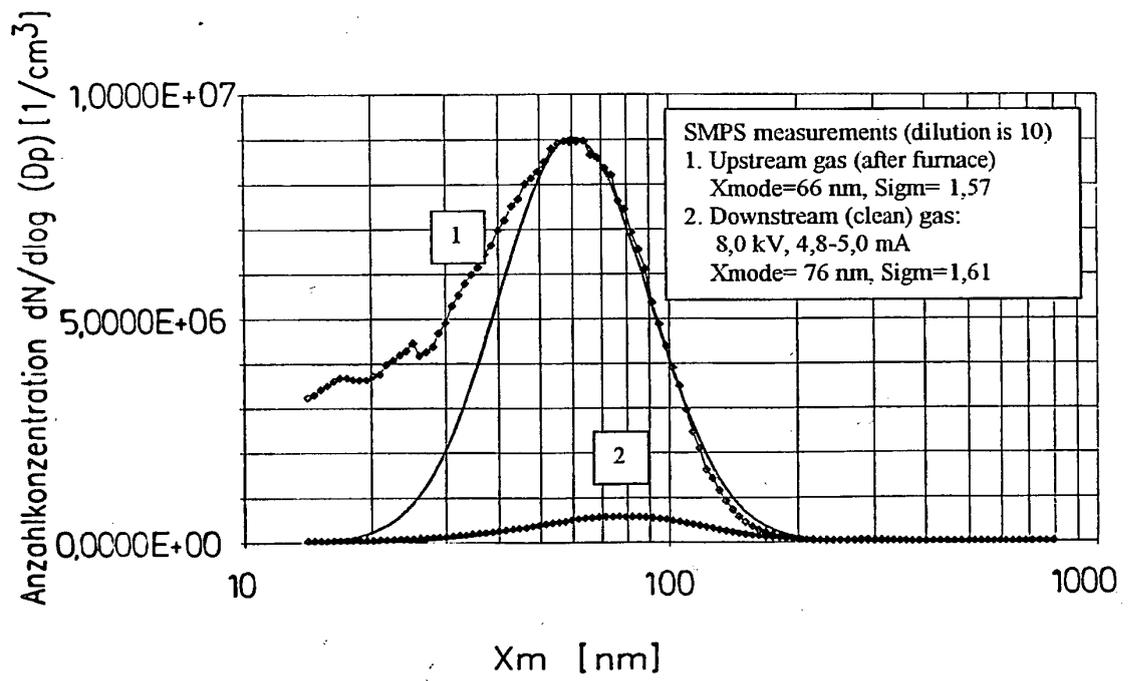


Fig. 7

**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**

- US 4029482 A [0004]
- US 3999964 A [0004]
- US 4222748 A [0005]
- FR 2483259 [0005]
- DE 2235531 [0005]
- CA 2001990 [0005]