



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.09.2016 Patentblatt 2016/37

(51) Int Cl.:
B03C 3/74 (2006.01) **B03C 3/76 (2006.01)**
B03C 3/49 (2006.01) **B03C 3/41 (2006.01)**
B03C 3/60 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16159164.9**

(22) Anmeldetag: **08.03.2016**

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

(72) Erfinder:
• **Böhringer, Dirk**
82256 Fürstenfeldbruck (DE)
• **Pabst, Manfred**
56329 St. Goar (DE)
• **Ebel, Matthias**
80796 München (DE)
• **Volz, Florian**
82284 Grafrath (DE)

(30) Priorität: **09.03.2015 DE 102015204168**

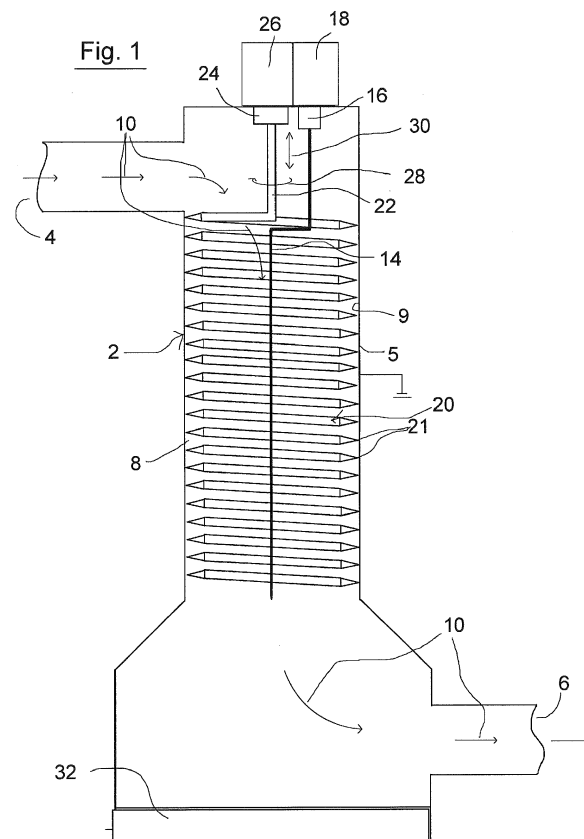
(71) Anmelder: **Kutzner + Weber GmbH**
82216 Maisach (DE)

(74) Vertreter: **Weickmann & Weickmann PartmbB**
Postfach 860 820
81635 München (DE)

(54) **ELEKTROSTATISCHE PARTIKELABSCHIEDEVORRICHTUNG**

(57) Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung zur Gasreinigung, insbesondere Rauchgasreinigung, umfassend

- ein Gehäuse (2) mit einem Gaseinlass (4) und einem Gasauslass (6) sowie einem von einer elektrisch leitfähigen Wandung (9) begrenzten Elektrofiltergaskanal (8) zwischen dem Gaseinlass (4) und dem Gasauslass (6),
- eine elektrische Hochspannungselektrode (14), die in dem Elektrofiltergaskanal (8) angeordnet ist, wobei die Hochspannungselektrode (14) und die elektrisch leitfähige Wandung (9) als gegensätzliche Elektroden eines Elektrodenpaares betreibbar sind, um ein elektrisches Feld in dem Elektrofiltergaskanal (8) zu erzeugen, und
- eine Reinigungsvorrichtung (20, 22, 24; 22, 46) zur Reinigung der Wandung des Elektrofiltergaskanals, wobei die Reinigungsvorrichtung (20, 22, 24; 22, 46) ein in dem Elektrofiltergaskanal (8) bewegbar gelagert aufgenommenes und an der Wandung (9) kontaktierend anliegendes Reibungselement (20) umfasst, welches zur Ausführung von Reibungsbewegungen an der Wandung (9) antreibbar ist, um Ablagerungen von der Wandung (9) abzulösen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung zur Gasreinigung, insbesondere Rauchgasreinigung, umfassend

- ein Gehäuse mit einem Gaseinlass und einem Gasauslass sowie einem von einer elektrisch leitfähigen Wandung begrenzten Elektrofiltergaskanal zwischen dem Gaseinlass und dem Gasauslass;
- eine elektrische Hochspannungselektrode, die in dem Elektrofiltergaskanal angeordnet ist, wobei die Hochspannungselektrode und die elektrisch leitfähige Wandung als gegensätzliche Elektroden eines Elektrodenpaares betreibbar sind, um ein elektrisches Feld in dem Elektrofiltergaskanal zu erzeugen, und
- eine Reinigungsvorrichtung zur Reinigung der Wandung des Elektrofiltergaskanals.

[0002] Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtungen zur Gasreinigung und insbesondere auch zur Rauchgasreinigung sind in diversen Ausgestaltungen bekannt. Sie werden auch als Elektrofilter bezeichnet. Die vorliegende Erfindung befasst sich mit einem solchen Elektrofilter für Feuerungsanlagen und insbesondere für sogenannte Kleinf Feuerungsanlagen, wie etwa Zimmeröfen, Kochherde, Kachelöfen oder Heizkessel, die mit Biomasse wie Holz, Pellets oder Hackschnitzel befeuert werden, wobei der Elektrofilter in den Rauchgaskanal, d.h. in den Schornstein oder einer Schornsteinzuleitung des betreffenden Ofens zu integrieren ist. Das Rauchgas solcher Feuerungsanlagen enthält Feinstäube und Schadstoff-Mikropartikel, die nicht in die Atmosphäre gelangen sollten. Um solche Feinpartikel aus dem Rauchgas herauszufiltern werden elektrostatische Partikelabscheidevorrichtungen der oben genannten Art verwendet. Ein Beispiel einer solchen elektrostatischen Partikelabscheidevorrichtung ist in der EP 1 193 445 B1 beschrieben. Sie funktionieren mit einer oft auch als Sprühelektrode bezeichneten Hochspannungselektrode, die z.B. stabförmig ausgebildet ist und sich der Länge nach in einen rohrförmigen Abschnitt des betreffenden Gas leitenden Kanals erstreckt, dessen Rohrwand gegenüber der Sprühelektrode elektrisch isoliert ist und als Gegenelektrode zu der Sprühelektrode bei entsprechender elektrischer Spannungsbeaufschlagung wirkt. Die Gegenelektrode wird häufig auch als Niederschlagselektrode bezeichnet, da sich die im elektrischen Feld der beiden Elektroden aufgeladenen und bewegten Feinstaubpartikel an der Niederschlagselektrode ansammeln und ablagern. Bei der Ansammlung der Partikel an der Niederschlagselektrode bilden sich Staubpartikelcluster innen an der Rohrwand des den Elektrofiltergaskanal bildenden rohrförmigen Kanalabschnitts und formen eine oft teils verkrustete Staubschicht. Die Staubschicht kann mit zunehmender Schichtdicke die Effizienz des Elektrofilters herabsetzen. Dies erfordert eine gelegentliche Rei-

nigung der Wandung des Elektrofiltergaskanals. Auch die Sprühelektrode bedarf der gelegentlichen Reinigung und Entfernung von Ablagerungen.

[0003] Die Abreinigung der Sprühelektrode und der als Niederschlagselektrode wirkenden Rohrwand des Elektrofiltergaskanals erfolgte bisher oft manuell im Sinne der Tätigkeit eines Kaminkehrers mittels handbetätigter Bürsten. Auch der Einsatz von flüssigen Reinigungsmitteln für die Reinigung des Elektrofiltergaskanals ist bekannt. Solche Reinigungsvorgänge sind aufwändig und hinterlassen im Falle der Verwendung von flüssigen Reinigungsmitteln speziell zu entsorgende Schmutzflüssigkeit.

[0004] Partikelabscheidevorrichtungen der hier betrachteten Art kommen nicht nur zur Rauchgasfilterung in Frage sondern können ganz allgemein zur Filtration von staubbelasteten Gasen eingesetzt werden.

[0005] Aus der DE 10 2009 044 152 A1 ist eine Partikelabscheidevorrichtung bekannt, bei der ein schraubenartiger Abstreifer in dem Elektrofiltergaskanal beabstandet zu einer Rohrwand eines Gas leitenden Kanals angeordnet ist, dessen beiden Enden fixiert sind und der zu Rotationsbewegungen angetrieben werden kann. Aufgrund der Beabstandung und mangelnden Beweglichkeit ist das Reinigungsergebnis aber unzureichend. Ferner ist ein Vibrationselement zur Anregung der Rohrwand in ihrer Resonanzfrequenz beschrieben. Dies verbessert das Reinigungsergebnis nur bei konstanter Resonanzfrequenz, denn bei Ablagerung von Schmutz, Verformungen aufgrund von Temperaturänderungen und durch Alterung allgemein verändert sich diese Resonanzfrequenz, woraufhin die Reinigung mittels des Vibrationselements verschlechtert ist.

[0006] Aus der DE 32 44 397 A1 ist ein elektrostatischer Staubabscheider bekannt, bei dem in einem Gas leitenden Kanal mehrere rohrförmige Niederschlagselektroden mit einseitiger Aufhängung angeordnet sind, wobei das andere Ende in einer Führungsplatte geführt ist. In den röhrenförmigen Niederschlagselektroden sind beidseitig an plattenförmigen Trägern befestigte Sprühelektroden angeordnet. Dabei können die Träger und die Führungsplatten zu Bewegungen bzw. Schwingungen zum Zwecke der Entstaubung von Sprüh- und Niederschlagselektroden angeregt werden. Nachteilig ist hierbei neben der komplexen Konstruktion das Fehlen einer mechanischen Reibung. Diese würde aber die Komplexität zusätzlich erheblich erhöhen. Ferner ist die gezeigte indirekte Schwingungsanregung hinsichtlich einer Resonanzfrequenz der einzelnen Sprüh- und Niederschlagselektroden, die aufgrund unterschiedlicher Alterung und Verschmutzung verschieden sein kann, viel zu ungenau. Insbesondere kann eine indirekte Schwingungsanregung, die grundsätzlich mehrere Sprüh- bzw. Niederschlagselektroden gleichzeitig anregt, gar nicht die Resonanzfrequenz aller Elektroden anregen, wenn diese sich aufgrund von Alterung und Verschmutzung in ihrer Resonanzfrequenz unterscheiden. Damit ist insgesamt die Reinigung unzureichend.

[0007] Aus der WO 2012/048794 A1 ist ein elektrostatischer Abscheider bekannt, bei dem das Rauchgas ionisiert in eine rohrförmige Kollektorstufe eintritt, bei der die Rohrwand auf einem entsprechenden Potential gehalten wird, um ionisierte Teilchen des Rauchgases anzuziehen und elektrisch zu neutralisieren. Eine die Rohrwand kontaktierende und auf dem gleichen Spannungsniveau gehaltene spiralförmige Bürstenvorrichtung bewirkt durch Rotationsbewegung eine Abschabung der an der Rohrrinnenwand abgelagerten Partikel. Nachteilig ist bei einem solch elektrostatischen Abscheider die vergleichsweise schlechte Reinigungswirkung mittels der Ionisierung des Rauchgases.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, eine elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung der eingangs genannten Art mit einfachen Mitteln dahingehend zu verbessern, dass sie eine Selbstreinigungsfunktion aufweist.

[0009] Zur Lösung dieser Aufgabe wird eine elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 vorgeschlagen, nämlich eine elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung zur Gasreinigung, insbesondere Rauchgasreinigung, umfassend

- ein Gehäuse mit einem Gaseinlass und einem Gasauslass sowie einem von einer elektrisch leitfähigen Wandung begrenzten Elektrofiltergaskanal zwischen dem Gaseinlass und dem Gasauslass,
- eine längliche elektrische Hochspannungselektrode, die in dem Elektrofiltergaskanal angeordnet ist, wobei die Hochspannungselektrode und die elektrisch leitfähige Wandung als gegensätzliche Elektroden eines Elektrodenpaares betreibbar sind, um ein elektrisches Feld in dem Elektrofiltergaskanal zu erzeugen, und
- eine Reinigungsvorrichtung zur Reinigung der Wandung des Elektrofiltergaskanals, wobei die Reinigungsvorrichtung ein in dem Elektrofiltergaskanal bewegbar gelagert aufgenommenes und an der Wandung kontaktierend anliegendes Reibungselement umfasst, welches zur Ausführung von Reibungsbewegungen an der Wandung antreibbar ist, um Ablagerungen von der Wandung abzulösen.

[0010] Das Reibungselement verbleibt normalerweise ständig, und zwar auch während des normalen Gasfilterbetriebes der Partikelabscheidevorrichtung in dem Elektrofiltergaskanal. Der Elektrofiltergaskanal ist ein vorzugsweise geradliniger Abschnitt in dem gasleitenden System zwischen Gaseinlass und Gasauslass.

[0011] Die Begriffe "anliegend" bzw. "kontaktierend" sind hier insbesondere so zu verstehen, dass entsprechende Elemente wie Reibungselement und Wandung nicht beabstandet zueinander angeordnet sind, sondern sich wenigstens stellenweise berühren, so dass bei relativer Bewegung zueinander eine Reibungskraft wirkt bzw. eine Reibung stattfindet.

[0012] Eine für die Bewegung des Reibungselementes

nutzbare Antriebsvorrichtung ist z.B. mittels einer Steuereinrichtung der Partikelabscheidevorrichtung steuerbar. So kann es vorgesehen sein, dass die Antriebsvorrichtung regelmäßig nach Ablauf eines bestimmten Zeitintervalls aktiviert wird, um das Reibungselement zu bewegen und somit einen Trockenreinigungsprozess durchzuführen. Dieser folgt vorzugsweise während kurzer Pausen des normalen Filterbetriebs unter Unterbrechung des Gasstromes. Denkbar ist jedoch auch ein solcher Reinigungsvorgang während des normalen Filterbetriebs, wenn Vorsorge getroffen wird, dass abgereinigte Staubteilchen nicht in nennenswertem Umfang wieder in den Gasstrom gelangen. Die bei dem Trockenreinigungsprozess anfallenden Staubpartikelcluster werden vorzugsweise in einem Auffangbehälter unterhalb des Elektrofiltergaskanals aufgefangen und schließlich entsorgt.

[0013] Eine Steuereinrichtung der elektrostatischen Partikelabscheidevorrichtung sorgt auch für die korrekte Spannungsversorgung der Sprühelektrode und der Gegenelektrode, wobei die Gegenelektrode (Wandung des Elektrofiltergaskanals) normalerweise elektrisch an Masse angeschlossen, also geerdet ist. Üblicherweise wird die Partikelabscheidevorrichtung mit Spannungen von mehreren 10 kV zwischen den Elektroden betrieben.

[0014] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der Partikelabscheidevorrichtung hat einen Elektrofiltergaskanal mit einer vorzugsweise zylindrischen Rohrwandung, wobei das Reibungselement Helixform aufweist und mit seinen Helixwindungen innen an der zylindrischen Wandung anliegt. Der Elektrofiltergaskanal kann somit von einem zylindrischen Metallrohr gebildet sein, in dem eine schraubenlinienförmige oder schneckenlinienförmige Struktur als Reibungselement aufgenommen ist, welches mit einem inneren leeren Freiraum so gestaltet ist, dass es einen zentralen Bereich des Elektrofiltergaskanals für die Gasdurchleitung frei hält. Vorzugsweise ist das Reibungselement aus einem Metall, insbesondere federndem Metall, z.B. Federstahl gebildet.

[0015] Gemäß einer Variante der Erfindung ist das helixförmige Reibungselement zur Drehung um seine Helixachse mittels der Antriebsvorrichtung antreibbar, so dass möglichst alle Helixwindungen bei der Drehbewegung an der Innenfläche der zylindrischen Rohrwandung reiben und dabei Staubablagerungen von dieser Innenfläche abkratzen.

[0016] Gemäß einer weiteren Variante der Erfindung ist das Reibungselement eine Feder, die in dem Elektrofiltergaskanal zu Schwingungen anregbar ist, um Ablagerungen von der Wand abzulösen. Auch für eine solche Ausführungsform ist eine helixförmige Struktur der vorstehend genannten Art vorteilhaft. Sie bildet dann eine Schraubenfeder, die im Elektrofiltergaskanal Feder-schwingungen ausführen kann, um dabei an der Innenfläche der zylindrischen Rohrwandung zu reiben und dabei Staubablagerungen von dieser Innenfläche abzukratzen. Die freigekehrten Staubablagerungen sind aufzufangen und zu entsorgen. Aufgrund ihrer größeren Mas-

se sind die clusterartigen freigekehrten Staubablagerungen leichter mechanisch aufzufangen und an einer Freisetzung in der Atmosphäre zu hindern als die ursprünglich an der Niederschlagselektrode abgeschiedenen Mikroteilchen, aus denen sie gebildet sind. Besonders effizient hinsichtlich der Reibungswirkung ist eine Variante der letztgenannten Ausführungsform, bei der die Schraubenfeder gleichzeitig zu Längsschwingungen und zur Drehung um ihre Längsachse anregbar ist.

[0017] Das Reibungselement kann an seiner die Wandung des Elektrofiltergaskanals berührenden Seite scharfkantig ausgebildet sein, um die Abkratzwirkung zu vergrößern. Auch kann das Reibungselement an seiner die Wandung berührenden Seite zu diesem Zweck eine Bürstenstruktur aufweisen.

[0018] Ferner weist das Reibungselement bevorzugt ein oberes fixiertes Ende und ein unteres nicht fixiertes und insbesondere freies Ende auf. Damit ist das Reibungselement selbst zu Schwingungen in der Lage.

[0019] Gegenstand der Erfindung ist ferner eine elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 6, nämlich eine elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung zur Gasreinigung, insbesondere Rauchgasreinigung, umfassend

- ein Gehäuse mit einem Gaseinlass und einem Gasauslass sowie einem von einer elektrisch leitfähigen Wandung begrenzten Elektrofiltergaskanal zwischen dem Gaseinlass und dem Auslass,
- eine längliche elektrische Hochspannungselektrode, die in dem Elektrofiltergaskanal angeordnet ist, wobei die Hochspannungselektrode und die elektrisch leitfähige Wandung als gegensätzliche Elektroden eines Elektrodenpaares betreibbar sind, um ein elektrisches Feld in dem Elektrofiltergaskanal zu erzeugen, wobei die Wandung des Elektrofiltergaskanals schwingungsfähig ausgebildet ist und wenigstens ein mit der Wandung gekoppelter Schwingungserzeuger vorgesehen und zur Anregung von Schwingungsbewegungen der Wandung aktivierbar ist, um Ablagerungen von der Wandung abzulösen.

[0020] Der Schwingungserzeuger weist dabei einen durchstimmbaren Frequenzbereich auf und kann in eine Regelung eingebunden sein, die dafür sorgt, dass der Schwingungserzeuger Frequenzen durchscant und sich dabei auf Eigenfrequenzen der Wandung einstellt oder diese insbesondere periodisch überstreicht. Ein Schwingungssensor kann dabei zur Messung der Schwingungen vorgesehen sein. Schwingungserzeuger und Schwingungssensor sind Teil der Regelung und können mit einer gemeinsamen Steuereinrichtung in Verbindung stehen.

[0021] Diese weitere erfindungsgemäße Lösung benötigt kein separates Reibungselement im Inneren des Elektrofiltergaskanals, wenngleich auch eine Kombinationslösung denkbar wäre, bei welcher die Wandung zu Schwingungen anregbar ist und zusätzlich ein daran rei-

bendes Reibungselement der oben erläuterten Art in dem Elektrofiltergaskanal vorgesehen ist.

[0022] Eine mögliche Ausführungsform der Partikelabscheidevorrichtung nach Anspruch 6 könnte darin bestehen, dass der Elektrofiltergaskanal aus einem vergleichsweise dünnen Rohr gebildet ist, welches zu Schwingungsbewegungen versetzbar ist. Eine spezielle Form eines Elektrofiltergaskanals bildendes Vibrationsrohr könnte auch als schwingungsfähiger, elektrisch leitfähiger Einsatz in einer ansonsten stabileren Rohrleitungskonstruktion angeordnet sein, und zwar dort, wo sich die Hochspannungselektrode in der Rohrleitungskonstruktion erstreckt. Dabei könnte das Vibrationsrohr auch aus einzelnen schwingungsfähigen Platten gebildet sein, die nicht starr miteinander verbunden sind. Das den vibrationsfähigen, elektrisch leitfähigen Einsatz umgebende stabilere Außenrohr könnte gemäß einer Variante z.B. aus einem elektrisch isolierenden Material gebildet sein.

[0023] Als Schwingungserzeuger kommen vorzugsweise Membranschwinger, z.B. Lautsprecher, Piezoschwingungserreger, elektrodynamische Schwingungserreger, elektromagnetische Schwingungserreger, mechanische Unwuchtschwingungserreger oder/und Stoßerzeuger in Frage, die mit dem vibrationsfähigen Elektrofiltergaskanal zu dessen Schwingungserregung in Wirk-Verbindung stehen. Je nach Auswahl und Ankopplung des oder der Schwingungserreger an dem Elektrofiltergaskanal und der Geometrie sowie des Materials der Wandung können eine oder mehrere Schwingungsmoden angeregt werden, z.B. Längsschwingungen, Biegeschwingungen, Torsionsschwingungen usw.. Vorzugsweise ist die Anordnung so abgestimmt, dass Eigenfrequenzen des Elektrofiltergaskanals bzw. von dessen Wandung angeregt werden, dieser also in Resonanz versetzt wird, um aufgrund der dabei auftretenden Bewegungen der Wandung daran haftende Staubpartikelcluster abzuschütteln.

[0024] Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung sowohl was den Erfindungsaspekt gemäß Anspruch 1 als auch was den Erfindungsaspekt gemäß Anspruch 6 anbelangt, ist es vorgesehen, dass auch die Hochspannungselektrode zu Schwingungen anregbar ist, um etwaige Ablagerungen davon abzulösen. Die Hochspannungselektrode ist vorzugsweise stabförmig und kann z.B. eine Sägezahn-Stabelektrode sein. Gemäß einer Variante ist die Hochspannungselektrode aus Federstahl. Gemäß einer anderen Ausführungsform der Erfindung ist die Hochspannungselektrode als Bimetallelektrode ausgebildet, die sich mit wechselnden Temperaturen verformt, um bei diesen Verformungsbewegungen etwaige Anhaftungen abzulösen.

[0025] Vorzugsweise ist der Elektrofiltergaskanal vertikal angeordnet und nach unten hin zu einem normalerweise nach außen abgeschlossenen Staubauffangbehälter offen, wobei am unteren Ende des Elektrofiltergaskanals oberhalb des Staubauffangbehälters ein Gasleitungsabschnitt von dem Elektrofiltergaskanal weg führt.

Abgereinigte Staubpartikelcluster können dann in den Staubauffangbehälter nach unten rieseln. Das gereinigte Gas kann durch den Gasleitungsabschnitt oberhalb des Staubauffangbehälters abströmen. Vorzugsweise ist die Anordnung so getroffen, dass der Elektrofiltergaskanal von oben nach unten von dem zu reinigenden Gas durchströmt wird.

[0026] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt in einer schematischen Längsschnittdarstellung ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einer sowohl um ihre Längsachse drehbare als auch zu Federschwingungen, insbesondere Längsschwingungen anregbare Schraubenfeder im Elektrofiltergaskanal.

Fig. 2 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer schematischen Längsschnittdarstellung mit einer zu Federschwingungen anregbaren Schraubenfeder im Elektrofiltergaskanal.

Fig. 3 zeigt in einer schematischen Längsschnittdarstellung ein Ausführungsbeispiel der Erfindung mit einem selbst zu Schwingungen anregbaren Elektrofiltereinsatz und daran angekoppelten Schwingungserzeugern.

Fig. 4 zeigt in einer schematischen Längsschnittdarstellung eine Variante des Ausführungsbeispiels aus Fig. 3.

Fig. 5 zeigt in einer schematischen Längsdarstellung eine Variante des Ausführungsbeispiels aus Fig. 1.

[0027] Die verschiedenen Ausführungsbeispiele weisen Ähnlichkeiten und zum Teil gleiche Komponenten auf. Komponenten, die wirkungsmäßig einander entsprechen, sind in den verschiedenen Ausführungsbeispielen mit korrespondierend gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet, so dass sie nicht wiederholt ausführlich beschrieben werden müssen. Insoweit kann zum Verständnis dieser Komponenten jeweils auf die Beschreibung vorausgehend erläuterter Ausführungsbeispiele zurückgegriffen werden.

[0028] Die zur Rauchgasreinigung vorgesehene elektrostatische Partikelabscheide - vorrichtung gemäß Fig. 1 weist ein Metallgehäuse 2 mit einem Gaseinlass 4 und einem Gasauslass 6 auf. Zwischen dem Gaseinlass 4 und dem Gasauslass 6 ist ein im Beispielsfall von dem Gehäuse 2 unmittelbar gebildeter Leitungsabschnitt 5 in Form eines hohlzylindrischen Rohres mit einer Wandung 9 vorgesehen, welcher als Elektrofiltergaskanal 8 dient.

[0029] Die Partikelabscheidevorrichtung ist in einen Rauchgaszug vorzugsweise so zu integrieren, dass das

Rauchgas in den Gaseinlass 4 eintritt und nach Durchströmen des Elektrofiltergaskanals 8 am Gasauslass 6 gereinigt abströmt. Strömungspfeile 10 deuten den Gasströmungsweg an. Die Wandung 9 des als Elektrofiltergaskanal 8 dienenden Leitungsabschnitts 5 ist elektrisch leitend und im Beispielsfall an Massepotenzial angeschlossen. In dem geradlinigen Elektrofiltergaskanal 8 erstreckt sich zentral und im wesentlichen koaxial dazu eine stabförmige Hochspannungselektrode 14, die über eine als Elektrodenhalterung dienende Isolatordurchführung 16 mit einer externen elektrischen Hochspannungsversorgung 18 verbunden ist.

[0030] Im normalen Filterbetrieb der Partikelabscheidevorrichtung wird in an sich bekannter Weise eine elektrische Hochspannung an die Hochspannungselektrode 14 gegenüber der auf Massepotenzial liegenden Wandung 9 des Elektrofiltergaskanals 8 angelegt. Feine Staubpartikel in dem zu reinigenden Rauchgas werden in dem elektrischen Feld zwischen der als Sprühelektrode wirksamen Hochspannungselektrode 14 und der als Niederschlagselektrode wirksamen Wandung 9 elektrisch aufgeladen, so dass sie sich zu der Wandung 9 bewegen und dort ablagern. Dabei kommt es üblicherweise zur Bildung von Staubpartikelclustern und einer daraus gebildeten Staubschicht an der Wandung 9. Diese Staubschicht kann die Wirksamkeit der Partikelabscheidevorrichtung herabsetzen und ist daher von Zeit zu Zeit zu entfernen. Die vorliegende Erfindung bietet Möglichkeiten der quasi automatischen Reinigung der Wandung 9 des Elektrofiltergaskanals 8. Die dabei zur Anwendung kommenden Reinigungsprinzipien können bei entsprechender Anpassung auch auf andere Leitungsabschnitte übertragen werden. Vorzugsweise erfolgt ein solcher Reinigungsvorgang während Betriebspausen der Partikelabscheidevorrichtung, wenngleich in bestimmten Anwendungsfällen die Reinigung der Wandung 9 mittels des Reibungselementes 20 auch während des normalen Filterbetriebes der Partikelabscheidevorrichtung denkbar ist.

[0031] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 ist in dem Elektrofiltergaskanal 8 ein Reibungselement 20 in Gestalt einer Helix angeordnet, welches sich im Wesentlichen über die gesamte Länge des Elektrofiltergaskanals 8 erstreckt und mit ihren Helixwindungen an der Wandung 9 des Elektrofiltergaskanals 8 innen eng anliegt, wobei das Reibungselement 20 elektrisch gegenüber der Hochspannungselektrode 14 isoliert ist und beispielsweise an Massepotenzial liegen kann. Das Reibungselement 20 ist im Beispielsfall eine möglichst wenig Platz in dem Elektrofiltergaskanal einnehmende Schraubenfeder z.B. aus einem Federstahl, die an dem koaxial zu dem Reibungselement 20 und dem Elektrofiltergaskanal 8 angeordneten Haltestab 22 hängt und über diesen mit einer Antriebsvorrichtung 24 verbunden ist. Die Antriebsvorrichtung 24 ist mittels einer Steuervorrichtung 26 dazu aktivierbar, den Haltestab 22 um dessen Längsachse zu drehen, wie dies durch den Pfeil 28 angedeutet ist. Bei dieser Drehung wird auch die als Rei-

bungselement 20 dienende Schraubenfeder um ihre Längsachse gedreht, wobei sie mit ihren Helixwindungen 21 innen an der Wandung 9 reibt, um etwaige Staubablagerungen an der Wandung 9 abzukratzen. Die Helixwindungen 21 sind hierzu vorzugsweise scharfkantig an ihren äußeren Rändern ausgebildet. Bei diesen Reibungsvorgängen kommt es auch zu überlagerten Bewegungsmustern innerhalb der Schraubenfeder 20, wodurch Ablagerungen auch von der Schraubenfeder 20 abgeschüttelt werden.

[0032] Gemäß einer speziellen Ausgestaltung des Ausführungsbeispiels nach Fig. 1 kann es vorgesehen sein, dass die Antriebsvorrichtung 24 zusätzlich zu der Drehbewegung der Schraubenfeder 20 auch eine Schwingungsbewegung der Schraubenfeder 20 auslösen kann, z.B. durch eine Auf- und Abbewegung des Haltestabes 20, wie dies durch den Pfeil 30 angedeutet ist. Beide Bewegungsmodi Drehung und Schwingung können vorzugsweise gleichzeitig ausgeführt werden, wodurch ein sehr wirksamer Reibungseffekt an der Wandung 9 zu deren Reinigung erzielt werden kann.

[0033] In dem Beispielsfall ist der Elektrofiltergaskanal 8 vertikal angeordnet und nach unten hin zu einem nach außen abgeschlossenen Staubauffangbehälter 32 offen. Der Staubauffangbehälter 32 ist im vorliegenden Beispiel eine ausziehbare Schublade, die in der gezeigten Einschubstellung nach außen hin abgedichtet in dem Gehäuse 2 aufgenommen ist. Der Staubauffangbehälter 32 dient dazu, den während der Phasen der Reinigung der Wandung 9 nach unten rieselnden Staub aufzufangen.

[0034] Der Gasauslass 6 befindet sich an einem Gasleitungsabschnitt 34, der sich am unteren Ende des Elektrofiltergaskanals 8, jedoch oberhalb des Staubauffangbehälters 32 befindet. Dadurch wird die Gasströmung so kanalisiert, dass sie nicht durch den Staubauffangbehälter verläuft, so dass in dem Staubauffangbehälter 32 gesammelter Staub nicht von dem die Partikelabscheidevorrichtung durchströmenden Gas in nennenswertem Maße aufgewirbelt werden kann. Zwischen der Abzweigung des Gasleitungsabschnittes 34 und dem Staubauffangbehälter 32 kann z.B. ein Lochgitter oder dergleichen vorgesehen sein.

[0035] Das in Fig. 1 gezeigte Ausführungsbeispiel der Erfindung ist mit einfachen Mitteln realisierbar und erlaubt eine effiziente Reinigung des Elektrofilters. Die Steuervorrichtung 26 kann dazu eingerichtet sein, den Reinigungsbetrieb des Reibungselementes 20 periodisch nach bestimmten Zeitabständen automatisch durchzuführen. Denkbar ist auch eine sensorische Erfassung der Staubbildung an der Wandung 9 des Elektrofiltergaskanals 8 und eine Aktivierung des Reinigungsbetriebes jeweils nach Ansammlung einer bestimmten Staubmenge an der Wandung 9.

[0036] Das zweite Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 unterscheidet sich von dem vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiel Fig. 1 dadurch, dass das Reibungselement 20 nicht drehbar in dem Elektrofiltergaskanal 8 aufgenommen ist, sondern lediglich Federschwingun-

gen darin ausführen kann. Ferner ist die Hochspannungselektrode 14 bei dem 2. Ausführungsbeispiel entgegen Fig. 1 nicht von oben an einem Haltestab hängend in dem Elektrofiltergaskanal 8 angeordnet, sondern an einer seitlichen Halterung 40 vorgesehen, die elektrisch gegenüber der Wandung 9 isoliert nach außen geführt ist und eine elektrische Verbindung zu einer Hochspannungsquelle 18 herstellt. Nach oben und nach unten hin erstreckt sich die als Sprühelektrode wirksame Hochspannungselektrode 14 von der Halterung 40 abzweigend zentral in den Elektrofiltergaskanal 8 hinein.

[0037] Ein Spülluft in den Elektrofiltergaskanal 8 ein-saugender Ventilator 42 ist seitlich an dem Gehäuse 2 angeordnet. Die kühlende Spülluft umströmt die Elektronhalterung 40 und die zu deren Befestigung vorgesehenen Isolatoren (nicht gezeigt).

[0038] Wie bei 44 schematisch angedeutet, ist das ebenfalls als Schraubenfeder ausgebildete Reibungselement 20 an seinem oberen Ende an dem Gehäuse 2 fixiert und kann im Übrigen Federschwingungen in Längsrichtung des Elektrofiltergaskanals 8 durchführen.

[0039] In einer vereinfachten Variante kann die Schraubenfeder 20 so ausgebildet und angeordnet sein, dass sie allein vom Gasstrom im Elektrofiltergaskanal 8 in Schwingungen versetzt wird, um Ablagerungen von der Wandung 9 abzulösen. Die Gasströmung selbst bildet dann das Antriebsmittel zur Bewegung des Reibungselementes 20.

[0040] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 ist jedoch in Abweichung zu der vorstehend genannten vereinfachten Variante ein bei 46 symbolisch dargestellter Schwingungserzeuger vorgesehen, der das Reibungselement 20 zu erzwungenen Schwingungen anregen kann. Der Schwingungserzeuger 46 kann z.B. ein Stoßerreger sein, der Stöße in Längsrichtung des Reibungselementes 20 auf dieses ausübt. Eine ebenfalls vorhandene Steuerungsvorrichtung für die Hochspannungsversorgung 18 und den Schwingungserzeuger 46 sind in Fig. 2 nicht eingezeichnet, wenngleich bei dem zweiten Ausführungsbeispiel ebenfalls vorhanden.

[0041] Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 5 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 1 dadurch, dass oberhalb des Elektrofiltergaskanals 8 ein Bypasskanal 48 zum Gasauslass 6 führt. In dem Bypasskanal 48 ist eine Sperrklappe 50 vorgesehen, welche in einem Bypassbetrieb eine Ableitung der Gasströmung durch den Bypasskanal 48 unter Umgehung des Elektrofiltergaskanals 8 erlaubt. Eine solche Betriebsweise kann beispielsweise während der Phasen der Reinigung des Elektrofiltergaskanals 8 mittels dem Reibungselement 20 in Frage kommen. Eine Sperrklappe 52 im regulären Ableitungskanal 34 zum Gasauslass 6 hin kann für einen solchen Bypassbetrieb in Schließstellung gebracht werden.

[0042] Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform der Erfindung, bei der kein gesondertes Reibungselement in dem Elektrofiltergaskanal 8 angeordnet ist, sondern der Elektrofiltergaskanal 8 als solcher zu Schwingungsbewegun-

gen angeregt werden kann. Im gezeigten Beispielsfall wird der Elektrofiltergaskanal 8 von einem gesonderten Einsatz gebildet der in dem Gehäuse 2 lose an Hängestützen 54 aufgehängt ist, so dass er ein möglichst wenig gedämpftes Schwingungselement bilden kann. Wenigstens ein Schwingungserzeuger 56 ist an dem Elektrofiltergaskanal 8 zu dessen Schwingungserregung angekoppelt. In Fig. 3 sind zwei Schwingungserzeuger 56 eingezeichnet. Hierbei kann es sich um Membranschwinger wie, wie z.B. speziell angepasste Lautsprecher handeln, welche die Wandung 9 des Elektrofiltergaskanals 8 zu Ei - genschwingungen anregen können. Je nach Art und Anordnung der Schwingungserzeuger 56 können gegebenenfalls verschiedene Schwingungsmoden in Frage kommen, z.B. Streckerschwingungen, Torsionsschwingungen, Biegeschwingungen usw..

[0043] Als Schwingungserzeuger 56 kommen alternativ oder zusätzlich elektrodynamische Schwingungserreger, z.B. Piezoschwingungserreger, elektromagnetische Schwingungserreger, mechanischer Unwuchtschwingungserreger und ggf. Stoßerzeuger in Frage.

[0044] Eine Steuerungsvorrichtung für den Betrieb der Schwingungserzeuger 56 und der Hochspannungselektrode 14 ist in Fig. 3 nicht eingezeichnet, wenn - gleich in dem Ausführungsbeispiel vorhanden.

[0045] Oben auf dem Gehäuse 2 befindet sich in Fig. 3 ein Ventilator 42, der die gleiche Funktion hat, wie der Spülluftventilator 42 in Fig. 2.

[0046] Zur Reinigung des Elektrofiltergaskanals 8 wird dessen Wandung 9 zu erzwungenen Schwingungen vorzugsweise im Resonanzbereich mittels der Schwingungserzeuger 56 angeregt. Dabei kommt es zum Abschütteln von Staubanhaftungen von der Wandung 9 aufgrund von deren Schwingungsbewegungen.

[0047] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 ist der Elektrofiltergaskanal 8 als dünnwandiger rohrförmiger Einsatz aus Metall ausgebildet, welcher die Gasführung zwischen Gaseinlass 4 und Gasauslass 6 innerhalb des Gehäuses 2 übernimmt. Elektrisch liegt er vorzugsweise an Massepotenzial an, so dass sich im Filterbetrieb zwischen der unter Hochspannung stehenden und sich längst in den Elektrofiltergaskanal 8 erstreckenden Hochspannungselektrode 14 (Sprühelektrode 14) und der Wandung 9 ein entsprechendes elektrisches Feld ausbilden kann.

[0048] In Abwandlung zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 3 könnte der Elektrofiltergaskanal 8 von in dem Gehäuse 2 z. B. von oben nach unten hängenden oder ggf. aufrecht stehenden Platten gebildet sein, die leicht mittels betreffender Schwingungserzeuger zu Schwingungen anregbare Membranen bilden und nicht unmittelbar untereinander starr verbunden sind. Dabei kann es in Kauf genommen werden, dass ein solcher in einem dichten Außengehäuse verlaufender Elektrofiltergaskanal seitlich nicht vollkommen gasdicht ist, insbesondere in einer Variante, bei der das Außengehäuse im Bereich radial außen um den Elektrofiltergaskanal herum aus elektrisch nicht leitendem Material gebildet ist.

[0049] Das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 4 unterscheidet sich von dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 3 lediglich dadurch, dass die Hochspannungselektrode 14 an einer seitlichen Halterung 40 angeordnet ist, welche über die isolierende Dichtung 60 nach außen zu Hochspannungsquelle 16 geführt ist.

[0050] Bei allen Ausführungsformen der Erfindung kann es in betreffenden Ausgestaltungen vorgesehen sein, dass auch die Hochspannungselektrode 14 zu Schwingungen anregbar ist, um etwaige Partikelablagerungen davon abzuschütteln.

Patentansprüche

1. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung zur Gasreinigung, insbe - sondere Rauchgasreinigung, umfassend

- ein Gehäuse (2) mit einem Gaseinlass (4) und einem Gasauslass (6) sowie einem von einer elektrisch leitfähigen Wandung (9) begrenzten Elektrofiltergaskanal (8) zwischen dem Gaseinlass (4) und dem Gasauslass (6),

- eine elektrische Hochspannungselektrode (14), die in dem Elektrofiltergaskanal (8) angeordnet ist, wobei die Hochspannungselektrode (14) und die elektrisch leitfähige Wandung (9) als gegensätzliche Elektro - den eines Elektrodenpaares betreibbar sind, um ein elektrisches Feld in dem Elektrofiltergaskanal (8) zu erzeugen, und

- eine Reinigungsvorrichtung (20, 22, 24; 22, 46) zur Reinigung der Wandung des Elektrofiltergaskanals,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Reinigungsvorrichtung (20, 22, 24; 22, 46) ein in dem Elektrofiltergaskanal (8) bewegbar gelagert aufgenommenes und an der Wandung (9) kontaktierend anliegendes Reibungselement (20) umfasst, welches zur Ausführung von Reibungsbewegungen an der Wandung (9) antreibbar ist, um Ablagerungen von der Wandung (9) abzulösen.

2. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Wandung (9) des Elektrofiltergaskanals (8) als vorzugsweise zylindrische Rohrwandung ausgebildet ist und wobei das Reibungselement (20) Helixform aufweist und mit seinen Helixwindungen (21) innen an der Wandung (9) kontaktierend anliegt.

3. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach Anspruch 2, wobei das Reibungselement (20) zur Drehung um seine Helixachse in dem Elektrofiltergaskanal (8) antreibbar ist, um Ablagerungen von der Wandung (9) abzulösen.

4. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Reibungselement (20) eine Feder ist, die in dem Elektrofiltergaskanal (8) zu Schwingungen anregbar ist, um Ablagerungen von der Wandung (9) abzulösen.
5. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Reibungselement an seiner die Wandung berührenden Seite eine Bürstenstruktur aufweist.
6. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Reibungselement ein oberes fixiertes Ende und ein unteres nicht fixiertes und insbesondere freies Ende aufweist.
7. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung zur Gasreinigung, insbesondere Rauchgasreinigung, umfassend
- ein Gehäuse (2) mit einem Gaseinlass (4) und einem Gasauslass (6) sowie einem von einer elektrisch leitfähigen Wandung (9) begrenzten Elektrofiltergaskanal (8) zwischen dem Gaseinlass (4) und dem Gasauslass (6),
 - eine längliche elektrische Hochspannungselektrode (14), die in dem Elektrofiltergaskanal (8) angeordnet ist, wobei die Hochspannungselektrode (14) und die elektrisch leitfähige Wandung (9) als gegensätzliche Elektroden eines Elektrodenpaares betreibbar sind, um ein elektrisches Feld in dem Elektrofiltergaskanal (8) zu erzeugen,
- dadurch gekennzeichnet,**
dass die Wandung (9) des Elektrofiltergaskanals (8) schwingungsfähig ausgebildet ist und dass wenigstens ein mit der Wandung (9) gekoppelter Schwingungserzeuger (56) vorgesehen und zur Anregung von Schwingungsbewegungen der Wandung (9) aktivierbar ist, um Ablagerungen von der Wandung (9) abzulösen, wobei der Schwingungserzeuger (56) einen durchstimmbaren Frequenzbereich aufweist, so dass er zur Anregung von Eigenfrequenzen der Wandung (9) einstellbar ist.
8. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach Anspruch 7, wobei der Schwingungserzeuger (56) aus der Gruppe der folgenden Geräte ausgewählt ist:
- Membranschwinger, vorzugsweise Lautsprecher,
 - elektrodynamischer Schwingungserreger,
 - Piezoschwingungserreger,
- elektromagnetischer Schwingungserreger,
 - mechanischer Unwuchtschwingungserreger,
 - Stoßerzeuger.
9. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Hochspannungselektrode (14) zu Schwingungen anregbar ist, um Ablagerungen davon abzulösen.
10. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Hochspannungselektrode (14) eine Sägezahnlektrode aus Federstahl ist.
11. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Hochspannungselektrode (14) eine Bimetallelektrode ist.
12. Elektrostatische Partikelabscheidevorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Elektrofiltergaskanal (8) vertikal angeordnet ist und nach unten hin zu einem normalerweise nach außen abgeschlossenen Staubauffangbehälter (32) offen ist, wobei am unteren Ende des Elektrofiltergaskanals (8) oberhalb des Staubauffangbehälters ein Gasleitungsabschnitt (34) von dem Elektrofiltergaskanal (8) weg führt.

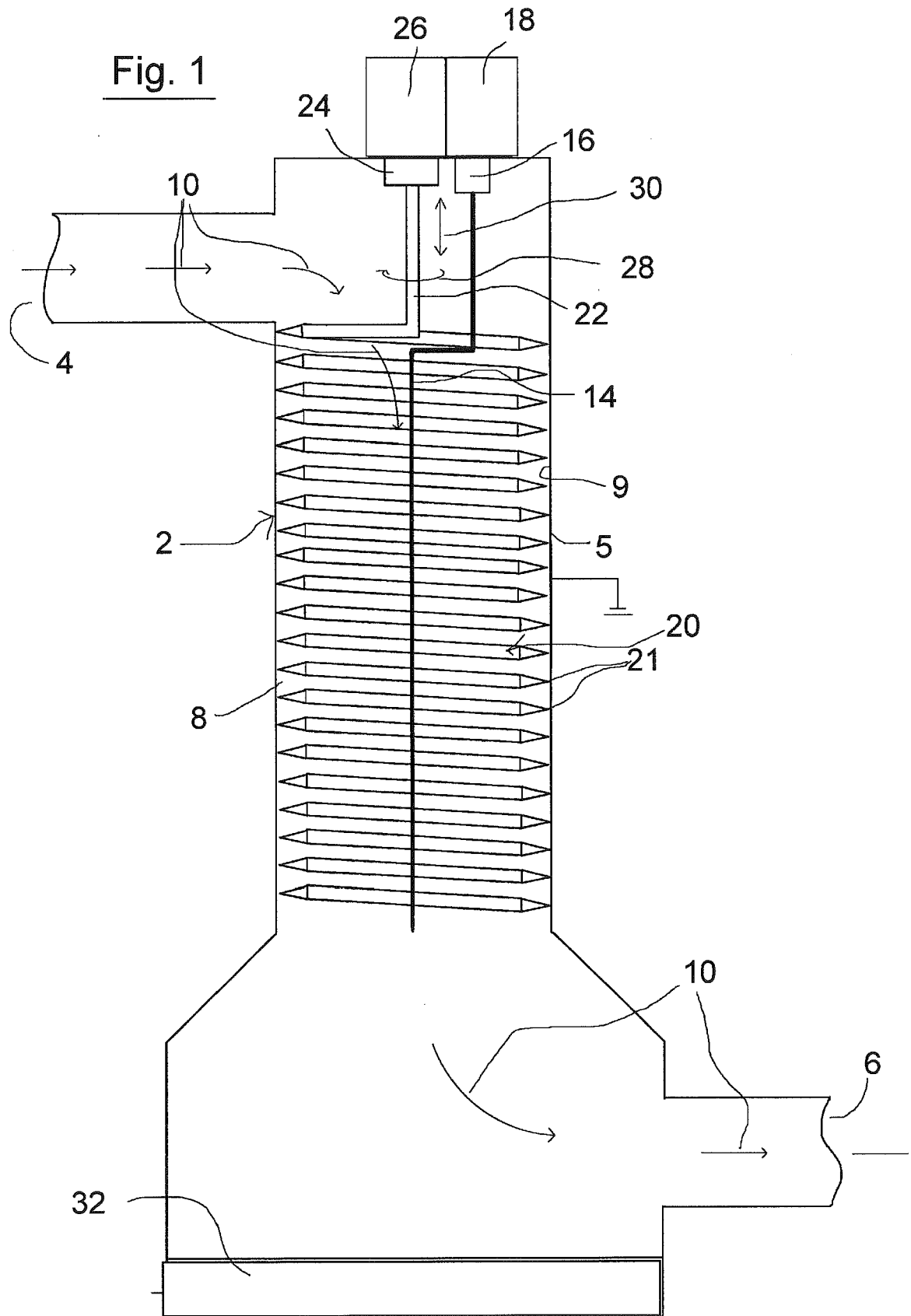


Fig. 2

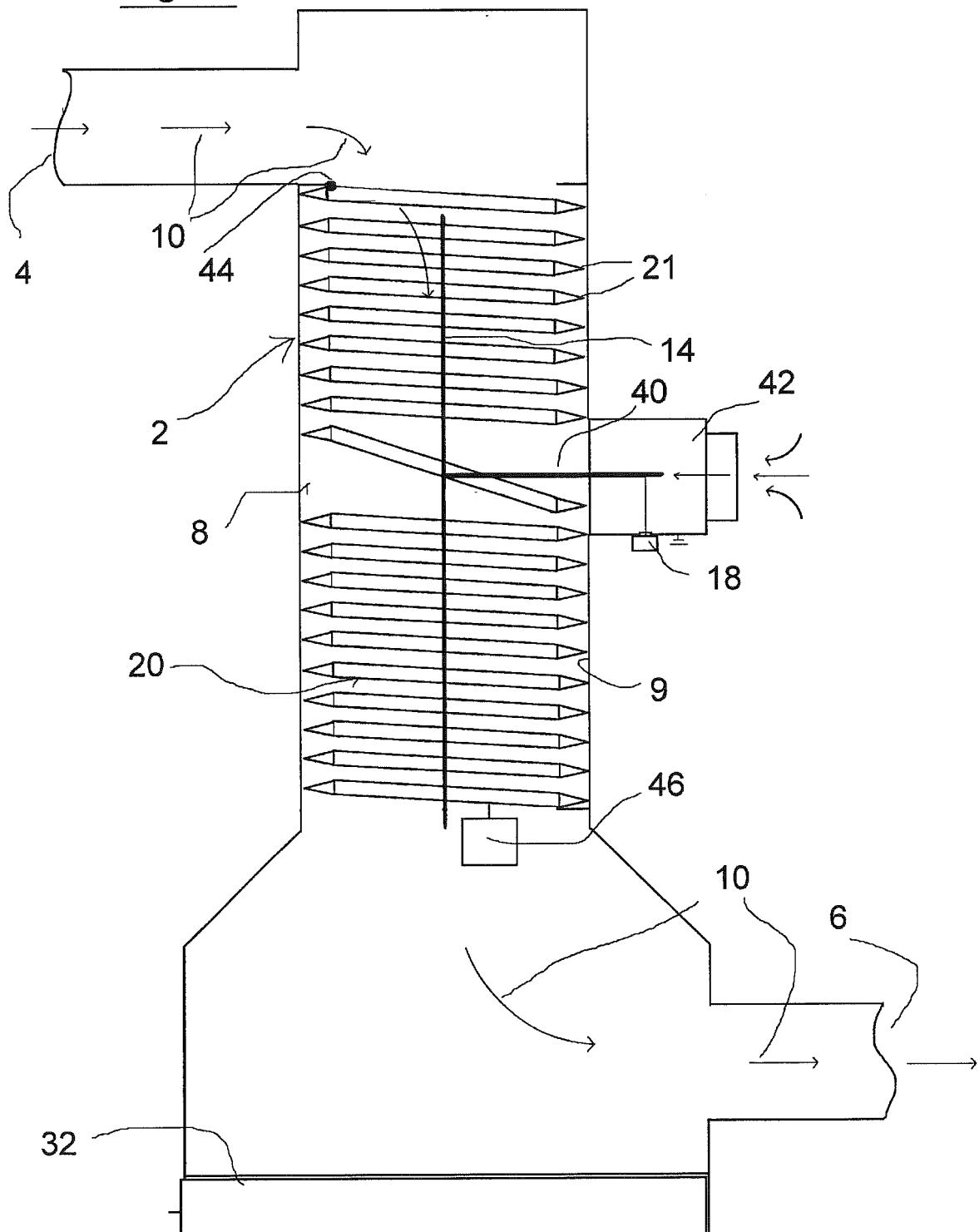


Fig. 3

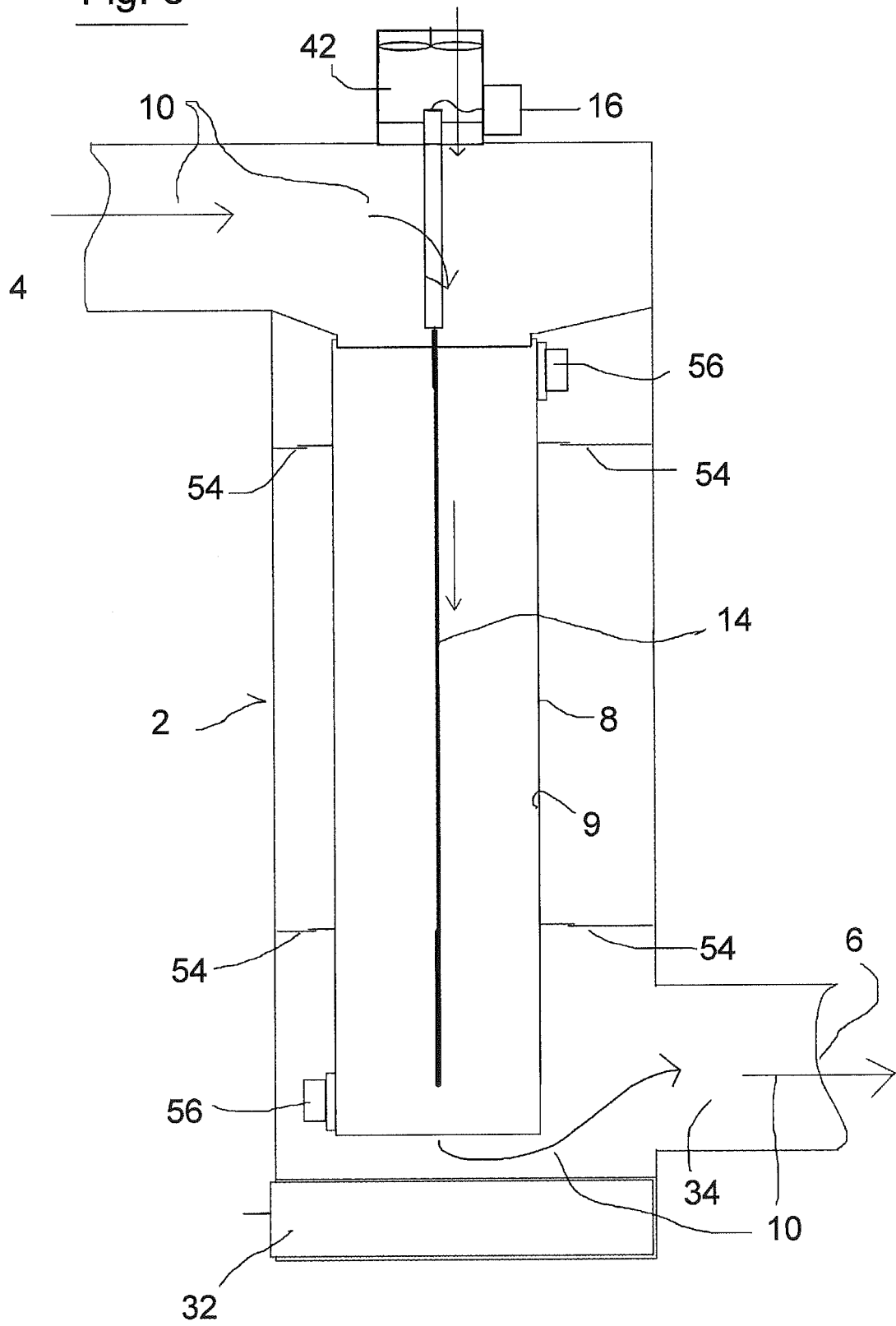


Fig. 4

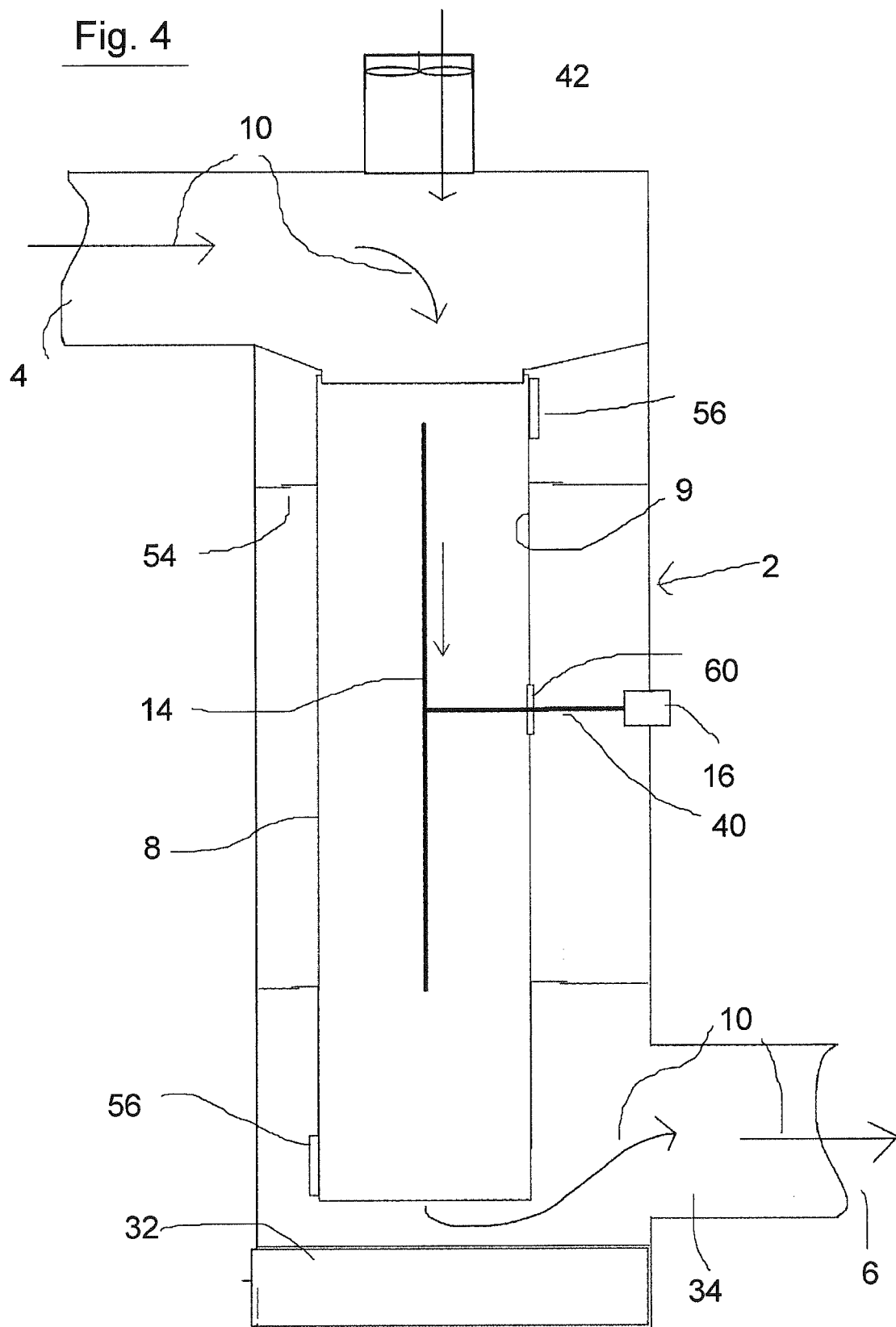
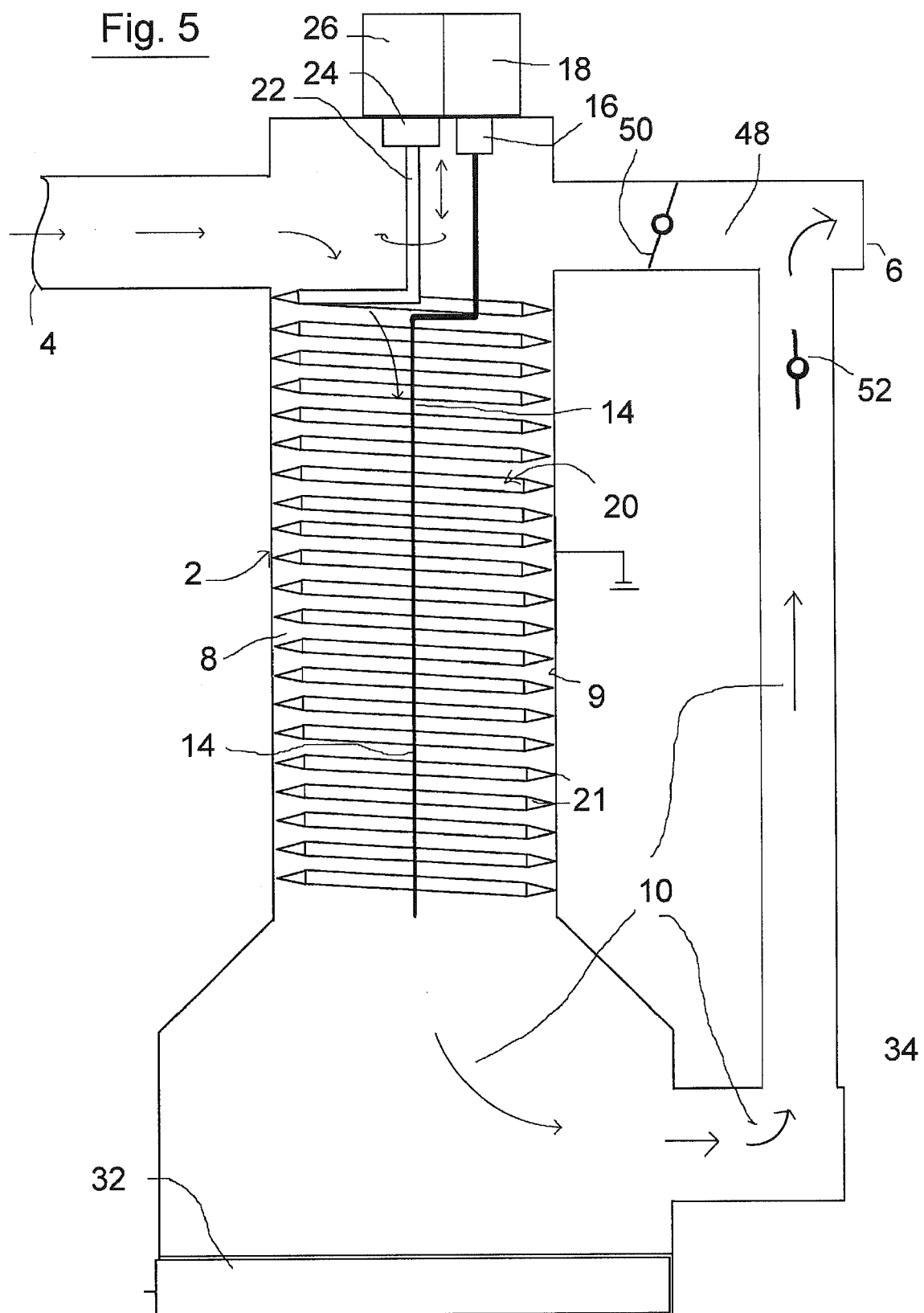


Fig. 5



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

- EP 1193445 B1 [0002]
- DE 102009044152 A1 [0005]
- DE 3244397 A1 [0006]
- WO 2012048794 A1 [0007]