

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: **87110439.4**

51 Int. Cl.4: **F01N 3/02 , F01N 3/28**

22 Anmeldetag: **18.07.87**

30 Priorität: **01.08.86 DE 3626020**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
24.02.88 Patentblatt 88/08

84 Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE ES FR GB IT LI SE

71 Anmelder: **Bergemann, Christian**
Hohenzollerndamm 28
D-1000 Berlin 31(DE)

72 Erfinder: **Bergemann, Christian**
Hohenzollerndamm 28
D-1000 Berlin 31(DE)

74 Vertreter: **Bergen, Klaus, Dipl.-Ing. et al**
Patentanwälte Dr.-Ing. Reimar König
Dipl.-Ing. Klaus Bergen Wilhelm-Tell-Strasse
14 Postfach 260162
D-4000 Düsseldorf 1(DE)

54 **Filter und Verfahren zum Entfernen von Russpartikeln, insbesondere aus dem Abgasstrom eines Dieselmotors.**

57 Bei einem Filter (1, 101) zum Entfernen von Rußpartikeln, insbesondere aus dem Abgasstrom eines Dieselmotors, läßt sich ein hoher Wirkungsgrad durch ein vom Abgas durchströmtes von Filtermaterial (7, 107) umhülltes Rohr (5, 105) mit durchlöcherter Mantelfläche in einem Gehäuse (4, 9) erreichen.

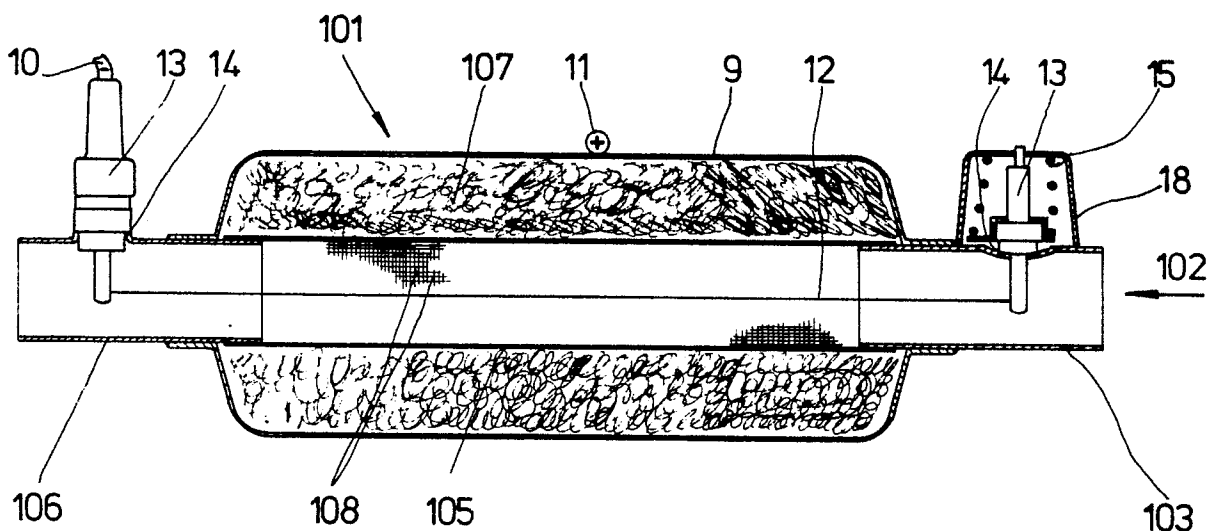


Fig.2

EP 0 256 325 A2

"Filter und Verfahren zum Entfernen von Rußpartikeln, insbesondere aus dem Abgasstrom eines Dieselmotors"

Die Erfindung betrifft einen Filter zum Entfernen von Rußpartikeln, insbesondere aus dem Abgasstrom eines Dieselmotors.

Zum Verringern der sehr schädlichen, umweltbelastenden Rußemission ist es bekannt, den Abgasstrom durch einen mechanischen Filter zu leiten. Die von dem Filter zurückgehaltenen Rußpartikel werden durch die Abgaswärme zu ungiftigem Kohlendioxid verbrannt. Die mechanischen Filter bewirken allerdings durch die Unterbrechung des Abgasstromes einen permanenten Druck- und Leistungsverlust. Außerdem lassen sich die für den Rußabbrand erforderlichen Temperaturen von 450 bis 600 °C durch die Abgaswärme nur selten erreichen. Es treten deshalb Verstopfungen des Filters und ein Blockieren des Abgasstromes auf, was nicht nur Leistungsverluste mit sich bringt, sondern zum Motorstillstand führen kann. Um diese Nachteile zu kompensieren, wird die Abgastemperatur durch Zufuhr zusätzlichen Kraftstoffs erhöht (vgl. Emissionsminderung Automobilabgase - Dieselmotoren - VDI-Bericht 559, VDI Verlag Düsseldorf, Seiten 139 bis 156).

Zum Vermindern der Rußemission ist außerdem eine Schwerkraftabscheidung bekannt; diese setzt eine elektrostatische Kornvergrößerung der Rußpartikel voraus. Ein elektrostatisches Feld bewirkt dabei die Agglomeration der Rußpartikel; die zusammengeballten Rußpartikel lassen sich in einem Behälter sammeln. Der gesammelte Ruß wird anschließend dem Verbrennungsraum des Motors zugeführt und dort verbrannt. Das wirksame Verringern des Rußes im Abgasstrom erfordert in Anbetracht der anfallenden großen Rußmengen einen Sammelbehälter mit entsprechender Aufnahmekapazität; aus Mangel an Platz und freiem Raum läßt sich ein großvolumiger Sammelbehälter insbesondere für Diesel-Kraftfahrzeuge kaum, allenfalls nur sehr aufwendig verwirklichen.

Durch die DE-OS 33 24 886 ist es bekanntgeworden, den Abgasstrom mit den darin enthaltenen Schadstoffen, wie insbesondere Rußpartikeln, durch ein als Masseelektrode ausgebildetes Gehäuse zu leiten, das coaxial einen eine zweite Elektrode darstellenden Hohlleiter mit Durchbrüchen aufnimmt. Eine Saugelektrode in Form eines Drahtes erstreckt sich durch den Hohlleiter; das an die Saugelektrode angelegte Spannungspotential ist höher als das des Hohlleiters. Die in dem Gasstrom enthaltenen, sehr kleinen, fein verteilten Rußpartikel ballen sich unter dem Einfluß des elektrischen Feldes zwischen dem Gehäuse und dem Hohlleiter zu größeren Agglomeraten zusammen, die in Richtung des Hohlleiters wandern und

über die Durchbrüche in den Hohlleiter eindringen. Das Wandern und Eindringen der Rußpartikel in den Hohlleiter wird durch die gegenüber dem Hohlleiter ein größeres Spannungspotential aufweisende Saugelektrode verstärkt. Es entsteht nämlich im Hohlleiter ein zweites, ebenfalls nach außen gerichtetes elektrisches Feld, wobei die höchste elektrische Feldstärke in der Mitte des Hohlleiters, d.h. an der Oberfläche der drahtförmigen Saugelektrode herrscht; die Saugelektrode zieht die geladenen Rußpartikel an. Ein dem Abgasstrom entgegengesetzter Gasstrom strömt durch den Hohlleiter, reißt die darin konzentrierten Agglomerate mit und transportiert sie zur Nachverbrennung in den Brennraum des Dieselmotors. Ein zusätzlicher Rußsammelbehälter ist bei dieser bekannten Abgas-Reinigungsvorrichtung zwar nicht erforderlich, jedoch besteht auch hier die große Gefahr, daß neben den Rußpartikeln auch die ebenfalls abgeschiedenen Rostpartikel aus der Auspuffanlage in den Verbrennungsraum des Motors gelangen; das hat eine verringerte Lebensdauer des Motors zur Folge und kann zu seiner Zerstörung führen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Filter und ein Verfahren zum Entfernen von Rußpartikeln, insbesondere aus dem Abgasstrom eines mobilen oder stationären Dieselmotors ohne die vorstehenden Nachteile und mit einem wesentlich verbesserten Wirkungsgrad bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein vom Abgas durchströmtes von Filtermaterial umhülltes Rohr mit durchlöcherter Mantelfläche in einem Gehäuse gelöst, wobei das durchlöcherter Rohr vorzugsweise als Geweberohr ausgebildet ist. Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, daß die Rußpartikel bedingt durch die Pulsationen in der Abgasanlage mit dem Abgasstrom radial nach außen beschleunigt werden und aufgrund der nahezu völlig offenen Mantelfläche des sehr großporigen, Maschenweiten von ca. 1 mm bei ca. 0,6 mm Drahtdicke aufweisenden Geweberohres über den gesamten Umfangsbereich des Rohres ungehindert in das das Geweberohr unmittelbar umschließende, d.h. der Rohrmantelfläche anliegende Filtermaterial eindringen und sich dort einlagern. Als Filtermaterial sind verdichtete, poröse Stoffe geeignet, wie beispielsweise Stahlwolle, Keramik, Mineralschäume.

Die Erfindung basiert außerdem auf dem Gedanken, daß die aus dem Brennraum des Dieselmotors abströmenden Abgase ionisierte Rußpartikel enthalten, die beschleunigt in das dem Rohr unmittelbar angrenzenden Filtermaterial ein-

treten. Die kinetische Energie der Rußpartikel beim Auftreffen auf das Filtermaterial und die bereits eingelagerten Partikel unterstützt einen Abbrand der im Filtermaterial ein- bzw. zwischengelagerten Rußpartikel. Das Selbstregenerieren des Filters durch Abbrennen der zwischengelagerten Rußpartikel wird außerdem durch die vorhandene Wärme des Abgases begünstigt.

Die Abbrenntemperatur des eingelagerten Rußes läßt sich vorteilhaft durch katalytisch beschichtetes Filtermaterial senken.

Das Entfernen von Rußpartikeln und damit Vermindern von Rußemission läßt sich mit dem erfindungsgemäßen Filter ohne Druckverluste erreichen, denn die Abgase durchströmen das Rohr im Gehäuse nahezu widerstandsfrei, d.h. ohne zwangsweise Durchströmung eines Filtermaterials. Durch den selbsttätigen Abbrand des außerhalb des Abgasstromes im Filtermaterial eingelagerten Rußes eine beträchtliche Einlagerungskapazität dar, ohne durch die Beladung den Strömungsquerschnitt für den Abgasstrom im Rohr zu beeinträchtigen; ein leistungsmindernder Abgasgegendruck kann sich nicht aufbauen. Eine Filtermaterialumhüllung, die vorzugsweise den dreifachen Durchmesser des Geweberohres besitzt, hat sich als besonders günstig herausgestellt. Aufgrund der geringen Baugröße lassen sich die Abgasanlagen vorhandener Dieselmotoren mit dem Filter nachrüsten.

Bei vorzugsweise einem geerdeten Gehäuse und einer durch das Rohr geführten Sprühelektrode, die vorteilhaft als ein zwischen rohrein- und -auslaßseitig angeordneten Isolatoren gespannter Metalldraht ausgebildet ist, läßt sich der Emissionsgrad durch Unterstützung der Abscheidung mittels eines elektrostatischen Feldes optimieren, denn durch die Energiezufuhr aus dem elektrostatischen Feld werden das Aufladen der Rußpartikel und ein Abbrand, der durch den verästelten Randbereich der Rußpartikel begünstigt wird, bereits auf dem Weg zur Rohr-Mantelfläche bewirkt. Das Filtergehäuse eines instationären Motors läßt sich z.B. durch einen Massenanschluß erden. Wie Versuche bestätigt haben, läßt sich der Wirkungsgrad des selbstregenerierenden Filters durch die elektrostatische Abscheidung bis 90 % erhöhen. Beim Anlegen einer aus Sicherheitsgründen vorzugsweise pulsierenden Gleichspannung an die Sprühelektrode wird nämlich das Wandern der abzuscheidenden Rußpartikel in die Richtung der Mantelfläche des als Niederschlagselektrode dienenden Geweberohres unterstützt; von dort werden die Rußpartikel von den durch die Geweberohr-Mantelfläche strömenden Abgasen in das umhüllende Filtermaterial transportiert und dort eingelagert. Bei einem Filter mit einem elektrostatischen Feld kann der Durchmes-

ser der Filtermaterialumhüllung gegenüber dem durchlöcherten Rohr geringer sein als bei einem Filter, der ohne elektrostatische Abscheidung arbeitet.

Es empfiehlt sich, daß die an die Sprühelektrode angelegte Spannung negativ ist. Die negative Spannung der gegebenenfalls aus mehreren Drähten bestehenden Sprühelektrode bewirkt eine im Vergleich zur positiven Spannung wesentlich größere Korona. Die pulsierende Gleichspannung läßt sich mittels eines Transformators bereitstellen, der von der Autobatterie mit elektrischem Strom versorgt wird. Da die benötigte Stromstärke sehr gering ist, ca. 4 bis 5 mA, wird die elektrische Anlage des Fahrzeugs nur geringfügig belastet; damit läßt sich die Hochspannung, die ca. 10 kV nicht zu überschreiten braucht, problem- und gefahrlos realisieren, wobei das im Hochspannungsfeld entstehende Ozon außerdem die chemische Reaktion der ionisierten Rußpartikel beeinflusst und damit den Abbrand des eingelagerten Rußes zu ungiftigem Kohlendioxid fördert.

Es wird vorgeschlagen, daß auf den Metalldraht eine Feder einwirkt. Die Zug- oder Druckfeder hält den Metalldraht, dessen Durchmesser nicht mehr als 0,3 mm betragen sollte, gespannt, d.h. sie gleicht die von der Abgaswärme gegebenenfalls verursachte Längung des Drahtes aus. Die Feder läßt sich beispielsweise zwischen einem Isolator und dem Ende des Drahtes anordnen, oder sie wirkt auf einen beweglichen Isolatorsockel am Gehäuse des Filters ein. Eine am Isolatorsockel, d.h. außerhalb des heißen Gasstromes angeordnete Feder kann nicht ausglühen.

Die den Metalldraht haltenden Isolatoren lassen sich vertikal oder horizontal anordnen. Die Isolatoren sollten auf jeden Fall eine solche Länge besitzen, daß Überschlänge vom Sprühelektrodenaustritt zur Gehäusewand des Filters vermieden werden.

Das Gehäuse kann vorteilhaft außermittig angeordnete Ein- und Auslaßrohre aufweisen, denen sich die Stutzen anschließen, auf die sich das Geweberohr z.B. mit seinen Enden aufstecken läßt, oder in die es mit seinen Enden eingreift. Die außermittige Lage eignet sich insbesondere für horizontal angeordnete Isolatoren, die gegenüber vertikalen Isolatoren einfacher ein- und auszubauen sind, und die bei außermittigen, d.h. nicht mit dem Geweberohr fluchtenden Ein- und Auslaßrohren außerhalb des Gasstroms liegen.

Das Geweberohr läßt sich vorteilhaft mit einer radial nach außen vorstehenden, stegartigen Längsnaht ausbilden. Beim fertigungstechnisch günstigen Herstellen des Geweberohres aus handelsüblichen Gewebematten läßt sich durch die nach außen gerichtete Längsnaht im Bereich der Stoßkanten der zu einem Rohr geformten Matte im

Rohrinneren eine glatte Innenmantelfläche erreichen; Spannungen und das Überspringen von Funken, wie bei einander überlappenden Stoßkanten nicht auszuschließen, treten nicht auf.

Zum Vermindern von Rußemissionen, insbesondere im Abgasstrom eines Dieselmotors, wird verfahrensmäßig vorgeschlagen, daß der den Filter pulsierend durchströmende Abgasstrom mit den darin enthaltenen Rußpartikeln durch ein elektrostatisches Feld geführt wird, die Rußpartikel in dem elektrostatischen Feld aufgeladen, radial nach außen beschleunigt und in eine Filterschicht eingelagert sowie periodisch selbsttätig abgebrannt werden. Die Rußpartikel werden somit durch die mit der Wirkung des elektrostatischen Feldes vereinten Pulsationen des Gasstromes in das die Abgasstromführung konzentrisch umhüllende Filtermaterial eingelagert. Die Abgaswärme, die Energiezufuhr aus dem elektrostatischen Feld, das bei Hochspannung entstehende Ozon und im Gasstrom vorhandene oxidierende Substanzen bewirken den selbsttätigen Abbrand des eingelagerten Rußes.

Vorteilhaft läßt sich die Spannung im elektrostatischen Feld abhängig vom Betrieb des Motors variieren. Bei voller Betriebslast des Motors ist die Abgastemperatur höher als im Teillastbetrieb; damit liegen günstigere Abbrennbedingungen vor, so daß die Energiezufuhr aus dem elektrostatischen Feld und damit die ohnehin niedrige elektrische Leistung von ca. 50 W noch weiter entsprechend verringert werden kann.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 im Längsschnitt einen Filter mit einem erfindungsgemäß von Filtermaterial umhüllten, durchlöcherten Abgasrohr;

Fig. 2 im Längsschnitt eine erste Ausführung eines erfindungsgemäßen Filters mit kombinierter elektrostatischer Abscheidung;

Fig. 3 im Längsschnitt eine zweite Ausführung eines erfindungsgemäßen Filters mit gegenüber der Ausführung nach Fig. 2 geänderter, horizontaler Anordnung von Isolatoren;

Fig. 4 eine Einzelheit des Filters gemäß Fig. 3; und

Fig. 5 in perspektivischer Ansicht als Einzelheit ein erfindungsgemäßes Geweberohr mit stegartiger Außennaht.

Die von einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine kommenden Abgase werden einem Filter 1 in Pfeilrichtung 2 über einen Einlaßstutzen 3 zugeleitet. Der Filter 1 besteht aus einem Gehäuse 4, das ein Geweberohr 5 konzentrisch umschließt. Das Rohr 5 erstreckt sich durch das gesamte Gehäuse 4 und verbindet den Einlaßstutzen 3 mit einem gegenüberliegenden Auslaßstutzen 6. Das

Rohr 5 wird von Filtermaterial 7 umhüllt, das den Raum zwischen der Mantelfläche des Rohres 5 und dem Gehäuse 4 völlig ausfüllt. Auf seinem Weg vom Einlaß- zum Auslaßstutzen 3, 6 des Filters 1 durchströmt das Abgas bedingt durch von der Auspuffanlage bewirkten Pulsationen das Filtermaterial 7, wobei im Abgas vorhandene Rußpartikel durch die zahlreichen Maschen 8 des Geweberohres 5 bis in das Filtermaterial 7 dringen und sich dort einlagern. Die eingelagerten Rußpartikel brennen im Filtermaterial selbsttätig ab, so daß die den Filter über den Auslaßstutzen 6 verlassenden Abgas von Rußpartikeln befreit sind.

Bei den in den Fig. 2 bis 4 dargestellten Filtern 101 wird das Einlagern der mit den Abgasen in Pfeilrichtung 102 über den Einlaßstutzen 103 in den Filter 101 eingeleiteten Rußpartikel im Filtermaterial 107 durch ein elektrostatisches Feld unterstützt. Der Filter 101 besitzt zu diesem Zweck ein geerdetes, z.B. an Masse angeschlossenes Gehäuse 9 mit Anschlüssen 10, 11 zum Anlegen einer pulsierenden Gleichspannung an eine Sprühelektrode in Form eines Metalldrahtes 12. Der Metalldraht 12 erstreckt sich in Längsrichtung durch das Geweberohr 105 und ist an ausgangsseitig des Ein- und Auslaßstutzens 103 bzw. 106 vertikal angeordneten Isolatoren 13 befestigt. Die Sprühelektrode 12 wird zwischen den mittels Sockeln 14 am Gehäuse 9 festgelegten Isolatoren 13 gespannt; etwaige vom heißen Abgasstrom verursachte Längungen der Sprühelektrode 12 gleicht eine Feder 15 aus, die bei der Ausführung gemäß Fig. 2 den im Bereich des Einlaßstutzens 103 angeordneten, nicht am Strom angeschlossenen Isolator 13 beaufschlagt. Der Isolator 13 lagert schwenkbar weglich in einem kalottenartigen Sitz des Sockels 14; bei Längungen der Sprühelektrode 12 drückt die sich innen an einer den Isolator 13 einkapselnden Kappe 18 abstützende Feder 15 den Isolator 13 in seinem Sitz bis in eine die Längung ausgleichende Lage. Bedingt durch die an die Sprühelektrode 12 angelegte Spannung baut sich ein elektrostatisches Feld auf und bewirkt, daß die mit dem Abgasstrom 102 über den Einlaßstutzen 103 in den Filter 101 eingeleiteten Rußpartikel verstärkt in Richtung der Maschen 108 des Rohres 105 wandern, durch die Maschen 108 hindurchtreten und sich im Filtermaterial 107 einlagern, bis sich der Filter durch Abbrand der eingelagerten Rußpartikel regeneriert; der eingelagerte Ruß verbrennt zu ungiftigem Kohlendioxid.

Der in Fig. 3 dargestellte selbstregenerierende Filter 101 mit elektrostatisch unterstützter Abscheidung unterscheidet sich von dem Filter 101 gemäß Fig. 2 durch die horizontale Anordnung der die Sprühelektrode 12 einspannenden Isolatoren 113. Die Isolatoren 113 sind in Deckeln 16 angeordnet, die an jeder Stirnseite des Gehäuses 9

mittels Bolzen 17 angeflanscht sind. Die Deckel 16 sind mit den Ein- und Auslaßstutzen 103, 106 sowie gegenüber den Stutzen 103, 106 außermittig angeordneten Ein- und Auslaßrohren 19, 20 versehen. Das Geweberohr 105 wird, wie in Fig. 4 für den Einlaßstutzen 103 dargestellt, mit seinen Enden auf die Stutzen 103, 106 gesteckt. Zum selbsttätigen Längenausgleich der Sprühelektrode 12 stützt sich die Feder 15 am Isolator 113 ab und drückt gegen einen Teller 21 am Ende der durch den Isolator 113 hindurchgeführten Sprühelektrode 12. Das in Fig. 5 dargestellte Geweberohr 5, 105 besitzt eine radial nach außen vorstehende, stegartige Längsnaht 22 mit seitlich abgewinkelten Rastflächen 23; mit der Längsnaht 22 kann das Geweberohr 5, 105 beispielsweise in Nuten der Ein- und Auslaßstutzen 3, 6; 103, 106 eingesetzt und über die Rastflächen 23 in seiner Lage gesichert werden.

Ansprüche

1. Filter zum Entfernen von Rußpartikeln, insbesondere aus dem Abgasstrom eines Dieselmotors, gekennzeichnet durch ein vom Abgas durchströmtes von Filtermaterial (7, 107) umhülltes Rohr (5, 105) mit durchlöcherter Mantelfläche in einem Gehäuse (4, 9).

2. Filter nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein in dem Gehäuse (4, 9) angeordnetes Geweberohr (5, 105).

3. Filter nach Anspruch 1 oder 2, gekennzeichnet durch katalytisch beschichtetes Filtermaterial (7, 107).

4. Filter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtermaterialumhüllung (7, 107) mindestens den dreifachen Durchmesser des Geweberohres (5, 105) aufweist.

5. Filter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch ein geerdetes Gehäuse (9) und eine durch das Rohr (105) geführte Sprühelektrode (12).

6. Filter nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch einen zwischen rohrein- und -auslaßseitig angeordneten Isolatoren (13, 16) gespannten Metalldraht als Sprühelektrode (12).

7. Filter nach Anspruch 5 oder 6, gekennzeichnet durch eine auf den Metalldraht (12) einwirkende Feder (15).

8. Filter nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 7, gekennzeichnet durch vertikal angeordnete Isolatoren (13).

9. Filter nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 7, gekennzeichnet durch horizontal angeordnete Isolatoren (113).

10. Filter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (4, 9) außermittig angeordnete Ein- und Auslaßrohre (19, 20) aufweist.

11. Filter nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, gekennzeichnet durch eine radial nach außen vorstehende, stegartige Längsnaht (22) des Geweberohres (5, 105).

12. Filter nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß an die Sprühelektrode (12) eine pulsierende Gleichspannung angelegt ist.

13. Filter nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die an die Sprühelektrode (12) angelegte Spannung negativ ist.

14. Verfahren zum Vermindern der Rußemission, insbesondere im Abgasstrom von Dieselmotoren, unter Einsatz eines Filters gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß der den Filter (101) pulsierend durchströmende Abgasstrom mit den darin enthaltenen Rußpartikeln durch ein elektrostatisches Feld geführt wird, die Rußpartikel in dem elektrostatischen Feld aufgeladen, radial nach außen beschleunigt und in eine Filterschicht (107) eingelagert sowie periodisch selbsttätig abgebrannt werden.

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung im elektrostatischen Feld abhängig vom Betrieb des Motors variiert wird.

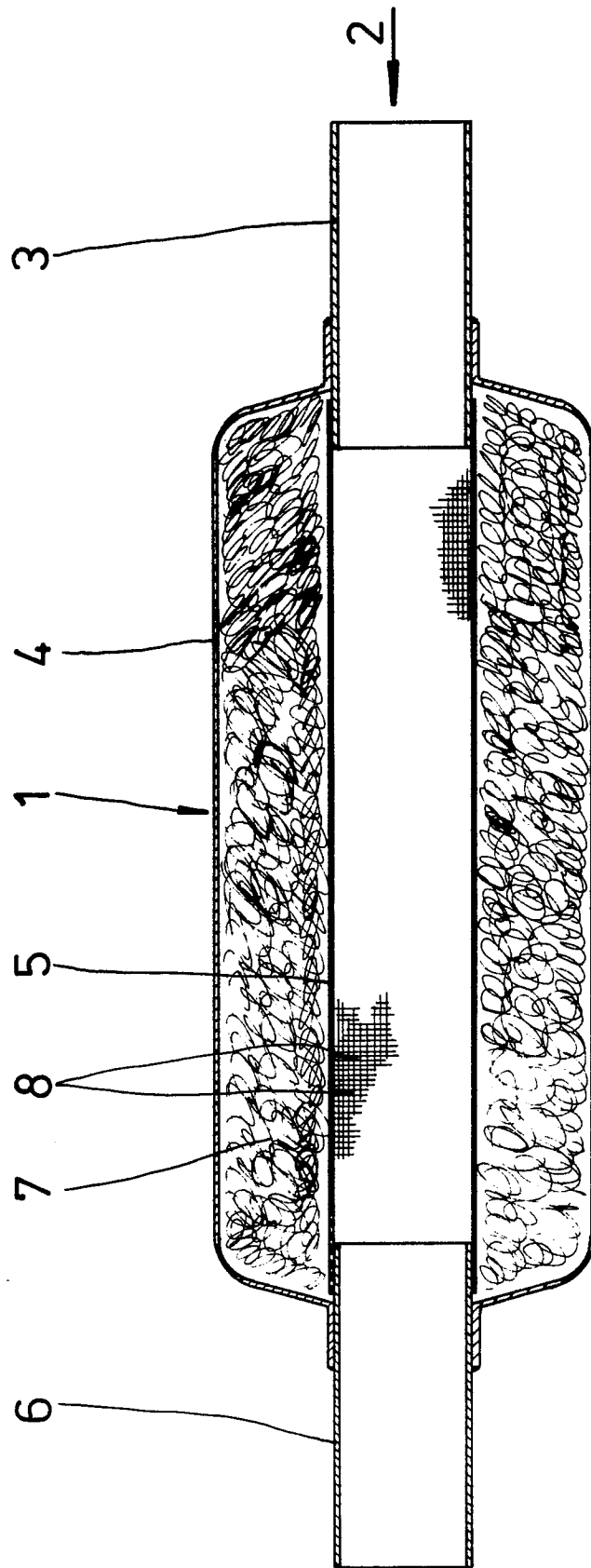


Fig.1

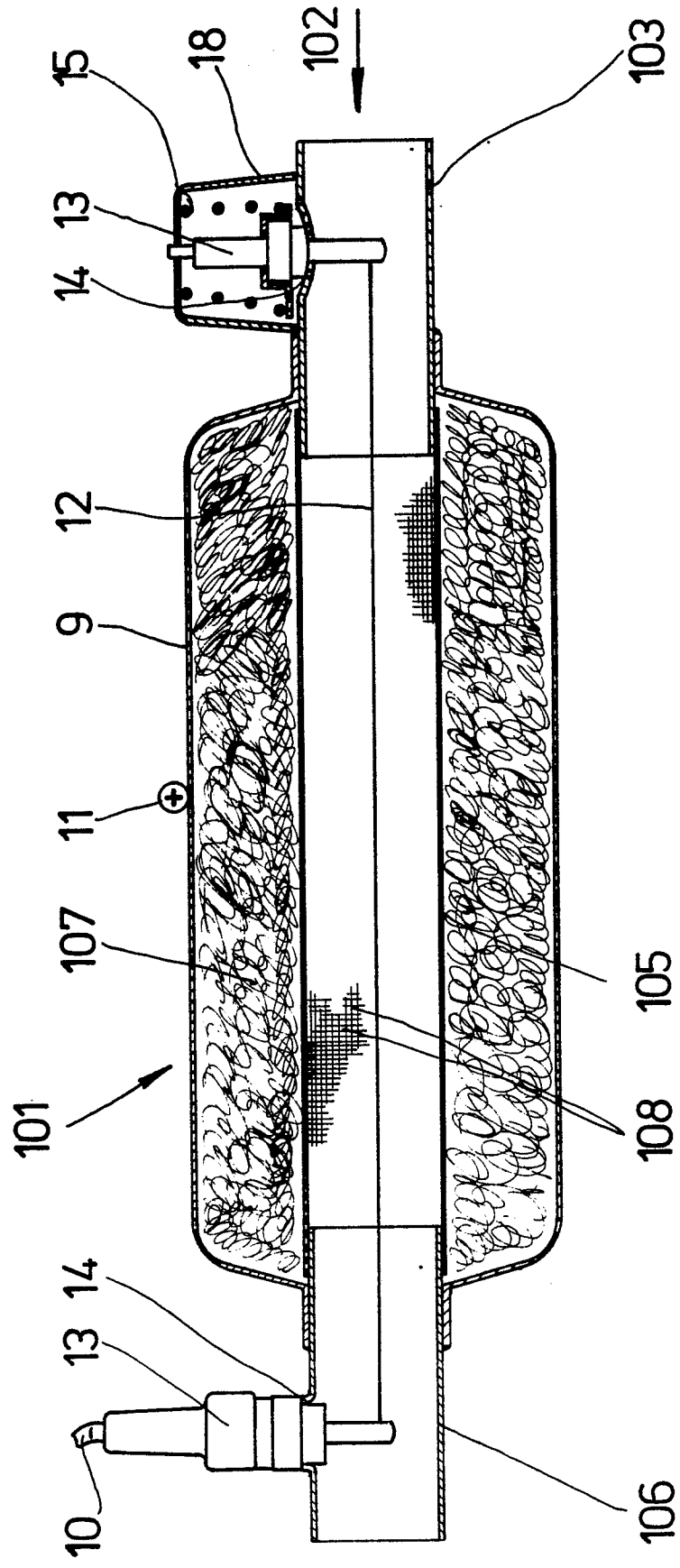


Fig.2

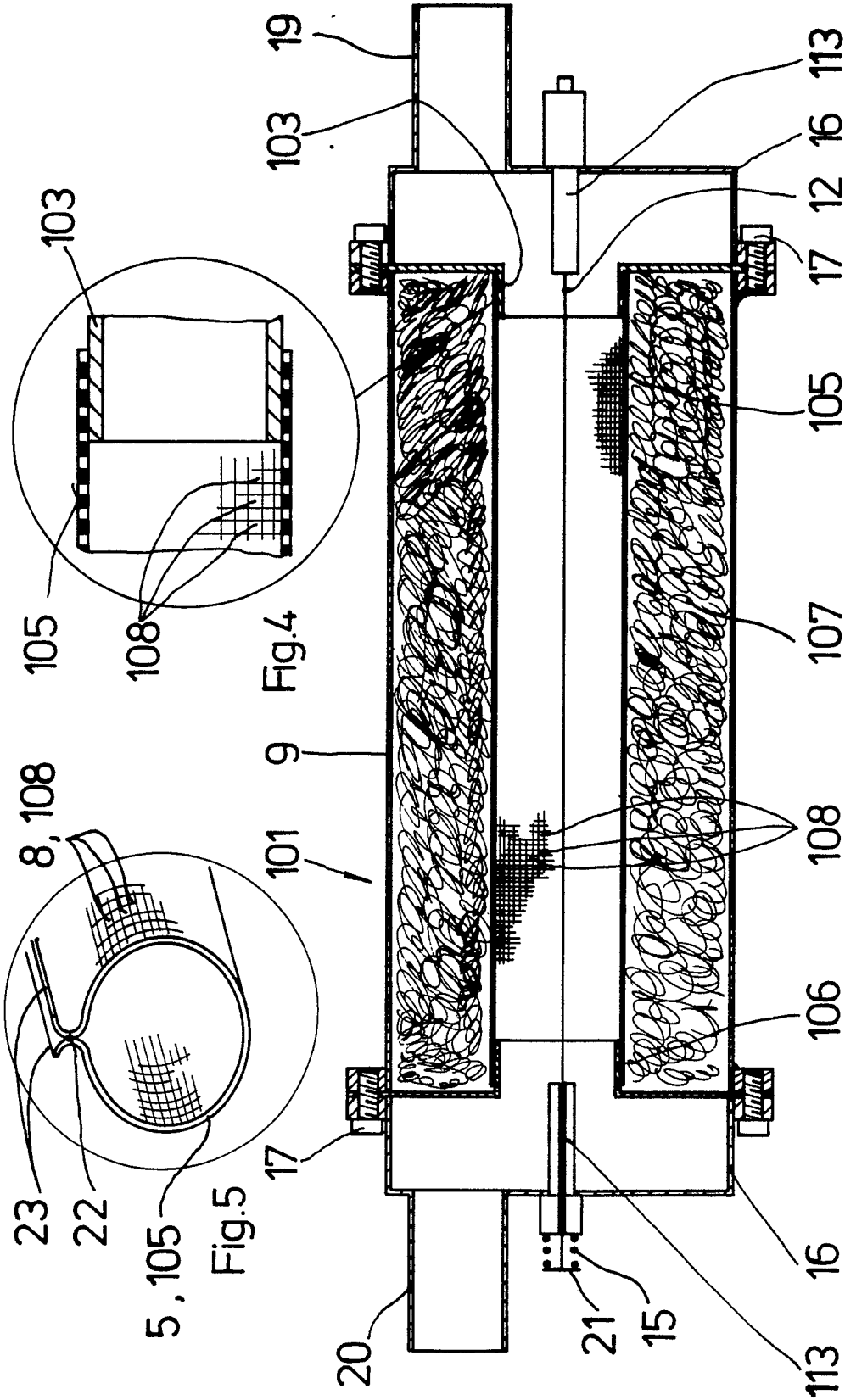


Fig.3