



(19) Republik  
Österreich  
Patentamt

(11) Nummer: AT 395 827 B

(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1684/90

(51) Int.Cl.<sup>5</sup> : B01D 53/34  
B01D 53/32

(22) Anmeldetag: 13. 8.1990

(42) Beginn der Patentdauer: 15. 8.1992

(45) Ausgabetag: 25. 3.1993

(56) Entgegenhaltungen:

DE-OS2200417 DE-OS3705979 DE-OS3303541 DE-OS3715174  
DERWENT-ACCESSION NR. 86-277109

(73) Patentinhaber:

FLECK CARL MARIA DR.  
A-2391 KALTENLEUTGEBEN, NIEDERÖSTERREICH (AT).

(54) VERFAHREN ZUM VERBRENNEN VON IN ABGASEN ENTHALTENEN AEROSOLEN, INSbesondere RUSS

(57) Verfahren zum Verbrennen von in Abgasen enthaltenen Aerosolen, wie z.B. Ruß. Um ein Abbrennen des Rußes bei niedrigen Temperaturen zu ermöglichen, ist vorgesehen, daß der im Abgas enthaltene oder diesem zugesetzte Sauerstoff, zur Bildung von Radikalen negativ aufgeladen und über aus dem Abgasstrom abgeschiedene Aerosole, insbesondere Ruß, geführt wird.

AT 395 827 B

## AT 395 827 B

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Verbrennen von in Abgasen enthaltenen Aerosolen, insbesondere Ruß, bei dem im Abgas enthaltener Sauerstoff aufgeladen und über aus dem Abgasstrom abgeschiedene Aerosole, insbesondere Ruß, geführt wird.

Bei der Reinigung von Abgasen von Aerosolen, insbesondere Ruß, ergibt sich häufig das Problem, daß sich die Rußpartikel in dem Filter anlagern und dessen Durchlässigkeit vermindern, sodaß der Ruß von Zeit zu Zeit abgebrannt werden muß. Dazu ist es bei den herkömmlichen Filtern notwendig, entsprechende Wärmemengen dem Filter zuzuführen, da dazu Temperaturen im Bereich von ca. 600 °C notwendig sind. Bei Dieselabgasen besteht noch die Möglichkeit dem Kraftstoff Additive zuzusetzen, die im Verbrennungsraum molekulares Eisen(III)oxid bilden, die dann die Verbrennungstemperatur des Rußes unter 300 °C drücken, wodurch die Motorwärme, bzw. die Wärme der Abgase ausreicht, um den angelagerten Ruß zum Abbrennen zu bringen. Diese Zusätze verursachen jedoch einen vermehrten Kraftstoffverbrauch und das Eisen(III)oxid bleibt sehr lange schwefelfähig und ist im Hinblick auf seine Umweltverträglichkeit problematisch.

Ein Verfahren der eingangs erwähnten Art wurde durch die DE-OS 22 00 417 bekannt. Bei diesem bekannten Verfahren erfolgt eine Behandlung der Abgase in einem elektrischen Wechselfeld. Dadurch kommt es zur abwechselnden positiven und negativen Aufladung des im Abgas enthaltenen Sauerstoffs, wodurch sich nur eine eher geringe Effektivität ergibt.

Weiters wurde durch die DE-OS 37 05 979 eine Einrichtung bekannt, mit der eine Verbrennung der an einem Filter angelagerten Rußpartikel durch eine Funkenentladung verbrannt werden.

Bei einer solchen Einrichtung ergibt sich jedoch ein sehr hoher Energieaufwand.

Ziel der Erfindung ist es, diese Nachteile zu vermeiden und ein Verfahren der eingangs erwähnten Art vorzuschlagen, das es ermöglicht Aerosole, insbesondere Ruß bereits bei niedrigen Temperaturen, d. h. bei ca. 150 °C abzubrennen.

Erfnungsgemäß wird daher vorgeschlagen, daß der im Abgas enthaltene oder diesem zugesetzte Sauerstoff, zur Bildung von Radikalen ausschließlich negativ aufgeladen wird.

Durch die negative Aufladung der Sauerstoffatome und -moleküle bewirkt die Bildung von  $O_2^-$  und  $O^-$  Radikale, die sich durch eine derart hohe Reaktionsbereitschaft auszeichnen, daß es bereits unter 150 °C zu chemischen Reaktionen mit den Kohlenwasserstoffen und Kohlenstoff im abgeschiedenen Ruß kommt, wobei der Ruß verbrennt. Es ist dabei nicht unbedingt erforderlich gleich viele negative Ladungen bereitzustellen, wie Rußatome abgeschieden werden.

So können z. B. bei einem größeren PKW pro Sekunde z. B.  $10^{20}$  abgeschiedenen Kohlenstoffatomen lediglich  $10^{17}$  bis  $10^{18}$  elektrische Ladungen gegenüberstehen. Zum Verbrennen des Rußes zieht aber eine durch ein  $O_2^-$  oder  $O^-$  Radikal ausgelöste Reaktion eine Reihe weiterer Sauerstoff-Kohlenstoff-Reaktionen nach sich, auch wenn die Reaktionswärme der ersten Reaktion allein nicht ausreicht, da einerseits der Filter und anderseits die große durchstreichende Luftmenge die Wärme ableitet.

Es reagiert daher nur jener Teil des Kohlenstoffes, der entsprechend der Maxwell-Boltzmannverteilung genügend kinetische Energie für die Reaktion besitzt.

Für den abgeschiedenen Ruß C im Filter ergibt sich folgende Differentialgleichung:

$$\frac{dc}{dt} = C_0 \cdot k[O_2^-]C[O_2]e^{-\frac{T_s - T}{T}}$$

wobei  $T_s$  jene Temperatur, bei der der Kohlenstoff frei brennt und  $C_0$  die Abscheiderate des Rußes bedeuten.

Grundsätzlich soll der Filter ebenso schnell abbrennen, wie er abgeschieden wird. Für diesen Gleichgewichtsfall ergibt sich für die im Filter verbleibende Rußmenge aus der Differentialgleichung:

$$C = \frac{C_0}{k[O_2^-][O_2]} e^{-\frac{T_s - T}{T}}$$

Messungen an einem 2,5 l Turbodiesel haben diese Überlegung bestätigt. Danach verbleiben bei 50 W elektrischer Leistung für die Ionenbildung bei 250 °C etwa 3 g, bei 300 °C etwa 2 g und bei 400 °C etwa 1 g Ruß im Filter nach beliebig langen Probelaufen zurück. Diese Mengen sind aber vernachlässigbar gering.

Nach einem weiteren Merkmal der Erfindung kann vorgesehen sein, daß vor oder während des negativen Aufladens des im Abgasstrom enthaltenen Sauerstoffes der Ruß in einem im wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des Abgasstromes verlaufenden elektrischen Feldes hindurchgeführt und über Abscheideeinrichtungen geführt wird.

- 5 Durch diese Maßnahmen kommt es zu einer sehr weitgehenden Abscheidung der Aerosole bzw. des Rußes. Durch das angelegte elektrische Feld kommt es zu einer Bildung der Radikalen und gleichzeitig zur Abscheidung des Rußes, wodurch die Verbrennung des Rußes bei niedrigen Temperaturen weiter gefördert wird. Dabei kann der Ruß des Abgases vor dem Eintritt in das quer zum Abgasstrom verlaufenden elektrischen Feldes elektrisch aufgeladen werden, z. B. mittels SprühElektroden.
- 10 Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorzuschlagen.
- Bei einer Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Zylinderbehälter und einem Filter zur Abscheidung der Aerosole wird daher nach einem weiteren Merkmal der Erfindung vorgeschlagen, daß im Zentrum des Zylinderbehälters ständig mit dem negativen Pol einer Hochspannungsquelle verbundene Entladungselektroden angeordnet sind, die von dem durch einen Ringzylinder aus einem faserigen Material, vorzugsweise aus Metallwolle, Sintermetall oder Keramikwolle gebildeten Filter umgeben sind, wobei zwischen dem Filter und dem Mantel des Zylinderbehälters ein mit einer Ausströmöffnung verschener Raum verbleibt.
- 15 Durch diese Maßnahmen wird erreicht, daß der Abgasstrom im Bereich einer Umlenkung seiner Strömungsrichtung elektrisch aufgeladen wird, wodurch der Sauerstoffanteil aufweisende Abgasstrom für eine zur Bildung der Radikale ausreichend lange Zeit im Einflußbereich des angelegten elektrischen Feldes verbleibt. Dabei wird bei Raumtemperatur zweckmäßigerweise eine Feldstärke von mindestens 0,7 kV/cm angelegt, wobei die Entladungselektroden vorzugsweise mit entsprechend spitzen Erhebungen oder Schneiden ausgestattet sind, um die Ausbildung von Sprühentladungen zu erleichtern.
- 20 25 Bei einer Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens mit einem Filter zur Abscheidung der Aerosole, kann nach einem weiteren Merkmal der Erfindung vorgesehen sein, daß eine Einrichtung zum Transport des abgeschiedenen Rußes in den Bereich zu einer an einem negativen Potential liegenden Entladungselektrode, die in einem mit einer Luftzufluhr versehenen Raum angeordnet ist.
- Auf diese Weise ist sichergestellt, daß der abgeschiedene Ruß in den Bereich der Entladungselektrode und damit der dort entstehenden Radikale kommt und in diesem Bereich bereits bei niedrigen Temperaturen, von z. B. 30 150 °C verbrennt.
- Dabei kann weiters vorgesehen sein, daß die Einrichtung zum Transport des abgeschiedenen Rußes durch ein bewegbares, vorzugsweise ein drehbares Filter aus faserigem Material gebildet ist.
- 35 Auf diese Weise ergibt sich eine sehr einfache Konstruktion der Einrichtung.
- Weiters kann vorgesehen sein, daß die Einrichtung zum Transport des abgeschiedenen Rußes durch ein abgeschiedene Rußpartikel mitreibendes Gebläse gebildet ist.
- 40 Bei einer weiteren erfindungsgemäßen Einrichtung mit einem Filter zur Abscheidung der Aerosole kann vorgesehen sein, daß der Filter im wesentlichen parallel zueinander angeordnete, elektrisch leitende Platten aufweist, wobei einander benachbarte, als Entladungselektroden dienende Platten an unterschiedlichen elektrischen Potentialen liegen und mit einer Spannungsquelle verbunden sind, deren Polarität zeitweise wechselt.
- Auf diese Weise wird erreicht, daß in jedem Querschnittsbereich des Filters zwischen jedem Paar von elektrisch leitenden Platten eine negative Aufladung des Sauerstoffs des Abgases sichergestellt ist.
- 45 Weiters kann vorgesehen sein, daß zwischen jedem Paar von elektrisch leitenden Platten eine Platte aus Isoliermaterial, vorzugsweise Keramik, angeordnet ist, wobei zwischen jeder Isolierplatte und den diesen benachbarten elektrisch leitenden Platten je ein Spalt vorhanden ist.
- Auf diese Weise wird die Ausbildung von Überschlägen zwischen den Platten vermieden, die zu einer erhöhten Belastung der Spannungsquelle führen würden.
- 50 Bei einer Einrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens kann nach einem weiteren Merkmal der Erfindung bei einer Einrichtung mit einer Vorrichtung zur elektrostatischen Abscheidung von Rußpartikeln, insbesondere aus Dieselabgasen, bei der parallel zur Strömungsrichtung und im wesentlichen auch zueinander Hochspannungselektroden angeordnet sind, vorgesehen sein, daß die Hochspannungselektroden an einem zwischen diesen angeordneten Keramikkörper mit in dessen Längsrichtung verlaufenden, beidseitig offenen Durchgängen anliegen und im Querschnitt des Keramikkörpers gesehen, die Länge der Wände der Durchgänge zwischen zwei voneinander abgekehrten Verbindungspunkten von die Höhe eines Durchgangs in Richtung des durch die Hochspannungselektroden aufgebauten elektrischen Feldes bestimmenden Wänden mit den übrigen, den gleichen Durchgang begrenzenden Wänden größer ist, als der in Feldrichtung gemessene Normalabstand dieser Verbindungspunkte voneinander, wobei die elektrische Feldstärke bei Zimmertemperatur im Bereich von 10 bis 55 20 kV/cm beträgt.
- Auf diese Weise wird erreicht, daß es in den einzelnen Durchgängen zur Autoionisation des durchströmenden Abgases kommt, wobei aus dem im Abgas enthaltenen Sauerstoff O<sub>2</sub><sup>-</sup> und O<sup>-</sup> Radikale gebildet werden und gleichzeitig der Ruß abgeschieden wird. Dieser abgeschiedene Ruß wird aber von den Radikalen

bereits bei Temperaturen zwischen ca. 100 und 300 °C verbrannt. Um die Abscheidung der Aerosole, insbesondere des Rußes zu beschleunigen, kann der Einrichtung zur elektrostatischen Abscheidung stromauf eine Entladungselektrode vorgeschaltet sein, die zur Aufladung der Aerosole, bzw. des Rußes dient.

- 5 Dabei kann nach einem weiteren Merkmal der Erfindung vorgesehen sein, daß eine die Geometrie des Querschnittes der Durchgänge und den spezifischen elektrischen Widerstand des Materials des Keramikkörpers berücksichtigende Kennzahl E, die der folgenden Beziehung

$$10 \quad E = \frac{\rho \cdot \beta}{d}$$

- 15 entspricht, mindestens  $10^7$ , vorzugsweise mindestens  $10^8$  beträgt, wobei  $\rho$  den spezifischen elektrischen Widerstand des Keramikmaterials bei 600 °C in Ωcm,  $\beta$  einen geometrischen Formfaktor und  $d$  die Breite bzw. Dicke der die Durchgänge trennenden Wände in cm bedeuten, und sich der geometrische Formfaktor  $\beta$  aus der folgenden Beziehung ergibt:

$$20 \quad \beta = \frac{1}{x}$$

- 25 wobei 1 die Länge des sich aufgrund der an den Hochspannungselektroden angelegten Spannung und dem endlichen spezifischen Widerstand des Keramikmaterials ausbildenden Strompfades zwischen zwei voneinander abgekehrten Verbindungspunkten der die Höhe in Feldrichtung der Durchgänge bestimmenden Wände eines Durchgangs mit den übrigen den selben Durchgang begrenzenden, sich vorzugsweise im wesentlichen senkrecht zur Feldrichtung erstreckenden Wände erstreckt, wobei bei abschnittsweise in mehrere Arme aufgespaltenen 30 Wänden diese Arme, die widerstandsmäßig eine Parallelschaltung darstellen, ihren Widerständen entsprechend zu berücksichtigen und mit der dem Ersatzwiderstand der Arme entsprechenden Länge der übrigen Wand einzusetzen sind, und  $x$  den in Feldrichtung gemessenen Normalabstand dieser Verbindungspunkte bedeuten.

Durch diese Maßnahmen ist sichergestellt, daß die geometrische Form des Querschnittes der Durchgänge des Keramikkörpers, der als Monolith aufgebaut ist, und die Materialparameter des Keramikkörpers aufeinander abgestimmt sind, wobei durch die Einhaltung des angegebenen unteren Grenzwertes der Kennzahl bei einer elektrischen Feldstärke von ca. 10 kV/cm eine genügende Sprühentladung und oder Autoionisation sichergestellt ist, um ein Verbrennen des abgelagerten Rußes bei niedrigen Temperaturen zu gewährleisten.

Mit höher werdender Kennzahl vermindert sich die zum Abbrennen des Rußes erforderliche Temperatur und kann bis unter 150 °C absinken, wobei bei Kennzahlen von ca.  $4 \cdot 10^8$  die Feldstärke auf bis zu 5 kV/cm vermindert werden kann, wodurch sich der Energiebedarf des Filters vermindert.

Die Erfindung wird nun anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 bis 6 schematisch verschiedene Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Einrichtung, und

Fig. 7 schematisch einen Querschnitt durch eine Einrichtung, die eine Bildung von Radikalen mittels Auto-ionisation ermöglicht.

45 Bei der Ausführungsform nach der Fig. 1 ist ein im Querschnitt im wesentlichen rechteckiges Gehäuse (4) vorgesehen, in dessen Mittelbereich ein Filter (1) aus einem Fasermaterial, wie z. B. Metallwolle, Sintermetall oder Keramikwolle angeordnet ist. Dabei ist der obere, mit dem Zuleitungsröhr (5) in Verbindung stehende Bereich des Gehäuses (4) mit einer Entladungselektrode (2) versehen, die über eine Hochspannungsdurchführung (3) mit einer nicht dargestellten Hochspannungsquelle verbunden ist. Dabei liegt die Entladungselektrode (2) an einem gegenüber dem geerdeten Gehäuse negativen Potential.

50 Die Entladungselektrode (2) ist mit spitzen Vorsprüngen (3') versehen, wodurch die Ionisierung des durchströmenden Abgases und damit die Bildung der Radikale O<sub>2</sub><sup>-</sup> und O<sup>-</sup> erleichtert wird.

Das ionisierte Abgas, in dem der in diesem enthaltene Sauerstoff zum Teil in die erwähnten Radikale übergeführt wurde, strömt durch das Filter (1) in dem sich die Aerosole, insbesondere der Ruß niederschlagen. 55 Die beim Durchtritt durch das Filter mit dem Ruß in Berührungen gelangenden Radikale reagieren mit dem Ruß, wodurch dieser auch bei niedrigen Temperaturen abbrennt.

Das gereinigte Abgas strömt über die Auslaßleitung (6) ab.

Die Ausführungsform nach der Fig. 2 unterscheidet sich von jener nach der Fig. 1 dadurch, daß ein zylindrisches Gehäuse (4) vorgesehen ist und der Filter, der ähnlich wie der nach der Fig. 1 aufgebaut ist, ringzyklisch geformt ist. Die Entladungselektrode (2) ist dabei im Zentrum des Gehäuses angeordnet und mit Sprühscheiben (2') versehen.

Dabei ist zwischen dem Filter (1) und der Innenwand des Gehäuses (4) ein Ringspalt vorgesehen, über den das gereinigte Abgas abströmen kann.

Bei der Ausführungsform nach der Fig. 3 sind elektrisch leitende Platten (10, 11) vorgesehen, die mit spitzen Erhebungen versehen sind. Dabei sind die Platten (10) an ein gemeinsames Potential angelegt, desgleichen die Platten (11), wobei diese Platten (10) und (11) an unterschiedlichen Potentialen liegen. Zwischen diesen Paaren von Platten (10, 11) sind mit einem im wesentlichen zick-zack-förmigen Querschnitt versehene Isolierplatten (12), vorzugsweise aus Keramik, angeordnet, wobei aber zwischen den Isolierplatten (12) und den Platten (10), bzw. (11) Spalte verbleiben, durch welche Spalte das zu reinigende Abgas hindurchströmt.

Auf der Seite der negativen Entladungselektrode kommt es neben der Aufladung und Abscheidung der Rußpartikel auch zu einer Bildung von Sauerstoff-Radikalen, während auf der Seite der positiven Entladungselektrode nur der Ruß abgeschieden wird. Um auch diesen Ruß abzuscheiden werden die elektrisch leitenden Platten (10) und (11) zeitweise umgepolzt.

Bei der Ausführungsform nach der Fig. 4 führt das Zuleitungsrohr (5) in eine Kammer (15), die im Inneren des Gehäuses (4) angeordnet ist und die von einem dreh- und antreibbaren Filter (1) durchsetzt ist. Nach dem Durchströmen des Filters (1) der z. B. aus Metallwolle, Sintermetall oder Keramikwolle hergestellt ist, strömt das gereinigte Abgas über die Auslaßleitung (6) ab. Der im Filter abgelagerte Ruß gelangt beim Drehen des Filters (1) aus der Kammer (15) heraus und in den Bereich der Entladungselektrode (2), die über die Durchführung (3) mit einer nicht dargestellten Hochspannungsquelle verbunden ist und kommt daher in den Bereich der im Bereich der Entladungselektrode (2), die mit Spitzen versehen ist, gebildeten Radikale, die mit dem Ruß reagieren und eine Verbrennung desselben bereits bei niedrigen Temperaturen, von z. B. 100 bis 150 °C bewirken, sodaß in den meisten Fällen keine Zusatzheizung erforderlich ist, da das Gehäuse (4) für einen Wärmestau und geringen Überdruck sorgt, sodaß sich keine Dichtprobleme für die das Abgas durch den rotierenden Filter (1) hindurchführende Kammer (15) ergeben, solange dieser Überdruck größer ist als der in der Kammer (15) vor dem Filter (1) auftretende Druck.

Die Versorgung des die Entladungselektrode (2) aufweisenden Raumes (16) erfolgt über einen Frischluftsteinlaß (17), über den die Zufuhr von Sauerstoff bzw. Luft erfolgt.

Die Fig. 5 zeigt einen Rußbehälter (18) der für die Entsorgung und dem kalten Verbrennen von bei verschiedenen mechanischen Rußfiltersystemen, wie etwa bei rotierenden Frittenfiltern mit mechanischer Abscherung u. dgl. Verwendung finden kann. Dabei wird der abgeschiedene Ruß (19) über ein Düsensystem (20) mit mittels der Heizeinrichtung (21) vorgeheizter Luft getrocknet, die über das Zuleitungsrohr (5) zugeführt wird. Dabei wird der Ruß auf eine Temperatur von 100 bis 300 °C, vorzugsweise von 150 bis 200° gebracht. Durch die Entladungselektrode (2), die an einem negativen Potential liegt, kommt es zur Bildung von negativ geladenen Sauerstoffmolekülen, die als Radikale sehr heftig mit den Rußpartikeln reagieren und die sich aufgrund der negativen Ladung nur in Richtung zum Ruß (19) bewegen können. Dadurch kommt es zum Abbrennen des Rußes bereits bei den bereits erwähnten niedrigen Temperaturen.

Im Inneren des Rußbehälters (18) sind Isolierungen (22) angeordnet, die sicherstellen, daß sich die negativ geladenen Sauerstoffmoleküle nur in Richtung zum Ruß (19) hin bewegen können.

Die elektrische Leistung für die Entladungselektrode (2) kann gering gehalten werden und beträgt z. B. weniger als 100 W. So genügen zumeist 10 mA bei 2 kV bis 7 kV zur Bildung der erforderlichen Radikale, sodaß sich ein Leistungsbedarf von 20 bis 70 W ergibt.

Da der Abbrennvorgang bei Anfall von Ruß vorzugsweise kontinuierlich erfolgt, können die Abmessungen des Rußbehälters (18) sehr klein gehalten werden, z. B. weniger als 10 cm im Durchmesser oder im Quadrat betragen.

Die Fig. 6 zeigt einen Filtersack (23) mit einem Filter (1), vorzugsweise aus Sintermetall oder Metallkeramik und eine Entladungselektrode (2). In diesen Filtersack (23) wird abgeschiedener Ruß mittels eines nicht dargestellten Gebläses mit relativ hoher Beladung des Luftstromes eingeblasen und legt sich an dem Filter (1) an.

Durch die Entladungselektrode (2), die an einem negativen Potential gegenüber dem Gehäuse des Filtersackes (23) liegt, werden Sauerstoffmoleküle negativ geladen und bilden daher Radikale, die eine Verbrennung des Rußes bei niedrigen Temperaturen zwischen 100 und 300 °C ermöglichen.

Wie aus der Fig. 7 zu ersehen ist, weist der Keramikkörper (101) eine Wabenstruktur auf, wobei in in Feldrichtung aneinander angrenzenden Reihen von Durchgängen (103) die letzteren gegeneinander versetzt angeordnet sind.

Die Verbindungspunkte (104) der in Richtung des Feldes verlaufenden Wände (105) mit den übrigen einen Durchgang (103) begrenzenden Wänden (106), die bei der Ausführungsform nach der Fig. 7 senkrecht zum Feld (102) verlaufen, stellen gleichzeitig die Anschlußpunkte für den einen Durchgang (103) umgebenden Strompfad dar.

Die geometrische Länge 1 dieses Strompfades, der sich aufgrund des endlichen spezifischen Widerstandes des Materials des Keramikkörpers (1) und der an den nicht dargestellten Hochspannungselektroden anliegenden Spannung ausbildet, entspricht der folgenden Beziehung:

$$1 = 2 \cdot b + x$$

5 Hiebei bedeutet das Maß  $b$  die Länge der zwei Reihen trennenden Wand zwischen den benachbarten Verbindungspunkten dieser Wand mit den in Richtung des elektrischen Feldes verlaufenden Wänden. Dabei ist bei der Ausführungsform nach der Fig. 7 das Maß  $x$  gleich dem Normalabstand in Richtung des Feldes (102) der beiden Verbindungspunkte (104) der die in Richtung des Feldes (102) gemessene Höhe der Durchgänge (103) bestimmenden Wände (105) mit den übrigen, die Durchbrüche (103) begrenzenden Wänden (106) voneinander. Im weiteren ist unter "Strompfad" stets dessen geometrische Länge zu verstehen.

10 Bei der Ausführungsform nach der Fig. 7 ergibt sich somit, daß die Länge der Wände (106, 105) zwischen den Verbindungspunkten (104) des Querschnittes eines Durchgangs (103) länger als der in Richtung des Feldes (102) gemessene Normalabstand dieser Punkte (104) voneinander ist.

15 Es ergibt sich für die Geometrie des Querschnittes des Keramikkörpers (101) nach der Fig. 7 ein Formfaktor  $\beta$  nach der Formel

$$\beta = \frac{2 \cdot b + x}{x}$$

20 der somit in jedem Falle größer als 1 ist. Dabei lassen sich Durchbrüche mit einem Verhältnis von in Richtung senkrecht zur Feldrichtung gemessener Breite zur in Feldrichtung gemessener Höhe von 3 : 1 bis 10 : 1 ohne weiteres herstellen, wobei mit größer werdendem Verhältnis der Widerstand des Keramikkörpers bei sonst gleichen Maßen, insbesondere der Dicke ( $d$ ) der Wände steigt.

25 Durch eine negative Sprühelektrode oder bei hinreichender Feldstärke durch negatives Aussprühen aus Oberflächenrauhigkeiten der negativ geladenen Wände, wobei im ersten Falle die Potentialdifferenz zwischen Sprühelektrode und Gegenelektrode bei Zimmertemperatur je cm Elektrodenabstand 1 bis 3 kV beträgt, beträgt im zweiten Falle die Potentialdifferenz zwischen den gegenüberliegenden Wänden je cm Wandabstand 4 bis 8 kV. Sind die gegenüberliegenden Wände sehr glatt, so tritt statt des negativen Ladungssprühens bei Zimmertemperatur Autoionisation des Gases bei Feldstärken zwischen 10 und 20 kV/cm auf, und bei höheren Temperaturen bereits bei 5 bis 10 kV/cm auf.

35

## PATENTANSPRÜCHE

40

1. Verfahren zum Verbrennen von in Abgasen enthaltenen Aerosolen, insbesondere Ruß, bei dem im Abgas enthaltener Sauerstoff aufgeladen und über aus dem Abgasstrom abgeschiedene Aerosole, insbesondere Ruß, geführt wird, dadurch gekennzeichnet, daß der im Abgas enthaltene oder diesem zugesetzte Sauerstoff, zur Bildung von Radikalen ausschließlich negativ aufgeladen wird.

45 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vor oder während des negativen Aufladens des im Abgasstrom enthaltenen Sauerstoffes der Ruß durch ein im wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des Abgasstromes verlaufendes elektrisches Feld hindurchgeführt und über Abscheideeinrichtungen geführt wird.

50 3. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einem Zylinderbehälter und einem Filter zur Abscheidung der Aerosole, dadurch gekennzeichnet, daß im Zentrum des Zylinderbehälters (4) ständig mit dem negativen Pol einer Hochspannungsquelle verbundene Entladungselektroden (2) angeordnet sind, die von dem durch einen Ringzylinder aus einem faserigen Material, vorzugsweise aus Metallwolle, Sintermetall oder Keramikwolle gebildeten Filter (1) umgeben sind, wobei zwischen dem Filter (1) und dem Mantel des Zylinderbehälters (4) ein mit einer Ausströmöffnung versehener Raum verbleibt. (Fig. 4)

55 4. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einem Filter zur Abscheidung der Aerosole, dadurch gekennzeichnet, daß eine Einrichtung zum Transport des abgeschiedenen Rußes in den Bereich zu einer an einem negativen Potential liegenden Entladungselektrode (2) vorgesehen ist, die in einem mit einer Luftzufuhr (17) versehenen Raum (16) angeordnet ist.

5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Transport des abgeschiedenen Rußes durch ein bewegbares, vorzugsweise ein drehbares Filter (1) aus faserigem Material gebildet ist.
- 5 6. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung zum Transport des abgeschiedenen Rußes durch ein abgeschiedene Rußpartikel mitreibendes Gebläse gebildet ist.
7. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einem Filter zur Abscheidung der Aerosole, dadurch gekennzeichnet, daß der Filter im wesentlichen parallel zueinander angeordnete, elektrisch leitende Platten (10, 11) aufweist, wobei einander benachbarte, als Entladungselektroden dienende Platten an unterschiedlichen elektrischen Potentialen liegen und mit einer Spannungsquelle verbunden sind, deren Polarität zeitweise wechselt.
- 10 8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen jedem Paar von elektrisch leitenden Platten (10, 11) eine Platte aus Isoliermaterial, vorzugsweise Keramik, angeordnet ist, wobei zwischen jeder Isolierplatte (12) und den diesen benachbarten elektrisch leitenden Platten (10, 11) je ein Spalt vorhanden ist.
9. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1 oder 2, mit einer Vorrichtung zur elektrostatischen Abscheidung von Rußpartikeln, insbesondere aus Dieselaabgasen, bei der parallel zur Strömungsrichtung und im wesentlichen auch zueinander Hochspannungselektroden angeordnet sind, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochspannungselektroden an einem zwischen diesen angeordneten Keramikkörper (101) mit in dessen Längsrichtung verlaufenden, beidseitig offenen Durchgängen (103) anliegen und im Querschnitt des Keramikkörpers (101) gesehen, die Länge der Wände der Durchgänge (103) zwischen zwei voneinander abgekehrten Verbindungspunkten (104) von der Höhe eines Durchgangs (103) in Richtung des durch die Hochspannungselektroden aufgebauten elektrischen Feldes bestimmenden Wänden (105) mit den übrigen, den gleichen Durchgang (103) begrenzenden Wänden (106) größer ist, als der in Feldrichtung gemessene Normalabstand dieser Verbindungspunkte (104) voneinander, wobei die elektrische Feldstärke bei Zimmertemperatur im Bereich von 10 bis 20 kV/cm liegt.
- 20 10. Einrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine die Geometrie des Querschnittes der Durchgänge (103) und den spezifischen elektrischen Widerstand des Materials des Keramikkörpers (101) berücksichtigende Kennzahl E, die der folgenden Beziehung

$$35 \quad E = \frac{\rho \cdot \beta}{d}$$

40 entspricht, mindestens  $10^7$ , vorzugsweise mindestens  $10^8$  beträgt, wobei  $\rho$  den spezifischen elektrischen Widerstand des Keramikmaterials bei  $600^\circ\text{C}$  in  $\Omega\text{cm}$ ,  $\beta$  einen geometrischen Formfaktor und  $d$  die Breite bzw. Dicke der die Durchgänge (103) trennenden Wände in cm bedeuten, und sich der geometrische Formfaktor  $\beta$  aus der folgenden Beziehung ergibt:

$$45 \quad \beta = \frac{l}{x}$$

50 wobei l die Länge des sich aufgrund der an den Hochspannungselektroden angelegten Spannung und dem endlichen spezifischen Widerstand des Keramikmaterials ausbildenden Strompfades zwischen zwei voneinander abgekehrten Verbindungspunkten (104) der die Höhe in Feldrichtung (102) der Durchgänge (103) bestimmenden Wände (105) eines Durchgangs (103) mit den übrigen den selben Durchgang begrenzenden, sich vorzugsweise im wesentlichen senkrecht zur Feldrichtung erstreckenden Wänden (106) erstreckt, wobei bei abschnittsweise in mehrere Arme aufgespaltenen Wänden diese Arme, die widerstandsmäßig eine Parallelschaltung darstellen, ihren Widerständen entsprechend zu berücksichtigen und mit der dem Ersatzwiderstand der Arme entsprechenden Länge der übrigen Wand einzusetzen sind, und x den in Feldrichtung gemessenen Normalabstand dieser Verbindungspunkte bedeuten.

Ausgegeben

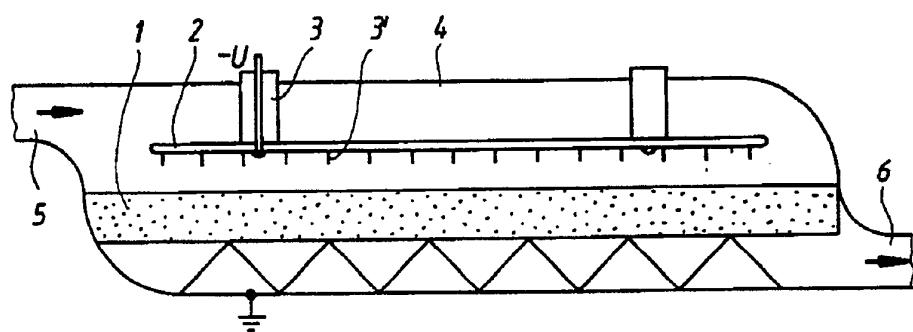
25. 3.1993

Int. Cl.<sup>5</sup>: B01D 53/34

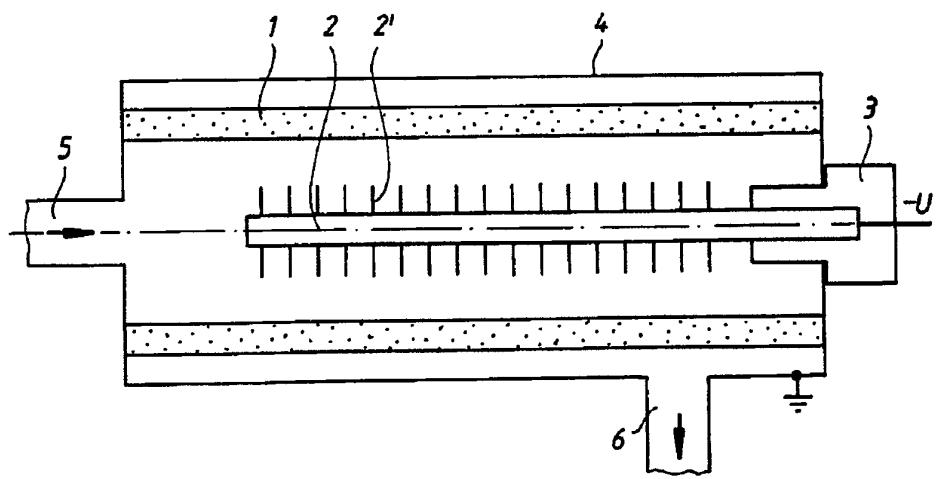
Blatt 1

B01D 53/32

*Fig.1*



*Fig.2*



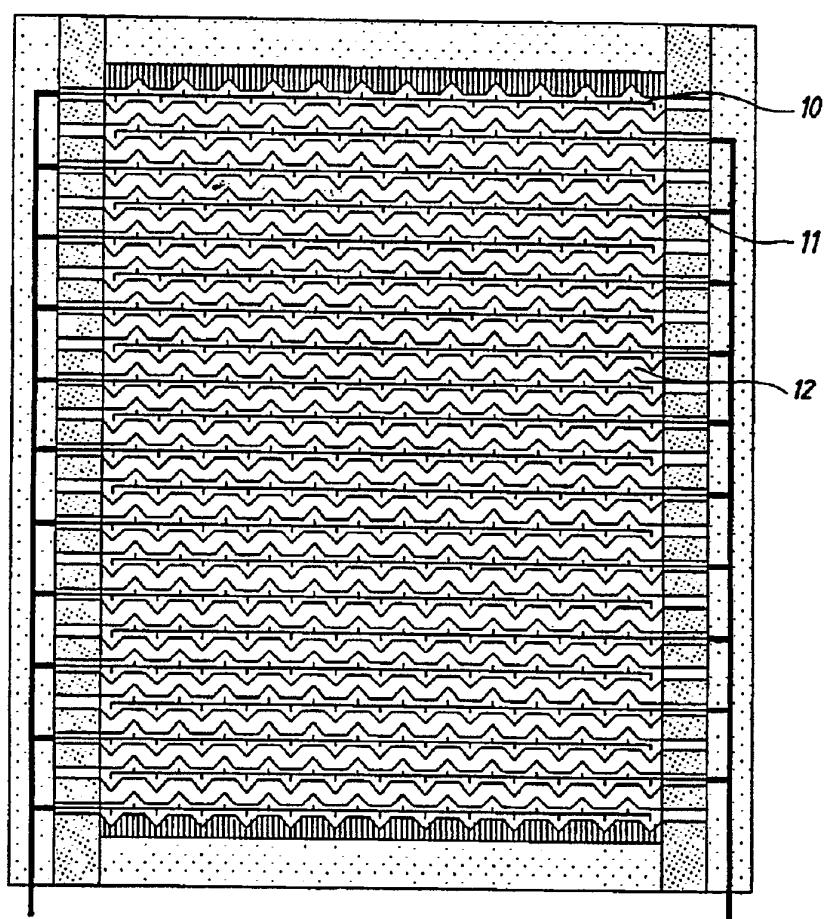
Ausgegeben

25. 3.1993

Blatt 2

Int. Cl.<sup>5</sup>: B01D 53/34  
B01D 53/32

*Fig.3*



Ausgegeben

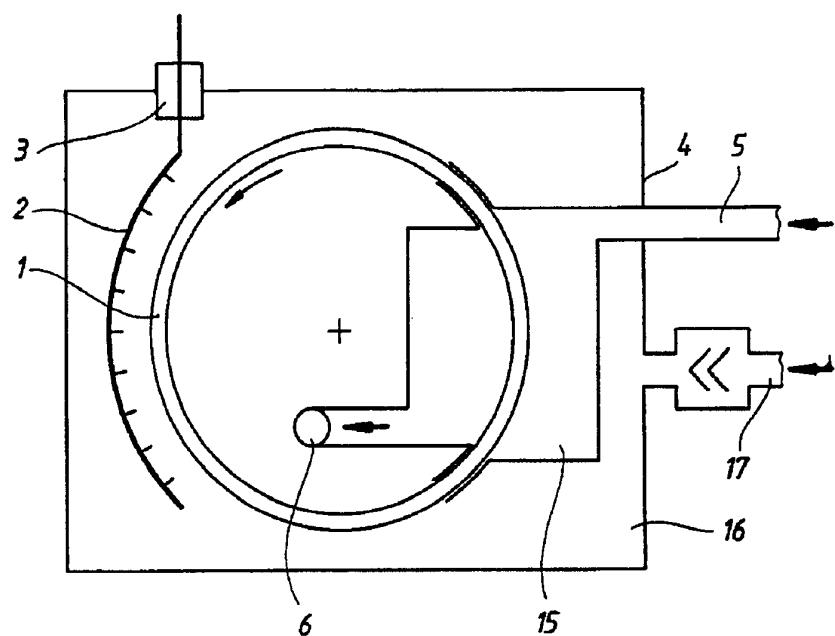
25. 3.1993

Int. Cl. 5: B01D 53/34

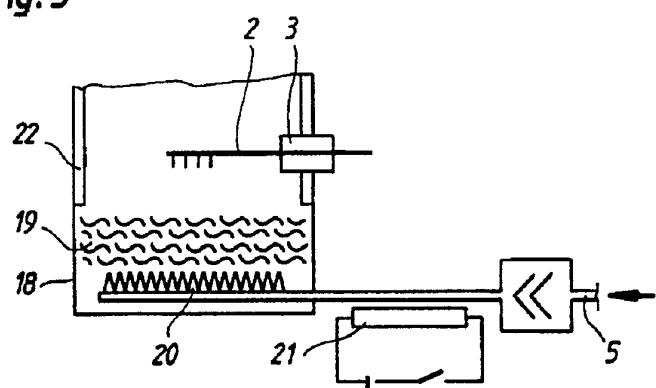
Blatt 3

B01D 53/32

*Fig. 4*



*Fig. 5*



Ausgegeben

25. 3.1993

Int. Cl.<sup>5</sup>: B01D 53/34

Blatt 4

B01D 53/32

