



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2008 009 494 A1** 2009.08.27

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2008 009 494.3**

(22) Anmeldetag: **15.02.2008**

(43) Offenlegungstag: **27.08.2009**

(51) Int Cl.⁸: **G01N 15/06** (2006.01)
G01N 15/02 (2006.01)

(71) Anmelder:

Fachhochschule Dortmund, 44139 Dortmund, DE;
MSS Elektronik GmbH, 58730 Fröndenberg, DE;
Opcoms GbR, 53721 Siegburg, DE; Selbach, Peter,
53757 Sankt Augustin, DE

(74) Vertreter:

Schneider, U., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 59423 Unna

(72) Erfinder:

Menzel, Eberhard, Prof. Dr., 47809 Krefeld, DE;
Schwellenbach, Christoph, 53721 Siegburg, DE;
Goldau, Rüdiger, 58730 Fröndenberg, DE;
Selbach, Peter, 53757 Sankt Augustin, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:

US	49 02 993	A
DE	103 53 897	A1
DE	100 61 976	A1
DE	26 32 962	A1
DE	102 42 301	A1

Römpf: Chemie lexikon, Zhieme Verlag, Stuttgart,
10. Aufl. (1996), S. 2543-2546

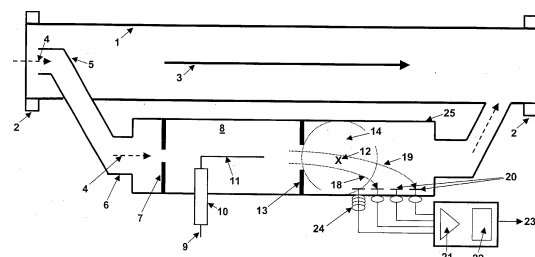
Mätzing H. u.a.: Massenspektrometrie und
Größenanalyse von elektrisch geladenen
Rußpartikeln, Chemie Ingenieur Technik (2004),
76, Nr. 9, S. 1285

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Erfassung der Konzentration und/oder der Größenverteilung von elektrisch geladenen Partikeln in Gasströmen, insbesondere von Rußpartikeln in Dieselabgasen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung der Konzentration und/oder der Größenverteilung von elektrisch geladenen Partikeln (18, 19) in Gasströmen, insbesondere von Rußpartikeln (18, 19) in Dieselabgasen, aufweisend eine Einrichtung (8) zur elektrischen Aufladung der Partikel (18, 19) und eine in Strömungsrichtung hinter der Einrichtung (8) zur elektrischen Aufladung angeordnete Ablenkeinrichtung (15, 16), mit der die Partikel (18, 19) zu mindestens einer in Strömungsrichtung des Gasstromes (3) nachgeschalteten Messeinrichtung (20) hin abgelenkt werden. Hierbei weist erfindungsgemäß die Ablenkeinrichtung (15, 16) eine ein Magnetfeld erzeugende Anordnung aus einem Permanentmagneten (16) und/oder einem Elektromagneten (15) auf, deren Magnetwirkung (14) die Partikel (18, 19) abhängig von ihrer jeweiligen Größe unterschiedlich stark aus ihrer normalen Flugbahn und zu der mindestens einen Messeinrichtung (20) ablenkt, wobei die auf die Messeinrichtung (20) auftreffenden Partikel (18, 19) ihre jeweilige Ladung an die Messeinrichtung (20) abgeben.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Erfassung der Konzentration und/oder der Größenverteilung von elektrisch geladenen Partikeln in Gasströmen, insbesondere von Rußpartikeln in Dieselabgasen gemäß Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Bei Verbrennungsprozessen und insbesondere bei der Verbrennung von Dieselkraftstoff in Dieselmotoren kommt zunehmend die unvermeidliche Erzeugung von Verbrennungspartikeln wie etwa von Rußpartikeln in die umweltpolitische Diskussion, da derartige Partikel gesundheitsschädigende Wirkung haben können. Es entsteht daher ein hoher Druck zur Reduzierung derartiger Emissionen, die sich in der Schaffung von Umweltzonen zur Reduzierung der Feinstaubbelastung in Städten sowie eine Nachrüstungspflicht bestehender Fahrzeuge und einer Ausrüstung neuer Fahrzeuge mit Partikelfiltern niederschlagen kann. Aber auch bei der Überprüfung von Kaminöfen oder dgl. Feuerstätten, die sich etwa mit Holz oder Pellets als Brennstoff betreiben lassen, hat sich heraus gestellt, dass hierbei hohe Feinstaubemissionen auftreten, die zu der allgemeinen Feinstaubbelastung hinzu kommen und diese noch einmal deutlich erhöhen.

[0003] Da gleichzeitig die Verwendung von nachwachsenden Rohstoffen und der Einsatz von Dieselfahrzeugen aus anderen Gründen Vorteile aufweisen und daher grundsätzlich gefördert werden sollen, kommt der Erfassung und Minderung der daraus resultierenden Feinstaubbelastungen eine hohe Priorität zu. Es sind daher vielfältige Messverfahren entwickelt worden, wie insbesondere die auftretenden Rußpartikel bei Emissionen von Dieselmotoren erfasst und damit Regelgrößen für eine Reduzierung der Emissionen des Verbrennungsprozesses gewonnen werden können. Auch sind umfangreiche Untersuchungen über die Konzentration und die Partikelgrößenverteilung in Dieselabgasen angestellt worden.

[0004] Die meisten der in Dieselabgasen enthaltenen Rußpartikel liegen in einem Größenbereich zwischen 0,05 und 1,0 µm Partikeldurchmesser, dem sog. Akkumulationsmodus, wobei kleinere Partikel im Größenbereich zwischen 0,005 und 0,05 µm je nach den Verbrennungsparametern im sog. Nukleationsmodus entstehen und, etwa abhängig vom Schwefelgehalt des Dieselkraftstoffes, durchaus auch in hohen Anteilen im Abgas enthalten sein können. Grobere Partikel mit Durchmessern von mehr als 1,0 µm werden ebenfalls abgegeben, wobei es sich hierbei typischerweise um Rußwandablagerungen handelt, die sich in der Abgasanlage bilden und durch den Abgasstrom gelöst und mitgerissen werden können. Zur Messung derartiger Partikelzahlen und -verteilungen sind verschiedene Messverfahren bekannt.

[0005] Das am häufigsten eingesetzte Verfahren zur Bestimmung der Partikelkonzentration ist die sog. Gravimetrie, wobei der die Partikel enthaltende Gasstrom durch ein geeignetes Filtermaterial hindurch geleitet wird und die sich darin ansammelnden Partikel gewogen werden. Dieses aufwendige, an sich aber recht gut beherrschbare Verfahren weist allerdings einige Einflussfaktoren auf, die dazu führen, dass es sich ausschließlich für den Laborbetrieb eignet, mit dem etwa auf Messständen die Partikelemissionen von Dieselmotoren ermittelt werden können. So sind hochgenau zu kalibrierende Messeinrichtungen wie eine Partikelwaage erforderlich, die Filtermaterialien reagieren unter Umständen mit dem zu filternden Abgas oder den darin befindlichen Partikeln und der zu messende Gasstrom muss sehr fein geregelt werden, um eine entsprechend repräsentative Messung zu erhalten. Daher eignet sich dieses hochgenaue und kalibrierfähige Messverfahren nicht für den Feldeinsatz.

[0006] Daher sind in den letzten Jahren eine Reihe von alternativen Messverfahren, teilweise auch für den Feldeinsatz entwickelt worden, die nachfolgend kurz erwähnt werden sollen.

[0007] Die genaueste Bestimmung der Partikelmenge erreicht man durch Verbrennung der Partikel auf einem Filter im Sauerstoffstrom, wobei das dabei entstehende Kohlendioxid mittels IR-Spektroskopie gemessen werden kann.

[0008] Eine andere Methode besteht in der Nutzung der trägen Masse der Partikel. Beim TEOM (Tapered Element Oscillation) und bei der QCM (Quartz Crystal Microbalance) wird die Verstimmung eines mit dem Partikelstrom beaufschlagten Quarzoszillators gemessen, die durch die zusätzliche Partikelmasse erzeugt wird.

[0009] Eine weitere Möglichkeit besteht darin, den Gasstrom stark zu beschleunigen und so die geringen Trägheitskräfte der einzelnen Partikel zu verstärken. Sog. Niederdruckimpaktoren arbeiten nach diesem Prinzip. In der Regel werden die mit dem Partikelstrom beaufschlagten Impaktorstufen gewogen, wodurch die Partikelmassengrößenverteilung kumulativ über die Messdauer bestimmt werden kann. Das Auswiegen der Impaktorstufen setzt bei den niedrigen Partikelemissionen, die z. B. bei Euro4-Fahrzeugen auftreten, allerdings längere Messzeiten voraus. Dieser Nachteil kann beim ELPI (Electrical Low Pressure Impactor) dadurch vermieden werden, indem die Partikel vor Eintritt in den Impaktor elektrisch aufgeladen und der auf der Impaktorstufe eintreffende Strom mit einem Elektrometer gemessen wird. Dies ermöglicht die Bestimmung der aerodynamischen Partikelanzahlgrößenverteilung bei geringer zeitlicher Auflösung.

[0010] Ein anderer Ansatz geht davon aus, die Rußpartikel optisch nachzuweisen, da diese das Licht im sichtbaren Wellenlängenbereich nahezu vollständig absorbieren. Es gibt eine Reihe von Opazimetern und Extinktionsmeßgeräten, die zur Rußpartikelmessung verwendet werden. Ein Nachteil dieser Verfahren ist allerdings, dass die Empfindlichkeit der Lichtabsorption vom Durchmesser der Partikel abhängt. Daher werden etwa Partikel unterhalb eines Grenzdurchmessers künstlich vergrößert, um diese vergrößerten Partikel dann optisch nachweisen zu können. Dies ist das Prinzip der Kondensationskernzähler (CNC/CPC), die mit sehr guter Zeitauflösung Gesamtpartikelanzahlen messen.

[0011] Um Informationen über die Größenverteilung zu gewinnen, existiert neben dem Impaktor das sog. SMPS (= Scanning Mobility Particle Sizer), bei dem vor den Kondensationskernzähler ein elektrischer Klassierer (DMA = Differential Mobility Analyser) geschaltet ist. Dabei werden die Partikel elektrisch geladen und dann scherungsfrei als Hüllstrom auf einen Reinluftstrom gegeben. Dieser Gasstrom wird durch ein elektrisches Feld geführt, in dem die Partikel gemäß ihrer Ladung und Größe abgelenkt werden. Liegt eine definierte Spannung an, können nur Partikel einer bestimmten Größenklasse den DMA verlassen. Dieser Ausschnitt aus dem Partikelgrößenspektrum wird dann im Kondensationskernzähler quantifiziert. Eine Variante besteht darin, die ohnehin geladenen Partikel mit einem Elektrometer zu messen. Im Gegensatz zum Impaktor wird mit diesem Messprinzip die elektrodynamische Anzahlgrößenverteilung ermittelt. Ein anderes System kombiniert Klassierer und Detektor in einem Gerät. Das DMA ist hierbei abschnittsweise aufgeteilt, wobei die einzelnen Abschnitte gegeneinander elektrisch isoliert und mit einem Elektrometer verbunden sind. Für jeden Abschnitt, der dann einer Größenklasse entspricht, wird der auftretende elektrische Strom gemessen, der proportional zur Partikelanzahl ist.

[0012] Eine andere Methode, Partikel zu messen, besteht darin, die unterschiedlich schnelle Diffusion der Partikel aufgrund der Brown'schen Molekularbewegung auszunutzen. Dabei diffundieren kleinere Partikel schneller als große. In den sog. Diffusionsbatterien werden Netze oder Blenden hintereinander geschaltet. In jeder Stufe der Diffusionsbatterie werden die kleineren Partikel anteilig am stärksten zurückgehalten, da diese durch Diffusion mit dem Netz oder der Blende kollidieren und so dem Messgas entzogen werden. Aus der Partikelabnahme von einer Stufe zur nächsten lässt sich dann die Größenverteilung bestimmen. Die Partikel werden i. d. R. wieder mit Kondensationskernzählern nachgewiesen.

[0013] Daneben existieren oberflächenbasierende Messverfahren, in denen die Partikeloberfläche geladen wird. Die Ladungen werden gemessen und lie-

fern so das Messsignal. Erhältlich sind Geräte, in denen das Laden der Partikel durch Diffusion von Gasionen (DC) oder durch Licht (PAS) geschieht.

[0014] Die derzeit eingesetzte Partikelanzahlmesstechnik mit Geräten, wie z. B. SMPS und ELPI, ist nur zur Gewinnung von qualitativen Aussagen zu Partikelanzahl und Größenverteilung geeignet, jedoch von der Möglichkeit der quantitativen, also absoluten Messung dieser Eigenschaften, weit entfernt. Darüber hinaus muss man feststellen, dass die gemessene Partikelanzahl stark von den Testbedingungen abhängt.

[0015] Es zeigt sich, dass für die Messung der Masse der Partikel nur die Gravimetrie direkt kalibrierbar ist. Andere Verfahren sind indirekt über die Gravimetrie oder Coulometrie kalibrierbar. Eine Kalibrierung zur Messung der Partikelanzahl ist zur Zeit nicht möglich. Weiterhin bestehen Zweifel bezüglich der Reproduzierbarkeit, die für Zulassungsmessungen von entscheidender Bedeutung ist. Hier ist für die meisten Geräte noch der Nachweis einer hinreichenden Übereinstimmung mit den Anforderungen zu führen.

[0016] Aus der EP 1 540 308 B1 ist eine Vorrichtung zur Messung der Konzentration von in einem strömenden Gas vorhandenen geladenen Partikeln bekannt, bei der eine erste Messelektrode zur Messung der Partikelladung vorhanden ist. Ein Ionisator lädt die Partikel vor dem Passieren der Messelektrode auf, wobei die geladenen Partikel durch eine Ablenkelektrode derart abgelenkt werden, dass sie sich teilweise auf der Messelektrode ablagern und ihre Ladung dort abgeben, die dann über Operationsverstärker gemessen werden kann. Durch Vorsehen mehrerer Messelektroden kann auch eine Größenverteilung der sich ablagernden Partikel ermittelt werden. Nachteilig an dieser Vorrichtung ist allerdings, dass neben den sich auf den Messelektroden ablagernden Partikeln auch die Messelektroden im Gasstrom lediglich passierende Partikel einen deutlichen Einfluss auf die Messwerte an den Messelektroden ausüben, da es zwischen den lediglich vorbeifliegenden elektrisch geladenen Partikeln und den Ladungen auf den Messelektroden zu Wechselwirkungen kommt und es dadurch zu das Messergebnis verfälschenden Ladungsverschiebungen kommt. Auch ist die Geschwindigkeit der zu detektierenden Partikel bei der Vorrichtung gemäß der EP 1 540 308 B1 unterschiedlich, wodurch ebenfalls das Messergebnis verschlechternde Seiteneffekte für die eigentliche Messung auftreten.

[0017] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine gattungsgemäße Vorrichtung derart weiter zu entwickeln, dass eine genauere und stabilere Messung der Partikelkonzentration und der Partikelgrößenverteilung möglich wird.

[0018] Die Lösung der erfindungsgemäßen Aufgabe ergibt sich aus den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 in Zusammenwirken mit den Merkmalen des Oberbegriffes. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0019] Die Erfindung geht aus von einer Vorrichtung zur Erfassung der Konzentration und/oder der Größenverteilung von elektrisch geladenen Partikeln in Gasströmen, insbesondere von Rußpartikeln in Dieselmotoren, aufweisend eine Einrichtung zur elektrischen Aufladung der Partikel und eine in Strömungsrichtung hinter der Einrichtung zur elektrischen Aufladung angeordnete Ablenkeinrichtung, mit der die Partikel zu mindestens einer in Strömungsrichtung des Gasstromes nachgeschalteten Messeinrichtung hin abgelenkt werden. Eine derartige gattungsgemäße Vorrichtung wird dadurch weiter entwickelt, dass die Ablenkeinrichtung eine ein Magnetfeld erzeugende Anordnung aus einem Permanentmagneten und/oder einem Elektromagneten aufweist, deren Magnetwirkung die Partikel abhängig von ihrer jeweiligen Größe unterschiedlich stark aus ihrer normalen Flugbahn und zu der mindestens einen Messeinrichtung ablenkt, wobei die auf die Messeinrichtung auftreffenden Partikel ihre jeweilige Ladung an die Messeinrichtung abgeben. Durch Verwendung eines Magnetfeldes zur Ablenkung der Partikel aus ihrer normalen Flugbahn durch die Vorrichtung sowie die Kombination eines Permanentmagneten mit gleichbleibender und einem Elektromagneten mit veränderlich einstellbarer Magnetwirkung kann erreicht werden, dass einerseits die Ablenkung der elektrisch vorgeladenen Partikel nahezu vollständig erfolgt und daher die Ablagerung dieser Partikel auf der Messeinrichtung ebenfalls mit einem hohen Wirkungsgrad vonstatten geht. Andererseits wird dadurch vermieden, dass nicht bestimmungsgemäß abgelenkte Partikel, die bei der Einrichtung aus dem Stand der Technik an der Messeinrichtung zwar vorbeifliegen, gleichwohl aber die Messung durch eine Ladungsverschiebung beeinflussen, nicht mehr auftreten können und dadurch die Messung mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung wesentlich genauer und zutreffender ist. Auch wird aufgrund der Magnetfeldwirkung die Trennung der Partikel nach ihrer Größe wesentlich verbessert, wodurch eine Klassifizierung der Partikel nach ihren jeweiligen Größen einfacher und zuverlässiger wird. Damit wird sowohl die Erfassung der Partikelzahl als auch gleichzeitig die Erfassung der Größenverteilung der Partikel im Abgasstrom verbessert und vereinfacht. Ebenfalls ist ein im wesentlichen wartungsfreier Betrieb möglich, da die Vorrichtung ohne anfällige Verschleißteile auskommt. Es versteht sich von selbst, dass die erfindungsgemäße Vorrichtung nicht nur auf den Einsatz zur Rußfassung an Dieselmotoren begrenzt, sondern immer da, wo Feinstäube bei Verbrennungsprozessen auftreten, ggf. unter entsprechender Modifikation ein-

gesetzt werden kann.

[0020] In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung kann die das Magnetfeld erzeugende Anordnung aus einem Permanentmagneten und/oder einem Elektromagneten die Partikel in einer Ebene ablenken, entlang der die Messeinrichtung oder die Messeinrichtungen hintereinander in Strömungsrichtung des Gasstromes angeordnet sind. Durch die vorteilhaft linienförmige und parallele Ausrichtung der Messeinrichtungen kann durch die damit kleinflächig mögliche Ausgestaltung der Messeinrichtung oder der mehreren Messeinrichtungen eine hohe Genauigkeit des Messverfahrens erreicht werden.

[0021] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das Magnetfeld für die Ablenkung der Partikel derart ausgebildet wird, dass kleine Partikel, vorzugsweise im Bereich zwischen 1 bis 5 nm, stärker und größere Partikel, vorzugsweise im Bereich zwischen 5 bis 10 nm, schwächer abgelenkt werden. Durch eine solche Ablenkung abhängig von der Partikelgröße ist es möglich, die verschiedenen im zu erfassenden Teilstrom befindlichen Partikel aufgrund ihrer Massenträgheit gezielt so abzulenken, dass sie auf der oder den nachgeordneten Messeinrichtungen auftreffen und dort ihre Ladung so abgeben, dass die Ladungsveränderung messtechnisch gut erfasst werden kann. Die Magnetfeldwirkung sorgt, vorteilhaft in Kombination mit einer Fokussierung des Teilstroms der Partikel etwa über eine vorgeschaltete Blende dann dafür, dass sich die Bewegungsbahn der Partikel in die Messeinrichtung genau festlegen und justieren lässt. Hierdurch werden nahezu alle Partikel auf die Messeinrichtung hin abgelenkt und dort aufgefangen. In besonders vorteilhafter Ausgestaltung kann hierbei das Magnetfeld die Partikel senkrecht zur Strömungsrichtung des Gasstromes ablenken. Dabei ist die an die Messeinrichtung abgegebene Ladung der auf der Messeinrichtung auftreffenden Partikel ein Maß für die Konzentration der Partikel im Gasstrom.

[0022] In einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung kann nur eine Messeinrichtung in Strömungsrichtung des Gases hinter der Ablenkeinrichtung angeordnet sein. Eine solche kostengünstige und einfach aufgebaute Vorrichtung, die z. B. als einfache Nachrüstlösung an vorhandenen Dieselmotoren ausgelegt werden kann, kann dabei so betrieben werden, dass die Ablenkeinrichtung die Partikel mit einer veränderlichen Magnetfeldwirkung aus ihrer Flugbahn ablenkt. Eine solche veränderliche Magnetfeldwirkung sorgt dabei dafür, dass in Abhängigkeit von dem jeweils gerade wirkenden Magnetfeld jeweils nur eine Teilmenge der durchtretenden Partikel mit einer definierten Partikelgröße genau zu der Messeinrichtung hin abgelenkt wird und auf die Messeinrichtung auftrifft. Partikel anderer Partikelgrößen werden zu stark oder nicht stark genug abgelenkt und verfehlen die eine Messeinrichtung. Diese werden dadurch nicht er-

fasst. Verändert man die Stärke der Magnetfeldwirkung nun aber vorzugsweise periodisch, also z. B. periodisch gleitend oder auch periodisch bereichsweise taktend über einen vorgebbaren Magnetfeldstärkebereich, so wird jeweils ein anderer Teil der verschieden großen Partikel zu der Messeinrichtung hin abgelenkt und kann dort gemessen werden. Kombiniert man nun abhängig von der jeweiligen Magnetfeldstärke und der sich daraus ergebenden Ablenkung der Partikel die jeweils erfasste Partikelgröße, so hat man eine Aussage über die Anzahl der sich jeweils auf der einen Messeinrichtung ablagernden Partikel einer bestimmten Größe oder eines bestimmten Größenbereiches bestimmt. Bei hinreichend schneller Durchstimmung des Magnetfeldstärkebereiches kann neben der ebenfalls ermittelbaren Partikelkonzentration eine zeitnahe Aussage über die Größenverteilung der Partikel gewonnen werden, die dann etwa zur Regelung des Verbrennungsverhaltens des Partikelerzeugers wie etwa eines Dieselmotors genutzt werden kann.

[0023] In einer anderen Ausgestaltung ist es denkbar, dass mehr als eine Messeinrichtung in Strömungsrichtung des Gases hintereinander angeordnet wird. Eine solche, messtechnisch aufwändigere, aber parallel und daher zeitnäher arbeitende Messeinrichtung misst dabei jeweils zeitgleich einen definierten Bereich der Größenverteilung der zu erfassenden Partikel und kann daher auch genauer arbeiten. Dabei wird vorteilhaft die Ablenkeinrichtung die Partikel bei einer im wesentlichen konstanten Magnetfeldwirkung ablenken, so dass aufgrund ihres Beharrungsvermögens gleichzeitig Partikel aller vorkommenden Partikelgrößen sich auf verschiedene Teilbereiche der Messeinrichtung oder eine Anzahl hintereinander angeordneter einzelner Messeinrichtungen ablagern. Wird nun die Anzahl und die räumliche Anordnung der derart gestaffelten Messeinrichtungen geeignet gewählt, so kann über einen größeren Messbereich eine genaue Aufteilung in Kollektive etwa gleichgroßer Partikel erfolgen. Eine solche Vorrichtung kann dabei etwa als Werkstattssystem zur Einstellung von Dieselmotoren genutzt werden, wobei die Vorrichtung nur temporär mit dem Abgassystem des Dieselmotors verbunden wird. Auch ist es denkbar, eine solche aufwändigere Vorrichtung etwa für Dieselmotoren hochpreisiger Fahrzeuge dauerhaft an deren Abgassystem anzubringen.

[0024] Besonders vorteilhaft ist es hierbei, dass das resultierende Magnetfeld sich aus einer Überlagerung eines konstanten permanentmagnetischen Magnetfeldes und eines einstellbaren elektromagnetischen Magnetfeldes erzeugen lässt. Das permanentmagnetische Magnetfeld kann dabei so gewählt werden, dass es allein eine ausreichende Ablenkung der größten Partikel derart erzeugt, dass diese Partikel sich auf den am weitesten von der vorgeschalteten Blende entfernten Messeinrichtung einer mit mehre-

ren Messeinrichtungen ausgestatteten Vorrichtung ablagern. Die Ablenkung kleinerer Partikel erfordert dann die zusätzliche Aufbringung der Magnetfeldwirkung des einstellbaren elektromagnetischen Magnetfeldes, die damit stärker abgelenkt werden und sich auf den näher an der Blende befindlichen Messeinrichtungen ablagern. Bei Verwendung nur einer Messeinrichtung kann das elektromagnetische Magnetfeld zwischen einem Maximalwert und einem Minimalwert periodisch geregelt werden und die vorstehend beschriebene unterschiedliche Ablenkung jeweils unterschiedlicher Partikelgrößen bewirken.

[0025] Besonders günstig zur Erzielung einer hohen und gleichbleibenden Magnetfeldstärke ist es, wenn der Querschnitt der Vorrichtung für den Durchtritt des Gasstromes im Bereich der Magnetfeldwirkung rechteckig ausgebildet ist, um eine hohe Magnetfeldstärke in einem relativ kleinen Luftspalt zu erzeugen.

[0026] In weiterer Ausgestaltung ist es denkbar, dass die Messeinrichtungen Heizeinrichtungen aufweisen, mit der die auftreffenden Partikel periodisch wieder abgebrannt und die Messeinrichtungen dadurch gereinigt werden können. Durch Aufheizung der Messeinrichtung können die sich ansonsten dauerhaft ablagernden Partikel, die auf Dauer die Wirkung der Messeinrichtungen beeinträchtigen würden, so weit erhitzt werden, dass diese verbrennen und dadurch die Oberfläche der Messeinrichtungen gereinigt wird. Durch eine Abstimmung dieser Heizvorgänge mit der periodischen Durchstimmung der Magnetfeldstärke kann eine etwa allein vorhandene Messeinrichtung vor der Messung in jedem Bereich der Partikelgröße vorher von den sich jeweils vorab angelagerten Partikeln eines anderen Größenbereiches gesäubert werden.

[0027] Von Vorteil ist es weiterhin, wenn die Einrichtung zur elektrischen Aufladung der Partikel eine Ionisationseinrichtung aufweist. Eine derartige Ionisationseinrichtung kann beispielsweise aus gegengleich geladenen Flächen gebildet werden, zwischen denen die Partikel hindurchtreten müssen und in denen sie dann vorteilhaft einfache Elektronenladungen aufnehmen, die sie dann später wieder an die Messeinrichtungen abgeben.

[0028] Denkbar ist es hierbei, dass vor und/oder hinter der Ionisationseinrichtung mindestens eine Blende angeordnet ist, die nur einen fokussierten Gasstrom und insbesondere einen auf eine konstante Durchflussmenge von Partikeln begrenzten Gasstrom durchlässt. Eine solche Fokussierung sorgt dafür, dass im Bereich der Messeinrichtungen nur eine definierte Anzahl von Partikeln von den Messeinrichtungen oder der Messeinrichtung verarbeitet werden müssen und sorgt dabei für vorgebbare und definierte Messverhältnisse. Hierbei kann in weiterer Ausgestaltung die Blende vor der Ionisationseinrichtung

eine überkritische Düse aufweisen.

[0029] Von besonderem Vorteil ist es, dass die Vorrichtung im Bypass zu dem eigentlichen Gasstrom angeordnet werden kann und dann nur ein Teilstrom des Gasstromes durch die Vorrichtung strömt. Hierdurch wird vermieden, dass die Messeinrichtungen den gesamten Partikelstrom z. B. der Abgasanlage eines Dieselmotors verarbeiten müssen und dadurch die Partikelströme auf messtechnisch sinnvolle Teilströme begrenzt werden können. Von Vorteil ist es weiterhin, wenn hierbei die Vorrichtung über eine isokinetische Entnahmevorrichtung an den Hauptstrom des Gasstromes angebunden ist. Hierdurch ist dafür gesorgt, dass die Entnahmevorrichtung eine Teilmenge des Gasstromes entnimmt, in der gleichverteilt alle Partikelgrößen und Partikelverteilungen wie in dem ursprünglichen Gasstrom vorhanden sind. Damit ist der Teilstrom, der die Vorrichtung durchtritt, repräsentativ für den Hauptabgasstrom und kann daher für Regelungszwecke bei der Erzeugung des Hauptabgasstromes herangezogen werden.

[0030] Weiterhin kann eine Auswerteeinrichtung funktional mit den Messeinrichtungen verbunden sein, die vorzugsweise anhand von Verstärkerschaltungen die Anzahl und/oder Verteilung der auftretenden Partikel bzw. deren Ladungen auf den verschiedenen Messeinrichtungen registriert und auswertet. Eine solche Auswerteeinrichtung kann darüber hinaus die Betriebsweise der Vorrichtung, also etwa die Magnetfeldstärke und sonstige möglicherweise sinnvolle Sensoren ansteuern oder abfragen, um die verschiedenen Einstellparameter der Vorrichtung optimal miteinander zu kombinieren.

[0031] Denkbar ist es weiterhin, dass das ausgewertete Signal der Partikelzahl und/oder der Größenverteilung der Partikel als Regelgröße bei der Erzeugung der Partikel, insbesondere als Regelgröße bei der Abgasregelung eines Dieselmotors oder auch als Kontrollwert für eine laufende Partikelfilterung genutzt wird, um schon die Entstehung der Partikel günstig zu beeinflussen oder zu erkennen, wann die Wirkung eines Partikelfilters nicht ordnungsgemäß gegeben ist.

[0032] Von Vorteil ist es weiterhin, dass die Vorrichtung etwa bei einer werksseitigen Eichung, aber auch bei möglicherweise notwendigen Kontrollen gravimetrisch kalibriert werden kann.

[0033] Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zeigt die Zeichnung.

[0034] Es zeigen:

[0035] [Fig. 1](#) – eine schematische Darstellung der verschiedenen Funktionsbaugruppen der erfindungs-

gemäßen Vorrichtung mit mehreren hintereinander angeordneten Messeinrichtungen und ihre räumliche Anordnung zueinander in einer Seitenansicht,

[0036] [Fig. 2](#) – ein vergrößerter Bereich der Vorrichtung gemäß [Fig. 1](#) im Bereich der Erzeugung des Magnetfeldes in der Ablenkeinrichtung.

[0037] Am Auspuffrohr **1** z. B. eines nicht weiter dargestellten Dieselfahrzeuges wird mit Flanschen **2** die erfindungsgemäße Vorrichtung befestigt, wobei aus dem Abgasstrom **3** des Dieselmotors ein Teilstrom **4** über eine isokinetische Entnahme **5** entnommen und über einen Nebenweg **6** (Bypass) geleitet wird. Eine als überkritische Düse **7** ausgestaltbare Blende sorgt als Flußregler für einen konstanten Durchfluss von Abgasen, die alle Arten von Partikeln enthalten, die ursprünglich aus den Zylindern des Dieselmotors kommen und in dem Abgasstrom **3** enthalten sind. Die Düse **7** wird so angepasst, dass in der Vorrichtung die Signale optimal verarbeitet werden können und z. B. keine Überladung mit Partikeln **18**, **19** auftritt.

[0038] Der Teilstrom **4** der Abgase inklusive der Rußpartikel **18**, **19** durchlaufen eine Ionisationsstrecke **8**, die z. B. aus dem geerdeten Rohr **6** und einer auf Hochspannung **9** liegenden zentralen Drahtelektrode **11** besteht. Die Hochspannung **9** wird über eine Durchführung **10** dem Draht **11** zugeleitet. In der Ionisationsstrecke **8** werden die Partikel **18**, **19** aufgeladen und zwar meist mit einer einfachen Elektronenladung.

[0039] Die so aufgeladenen Partikel **18**, **19** treten durch eine strahlbegrenzende Blende **13** in ein Magnetfeld **14** ein, das aus einer stromdurchflossenen Spule **15** gebildet wird, unterstützt durch einen starken Permanentmagneten **16** und senkrecht in die Zeichnungsebene der [Fig. 1](#) hinein gerichtet ist (Pfeilende **12**). Über den Strom **17** durch die Spule **15** kann das resultierende Magnetfeld **14** auf einen bestimmten Wert eingestellt werden, so dass kleine Partikel **18** (z. B. 1–5 nm) stark und größere Partikel **19** (z. B. 5–10 nm) schwächer durch die Lorentzkraft aus ihrer normalen Flugbahn in dem Teilstrom **4** ausgelenkt werden. In der [Fig. 2](#) ist dieser Bereich der Vorrichtung noch einmal in einer vergrößerten Draufsicht dargestellt, wobei auch die schmale Ausgestaltung des Rohres **25** zur Gewährleistung eines gleich starken Magnetfeldes **14** über die ganze Breite des Rohres **25** gewährleistet wird.

[0040] Nach der Ablenkung der Partikel **18**, **19** durch das Magnetfeld **14** fangen einzelne Elektroden **20** die Partikel **18**, **19** auf, es fließt ein Strom in die jeweilige Elektrode **20**, der durch geeignete Verstärker **21** verstärkt wird und einer Auswerteeinheit **22** zugeführt wird. Dabei können die Elektroden **20** mit einer elektrischen Vorspannung betrieben werden. Das Si-

gnal **23** der Auswerteeinheit **22** kann dann z. B. dem Motormanagement des Dieselmotors z. B. als Regelgröße oder als Messwert wieder zugeführt werden.

[0041] Bei geeigneter Anordnung der Elektroden **20** hinsichtlich Abmessungen und Anzahl können so alle relevanten Daten zur Anzahl der Partikel **18**, **19** aller Massenbereiche gleichzeitig gewonnen werden. In einer nicht weiter dargestellten Ausgestaltung der Vorrichtung ist statt der in [Fig. 1](#) dargestellten insgesamt vier Elektroden **20** nur eine einzelne Elektrode **20** vorgesehen, auf die die Partikel **18**, **19** abgelenkt durch ein zeitlich veränderliches Magnetfeld **14** auf treffen und gemessen werden. Durch Veränderung der Stärke des Magnetfeldes **14** können immer andere Bereiche der verschiedenen Partikelgrößen passend abgelenkt und damit zeitlich gestaffelt eine Messung aller vorkommenden Partikelgrößen mit nur einer Elektrode **20** realisiert werden.

[0042] Der Querschnitt des Rohres **25** in dem Bereich des Magnetfeldes **14** sollte vorzugsweise rechteckig gestaltet sein, um eine möglichst hohe Magnetfeldstärke in einem relativ kleinen „Luftspalt“ realisieren zu können.

[0043] Um die eventuelle starke Belegung der Elektroden **20** mit Partikeln **18**, **19** zu beseitigen, können die Elektroden **20** jeweils mit einer Heizung **24** versehen werden, die die angesammelten Rußpartikel **18**, **19** abbrennt.

[0044] Auf diese Art und Weise wird insbesondere auch eine Online-Messung der Emission von Rußpartikeln **18**, **19** von Dieselmotoren ermöglicht, wobei gleichzeitig Daten zur massenabhängigen Rußpartikelverteilung gewonnen werden, aus denen die bestimmungsgemäße Funktion z. B. eines Rußpartikelfilters des Fahrzeuges erkannt werden kann.

[0045] Die Vorrichtung weist dabei die folgenden Vorzüge auf:

- 1) einfacher Aufbau, die Vorrichtung kann mit zwei Flanschen **2** in jedes Abgassystem **1** aller Fahrzeuge eingebaut werden,
- 2) weitgehende Wartungsfreiheit,
- 3) vollständige Information über Partikelanzahl bei verschiedenen Partikelmassen,
- 4) die Vorrichtung kann als kostengünstige Version mit wenigen Messelektroden in alle Fahrzeuge eingebaut werden, aber auch als hochgenaues Messgerät mit entsprechend vielen Messelektroden und Kanälen zum Einsatz z. B. in Werkstätten konzipiert werden,
- 5) die Vorrichtung kann auch mit nur einer Elektrode betrieben werden, und die Daten über die Anzahl der Partikel **18**, **19** mit unterschiedlichen Massen über eine Variation des von der Spule **15** erzeugten Magnetfeldes **14** erreicht werden,
- 6) Kalibrierbarkeit der Vorrichtung mittels Gravi-

metrie.

Bezugszeichenliste

1	Auspuffrohr
2	Flansch
3	Abgasstrom/Strömungsrichtung
4	entnommener Teilstrom aus Abgasstrom
5	Entnahmeeinrichtung
6	Bypass
7	Blende/überkritische Düse
8	Ionisationsstrecke
9	Zufuhr Hochspannung
10	Durchführung
11	Drahtelektrode
12	Magnetfeldrichtung resultierendes Magnetfeld
13	strahlbegrenzende Blende
14	resultierendes Magnetfeld
15	stromdurchflossene Spule
16	Permanentmagnet
17	Stromzufuhr stromdurchflossene Spule
18	kleine Partikel
19	große Partikel
20	Messelektroden
21	Verstärker
22	Auswerteeinrichtung
23	ausgewertetes Signal
24	Heizung
25	Rohr

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1540308 B1 [[0016](#), [0016](#)]

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Erfassung der Konzentration und/oder der Größenverteilung von elektrisch geladenen Partikeln (**18, 19**) in Gasströmen, insbesondere von Rußpartikeln (**18, 19**) in Dieselabgasen, aufweisend eine Einrichtung (**8**) zur elektrischen Aufladung der Partikel (**18, 19**) und eine in Strömungsrichtung hinter der Einrichtung (**8**) zur elektrischen Aufladung angeordnete Ablenkeinrichtung (**15, 16**), mit der die Partikel (**18, 19**) zu mindestens einer in Strömungsrichtung des Gasstromes (**3**) nachgeschalteten Messeinrichtung (**20**) hin abgelenkt werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ablenkeinrichtung (**15, 16**) eine ein Magnetfeld erzeugende Anordnung aus einem Permanentmagneten (**16**) und/oder einem Elektromagneten (**15**) aufweist, deren Magnetwirkung (**14**) die Partikel (**18, 19**) abhängig von ihrer jeweiligen Größe unterschiedlich stark aus ihrer normalen Flugbahn und zu der mindestens einen Messeinrichtung (**20**) ablenkt, wobei die auf die Messeinrichtung (**20**) auftreffenden Partikel (**18, 19**) ihre jeweilige Ladung an die Messeinrichtung (**20**) abgeben.

2. Vorrichtung gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die das Magnetfeld erzeugende Anordnung aus einem Permanentmagneten (**16**) und/oder einem Elektromagneten (**15**) die Partikel (**18, 19**) in einer Ebene ablenkt, entlang der die Messeinrichtung (**20**) oder die Messeinrichtungen (**20**) hintereinander in Strömungsrichtung des Gasstromes (**4**) angeordnet sind.

3. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Magnetfeld (**14**) für die Ablenkung der Partikel (**18, 19**) derart ausgebildet ist, dass kleine Partikel (**18**), vorzugsweise im Bereich zwischen 1 bis 5 nm, stärker und größere Partikel (**19**), vorzugsweise im Bereich zwischen 5 bis 10 nm, schwächer abgelenkt werden.

4. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Magnetfeld (**14**) die Partikel (**18, 19**) senkrecht zur Strömungsrichtung des Gasstromes (**4**) ablenkt.

5. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass vor der Anordnung aus einem Permanentmagneten (**16**) und/oder einem Elektromagneten (**15**) eine den Gasstrom begrenzende Blende (**13**) angeordnet ist.

6. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die an die Messeinrichtung (**20**) abgegebene Ladung der auf der Messeinrichtung (**20**) auftreffenden Partikel (**18, 19**) ein Maß für die Konzentration der Partikel (**18, 19**) im Gasstrom (**3, 4**) ist.

7. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass nur eine Messeinrichtung (**20**) in Strömungsrichtung des Gasstromes (**4**) hinter der Ablenkeinrichtung (**15, 16**) angeordnet ist.

8. Vorrichtung gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Ablenkeinrichtung (**15, 16**) die Partikel (**18, 19**) mit einer veränderlichen Magnetfeldwirkung aus ihrer Flugbahn ablenkt.

9. Vorrichtung gemäß Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die veränderliche Magnetfeldwirkung (**15**) periodisch änderbar ist.

10. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die veränderliche Magnetfeldwirkung (**15**) periodisch gleitend einen vorgebbaren Magnetfeldstärkebereich überstreicht.

11. Vorrichtung gemäß Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die veränderliche Magnetfeldwirkung (**15**) periodisch bereichsweise taktend einen vorgebbaren Magnetfeldstärkebereich überstreicht.

12. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von der jeweiligen Magnetfeldstärke (**14**) und der sich daraus ergebenden Ablenkung der Partikel (**18, 19**) die jeweilige Partikelgröße der sich jeweils auf der einen Messeinrichtung (**20**) ablagernden Partikel (**18, 19**) bestimmbar ist.

13. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass mehr als eine Messeinrichtung (**20**) in Strömungsrichtung des Gasstromes (**4**) hintereinander angeordnet ist.

14. Vorrichtung gemäß Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Ablenkeinrichtung (**15, 16**) die Partikel (**18, 19**) bei einer im wesentlichen konstanten Magnetfeldwirkung (**14**) aus ihrer Flugbahn ablenkt.

15. Vorrichtung gemäß Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass die unterschiedlich großen Partikel (**18, 19**) bei der im wesentlichen konstanten Magnetfeldwirkung (**14**) sich aufgrund ihres Beharrungsvermögens auf unterschiedlichen der hintereinander angeordneten Messeinrichtungen (**20**) ablagernd.

16. Vorrichtung gemäß Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass sich auf jeder der hintereinander angeordneten Messeinrichtungen (**20**) abgelenkte Partikel (**18, 19**) einer bestimmten Größe oder eines bestimmten Größenbereiches aus der Gasströmung (**4**) ablagernd.

17. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das resul-

tierende Magnetfeld (14) eine Überlagerung eines konstanten permanentmagnetischen Magnetfeldes (16) und eines einstellbaren elektromagnetischen Magnetfeldes (15) ist.

18. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Querschnitt (25) der Vorrichtung für den Durchtritt des Gasstromes (4) im Bereich der Magnetfeldwirkung (14) rechteckig ausgebildet ist, um eine hohe Magnetfeldstärke in einem relativ kleinen Luftspalt zu erzeugen.

19. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtungen (20) Heizeinrichtungen (24) aufweisen, mit der die auftreffenden Partikel (18, 19) vorzugsweise periodisch wieder abgebrannt und die Messeinrichtungen (20) dadurch gereinigt werden können.

20. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (8) zur elektrischen Aufladung der Partikel (18, 19) eine Ionisationseinrichtung (11) aufweist.

21. Vorrichtung gemäß Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass vor und/oder hinter der Ionisationseinrichtung (11) mindestens eine Blende (7, 13) angeordnet ist, die nur einen fokussierten Gasstrom (4) durchlässt.

22. Vorrichtung gemäß Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass die Blende (7, 13) den durchgelassenen Gasstrom auf eine konstante Durchflussmenge von Partikeln (18, 19) begrenzt.

23. Vorrichtung gemäß Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Blende (7) vor der Ionisationseinrichtung (11) eine überkritische Düse aufweist.

24. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung im Bypass zu dem eigentlichen Gasstrom (3) angeordnet ist und nur ein Teilstrom (4) des Gasstromes (3) durch die Vorrichtung strömt.

25. Vorrichtung gemäß Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung über eine isokinetische Entnahmeverrichtung (5) an den Hauptstrom des Gasstromes (3) angebunden ist.

26. Vorrichtung gemäß Anspruch 25, dadurch gekennzeichnet, dass die Entnahmeverrichtung (5) eine Teilmenge (4) des Gasstromes (3) entnimmt, in der gleichverteilt alle Partikelgrößen und -verteilungen wie in dem ursprünglichen Gasstrom (3) vorhanden sind.

27. Vorrichtung gemäß einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass die entnommene Teilmenge (4) des Gasstromes (4) nur einen geringen Anteil des gesamten Gasstromes (4) beinhaltet.

28. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (8) zur elektrischen Aufladung der Partikel (18, 19) eine auf Hochspannung liegende Elektrode (11) aufweist, die gegenüber der Vorrichtung elektrisch isoliert (10) ist.

29. Vorrichtung gemäß Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, dass die auf Hochspannung liegende Elektrode (11) in einem geerdeten Bereich der Vorrichtung, vorzugsweise einem geerdeten Rohrschnitt angeordnet ist.

30. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Einrichtung (8) zur elektrischen Aufladung die Partikel (18, 19) mit einer einfachen Elektronenladung auflädt.

31. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Auswerteeinrichtung (22) funktional mit den Messeinrichtungen (20) verbunden ist, die vorzugsweise anhand von Verstärkerschaltungen (21) die Anzahl und/oder Verteilung der auftreffenden Partikel (18, 19) bzw. deren Ladungen auf den verschiedenen Messeinrichtungen (20) registriert und auswertet.

32. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das ausgewertete Signal (23) der Partikelzahl und/oder der Größenverteilung der Partikel (18, 19) als Regelgröße bei der Erzeugung der Partikel (18, 19), insbesondere als Regelgröße bei der Abgasregelung eines Dieselmotors nutzbar ist.

33. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das ausgewertete Signal (23) der Partikelzahl und/oder der Größenverteilung der Partikel (18, 19) als Kontrollwert für eine laufende Partikelfilterung nutzbar sind.

34. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Messeinrichtungen (20) unter einer elektrischen Vorspannung betreibbar sind.

35. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung zur Nachrüstung an vorhandenen Erzeugern von zu überwachenden Gasströmen (3), vorzugsweise an vorhandenen Dieselmotoren nutzbar ist.

36. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden

Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung als Messgerät für die Überprüfung der Partikelzahl und -verteilung des Gasstromes (3) in Werkstätten oder dgl. nutzbar ist.

37. Vorrichtung gemäß einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung gravimetrisch kalibrierbar ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

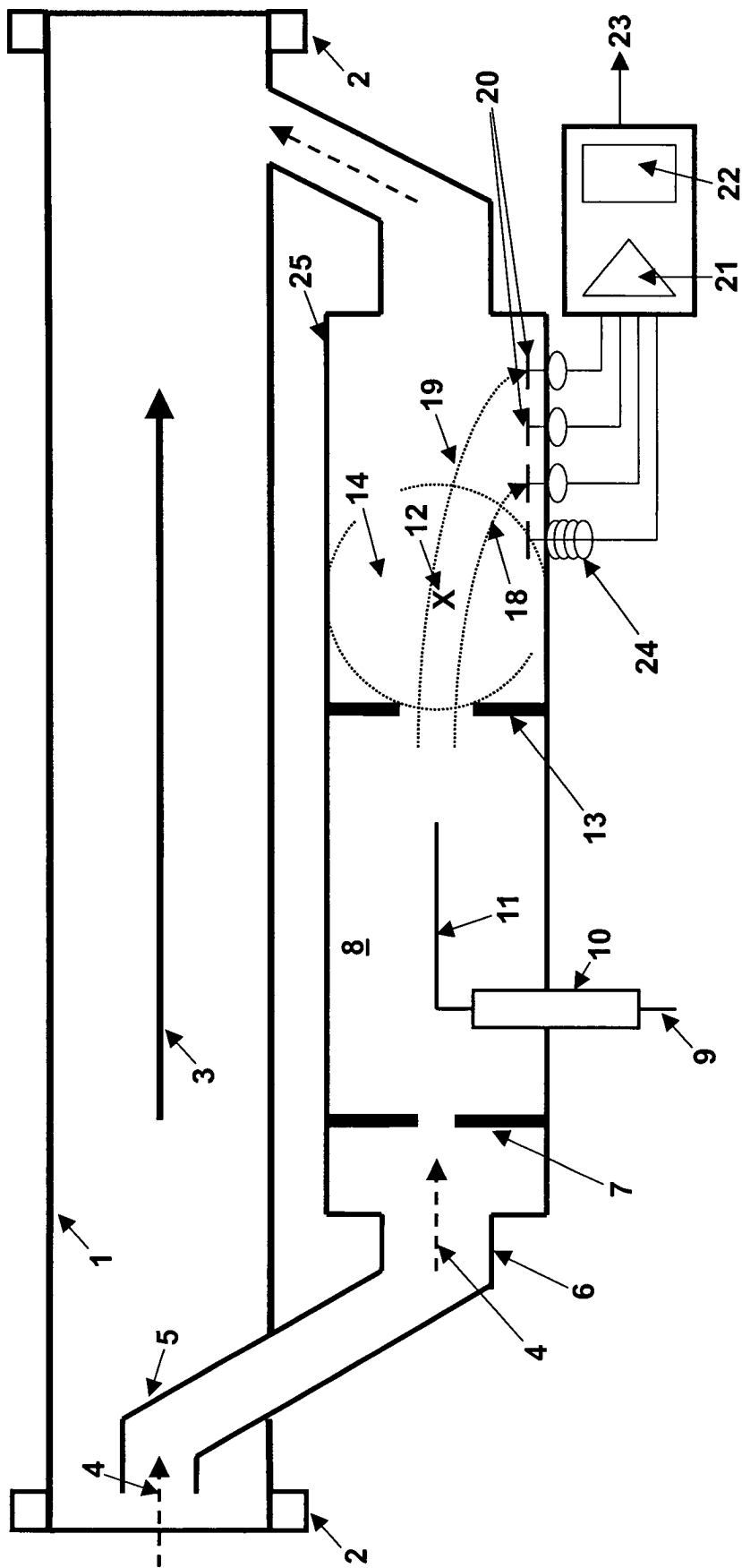


Fig. 1

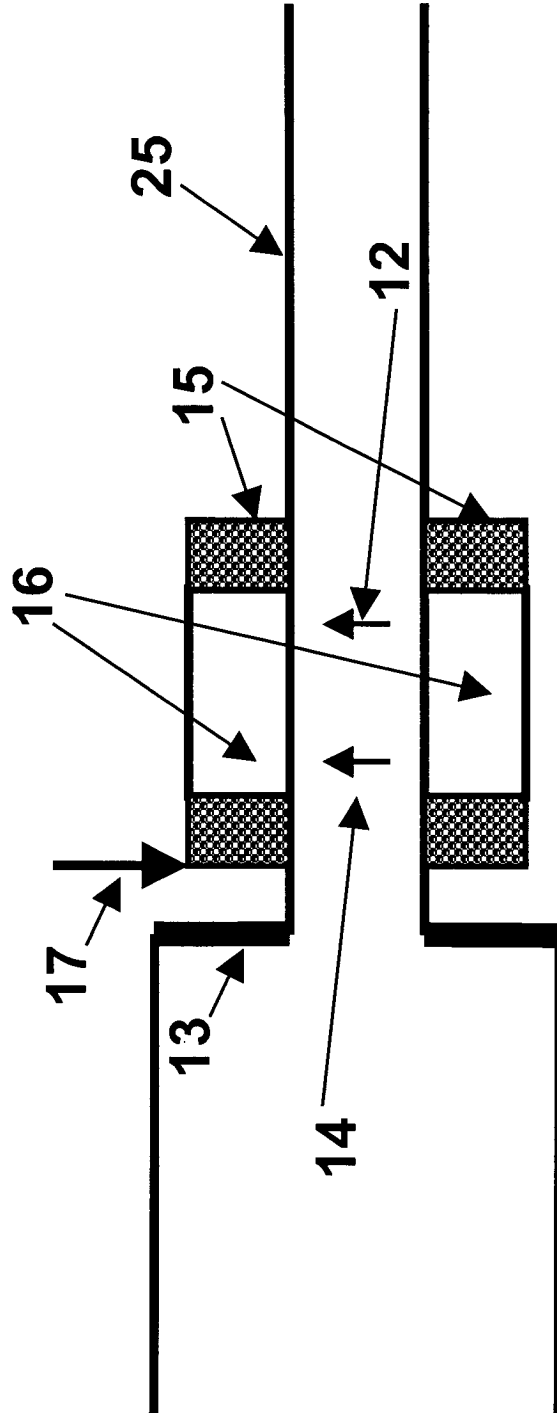


Fig. 2