(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer: **0 433 598 A1**

# (12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: **90119972.9**

(51) Int. Cl.5: **F01N 3/02**

(22) Anmeldetag: **18.10.90**

(30) Priorität: **16.12.89 DE 3941635**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung: **26.06.91 Patentblatt 91/26**

(84) Benannte Vertragsstaaten: **DE ES FR GB IT SE**

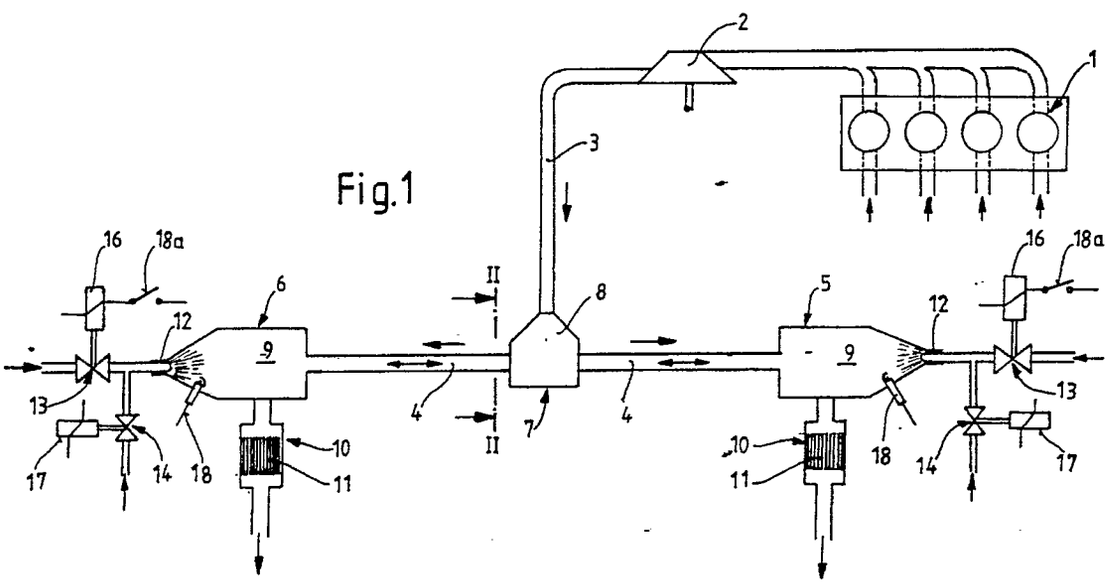
(71) Anmelder: **MAN Nutzfahrzeuge Aktiengesellschaft**
**Dachauer Strasse 667 Postfach 50 06 20**
**W-8000 München 50(DE)**

(72) Erfinder: **Henkel, Dietmar, Ing. grad.**
**Kopernikusring 50**
**W-8430 Neumarkt(DE)**

## (54) Verfahren zum Regenerieren eines Russfilters einer Diesel-Brennkraftmaschine, sowie Vorrichtung zur Durchführung dieses Verfahrens.

(57) Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Regenerieren eines Rußfilters (10) einer Diesel-Brennkraftmaschine. Zum Abbrand des Rußes, der sich im Filter (11) abgesetzt hat, werden zwei gekoppelte Helmholtz-Resonatoren (5,6) vorgesehen, wobei das Abgas den Resonanzrohren (4) in der Mitte der beiden Resonatoren (5,6) zugeführt wird. Durch das getaktete Zünden von Brennern (12) werden in dem schwingungsfähigen System Druckwellen ausgelöst. Bei einem Druckberg in einem der Resonanzbehälter (5,6) steigt die Temperatur durch den adiabatischen Verdichtungsvorgang so an, daß der Ruß im nachgeschalteten Filter (11) entzündet wird und der Filter (11) durch Abbrand des Rußes regeneriert wird. Die Brenner (12) werden erfindungsgemäß im Gegentakt gezündet, so daß sich die von den Brennern (12) ausgelösten Druckwellen an der Stelle der Einmündung des Abgasrohres (3) in die Resonanzrohre (4) durch Interferenz auslöschen. Eine Erhöhung des Gegendruckes im Abgasrohr durch Rückwirkung der Druckwellen ist somit ausgeschlossen.

Fig.1




EP 0 433 598 A1

# VERFAHREN ZUM REGENERIEREN EINES RUSSFILTERS EINER DIESEL-BRENNKRAFTMASCHINE, SOWIE VORRICHTUNG ZUR DURCHFÜHRUNG DIESES VERFAHRENS

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Regenerieren eines Rußfilters einer Diesel-Brennkraftmaschine, bei dem das Abgas zwei gekoppelten Helmholtz-Resonatoren derart zugeführt wird, daß durch periodische adiabate Verdichtung der in den Resonatoren schwingenden Abgassäule, angeregt durch Zündung eines in Resonanzfrequenz getakteten Brenners die Zündtemperatur von Ruß überschritten wird und der stromab einem Resonanzbehälter nachgeschaltete Filter durch Abbrand des Rußes regeneriert wird.

Aus DE-OS 38 18 158 ist es bekannt, zwei miteinander gekoppelte Helmholtz-Resonatoren durch das Abgas einer Diesel-Brennkraftmaschine zu beaufschlagen. Das Abgas der Brennkraftmaschine wird dabei stirnseitig in einen ersten Resonator eingeführt. Der erste Resonator ist über ein Resonanzrohr mit einem zweiten Resonator verbunden. Nach dem Durchströmen der beiden Resonatoren und des Resonanzrohres gelangt das Abgas in einen Rußfilter, in dem sich der Diesel-Ruß abscheidet. Zur Regenerierung des Rußfilters ist in dem zweiten Resonator, der unmittelbar dem Rußfilter vorgelagert ist ein Brenner vorgesehen, der getaktet betrieben werden kann. Wenn durch Rußablagerung bedingt der Gegendruck im Resonator ansteigt wird der Brenner periodisch aktiviert. Durch Zündung des Brenners mittels einer Hochspannungszündkerze kann das im Helmholtz-Resonator befindliche Abgas zu Resonanzschwingungen angeregt werden. Wenn sich im zweiten Resonantor nach einer Druckabsenkung wieder ein Druckanstieg aufbaut kommt es zu einer adiabaten Verdichtung des Abgases mit der daraus resultierenden Temperaturerhöhung, die ausreicht, den Ruß im angrenzenden Rußfilter zu entzünden, so daß der Ruß durch Abbrand vernichtet wird. Ein Nachteil einer solchen Vorrichtung besteht darin, daß aus dem ersten Resonantor eine Rückwirkung auf die Brennkraftmaschine erfolgt, da der Druckanstieg im ersten Resonator den Gegendruck in der Abgasleitung erhöht, was eine Leistungsminderung und Wirkungsgradverschlechterung der Brennkraftmaschine zur Folge hat. Durch den Einbau von selbstschließenden Klappen in der Abgasleitung wird zwar die Rückwirkung aus dem ersten Resonator gemindert, jedoch kommt es kurzfristig durch Rückstau des Abgases vor der zeitweise geschlossenen Klappe ebenfalls zu einer Erhöhung des Gegendruckes mit den nachteiligen Wirkungen.

Nach DE-PS 29 30 969 wird vorgeschlagen, nach dem Rußfilter eine Klappe ins Auspuffrohr einzubauen, die von Zeit zu Zeit kurzzeitig geschlossen werden kann, so daß sich die Abgase stauen und durch die aus der Verdichtung sich ergebende Temperaturerhöhung der im Filter abgelagerte Ruß sich entzündet und abbrennt. Auch diese Einrichtung ist mit dem Nachteil behaftet, daß durch die Klappe zeitweise der Gegendruck erhöht wird und die Nutzleistung sowie der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine absinkt.

Ausgehend von einem Verfahren gemäß dem Gattungsbegriff liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Rückwirkung des Regenerierungssystems auf die Brennkraftmaschine zu vermeiden, ohne daß die Regenerierung selbst eine Qualitätsminderung erleidet.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein verfahren nach den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 gelöst.

Durch den im Gegentakt im ersten Brenner betriebenen zweiten Brenner wird in der Symmetrieebene des zwischen den beiden Resonatoren befindlichen Resonanzrohres durch Interferenzwirkung die von dem getakteten Brennern ausgehende Druckwelle zur Auslöschung gebracht, so daß eine Rückwirkung auf die in der Mitte der Resonanzrohre einmündende Abgasleitung unterbunden wird. Durch die in Resonanzfrequenz getakteten Brennern wird das Abgas in den Resonatoren einer pulsierenden adiabaten Verdichtung unterzogen. Der dadurch bedingte intermittierende Temperaturanstieg löst einen Abbrand des Rußes in den angrenzenden Rußfiltern aus, so daß diese regeneriert werden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens nach Anspruch 1 liegt nach Anspruch 2 darin, daß die Brenner durch eine an sich bekannte Tastverhältnisregelung mit genau gleichen Brennstoffmengen versorgt werden. Dies ist insofern notwendig, um eine Auslöschung durch Interferenz der von den Brennern ausgelösten Druckwellen sicherzustellen.

Eine vorteilhafte Maßnahme die Funktionsfähigkeit der Hochspannungszündkerze über einen langen Zeitraum zu erhalten geht aus Anspruch 3 hervor.

Eine Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruches 4 aus. Durch die baugleichen Resonanzbehälter mit den Brennern wird die möglichst vollkommene Auslöschung der Druckwellen in der Mitte des Resonanzrohres gewährleistet. Da die Zuführung des Abgases an einer Stelle erfolgt, an der sich die Druckwellen durch Interferenz auslöschen, wird eine Rückwirkung auf die Abgasleitung und die Brennkraftmaschine zuverlässig vermieden.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Vorrichtung nach Anspruch 4 ist Anspruch 5 zu entnehmen.

Durch den Einbau des Rußfilters in den Resonanzbehälter wird eine intensive Berührung der adiabatisch erhitzten Brenngase mit der rußbeladenen Filteroberfläche erzielt. Außerdem werden die Abwärmeverluste spürbar reduziert, da die wärmetauschende Oberfläche vermindert wird, was durch die erhöhte Temperatur im Resonanzbehälter die Randbedingungen für eine gute Verbrennung des Rußes schafft.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung ist dem Unteranspruch 6 zu entnehmen.

Durch die tangentiale Einleitung des Abgases in die Resonanzrohre und die diffusorartige Ausbildung des Gehäuses wird die kinetische Energie des Abgases mit geringen Verlusten in statische Druckenergie umgesetzt, was zu einer weiteren adiabaten Temperaturerhöhung genutzt werden kann, ohne daß der Gegendruck im Abgasrohr erhöht wird.

Ausführungsbeispiele zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Zeichnungen dargestellt. Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung der Abgasführung mit doppeltem Helmholtz-Resonator und in Resonanzbehältern integrierten Brennern mit nachgeschalteten Rußfiltern

Figur 2 ein Gehäuse zur verlustarmen Einführung des Abgases in die Resonanzrohre

Figur 3 eine alternative Lösung zur Anordnung des Rußfilters in Bezug auf den Resonanzbehälter

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Abgasführung einer Diesel-Brennkraftmaschine 1. Das Abgas wird im dargestellten Beispiel von der Brennkraftmaschine 1 kommend zunächst über eine Abgasturbine 2 und eine Abgasleitung 3 Resonanzrohren 4 eines aus zwei Helmholtz-Resonatoren 5 und 6 bestehenden Schwingungssystems zugeführt. Die Helmholtz-Resonatoren 5 und 6 sind symmetrisch zum Abgasrohr 3 angeordnet und vollkommen baugleich, weshalb in der Beschreibung gleiche Bauteile auch mit gleichen Bezugszeichen versehen werden. Das von der Abgasleitung 3 kommende Abgas passiert zunächst ein Gehäuse 7, welches die Resonanzrohre 4 koaxial umschließt. Um die kinetische Energie des Abgases mit gutem Wirkungsgrad in potentielle Drukkenergie umzusetzen weist das Gehäuse im Übergangsbereich einen ersten Diffusor 8 auf.

Die Helmholtz-Resonatoren 5 und 6 werden, wie bekannt, aus je einem Resonanzrohr 4 und einem Resonanzbehälter 9 gebildet, in welchen die Resonanzrohre 4 stirnseitig koaxial einmünden. Stromab ist an jedem Resonanzbehälter 9 ein Rußfilter 10 mit darin befindlichem Filter 11 vorgesehen. Die Resonanzbehälter 9 verfügen jeweils über einen Brenner 12, dessen Brennstoffzufuhr durch ein intermittierend mit Helmholtz-Resonator-Resonanzfrequenz getaktetes Brennstoffventil 13 und dessen Luftzufuhr durch ein Luftventil 14 geregelt wird. Beide Ventile werden elektronisch angesteuert. Vorteilhafterweise werden beide Ventile durch Elektromagnete 16 und 17 betätigt. Zur Zündung des eingespritzten Brennstoffes bedient man sich einer Hochspannungs-Zündkerze 18, die im Strahlbereich des Brenners 12 liegt.

Nachfolgend soll die Wirkungsweise erläutert werden.

Der von der Brennkraftmaschine 1 kommende Abgasstrom wird im Gehäuse 7 auf die gleichlang ausgeführten Abschnitte der Resonanzrohre 4 aufgeteilt. Von den Resonanzrohren 4 gelangt der rußbeladene Abgasstrom über die Resonanzbehälter 9 zu den Rußfiltern 10, in denen sich die Filter 11 befinden, welche den Ruß aus dem Abgas herausfiltern. Durch die Abscheidung des Rußes erhöht sich der Strömungswiderstand des Rußfilters 10, so daß der Gegendruck in der Abgasleitung 3 ansteigt. Durch eine hier nicht dargestellte Druckmeßdose wird der Druckanstieg erfaßt und löst ein Signal aus, der das System zum Abbrennen des in den Filtern 11 angesammelten Rußes aktiviert. Dies kann durch eine Elektronik bewerkstelligt werden, die hier nicht näher erläutert werden soll.

Bei der vorliegenden Problemlösung sind zwei intermittierend, im Gegentakt arbeitende Brenner 12 vorgesehen anstelle eines Einzigen. Ein Arbeiten im Gegentakt bedeutet hierbei eine 180 - Phasenverschiebung der (zeitlich) sinusförmigen Drücke innerhalb der beiden Resonanzbehälter 9. Diese Vorgehensweise dient dem Ziel Betrags-Gleichheit der Scheitelwerte der Behälterwechseldrücke zu erzwingen, was gleiche Längen der Resonanzrohre 4 voraussetzt aber auch gleich große, den beiden Brennern 12 pro Einzeltakt zugemessene Kraftstoffmengen notwendig macht. Letzteres ist mittels elektronisch gesteuerter sogenannter, an sich bekannten Tastverhältnisregelung der Elektromagnete 16 über elektronische Schalter 18a in einfacher Weise realisierbar. Eine phasenrichtige Triggerung des vom Schalter 18a eingeleiteten Zerstäubervorgangs ist in bekannter Weise vom Druckanstieg im jeweiligen Resonanzbehälter 9 ableitbar. Das Zünden des Kraftstoff-Luftgemisches geschieht mit Hilfe der beiden während der Rußabbrandphase aktivierten Hochspannungs-Zündkerzen 18 (Betriebsfrequenz zwischen 50 und 100 Hz). Auf ein phasenrichtiges Synchronisieren der Zündspannung der Zündkerzen 18 mit dem jeweiligen Zerstäubervorgang der Brenner 12 wurde verzichtet. Vielmehr verbleiben diese für die Dauer des Entsorgungsvorganges im aktivierten Zustand,

um die dann verfügbare lange Phase der Funkenerzeugung zum Zwecke des Rußabbrandes an der Isolatoroberfläche der Zündkerze zu nutzen (Sicherung der elektrischen Bereitschaft). Das Aktivieren des, die Zerstäuberluft freigebenden Luftventils 14 sollte aus Gründen der Reinhaltung und Kühlung der Brennstoffdüse 12 für die Betriebsdauer des Motors aufrecht erhalten werden.

Die geometrischen Abmessungen der Resonanzbehälter 9 wie der Resonanzrohre 4 sind so zu wählen, daß unter Berücksichtigung der höchsten Schallgeschwindigkeit im Abgas (Vollastfall) die Resonanzfrequenz einen Wert nicht größer als das 0,7fache der niedrigsten Zündfolgefrequenz (untere Leerlaufdrehzahl des Motors) besitzt. Damit sind die Wechseldrücke des Motorabgases nicht in der Lage den Resonator anzuregen, sie werden im Gegenteil in erwünschter Weise gedämpft.

Die oben erwähnte Erzwingung der Betragsgleichheit der Wechseldruckscheitelwerte in den Resonanzbehältern 9 dient dem Zweck, die vom intermittierenden Betrieb der beiden Brenner 12 herrührenden Resonanz-Wechseldrücke im Bereich des Gehäuses 7 zu Null zu machen (gleichzeitige Vorzeichen-Opposition und Betragsgleichheit zu jedem Zeitpunkt). Auf diese Weise ist sichergestellt, daß im Bereich des Gehäuses 7 ausschließlich die kinetische Energiekomponente der Resonatoren 5 und 6 in Form eines sinusförmig modulierten Volumenstromes vorherrscht. Daraus geht zugleich auch hervor, daß selbst bei höchsten Wechseldrükken in den Resonanzbehältern 9 keine Rückwirkung derselben auf die Abgasleitung 3 und damit den Ladungswechsel der Brennkraftmaschine 1 befürchtet werden muß.

Eine Detailzeichnung eines Schnittes II-II aus Figur 1 ist in Figur 2 dargestellt. Das Gehäuse 7 umgibt das Resonanzrohr 4 konzentrisch. Das Abgas wird über das Abgasrohr 3 und den Diffusor 8 tangential in das Gehäuse 7 eingeblasen. Durch den Diffusor 8 und die tangentiale Einblasung wird die kinetische Energie des Abgases möglichst verlustfrei in potentielle Druckenergie umgewandelt.

Eine besonders vorteilhafte Anordnung der Filter 11 unmittelbar in den Resonanzbehältern 9 zeigt die Figur 3. Der Filter 11 ist koaxial im Resonanzbehälter 9 angeordnet. Das Abgas wird wie in Figur 1 dargestellt über das Resonanzrohr 4 zugeführt.

Aus Symmetriegründen ist in Figur 3 wiederum nur der eine Resonanzbehälter 9 dargestellt. Das vom Resonanzrohr 4 kommende Abgas wird seitlich über einen zweiten Diffusor 19 dem Resonanzbehälter 9 zugeführt. Der Diffusor dient der möglichst verlustfreien Umsetzung von kinetischer in potentielle Druckenergie. Über das Abgasrohr 20 wird das vom Ruß gereinigte Abgas abgeführt. Durch die Anordnung des Filters 11 im Resonanzbehälter 9 ist der Kontakt der hoch erhitzten Abgase mit dem Filter 11 besonders gründlich und es treten keine unnötigen Wärmeverluste durch die Wände des Rußfilters 10 wie bei der Ausführung nach Figur 1 ein. Damit sind beste Randbedingungen für die Regenerierung des Filters 11 durch Abbrand des Rußes geschaffen.

## Ansprüche

1. Verfahren zum Regenerieren eines Rußfilters einer Diesel-Brennkraftmaschine, bei dem das Abgas zwei gekoppelten Helmholtz-Resonatoren derart zugeführt wird, daß durch periodische adiabate Verdichtung der in den Resonatoren schwingenden Abgassäule, angeregt durch Zündung eines in Resonanzfrequenz getakteten Brenners die Zündtemperatur von Ruß überschritten wird und der stromab einem Resonanzbehälter nachgeschaltete Filter durch Abbrand des Rußes regeneriert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Abgas über eine Abgasleitung (3) in einer Symmetrieebene zwischen einem ersten und zweiten Helmholtz-Resonator (5 und 6) den Resonanzrohren (4) zugeführt wird, daß auch der zweite Helmholtz-Resonator (6) über einen Brenner (12) verfügt, wobei beide Brenner (12) im Gegentakt gezündet werden, daß die sich ausbildenden Resonanzschwingungen in den Resonanzbehältern (9) stets gleich große, aber im Vorzeichen umgekehrte Druckwerte hervorrufen, daß die Taktabstände der Brenner (12) der Eigenschwingungsdauer der gekoppelten Helmholtz-Resonatoren (5 und 6) entsprechen, wobei jedoch die Resonanzfrequenz bei höchster Abgastemperatur kleiner als das 0,7fache einer niedrigsten Zündfolgefrequenz der Dieselbrennkraftmaschine ist, und daß durch Aufteilung des Abgasstromes auf die beiden Helmholtz-Resonatoren (5 und 6) deren Rückwirkung auf die Abgasleitung (3) durch Interferenzwirkung eleminiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jedem Brenner (12) der Resonanzbehälter (9) gleiche Mengen an Brennstoff zugeteilt werden, und daß die Zuteilung durch eine an sich bekannte Tastverhältnisregelung erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Hochspannungszündkerzen (18) nicht phasenrichtig mit dem Zerstäubervorgang der Brenner (12) geschaltet sind, sondern für die Dauer des Rußentsorgens eingeschaltet bleiben, so daß die lange Phase der Funkenerzeugung zum Rußabbrand der Isola-

toroberfläche der Zündkerzen (18) genutzt wird.

4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 3, bestehend aus zwei gekoppelten Helmholtz-Resonatoren, wobei ein Resonanzbehälter einen Brenner mit einem Brennstoff- und einem Luftventil aufweist und eine Hochspannungszündkerze vorgesehen ist und Brennstoff- und Luftventil elektromagnetisch und von einer Elektronik angesteuert betätigbar sind und ein Resonanzbehälter stromab einen Rußfilter aufweist, dadurch gekennzeichnet, daß auch der zweite Helmholtz-Resonator (6) vollkommen baugleich zum ersten Helmholtz-Resonator (5) einen Brenner (12) mit den zugehörigen peripheren Elementen (13, 14, 16, 17) aufweist, daß der zweite Helmholtz-Resonator (6) stromab ebenfalls einen Rußfilter (10) besitzt welcher an einem Resonanzbehälter (9) angeschlossen ist, und daß eine Abgasleitung (3) symmetrisch zu den Helmholtz-Resonatoren (5 und 6) seitlich in die Resonanzrohre (4) einmündet.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Rußfilter (10) mit Filter (11) koaxial im Innern der Resonanzbehälter (9) angeordnet sind, und daß die Resonanzrohre (4) seitlich in die Resonanzbehälter (9) einmünden, wobei der Übergang der Resonanzrohre (4) in die Resonanzbehälter (9) als zweiter Diffusor (19) ausgebildet ist.

6. Vorrichtung nach den Ansprüchen 4 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasleitung (3) tangential in ein Gehäuse (7) einmündet, daß der Übergang von der Abgasleitung (3) zum Gehäuse (7) als erster Diffusor (8) ausgebildet ist und das Gehäuse (7) die Resonanzrohre (4) zentrisch umgibt.

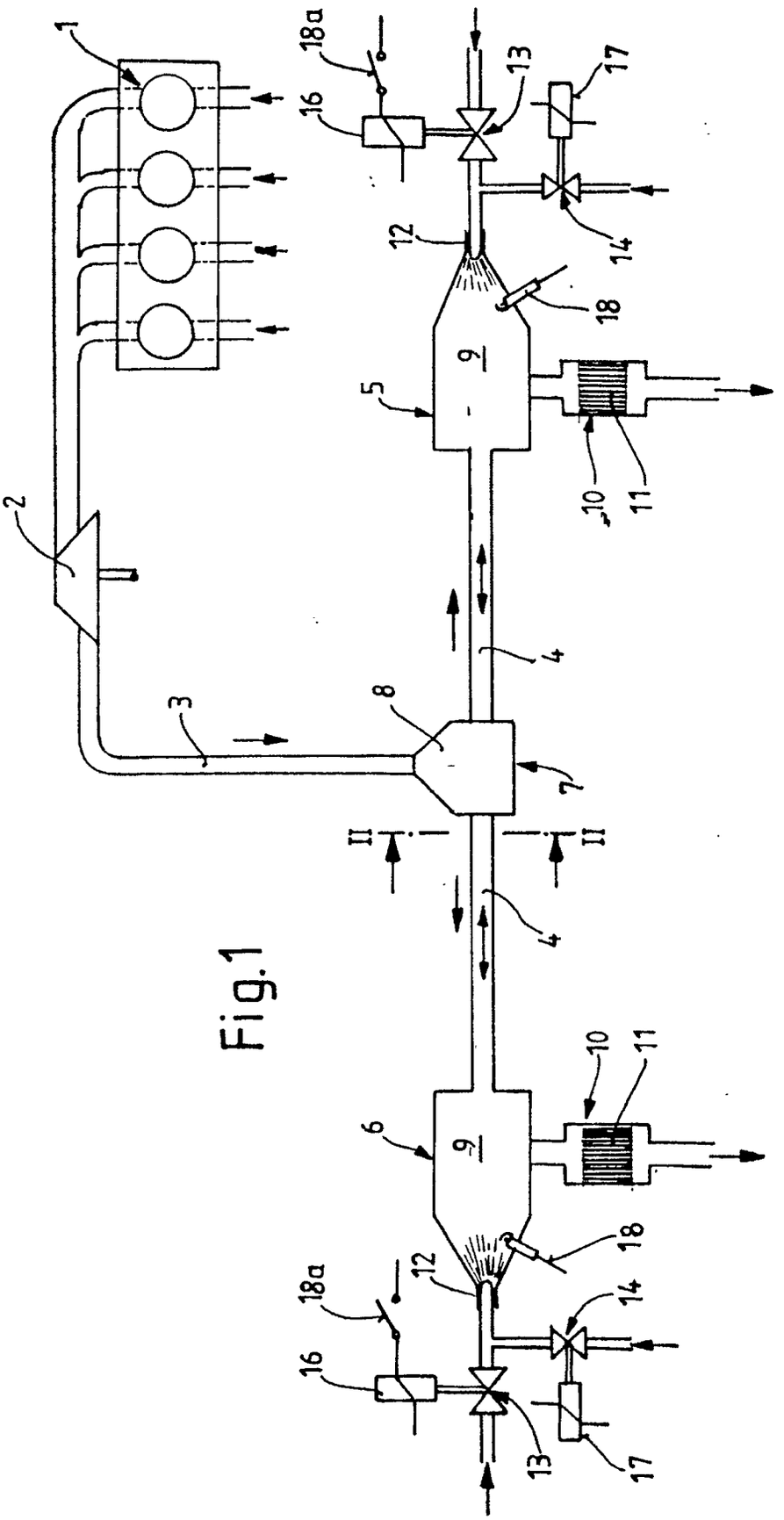



Fig.1

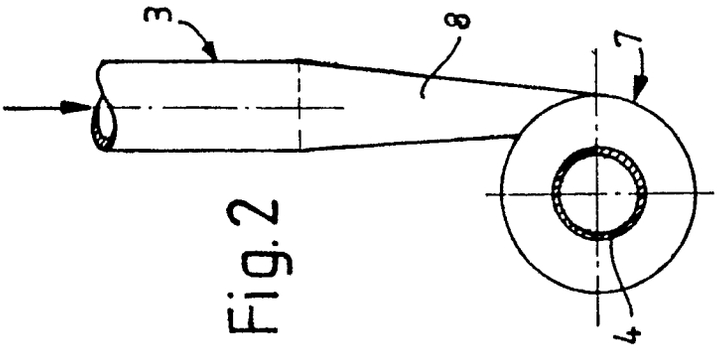



Fig.2

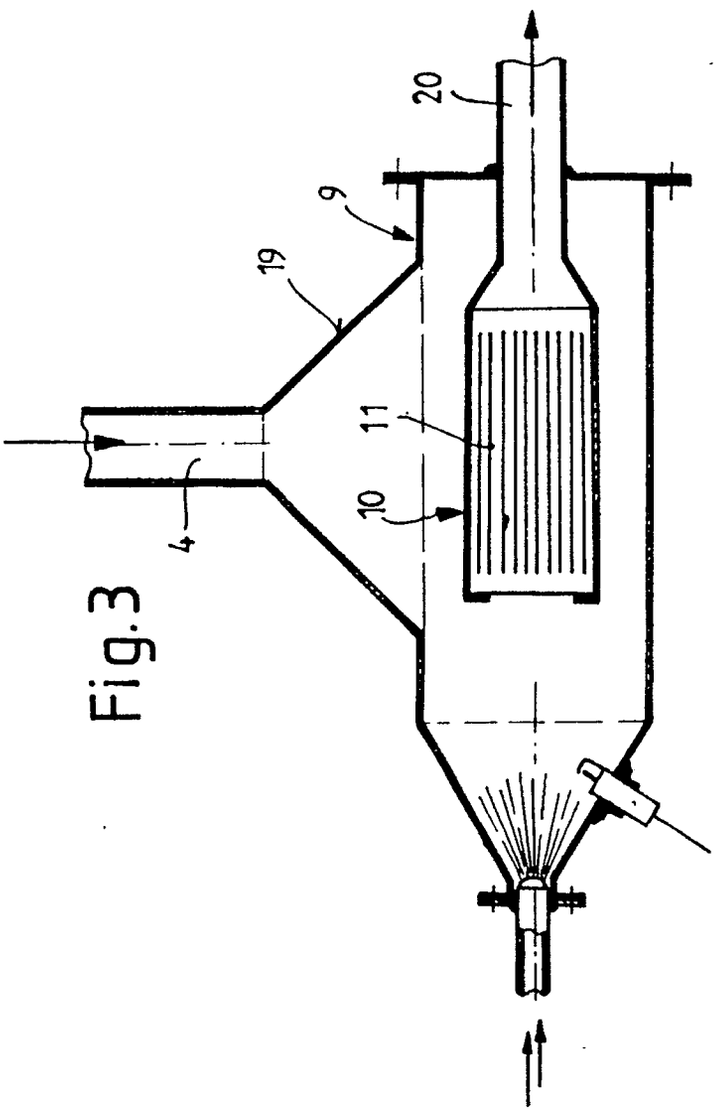



Fig.3

Europäisches Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

**EP 90 11 9972**

## EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

| Kategorie | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile | Betrifft Anspruch | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (int. Cl.5) |
|---|---|---|---|
| A,D | DE-A-3 818 158 (MAN NUTZFAHRZEUGE)<br>* das ganze Dokument * | 1,4 | F 01 N<br>3/02 |
| A | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 70 (M-367)(1793) 30 März 1985,<br>& JP-A-59 201915 (HINO JIDOSHA KOGYO) 15 November 1984,<br>* das ganze Dokument * | 1 | |
| A | EP-A-0 244 798 (W.R.GRACE & CO) | | |
| A | EP-A-0 292 688 (WEBASTO) | | |
| A | WO-A-8 707 974 (THE SECRETARY OF STATE FOR TRADE AND INDUSTRY) | | |

RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.5)

F 01 N
G 10 K
F 02 B

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

| Recherchenort | Abschlußdatum der Recherche | Prüfer |
|---|---|---|
| Den Haag | 22 März 91 | FRIDEN C.M. |

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X: von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y: von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A: technologischer Hintergrund
O: nichtschriftliche Offenbarung
P: Zwischenliteratur
T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze

E: älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D: in der Anmeldung angeführtes Dokument
L: aus anderen Gründen angeführtes Dokument

&: Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument