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

(11) EP 1 640 588 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
29.03.2006 Patentblatt 2006/13

(51) Int Cl.:
F02D 41/02 *(2006.01)* ***F01N 3/023*** *(2006.01)*
F02D 41/14 *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **05106590.2**

(22) Anmeldetag: **19.07.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(30) Priorität: **28.09.2004 DE 102004046882**

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
- **Rösch, Sabine**
  71254, Ditzingen (DE)
- **Schaenzlin, Katharina**
  71208, Rottenburg-Obernau (DE)

(54) Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, sowie Sensoreinrichtung zur Erfassung mindestens einer Zustandsgröße im Abgas der Brennkraftmaschine

(57) Bei einer Brennkraftmaschine werden im Abgas vorhandene Partikel in einer Filtereinrichtung zurückgehalten und anhand eines ersten Signals einer Sensoreinrichtung detektiert. Es wird vorgeschlagen, dass die gleiche Sensoreinrichtung ein zweites Signal liefert, welches wenigstens zeitweise zur Ermittlung der Abgastemperatur (T_{ex}) verwendet wird.

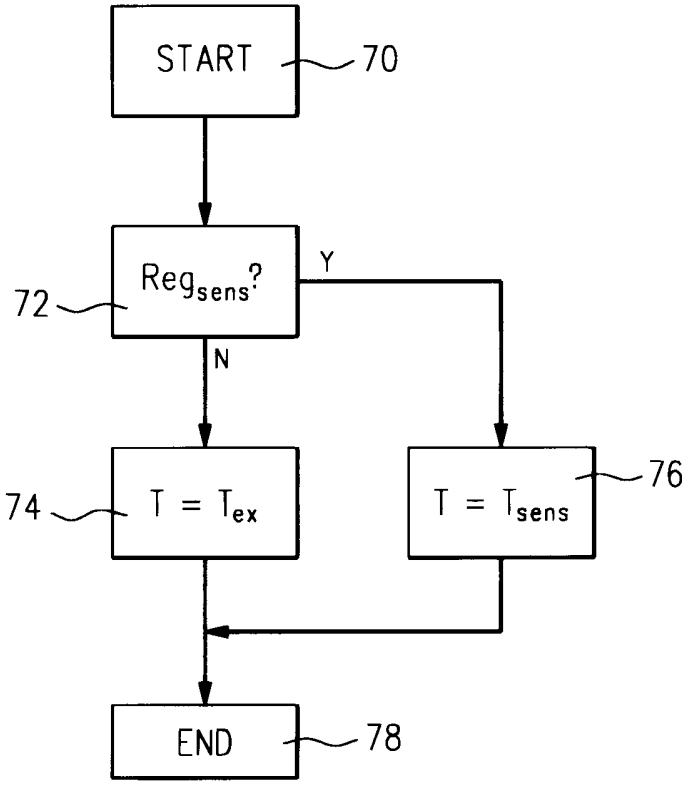

Fig. 5

EP 1 640 588 A2

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft zunächst ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, bei dem im Abgas vorhandene Partikel in einer Filtereinrichtung zurückgehalten und anhand eines ersten Signals einer Sensoreinrichtung detektiert werden.

[0002] Die Erfindung betrifft ferner ein Computerprogramm, ein elektrisches Speichermedium für eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung einer Brennkraftmaschine, eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung für eine Brennkraftmaschine, sowie eine Sensoreinrichtung zur Erfassung mindestens einer Zustandsgröße im Abgas einer Brennkraftmaschine, mit mindestens einem ersten Sensor zur Erfassung von im Abgas vorhandenen Partikeln.

[0003] Vom Markt her sind Diesel-Brennkraftmaschinen bekannt, welche einen Abgasstrang mit einem Partikelfilter umfassen, der Rußpartikel aus dem Abgas herausfiltert. Die herausgefilterten Partikel lagern sich am Filter ab, was dazu führt, dass der Strömungswiderstand des Abgases durch den Abgasstrang hindurch mit der Zeit ansteigt. Der hierdurch ansteigende sogenannte "Abgasgegendruck" kann zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch oder einer Leistungsverminderung der Brennkraftmaschine führen.

[0004] Um dies zu verhindern, ist bekannt, den Partikelfilter von Zeit zu Zeit zu regenerieren. Bei einer solchen Regeneration werden die abgelagerten Rußpartikel verbrannt. Hierzu muss im Partikelfilter eine Temperatur von mehr als 650 °C erreicht werden, was durch verschiedene Maßnahmen bewirkt werden kann. Bekannt sind motorische Maßnahmen wie die Verringerung des Ladedrucks, eine Androsselung, eine Verschiebung eines Einspritzzeitpunkts, eine zusätzliche Kraftstoffeinspritzung, etc., welche alle zu einer zeitweisen Erhöhung der Abgastemperatur führen. Eine alternative oder zusätzliche Maßnahme besteht darin, stromaufwärts vom Partikelfilter im Abgasstrang einen Oxidationskatalysator anzuordnen, in dem kontinuierlich Stickstoffdioxid gebildet wird. Dieses kann anschließend im Partikelfilter mit dem dort abgelagerten Ruß unter Bildung von gasförmigem Stickstoff und Kohlendioxid reagieren. Eine Abgasanlage mit einem Partikelfilter ist ganz allgemein aus der DE 102 31 620 A1 bekannt.

[0005] Um den Beladungszustand des Partikelfilters mit Rußpartikeln erkennen und eine Regeneration des Partikelfilters rechtzeitig einleiten zu können, werden Partikelsensoreinrichtungen eingesetzt. Eine solche Partikelsensoreinrichtung ist beispielsweise in der DE 101 33 384 A1 beschrieben. Sie weist eine Sammelkammer auf, welche fluidisch mit dem Abgasstrom der Brennkraftmaschine verbunden ist. Auf einer Seite der Sammelkammer sind zwei Elektroden angeordnet, welche kammartig ("interdigital") ineinander greifen. Im Betrieb der bekannten Partikelsensoreinrichtung gelangen Rußpartikel in die Sammelkammer und lagern sich auf den Elektroden ab.

[0006] Hierdurch wird der Zwischenraum zwischen den beiden Elektroden elektrisch überbrückt, so dass sich die Impedanz der Elektrodenstruktur ändert. Die zeitliche Änderung der Impedanz ist ein Maß für die Beladung des Abgasstroms mit Rußpartikeln. Um die Rußpartikelsensoreinrichtung selbst von Zeit zu Zeit von den angelagerten Rußpartikeln befreien zu können, verfügt diese über eine Heizeinrichtung, durch deren Betrieb angelagerte Rußpartikel verbrannt werden können.

[0007] Eine weitere Sensoreinrichtung ist aus der DE 101 49 333 A1 bekannt. Bei dieser ist auf einem elektrische isolierenden Träger eine Widerstandsmessstruktur aufgebracht, die aus interdigitalen Kammelektroden besteht. Durch Anlagerung von Rußpartikeln ändert sich der elektrische Widerstand der Widerstandsschicht.

[0008] Die noch nicht veröffentlichte DE 103 53 860 beschreibt eine Rußpartikelsensoreinrichtung, welche zusätzlich zu dem Heizelement eine Temperaturerfassungseinrichtung aufweist, mit deren Signal die Regeneration der Partikelsensoreinrichtung überwacht bzw. geregelt werden kann.

[0009] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die Sicherheit beim Betrieb der Brennkraftmaschine zu erhöhen, bei gleichzeitig geringen Herstell- und Betriebskosten.

[0010] Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die gleiche Sensoreinrichtung ein zweites Signal liefert, welches wenigstens zeitweise zur Ermittlung der Abgastemperatur verwendet wird.

[0011] Bei einer Sensoreinrichtung der eingangs genannten Art wird die gestellte Aufgabe dadurch gelöst, dass sie mindestens einen zweiten Sensor zur Erfassung der Abgastemperatur aufweist.

Vorteile der Erfindung

[0012] Die Abgastemperatur ist ein für die Steuerung und Regelung einer Brennkraftmaschine wichtiger Parameter. Ihre Kenntnis ermöglicht einen emissionsarmen und verbrauchsoptimalen Betrieb. Die Integration jenes Sensors, der die Abgastemperatur erfasst, in die gleiche Sensoreinrichtung, welche auch zur Detektierung von im Abgas vorhandenen Partikeln eingesetzt wird, reduziert den Montageaufwand und den für die Unterbringung der Sensoren erforderlichen Bauraum.

[0013] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0014] Eine erste bevorzugte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass das zweite Signal während einer Regenerationsphase der Sensoreinrichtung nicht zur Ermittlung der Abgastemperatur verwendet wird. Eine solche Regenerationsphase der Sensoreinrichtung geht üblicherweise mit einer Erwärmung der Sensoreinrichtung mittels einer eingebauten Heizeinrichtung einher. Diese Erwärmung

beeinflusst naturgemäß auch das zweite Signal. Durch die erfindungsgemäße Maßnahme wird verhindert, dass eine Abgastemperatur ermittelt wird, welche nicht der tatsächlichen Abgastemperatur entspricht. Auf diese Weise wird die Betriebszuverlässigkeit der Brennkraftmaschine, einschließlich eines zu ihr gehörenden Abgasnachbehandlungssystems, verbessert.

[0015] Ferner wird vorgeschlagen, dass die Sensoreinrichtung stromabwärts von der Filtereinrichtung angeordnet ist und das zweite Signal zur Überwachung und/oder Steuerung oder Regelung einer Regeneration der Filtereinrichtung verwendet wird. Eine solche Regeneration der Filtereinrichtung ist üblicherweise mit einer Erwärmung der Filtereinrichtung auf eine Temperatur verbunden, bei der die angelagerten Rußpartikel aufgrund einer exothermen Reaktion abbrennen. Die für die Einleitung der exothermen Reaktion erforderliche Erwärmung der Filtereinrichtung kann durch eine Erhöhung der Abgastemperatur bewirkt werden, oder sie kann durch eine separate Heizeinrichtung herbeigeführt werden. Durch diese Erwärmung und die exotherme Reaktion wird die Temperatur des Abgases stromabwärts von der Filtereinrichtung entsprechend erhöht sein. Dies kann von der erfindungsgemäß angeordneten Sensoreinrichtung erfasst werden, was die Zuverlässigkeit und Qualität der Regeneration der Filtereinrichtung verbessert.

[0016] In konkreter Weiterbildung hierzu wird vorgeschlagen, dass dann, wenn die aus dem zweiten Signal ermittelte Abgastemperatur einen Grenzwert erreicht oder überschreitet, eine Maßnahme zur Temperaturabsenkung, beispielsweise durch motorische Maßnahmen, eingeleitet und/oder eine Verkürzung einer Regenerationsphase bestimmt wird. Auch Auf diese Weise wird eine Beschädigung der Filtereinrichtung durch eine überhöhte Temperatur vermieden.

Ferner kann dann, wenn das zweite Signal einen Grenzwert erreicht oder überschreitet, auf eine mögliche Beschädigung der Filtereinrichtung durch die Regeneration geschlossen werden. In der Folge kann beispielsweise ein entsprechender Eintrag in einen Fehlerspeicher erfolgen, so dass bei einer Wartung der Brennkraftmaschine die Filtereinrichtung inspiziert und gegebenenfalls ausgewechselt werden kann.

[0017] Auch die Analyse der Temperaturhistorie des Partikelfilters gestattet das Erkennen möglicher Beschädigungen des selben.

[0018] In konkreter Weiterbildung hierzu ist es, bspw. bei einer stromabwärtigen Anordnung der Sensoreinrichtung, erfindungsgemäß möglich, dass bei einer erkannten Beschädigung der Filtereinrichtung ein Signal eines Differenzdrucksensors, welcher die Druckdifferenz über die Filtereinrichtung hinweg erfasst, adaptiert wird. Ein solcher Differenzdrucksensor ist üblicherweise vorhanden, um ebenfalls ein Signal zu liefern, anhand dessen die Beladung der Filtereinrichtung mit Partikeln ermittelt werden kann. Die Interpretation des Signals des Differenzdrucksensors geht jedoch von einer korrekt arbeitenden Filtereinrichtung aus. Ist die Filtereinrichtung jedoch beschädigt, indem beispielsweise an einer Stelle durch eine überhöhte Temperatur ein Loch eingebrannt wurde, liefert der Differenzdrucksensor möglicherweise ein Signal, welches einer geringen Beladung der Filtereinrichtung entspricht, obwohl diese an sich gar nicht vorliegt. Durch die erfindungsgemäße Maßnahme werden Fehlinterpretationen des Signals des Differenzdrucksensors vermieden. In der Folge erhöht sich die Zuverlässigkeit im Betrieb der Brennkraftmaschine.

[0019] Eine alternative Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass stromaufwärts von der Filtereinrichtung in einem Oxidationskatalysator NO_2 erzeugt wird, dass die Sensoreinrichtung zwischen dem Oxidationskatalysator und der Filtereinrichtung angeordnet ist, dass unter Berücksichtigung der Abgastemperatur eine NO_2-Konzentration im Abgas ermittelt (beispielsweise abgeschätzt) wird, und dass aus der NO_2-Konzentration auf die Stärke einer kontinuierlichen Regeneration der Filtereinrichtung geschlossen wird. Dem liegt folgende Überlegung zugrunde: Es ist bekannt, dass die Bildung von NO_2 im vorgeschalteten Oxidationskatalysator vor allem von der Abgastemperatur abhängt. Mit der erfindungsgemäßen Einrichtung kann auf einfache Art und Weise die Abgastemperatur ermittelt und in der Folge der NO_2-Gehalt im Abgas abgeschätzt werden. Dessen Wert ist jedoch maßgeblich für den Grad der kontinuierlichen Regeneration, der durch das NO_2 im Partikelfilter möglich ist.

[0020] Ist jedoch zum einen der mögliche Regenerationsgrad und zum anderen der Partikelgehalt im Abgas bekannt, was beides durch das hier vorgeschlagene Verfahren und die entsprechende Sensoreinrichtung möglich ist, kann wiederum mit gesteigerter Präzision auf die aktuelle Beladung der Filtereinrichtung geschlossen werden. Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht somit eine einfache Beurteilung des aktuellen Zustands der Filtereinrichtung. Dies ist in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens niedergelegt, wonach unter Verwendung des ersten Signals und des zweiten Signals auf die aktuelle Beladung der Filtereinrichtung geschlossen wird. Dies hat weitreichende positive Auswirkungen: Können Temperaturspitzen während der Regeneration durch eine genauere Kenntnis der im Partikelfilter enthaltenen Rußmenge vermieden werden, so kann ein weniger temperaturstabiles, aber kostengünstigeres Filtermaterial verwendet werden.

[0021] Die Präzision bei der Ermittlung der Beladung wird dabei dadurch erhöht, dass auch die Temperatur der Sensoreinrichtung wenigstens in etwa erfasst und/oder ermittelt und/oder abgeschätzt wird, und dass die Differenz zwischen der Abgastemperatur und der Temperatur der Sensoreinrichtung wenigstens mittelbar bei der Ermittlung der aktuellen Beladung der Filtereinrichtung berücksichtigt wird. Hierdurch kann der "thermophoretische Effekt" bei der Ermittlung der Rußanlagerung miteinbezogen werden: Die Rußanlagerung an der Sen-

soreinrichtung hängt nämlich auch von der Temperaturdifferenz zwischen der Sensoreinrichtung und dem Abgas ab. Ist das Abgas deutlich heißer als die Sensoreinrichtung (was im allgemeinen der Fall ist), wird mehr Ruß an der Sensoreinrichtung angelagert als bei einer geringeren Temperaturdifferenz oder gar in jenem umgekehrten Fall, dass die Sensoreinrichtung heißer ist als das Abgas. In Kenntnis der tatsächlichen Temperaturverhältnisse kann daher aus der erfassten Rußanlagerung an der Sensoreinrichtung mit noch höherer Genauigkeit auf den tatsächlichen Rußgehalt im Abgas und in der Folge auf die Rußbeladung des Partikelfilters geschlossen werden.

[0022] Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn aus einem Signal eines Differenzdrucksensors, welcher die Druckdifferenz über die Filtereinrichtung hinweg erfasst, auf die aktuelle Beladung der Filtereinrichtung geschlossen wird, und wenn dieses Ergebnis mit der aus dem zweiten Signal ermittelten Beladung verglichen wird. Das zweite Signal, mit dem die Temperatur des Abgases ermittelt wird, ermöglicht eine genauere Kenntnis des Volumenstroms, was wiederum eine Optimierung des Differenzdrucksensors gestattet. Liegen die ermittelten Beladungen um mehr als einen bestimmten Grenzwert auseinander, liegt ein Problem vor, so dass beispielsweise ein entsprechender Eintrag in einen Fehlerspeicher erfolgen und dem Problem bei einer Wartung auf den Grund gegangen werden kann. Hierdurch wird die Wartung erleichtert und die Emissions- und Verbrauchsqualität der Brennkraftmaschine verbessert.

[0023] Anlog zu dem weiter oben angegebenen Verfahren wird auch vorgeschlagen, dass abhängig vom Ergebnis des Vergleichs das Signal des Differenzdrucksensors adaptiert wird. Die Genauigkeit bei der Interpretation des Signals des Differenzdrucksensors wird hierdurch erhöht.

[0024] In die gleiche Richtung zielt jene Weiterbildung, bei welcher das zweite Signal anhand eines dritten Signals einer weiteren Temperaturerfassungseinrichtung überwacht wird.

[0025] Bei einer Sensoreinrichtung ist es besonders vorteilhaft, wenn die beiden Sensoren jeweils auf freiliegenden und dem Abgas ausgesetzten Flächen der Vorrichtung angeordnet sind. Hierdurch können auch sehr dynamische Vorgänge zuverlässig erfasst werden.

[0026] Ferner kann die Sensoreinrichtung eine Heizeinrichtung umfassen, mit der der erste Sensor von angelagerten Partikeln freigebrannt werden kann, und der zweite Sensor kann zur Erfassung der Temperatur der Sensoreinrichtung geeignet sein. In diesem Falle hat der zweite Sensor eine Doppelfunktion, denn er kann zum einen für die Überwachung der Regeneration des ersten Sensors bzw. der Sensoreinrichtung insgesamt verwendet werden, und außerhalb dieser Phasen kann er für die Erfassung der Abgastemperatur eingesetzt werden. Dies reduziert nochmals die Kosten und den Montageaufwand.

[0027] Die Herstellung der Sensoreinrichtung wird dadurch vereinfacht, dass sie zwei flache und aneinander anhaftende Schichten aufweist und dass auf der freiliegenden Seite der einen Schicht der erste Sensor, auf der freiliegenden Seite der zweiten Schicht der zweite Sensor, und zwischen den beiden Schichten die Heizeinrichtung angeordnet ist. Ein solcher Sensor baut darüber hinaus sehr klein und flach und kann daher an beliebigen Stellen im Abgasstrang der Brennkraftmaschine angeordnet werden.

[0028] Die Kombination aus Partikelsensor und Temperatursensor zur Erfassung der Abgastemperatur ist dann besonders vorteilhaft, wenn sie zur Durchführung eines Verfahrens der obigen Art verwendet wird.

Zeichnung

[0029] Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigen:

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit mehreren Sensoreinrichtungen und einer Filtereinrichtung im Abgasstrang;
- Figur 2 eine perspektivische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer der Sensoreinrichtungen von Figur 1;
- Figur 3 Draufsichten auf drei Teilelemente, aus denen die Sensoreinrichtung von Figur 2 zusammengesetzt ist;
- Figur 4 eine Darstellung ähnlich Figur 2 eines Bereichs einer alternativen Ausführungsform einer Sensoreinrichtung;
- Figur 5 ein Flussdiagramm zum Betreiben von Sensoreinrichtungen von Figur 1;
- Figur 6 ein Flussdiagramm eines ersten Verfahrens zum Überwachen der Regeneration der Filtereinrichtung von Figur 1;
- Figur 7a ein Diagramm, in dem die Temperatur der Filtereinrichtung von Figur 1 während des Regenerierens über der Zeit aufgetragen ist;
- Figur 7b ein Diagramm, in dem ein Differenzdruck über die Filtereinrichtung von Figur 1 hinweg über der Zeit aufgetragen ist;
- Figur 8 ein Flussdiagramm eines zweiten Verfahrens zum Überwachen einer zyklischen Regeneration der Filtereinrichtung von Figur 1; und

Figur 9 ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Prognostizieren der Beladung der Filtereinrichtung von Figur 1.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0030] In Figur 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst einen Motorblock 12 und eine Abgasanlage 14. In der Abgasanlage 14 sind in Strömungsrichtung gesehen zunächst ein Oxidationskatalysator 16 und anschließend ein Partikelfilter 18 angeordnet.

[0031] In einem Abgasrohr 20 ist zwischen dem Oxidationskatalysator 16 und der Filtereinrichtung 18 eine erste Sensoreinrichtung 22 platziert, welche einen Partikelsensor 24 und einen Temperatursensor 26 umfasst (wobei die Sensoreinrichtung 22 grundsätzlich auch an anderen Stellen im Abgasrohr 20 angeordnet werden kann). Das Signal des Partikelsensors 24 wird über eine Leitung 28, das Signal des Temperatursensors 26 über eine Leitung 30 an eine Steuer- und Regeleinrichtung 32 geleitet. Im Bereich der Filtereinrichtung 18 ist bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ein Differenzdrucksensor 34 angeordnet, dessen Signal über eine Leitung 36 an die Steuer- und Regeleinrichtung 32 geleitet wird. In einem nicht gezeigten Ausführungsbeispiel wird auf einen solchen Differenzdrucksensor verzichtet.

[0032] Stromabwärts von der Filtereinrichtung 18 ist im Abgasrohr 20 eine zweite Sensoreinrichtung 38 platziert, welche identisch zur ersten Sensoreinrichtung 22 aufgebaut ist. Auch hier ist ein nicht gezeigtes Ausführungsbeispiel denkbar, bei dem eine solche zweite Sensoreinrichtung nicht vorhanden ist. Sie umfasst also ebenfalls einen Partikelsensor 40 sowie einen Temperatursensor 42, deren Signale über Leitungen 44 und 46 an die Steuer- und Regeleinrichtung 32 geleitet werden. Eine Lambdasonde 48 ist unmittelbar stromabwärts vom Oxidationskatalysator 16 im Abgasrohr 20 angeordnet (auch die Lambdasonde kann bei einer nicht gezeigten Ausführungsform nicht realisiert sein). Deren Signal gelangt über eine Leitung 50 an die Steuer- und Regeleinrichtung 32. Die Steuer- und Regeleinrichtung 32 ist, wie durch 52 angedeutet ist, mit dem Motorblock 12 signaltechnisch verbunden und steuert dort verschiedene Funktionen. Hierzu gehören beispielsweise Zündung und Kraftstoff-Einspritzung.

[0033] Wegen unvollständiger Verbrennung im Motorblock 12 können im Abgas Rußpartikel enthalten sein. Durch die Filtereinrichtung 18 wird verhindert, dass diese Rußpartikel, die gesundheitsschädlich sind, in die Umgebung gelangen. Durch die Ablagerung der Rußpartikel in der Filtereinrichtung 18 wird jedoch deren Durchlässigkeit verringert. Um einen zu hohen Abgasgegendruck im Abgasrohr 20 zu vermeiden, wird die Filtereinrichtung 18 zum einen kontinuierlich und zum anderen zyklisch regeneriert, indem die angelagerten Rußpartikel oxidiert werden.

[0034] Die kontinuierliche Regeneration erfolgt mittels NO_2, welches im vorgeschalteten Oxidationskatalysator 16 erzeugt wird. Die zyklische Regeneration des Filtereinrichtung 18 wird durch eine Erhöhung der Abgastemperatur herbeigeführt, welche zusammen mit einer im vorliegenden Ausführungsbeispiel vorgesehenen, jedoch in der Figur nicht gezeigten katalytischen Beschichtung der Filtereinrichtung 18 eine exotherme Reaktion auslöst. Die Erhöhung der Abgastemperatur kann beispielsweise durch motorische Maßnahmen, beispielsweise die Nacheinspritzung von Kraftstoff, bewirkt werden. Die Regenerationen der Filtereinrichtung 18 können mittels der beiden Sensoreinrichtungen 22 und 38 überwacht werden.

[0035] Die Sensoreinrichtungen 22 und 38 sind identisch aufgebaut. In den Figuren 2 und 3 ist die Sensoreinrichtung 22 beispielhaft dargestellt. Danach umfasst die Sensoreinrichtung 22 jeweils drei aufeinander laminierte keramische Lagen 54, 56 und 58, welche vorliegend vor allem wegen der Temperaturbeständigkeit auf Al_2O_3- oder ZrO_2-Basis hergestellt sind. Die in den Figuren 2 und 3 obere keramische Lage 54 trägt auf ihrer freiliegenden Außenseite 59 zwei Elektroden 60 und 62. Die beiden Elektroden 60 und 62 sind für eine Resistivitätsmessung "interdigital" strukturiert und bilden so den Partikelsensor 24.

[0036] Die in den Figuren 2 und 3 mittlere keramische Lage 56 trägt auf ihrer von der Lage 54 abgewandten Seite eine mäanderförmige Heizeinrichtung 64, durch die die Sensoreinrichtung 22 im Bereich des Partikelsensors 24 erhitzt werden kann. Hierdurch können im Bedarfsfalle an der Sensoreinrichtung 22 angelagerte Rußpartikel verbrannt werden. Die in den Figuren 2 und 3 untere keramische Lage 58 trägt eine mäanderförmige Struktur aus einer dünnen Platinschicht 66, durch die der Temperatursensor 26 gebildet wird. Die Platinschicht ist auf der freiliegenden Seite 68 der keramischen Lage 58 aufgebracht und mit einer dünnen keramischen Schutzschicht versehen. Durch die Anordnung der Platinschicht 66 kann der Temperatursensor 26 die Temperatur des Abgases vergleichsweise genau erfassen. In einer ersten Näherung kann die Temperatur der Sensoreinrichtung 22 gleich der Abgastemperatur gesetzt werden.

[0037] Für die Abschätzung des Einflusses der Temperaturabhängigkeit der Rußanlagerung (Thermophorese) kann die vom Abgas unterschiedliche Temperatur der Sensoreinrichtung 22 auch mittels eines numerischen Modells oder mittels eines Schätzverfahrens (bspw. eines Beobachterverfahrens) abgeschätzt werden. Möglich ist auch, einen weiteren, in der Figur jedoch nicht gezeigten Temperatursensor auf der der Lage 54 zugewandten Seite der Lage 56 vorzusehen, um mit dessen Signal die Temperatur der Sensoreinrichtung 22 zu erfassen.

[0038] Eine in Figur 4 dargestellte und noch flacher bauende Ausführungsform einer Sensoreinrichtung 22 besteht nur aus zwei keramischen Lagen 54 und 58. Die in Figur 4 nicht sichtbare Heizeinrichtung ist dabei auf die gleiche untere keramische Lage 58 aufgebracht wie

die Platinschicht, welche den Temperatursensor 26 bildet.

[0039] Aus Figur 5 geht hervor, wie das Signal der Temperatursensoren 26 und 42 der beiden Sensoreinrichtungen 22 und 38 verwendet wird: Nach einem Startblock 70 wird in einem Block 72 abgefragt, ob gerade eine Regeneration der ersten Sensoreinrichtung 22 oder der zweiten Sensoreinrichtung 38 stattfindet. Eine solche Regeneration beinhaltet eine Inbetriebnahme der jeweiligen Heizeinrichtung 64 zum Freibrennen der jeweiligen Sensoreinrichtung 22 bzw. 38. Ist die Antwort im Block 72 Nein, wird das Signal des Temperatursensors 26 bzw. des Temperatursensors 42 zur Ermittlung der Abgastemperatur T_{ex} verwendet (Block 74). Dabei wird durch ein in der Figur nicht gezeigtes Verzögerungsglied berücksichtigt, dass aus dem Signal der Temperatursensoren 26 und 42 nicht nur während des eigentlichen Betriebs der Heizeinrichtung 64, sondern auch noch während eines sich daran anschließenden Abkühlphase die Abgastemperatur nicht mit der gewünschten Genauigkeit ermittelt werden kann. Ist die Antwort im Block 72 dagegen Ja, wird im Block 76 das Signal des Temperatursensors 26 bzw. 42 zur Ermittlung der Temperatur T_{sens} der Sensoreinrichtung 22 bzw. 38 verwendet, was Rückschlüsse auf die angelagerte Rußmenge ermöglicht. Das Verfahren endet im Block 78.

[0040] Wie oben angedeutet worden ist, ist es alternativ möglich, zwei Temperatursensoren so zu platzieren, dass der eine die Abgastemperatur und der andere die Sensortemperatur erfasst. Anhand der Temperaturdifferenz kann ein thermophoretischer Effekt der Rußanlagerung an der Sensoreinrichtung 22 bzw. 42 berücksichtigt und hierdurch die Genauigkeit bei der Bestimmung der tatsächlich im Abgas enthaltenen und sich im Partikelfilter ablagernden Rußmenge erhöht werden.

[0041] Eine Vorgehensweise zur Überwachung der Regeneration der Filtereinrichtung 18 ist in Figur 6 gezeigt, und zwar unter Verwendung des Signals der zweiten Sensoreinrichtung 38.

[0042] Wird eine zyklische Regeneration der Filtereinrichtung 18 beispielsweise durch eine Erhöhung der Abgastemperatur eingeleitet (Block 80 in Figur 6), wird hierdurch in der Filtereinrichtung 18 eine exotherme Reaktion in Gang gesetzt (Block 82 in Figur 6), welche zu einer Erhöhung der Abgastemperatur stromabwärts von der Filtereinrichtung 18 führt. Dies wird vom Temperatursensor 42 erfasst, und die entsprechende Temperatur T_{ex} wird an die Steuer- und Regeleinrichtung 32 geleitet. Durch eine entsprechende Verringerung oder Erhöhung der Abgastemperatur kann von der Steuer- und Regeleinrichtung 32 Einfluss auf die exotherme Reaktion in der Filtereinrichtung 18 genommen werden. Überschreitet beispielsweise die Temperatur T_{ex} einen Grenzwert, wird von der Steuer- und Regeleinrichtung 32 eine Absenkung de Abgastemperatur eingeleitet, um den Umfang der exothermen Reaktion zu verringern.

[0043] Wir aus Figur 7a hervorgeht, kann die exotherme Reaktion jedoch so heftig ablaufen, dass ein Grenzwert G2 der vom Temperatursensor 42 erfassten Abgastemperatur T_{ex} überschritten wird. Der Grenzwert G2 ist dabei so gewählt, dass bei einem Überschreiten davon auszugehen ist, dass in der Filtereinrichtung 18 eine zulässige Temperatur überschritten worden ist und ein Schaden an der Struktur der Filtereinrichtung 18, beispielsweise ein Loch, aufgetreten ist. Tritt ein solches Loch auf, fällt ein Signal dp des Differenzdrucksensors 34 (Figur 7b) sehr schnell ab, da das Abgas durch das Loch in der Filtereinrichtung 18 mit geringem Widerstand hindurchtreten kann, obwohl an anderen Stellen der Filtereinrichtung 18 die Rußpartikel noch nicht vollständig abgebrannt sind. In der Steuer- und Regeleinrichtung 32 wird daher das Signal des Differenzdrucksensors 36 in einem solchen Fall adaptiert. Ein entsprechendes Verfahren ist in Figur 8 dargestellt: Nach einem Startblock 84 wird in 86 geprüft, ob die vom Temperatursensor erfasste Abgastemperatur T_{ex} größer ist als ein Grenzwert G1. Ist dies der Fall, wird in einem Block 90 abgefragt, ob die Abgastemperatur T_{ex} größer ist ein Grenzwert G2 (G2 > G1). Ist dies ebenfalls der Fall, wird in einem Block 92 das Signal dp des Differenzdrucksensors 34 adaptiert. Andernfalls 88 wird die exotherme Reaktion in der Filtereinrichtung 18 und somit auch deren Regeneration im Block 88 verlangsamt. Das Verfahren endet im einem Endblock 94.

[0044] Die stromaufwärts von der Filtereinrichtung 18 angeordnete erste Sensoreinrichtung 22 kann zur Prognose der Beladung der Filtereinrichtung 18 und zur Überwachung von deren kontinuierlicher Regeneration verwendet werden. Dies geht aus Figur 8 hervor: Mittels der Lambdasonde 48 oder aus abgelegten Kennfelddaten wird ein Sauerstoffgehalt (Block 96) und mittels des Temperatursensors 26 eine Abgastemperatur T_{ex} (Block 98) ermittelt. Hieraus wird in 100 die im Oxidationskatalysator 16 hergestellte Stickoxidmenge unter Zuhilfenahme hinterlegter Kennfelddaten ermittelt bzw. abgeschätzt. Aus dieser ergibt sich im Block 102 wiederum eine Stärke -dC/dt des möglichen Abbaus von in der Filtereinrichtung 18 angelagerten Rußpartikeln. Aufgrund des Signals des Partikelsensors 24 wird in 104 eine Stärke +dC/dt des möglichen Zuwachses von angelagerten Rußpartikeln ermittelt.

[0045] In 106 wird eine Bilanz erstellt, aus der sich eine mögliche aktuelle Beladung Cloadl der Filtereinrichtung 18 mit Rußpartikeln ergibt. Aus dem Signal des Differenzdrucksensors 34 und dem Differenzdruck dp (Block 108) wird in 110 ebenfalls eine aktuelle Beladung Cload2 der Filtereinrichtung 18 mit Rußpartikeln ermittelt. Die beiden in den Blöcken 106 und 110 ermittelten Beladungen werden in einem Block 112 miteinander verglichen. Abhängig von dem Vergleich wird im Block 114 das Signal des Differenzdrucksensors 34 adaptiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine

(10), bei dem im Abgas vorhandene Partikel in einer Filtereinrichtung (18) zurückgehalten und anhand eines ersten Signals einer Sensoreinrichtung (22, 38) detektiert werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** die gleiche Sensoreinrichtung (22, 38) ein zweites Signal liefert, welches wenigstens zeitweise zur Ermittlung der Abgastemperatur (T_{ex}) verwendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Signal während einer Regenerationsphase der Sensoreinrichtung (22, 38) nicht zur Ermittlung der Abgastemperatur (T_{ex}) verwendet wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sensoreinrichtung (38) stromabwärts von der Filtereinrichtung (18) angeordnet ist und das zweite Signal zur Überwachung und/oder Steuerung oder Regelung einer Regeneration der Filtereinrichtung (18) verwendet wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn die aus dem zweiten Signal ermittelte Abgastemperatur (T_{ex}) einen Grenzwert (G1) erreicht oder überschreitet (86), eine Maßnahme zur Temperaturabsenkung eingeleitet und/oder eine Verkürzung einer Regenerationsphase bestimmt wird (88).

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 oder 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn das zweite Signal einen Grenzwert (G2) erreicht oder überschreitet (90), auf eine mögliche Beschädigung der Filtereinrichtung (18) durch die Regeneration geschlossen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei einer erkannten Beschädigung der Filtereinrichtung ein Signal (36) eines Differenzdrucksensors (34), welcher eine Druckdifferenz (dp) über die Filtereinrichtung (18) hinweg erfasst, adaptiert wird (92).

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** stromaufwärts von der Filtereinrichtung (18) in einem Oxidationskatalysator (16) NO_2 erzeugt wird, dass die Sensoreinrichtung (22) zwischen dem Oxidationskatalysator (16) und der Filtereinrichtung (18) angeordnet ist, dass unter Berücksichtigung der Abgastemperatur (T_{ex}) eine NO_2-Konzentration im Abgas ermittelt wird (100), und dass aus der NO_2-Konzentration auf die Stärke (-dC/dt) der möglichen Regeneration der Filtereinrichtung (18) geschlossen wird (102).

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** unter Verwendung des ersten Signals und des zweiten Signals auf die aktuelle Beladung (Cload1) der Filtereinrichtung (18) geschlossen wird (106).

9. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Temperatur der Sensoreinrichtung wenigstens in etwa erfasst und/oder ermittelt und/oder abgeschätzt wird, und dass die Differenz zwischen der Abgastemperatur und der Temperatur der Sensoreinrichtung wenigstens mittelbar bei der Ermittlung der aktuellen Beladung der Filtereinrichtung berücksichtigt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** aus einem Signal (36) eines Differenzdrucksensors (34), welcher die Druckdifferenz (dp) über die Filtereinrichtung (18) hinweg erfasst, auf die aktuelle Beladung (Cload2) der Filtereinrichtung (18) geschlossen wird (110), und dass dieses Ergebnis mit der aus dem zweiten Signal ermittelten Beladung (Cload1) verglichen wird (112).

11. Verfahren nach Anspruch 10, dass abhängig vom Ergebnis des Vergleichs das Signal (36) des Differenzdrucksensors (34) adaptiert wird (114).

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dass das zweite Signal anhand eines dritten Signals einer weiteren Temperaturerfassungseinrichtung überwacht wird.

13. Computerprogramm, **dadurch gekennzeichnet, dass** es zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche programmiert ist.

14. Elektrisches Speichermedium für eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung einer Brennkraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf ihm ein Computerprogramm zur Anwendung in einem Verfahren der Ansprüche 1 bis 12 abgespeichert ist.

15. Steuer- und/oder Regeleinrichtung für eine Brennkraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zur Anwendung in einem Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12 programmiert ist.

16. Sensoreinrichtung (22, 38) zur Erfassung mindestens einer Zustandsgröße (dC/dt, T_{ex}) im Abgas einer Brennkraftmaschine (10), mit mindestens einem ersten Sensor (24, 40) zur Erfassung von im Abgas vorhandenen Partikeln, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens einen zweiten Sensor (26, 42) zur Erfassung der Abgastemperatur (T_{ex}) aufweist.

17. Sensoreinrichtung (22, 38) nach Anspruch 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Sensoren (24, 40, 26, 42) jeweils auf freiliegenden und dem

Abgas ausgesetzten Flächen (59, 68) der Vorrichtung (22, 38) angeordnet sind.

18. Sensoreinrichtung (22, 38) nach einem der Ansprüche 16 oder 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Heizeinrichtung (64) umfasst, mit der der erste Sensor (24, 40) von angelagerten Partikeln freigebrannt werden kann, und dass der zweite Sensor (26, 42) auch zur Erfassung der Temperatur (T_{sens}) der Sensoreinrichtung (22, 38) geeignet ist.

19. Sensoreinrichtung (22, 38) nach Anspruch 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens zwei flache und aneinander anhaftende Schichten (54, 56, 58) aufweist und dass auf der frei liegenden Seite (59) der einen Schicht (54) der erste Sensor (24, 40), auf der frei liegenden Seite (68) der zweiten Schicht (58) der zweite Sensor (26, 42), und zwischen den beiden Schichten (54, 58) die Heizeinrichtung (64) angeordnet ist.

20. Sensoreinrichtung (22, 38) nach einem der Ansprüche 16 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 10 verwendet wird.

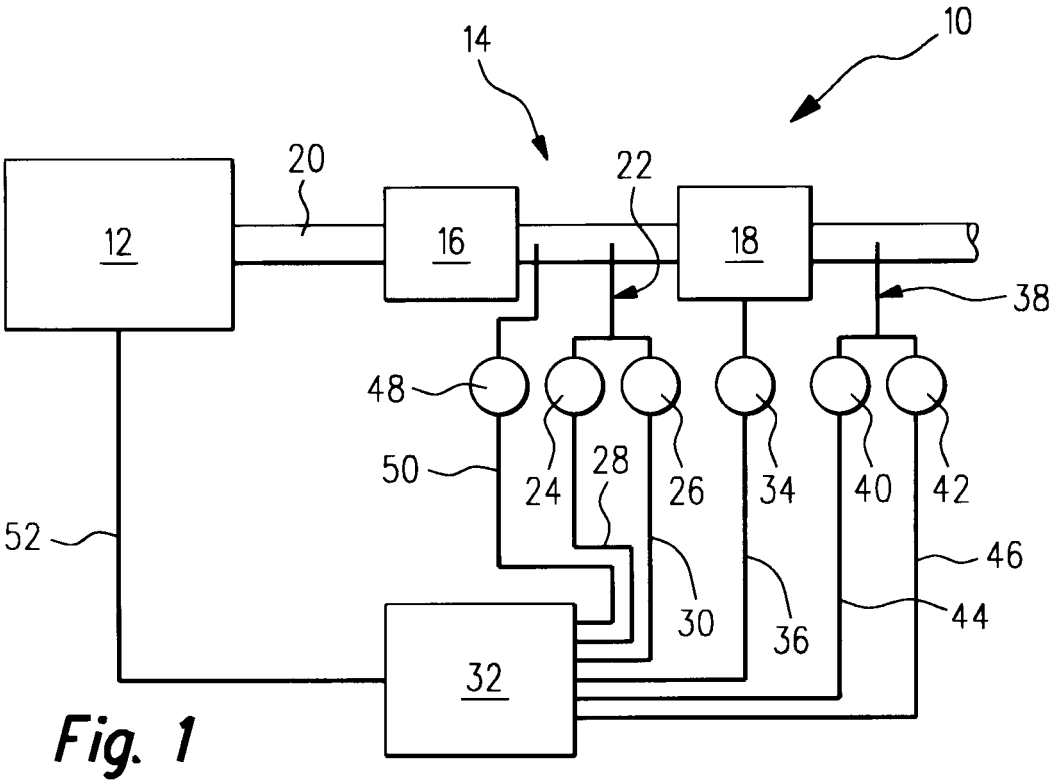

Fig. 1

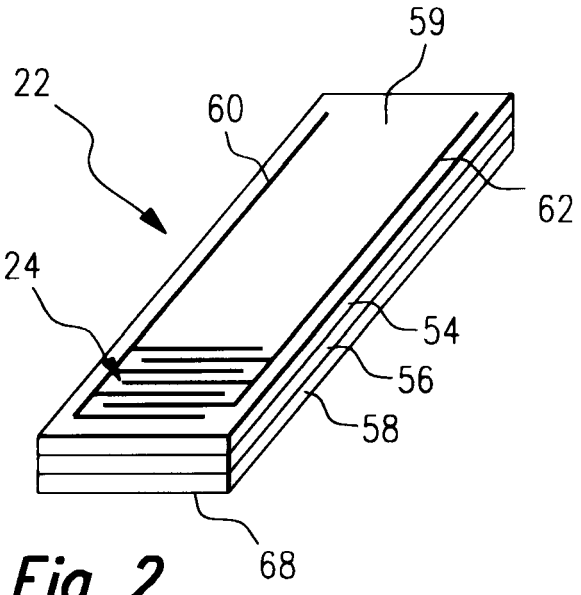

Fig. 2

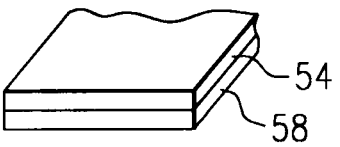

Fig. 4

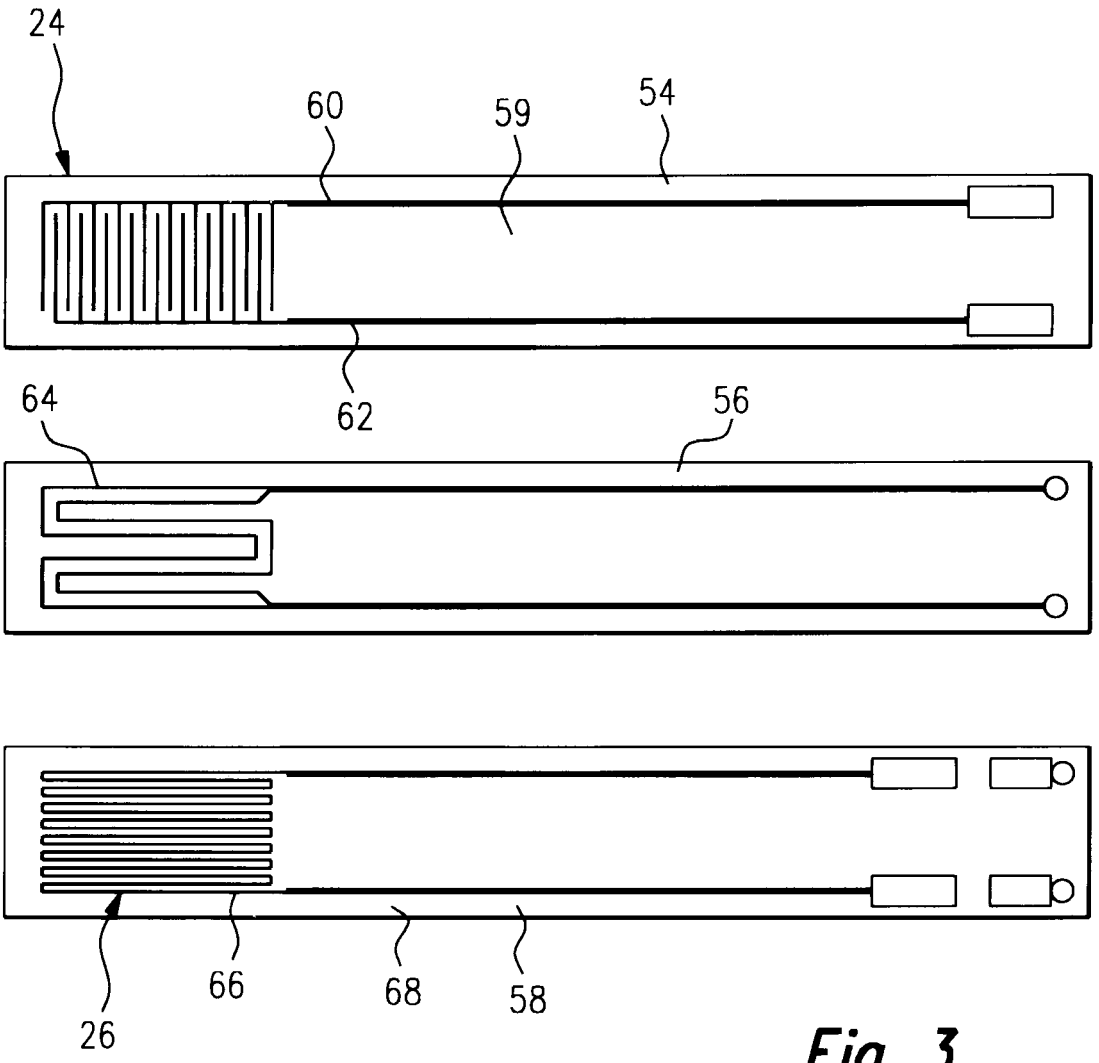

Fig. 3

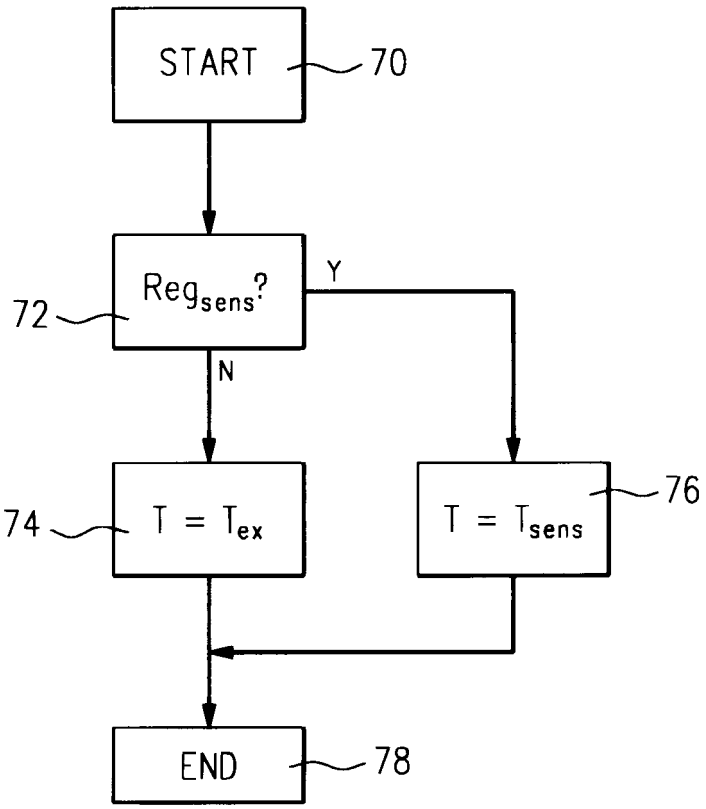

Fig. 5

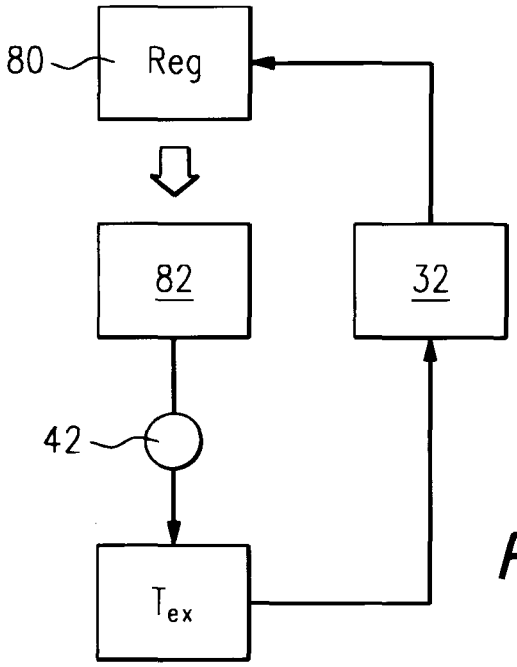

Fig. 6

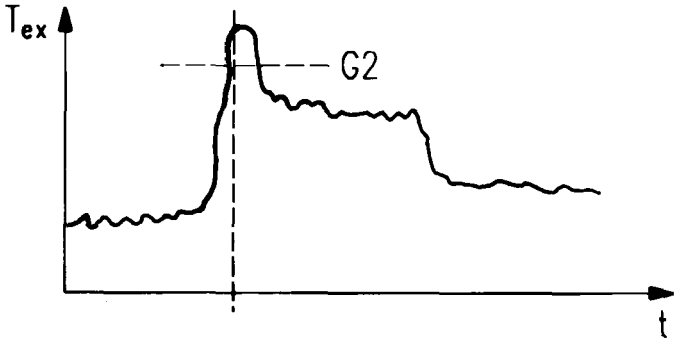

Fig. 7a

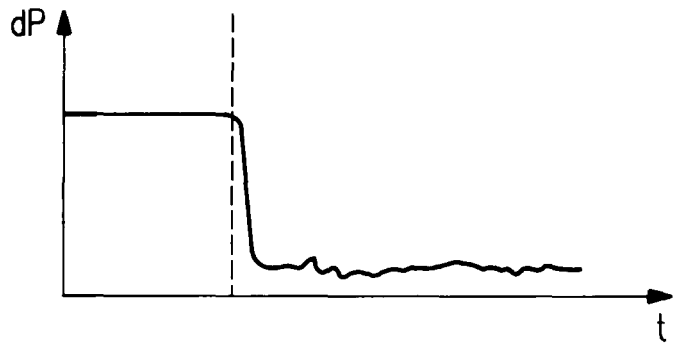

Fig. 7b

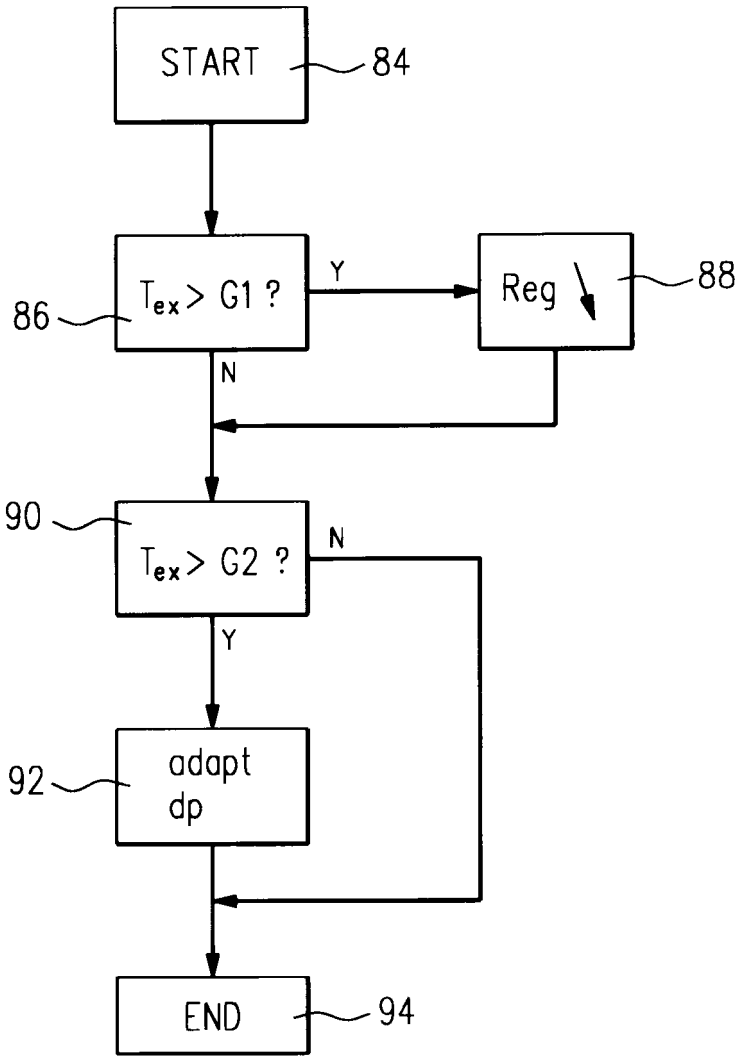

Fig. 8

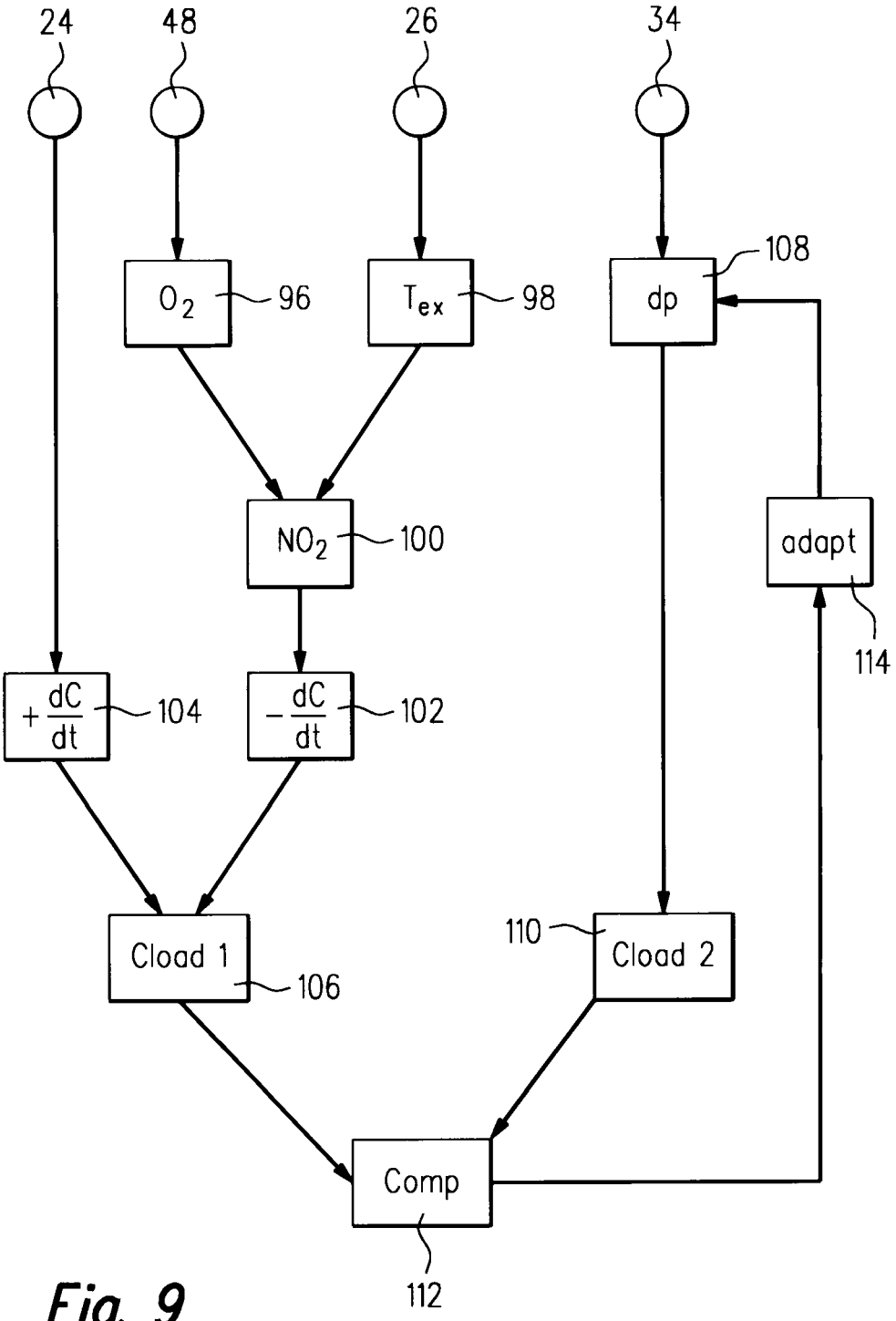
24
48
26
34
O_2
96
T_{ex}
98
dp
108
NO_2
100
adapt
114
$+\frac{dC}{dt}$
104
$-\frac{dC}{dt}$
102
Cload 1
106
110
Cload 2
Comp
112

Fig. 9