



(10) **DE 10 2011 007 565 A1** 2011.11.17

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2011 007 565.8**

(22) Anmeldetag: **18.04.2011**

(43) Offenlegungstag: **17.11.2011**

(51) Int Cl.: **F01N 11/00 (2006.01)**

**F01N 3/022 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:

**12/778,894**

**12.05.2010**

**US**

(74) Vertreter:

**Dörfler, Thomas, 50735, Köln, DE**

(71) Anmelder:

**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,  
US**

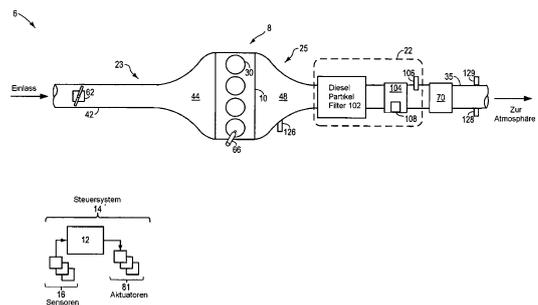
(72) Erfinder:

**Parnin, Christopher, Farmington, Mich., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Dieselpartikelfiltersteuerung**

(57) Zusammenfassung: Es werden Verfahren und Systeme zum Verwalten von Partikelemissionen in einem Motor bereitgestellt, der ein Partikelfilter und hinter dem Filter einen CO<sub>2</sub>-Sensor enthält. Ein CO<sub>2</sub>-Sensor kann verwendet werden, um auf die Anwesenheit von Partikelmaterie in dem Abgas hinter dem Filter zu schließen. Durch Erfassen von Partikelmaterie in dem Abgas hinter dem Filter kann eine Filterverschlechterung identifiziert werden.



**Beschreibung**

## Erfindungsgebiet

**[0001]** Die vorliegende Beschreibung betrifft Partikelmateriereinigungssysteme für Verbrennungsmotoren wie etwa Dieselmotoren und Benzinmotoren.

Allgemeiner Stand der Technik und kurze Darstellung der Erfindung

**[0002]** Abgasreinigungseinrichtungen wie etwa Dieselpartikelfilter (DPF) können die Menge von Partikelmaterieemissionen (wie etwa Ruß) aus einem Dieselmotor reduzieren, indem die Partikel eingefangen werden. Solche Einrichtungen können während des Motorbetriebs regeneriert werden, um die Menge eingefangener Partikelmaterie (zum Beispiel durch Verbrennen) zu senken und die Sammelkapazität der Einrichtung aufrechtzuerhalten. Zur Erfüllung strenger Bundesregierungsemissionsnormen können Regenerierungsoperationen und die DPF-Funktionalität streng kontrolliert und regelmäßig beurteilt werden.

**[0003]** Ein beispielhafter Ansatz zum Steuern von Dieselpartikelfiltern wird von Stewart et al. in US 7,155,334 dargestellt. Darin initiiert ein Motorcontroller eine Filterregenerierung auf der Basis von Eingaben, die von vor und hinter dem Filter positionierten Sensoren wie etwa Partikelmateriesensoren und/oder Kohlendioxidsensoren empfangen werden. Insbesondere bestimmt der Controller auf der Basis der Zusammensetzung des Abgases vor und hinter der Passage durch den Filter, ob der Filter regeneriert werden soll.

**[0004]** Der Erfinder der vorliegenden Erfindung hat jedoch bei einem derartigen Ansatz Probleme erkannt. Als ein Beispiel reduziert die Verwendung von resistiven erfassungsbasierten Partikelmateriesensoren (PM-Sensoren) die Empfindlichkeit des Abgasreinigungssystems. Als solches können üblicherweise verwendete PM-Sensoren konfiguriert sein, die Anwesenheit von PM elektrisch zu detektieren, und zwar auf der Basis einer Änderung beim Widerstand oder bei der Kapazität an einer elektrischen Schaltung. Solche Sensoren können ein „Totband“ aufweisen, während dem PM möglicherweise akkumulieren muss, bevor der Sensor reagieren kann. Diese zum Detektieren von PM erforderliche zusätzliche Zeit kann die Bestimmung und Initiierung einer Filterregenerierung verzögern. Als solches kann die Verzögerung bei der Filterregenerierung die Filterverschlechterung beschleunigen. Die zusätzliche Zeit kann auch die Fähigkeit des elektrischen Sensors zum identifizieren einer DPF-Verschlechterung reduzieren. Insgesamt kann dies zu schlechteren Abgasemissionskonzentrationen führen.

**[0005]** Als ein weiteres Beispiel kann die Verwendung einer Eingabe von CO<sub>2</sub>-Sensoren, die beim Bestimmen der Filterregenerierung CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen erfassen, die Fähigkeit des Systems reduzieren, die Rußbelastung auf dem Filter aufgrund einer indirekten Korrelation zwischen Filterrußkonzentrationen und CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen genau zu schätzen. Da die CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration repräsentativer für Verbrennungsbedingungen ist, kann auf eine Rußbelastung geschlossen werden, sie kann aber nicht präzise bestimmt werden.

**[0006]** Somit können bei einem Beispiel einige der obigen Probleme durch ein Verfahren zum Betreiben eines Motorabgassystems mit einem Partikelfilter behandelt werden, das Folgendes umfasst: Verstellen des Motorbetriebs auf der Basis einer CO<sub>2</sub>-Signatur von oxidiertem Abgaspartikelmaterie (PM) hinter dem Filter. Die CO<sub>2</sub>-Signatur kann eine CO<sub>2</sub>-Konzentration an oxidiertem PM enthalten, geschätzt durch einen hinter dem Filter positionierten CO<sub>2</sub>-Sensor.

**[0007]** Bei einem Beispiel kann ein Dieselmotorabgassystem mit einem Filtersubstrat und einem CO<sub>2</sub>-Sensor, hinter einem DPF positioniert, konfiguriert sein. Während ausgewählter Motorlaufbedingungen kann ein Motorcontroller das Substrat erhitzen und Abgaspartikelmaterie (d. h. Abgasruß) hinter dem Filter unter Verwendung von in dem Abgas vorliegendem Sauerstoff auf dem erhitzten Substrat oxidieren. Das durch die Oxidation des Rußes generierte CO<sub>2</sub> kann durch den nachgeschalteten CO<sub>2</sub>-Sensor geschätzt werden, um eine CO<sub>2</sub>-Signatur der oxidierten Abgaspartikelmaterie (PM) hinter dem Filter zu bestimmen. Die CO<sub>2</sub>-Signatur kann mindestens eine CO<sub>2</sub>-Konzentration der oxidierten PM enthalten. Da das generierte CO<sub>2</sub> größtenteils von der auf dem erhitzten Substrat oxidierten Menge an Abgasruß abhängt, kann zwischen der geschätzten CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration und einer Abgasrußkonzentration eine direkte Korrelation hergestellt werden. Mit anderen Worten kann der CO<sub>2</sub>-Sensor als ein PM-Sensor verwendet werden. Der Controller kann dann den Motorbetrieb verstellen und auf der Basis der CO<sub>2</sub>-Signatur eine Filterdiagnose durchführen. Während anderer Motorlaufbedingungen kann der CO<sub>2</sub>-Sensor zum Erfassen einer CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration verwendet werden, die nicht zu Abgas-PM hinter dem Filter in Relation steht.

**[0008]** Wenn beispielsweise während einer ersten Motorlaufbedingung der Filter speichert und das Substrat nicht oxidiert (zum Beispiel eine Substratheizvorrichtung ausgeschaltet ist), kann der Motorcontroller den Motorbetrieb (wie etwa beispielsweise AGR-Operationen) auf der Basis einer von dem CO<sub>2</sub>-Sensor geschätzten CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration verstellen. Während einer von der ersten Motorlaufbedingung verschiedenen zweiten Motorlaufbedingung, wenn der Filter speichert und das Substrat oxidiert (zum

Beispiel eine Substratheizvorrichtung eingeschaltet ist), kann der Motorcontroller Motoroperationen (wie etwa Initiierung einer Filterregenerierung) verstellen und eine Filterdiagnose durchführen (wie etwa Bestimmen, dass ein Filter leckt), und zwar auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration von oxidiertem Abgas-PM hinter dem Filter. Als solches kann während solcher Bedingungen wenig bis im Wesentlichen keine PM in dem Abgas hinter dem Filter erwartet werden. Durch Vergleichen der Ausgabe des CO<sub>2</sub>-Sensors mit CO<sub>2</sub>-Konzentrationen, die auf der Basis der Betriebsbedingungen des Motors erwartet werden, kann hierbei Abgas-PM in dem Abgas hinter dem Filter identifiziert werden und dazu verwendet werden, auf eine Filterverschlechterung zu schließen. Beispielsweise kann der CO<sub>2</sub>-Sensor CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen hinter dem Filter in Echtzeit erfassen, um eine Echtzeitanzeige der Anwesenheit von PM in dem Abgas zu liefern. Als Reaktion darauf, dass die geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration (d. h. die Sensorausgabe) über der erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration liegt, kann ein Motorcontroller eine Filterverschlechterung aufgrund der Anwesenheit von PM in dem Abgas anzeigen. In dem Fall einer Filterverschlechterung kann der Controller weiterhin Motorbetriebsbedingungen und Regenerierungsbedingungen als Reaktion auf die Anzeige einer Verschlechterung verstellen. Falls im Vergleich die erwartete Konzentration nicht über der erwarteten Konzentration liegt, sondern über einem Schwellwert liegt, kann der Controller schließen, dass sich der Filter nicht verschlechtert, dass sich aber ausreichend Ruß auf dem vorgeschalteten Filter angesammelt hat und dass eine Filterregenerierungsoperation initiiert werden sollte. Dementsprechend kann eine Filterregenerierung initiiert werden, um die Sammelkapazität des Filters wieder herzustellen.

**[0009]** Es versteht sich, dass das dargestellte Beispiel zwar eine Anwendung des CO<sub>2</sub>-Sensors in einem Dieselmotorabgassystem veranschaulicht, dies jedoch nicht beschränkend sein soll, und dass der gleiche CO<sub>2</sub>-Sensor analog bei alternativen Motorabgassystemen wie etwa auf eine Diagnose eines Benzinpartikelfilters in einem Benzinmotorabgassystem angewandt werden kann.

**[0010]** Auf diese Weise kann die Anwesenheit von Ruß in einem Motorabgas detektiert werden, indem der Ruß oxidiert wird, um CO<sub>2</sub> zu generieren, und indem nachgeschaltete CO<sub>2</sub>-Sensoren verwendet werden, um eine direktere und präzisere Schätzung von Abgasrußkonzentrationen zu liefern, und zwar zusätzlich zu ihrer Verwendung beim Schätzen von CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen. Durch Ermöglichen einer präzisen Echtzeitschätzung von Abgasrußkonzentrationen kann die Filterregenerierung besser bestimmt und präziser initiiert werden. Außerdem kann die höhere Empfindlichkeit der CO<sub>2</sub>-Gassensoren den „Totband“-Effekt von resistiven Sensoren redu-

zieren und zwischen Signalen eine höhere Auflösung liefern. Diese höhere Auflösung kann die Fähigkeit zum Identifizieren eines verschlechterten Partikelfilters verbessern. Durch Verbessern der Genauigkeit bei Filterregenerierung und der Filterdiagnose kann die Qualität von Abgasemissionen verbessert werden.

**[0011]** Es versteht sich, dass die obige kurze Darstellung vorgelegt wird, um in vereinfachter Form eine Auswahl von Konzepten einzuführen, die in der ausführlichen Beschreibung näher beschrieben werden. Sie soll keine wichtigen oder essentiellen Merkmale des beanspruchten Gegenstands identifizieren, dessen Schutzbereich ausschließlich durch die Ansprüche definiert wird, die auf die detaillierte Beschreibung folgen. Weiterhin ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Implementierungen beschränkt, die etwaige oben oder in einem beliebigen Teil dieser Offenbarung erwähnte Nachteile lösen.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0012]** [Fig. 1](#) zeigt eine schematische Darstellung eines Motors und eines assoziierten Partikelmaterialrückhaltesystems.

**[0013]** [Fig. 2–Fig. 5](#) zeigen Flussdiagramme auf hoher Ebene, die Routinen darstellen, die unter Verwendung von CO<sub>2</sub>-Sensoren in dem Partikelmaterialrückhaltesystem von [Fig. 1](#) gemäß der vorliegenden Offenbarung implementiert werden können, um die Filterregenerierung und Filterfunktionalität zu steuern und zu diagnostizieren.

#### Ausführliche Beschreibung

**[0014]** Die folgende Beschreibung betrifft Systeme und Verfahren zum Steuern eines Partikelmaterialrückhaltesystems wie etwa des Diesel partikelmaterialrückhaltesystems (Diesel-PM-Rückhaltesystem) von [Fig. 1](#). Das PM-Rückhaltesystem kann, wie dort gezeigt, einen Dieselpartikelfilter, ein Filtersubstrat und einen hinter dem Filter und dem Substrat positionierten CO<sub>2</sub>-Gassensor enthalten. Wenn, wie in [Fig. 2](#) gezeigt, das Substrat nicht erhitzt ist, d. h., das Substrat nicht zum Oxidieren aktiviert ist, kann der CO<sub>2</sub>-Sensor dazu verwendet werden, CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen zu schätzen und den Motorbetrieb auf der Basis des geschätzten Werts zu verstellen. Wenn das Substrat zum Oxidieren aktiviert ist (wenn beispielsweise das Substrat durch eine eigene Substratheizvorrichtung elektrisch erhitzt wird oder durch heißes Abgas nicht-elektrisch erhitzt wird), kann das Abgas hinter dem Filter über das erhitzte Substrat geleitet werden und Abgas-PM kann, falls sie vorliegt, unter Verwendung von Sauerstoff aus dem Abgassystem auf dem Substrat vor dem CO<sub>2</sub>-Sensor zu CO<sub>2</sub> oxidiert werden. Hierbei kann der CO<sub>2</sub>-Sensor wegen einer direkten Korrelation zwischen dem

auf dem Substrat generierten CO<sub>2</sub>-Gas und der oxidierten PM dazu verwendet werden, genauer auf die Anwesenheit von Abgas-PM und eine PM-Abgaskonzentration zu schließen. Dementsprechend kann eine CO<sub>2</sub>-Signatur von dem Sensor während Filterspeicher- und/oder -regenerierungsbedingungen generiert werden. Wie in **Fig. 3–Fig. 5** gezeigt, kann durch Vergleichen einer geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration (auf der Basis der Sensorausgabe) mit einer erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration (beispielsweise auf der Basis von Motorbetriebs- oder Regenerierungsoperationsbedingungen) eine Filterverschlechterung identifiziert und von einer verschlechterten Regenerierung unterschieden werden. Auf diese Weise kann ein CO<sub>2</sub>-Sensor vorteilhafterweise dazu verwendet werden, die Anwesenheit von PM im Abgas hinter dem Filter präzise zu identifizieren und eine präzisere Steuerung über Filterfunktionalität und Regenerierungswirksamkeit zu erhalten. Indem die Notwendigkeit für resistiv erfassende PM-Sensoren reduziert wird, können höhere Signalaufösungen erhalten werden, was eine verbesserte Emissionssteuerung ermöglicht.

**[0015]** **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Fahrzeugsystems **6**. Das Fahrzeugsystem **6** enthält ein an ein Partikelmaterierückhaltesystem (PM-Rückhaltesystem) **22** gekoppeltes Motorsystem **8**. Das Motorsystem **8** kann einen Motor **10** mit mehreren Zylindern **30** enthalten. Der Motor **10** enthält einen Motoreinlass **23** und einen Motorauslass **25**. Der Motoreinlass **23** enthält ein Drosselventil **62**, das über eine Einlasspassage **42** fluidisch an den Motoreinlasskrümmer **44** gekoppelt ist. Der Motorauslass **25** enthält einen Auslasskrümmer **48**, der schließlich zu einer Abgasspassage **35** führt, die Abgas zur Atmosphäre leitet. Das Drosselventil **62** kann sich in der Einlasspassage **42** hinter einer Verstärkungseinrichtung wie etwa einem Turbolader (nicht gezeigt) und vor einem nicht gezeigten Nachkühler befinden. Der Nachkühler, wenn er enthalten ist, kann konfiguriert sein, die Temperatur von von der Verstärkungseinrichtung verdichteter Einlassluft zu reduzieren.

**[0016]** Der Motorauslass **25** kann eine oder mehrere Abgasreinigungseinrichtungen **70** enthalten, die in einer eng gekoppelten Position in dem Auslass montiert sein können. Eine oder mehrere Abgasreinigungseinrichtungen können einen G-Katalysator, einen Mager-NO<sub>x</sub>-Filter, einen SCR-Katalysator usw. beinhalten. Der Motorauslass **25** kann auch ein vor der Abgasreinigungseinrichtung **70** positioniertes PM-Rückhaltesystem **22** enthalten. Bei einem Beispiel, wie dargestellt, ist das PM-Rückhaltesystem **22** ein Dieselpartikelmaterierückhaltesystem. Endrohrabgas, aus dem nach einer Passage durch das PM-Rückhaltesystem **22** PM herausgefiltert worden ist, kann in der Abgasreinigungseinrichtung **70** weiter verarbeitet und über die Auslasspassage **35** zur Atmosphäre abgegeben werden.

**[0017]** Das PM-Rückhaltesystem **22** kann eine oder mehrere PM-Rückhalteeinrichtungen wie etwa einen Dieselpartikelfilter (DPF) **102** enthalten, um PM vorübergehend aus eintretenden Abgasen zu filtern. Der DPF **102** kann eine Monolithstruktur aufweisen, die beispielsweise aus Cordierit oder Siliziumcarbid hergestellt ist, mit mehreren Kanälen dann zum Filtern von Partikelmaterie aus Dieselpartikelfilter. Das PM-Rückhaltesystem **22** kann weiterhin ein hinter dem DPF **102** positioniertes Substrat **104** und einen hinter dem Substrat **104** positionierten CO<sub>2</sub>-Gassensor **106** enthalten. Das Substrat **104** kann beispielsweise durch die Passage von erhitztem Abgas nicht-elektrisch erhitzt werden oder beispielsweise durch den Betrieb einer eigenen Substratheizvorrichtung **108** elektrisch erhitzt werden, um Abgas-PM oder Ruß hinter dem Filter zu CO<sub>2</sub> zu oxidieren. Eine CO<sub>2</sub>-Signatur der hinter dem Filter oxidierten PM kann dann unter Verwendung des nachgeschalteten CO<sub>2</sub>-Sensors erhalten werden.

**[0018]** Das Substrat **104** kann eine Monolithstruktur ähnlich dem DPF **102** aufweisen, die beispielsweise aus Cordierit, Siliziumcarbid usw. hergestellt ist. Das Substrat ist möglicherweise nicht katalysiert und funktioniert folglich ähnlich einem Filter. Bei einem Beispiel kann der Durchmesser des Substrats **104** so konfiguriert sein, dass er dem Durchmesser der Auslasspassage **35** entspricht, damit alles Abgas durch das Substrat strömen kann. Die Länge des Substrats **104** kann auf der Basis gewünschter Speichereigenschaften verstellt werden. In der gezeigten Ausführungsform, wobei das Substrat **104** möglicherweise keine substanziellen Rußspeicherfunktionen besitzt, kann ein kürzeres Substrat verwendet werden (beispielsweise 50 mm oder weniger). Bei alternativen Ausführungsformen, bei denen das Substrat **104** zusätzlich zu dem Oxidieren von Abgasruß Ruß speichern muss, kann ein längeres Substrat verwendet werden.

**[0019]** Das Substrat **104** kann von der Substratheizvorrichtung **108** erhitzt werden. Bei einem Beispiel kann, wie dargestellt, die Heizvorrichtung **108** eine interne Heizvorrichtung wie etwa eine in das Substrat eingewebte Heizvorrichtung mit einem elektrischen Widerstand sein. Die Heizvorrichtung mit einem elektrischen Widerstand kann unter Verwendung von PWM-Steuerung gesteuert werden, um die Temperatur des Substrats auf eine gewünschte Temperatur zu verstellen. Bei alternativen Beispielen kann die Heizvorrichtung eine externe Heizvorrichtung sein. Bei einem Beispiel kann der Betrieb der Substratheizvorrichtung **108** auf der Abgastemperatur basieren. Somit kann die Substratheizvorrichtung eingeschaltet werden, wenn die Abgastemperatur unter einem Schwellwert liegt (wie etwa während der Filterspeicherung), und abgeschaltet werden, wenn die Abgastemperatur über dem Schwellwert liegt (wie etwa während einer Filterregenerie-

regenerierung über einem oberen Schwellwert (oder unter einem unteren Schwellwert) liegen, eine Filterverschlechterung diagnostiziert werden und Filterdiagnosecodes können gesetzt werden.

**[0020]** Während das dargestellte Beispiel das Substrat **104** hinter dem DPF **102** veranschaulicht, kann bei alternativen Ausführungsformen das Substrat **104** im DPF **102** enthalten sein. Während des Motorbetriebs kann das Substrat **104** beispielsweise aufgrund des Stroms von erhitztem Abgas über dem Substrat erhitzt werden. Alternativ kann das Substrat **104** durch eine eigene Heizvorrichtung erhitzt werden. Das erhitzte Substrat **104** kann Abgas-PM auf dem Substrat unter Verwendung von Sauerstoff aus dem Abgas oxidieren. Die oxidierte PM, wie etwa Ruß, kann dadurch verbrannt werden, um CO<sub>2</sub> zu erzeugen. Der nachgeschaltete CO<sub>2</sub>-Sensor **106** kann konfiguriert sein, eine präzise Schätzung der erzeugten CO<sub>2</sub>-Konzentration zu liefern. Eine PM-Abgaskonzentration kann dann von einem Motorcontroller **12** auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration bestimmt werden oder es kann auf sie geschlossen werden.

**[0021]** Während des Motorbetriebs kann Abgas-PM auf dem DPF **102** zurückgehalten und gesammelt werden. Somit kann eine Menge an Abgas-PM hinter dem Filter bei Abwesenheit einer Filterverschlechterung im Wesentlichen niedrig sein. Folglich liegt möglicherweise im Wesentlichen kein Unterschied zwischen einer von dem CO<sub>2</sub>-Sensor erfassten CO<sub>2</sub>-Konzentration (d. h. einer Sensorausgabe) und einer auf der Basis von Motorbetriebsbedingungen erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration vor. Im Fall einer Filterverschlechterung (wie etwa aufgrund eines Risses in dem Filter) kann Ruß aus dem Filter entweichen und kann aufgrund eines von dem nachgeschalteten Sensor geschätzten plötzlichen Anstiegs bei CO<sub>2</sub>-Konzentrationen aufgrund einer Oxidation des freigesetzten Rußes auf dem Substrat hinter dem Filter detektiert werden. PM-Abgaskonzentrationen hinter dem Filter können auf der Basis von vom CO<sub>2</sub>-Sensor **106** hinter dem Substrat **104** erfassten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen bestimmt werden. Beispielsweise kann eine Echtzeitschätzung von PM-Konzentrationen erhalten werden. Wie unter Bezugnahme auf [Fig. 2–Fig. 4](#) weiter ausgeführt, können durch Überwachen der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentrationen und/oder der gefolgerten PM-Konzentrationen Operationen des DPF **102** beurteilt und Filterdiagnoseroutinen ausgeführt werden. Beispielsweise kann als Reaktion auf einen Anstieg bei den CO<sub>2</sub>-Konzentrationen über einen Schwellwert während des Motorbetriebs auf eine Filtersättigung geschlossen werden und eine Filterregenerierung kann initiiert werden. Bei einem weiteren Beispiel kann als Reaktion darauf, dass CO<sub>2</sub>-Konzentrationen während und/oder nach einer Filter-

regenerierung über einem oberen Schwellwert (oder unter einem unteren Schwellwert) liegen, eine Filterverschlechterung diagnostiziert werden und Filterdiagnosecodes können gesetzt werden.

**[0022]** Das Fahrzeugsystem **6** kann weiterhin ein Steuersystem **14** enthalten. Das Steuersystem **14** ist so gezeigt, dass es Informationen von mehreren Sensoren **16** (von denen verschiedene Beispiele hierin beschrieben werden) empfängt und Steuersignale an mehrere Aktuatoren **81** (von denen hierin verschiedene Beispiele beschrieben werden) sendet. Als ein Beispiel können die Sensoren **16** einen Abgassensor **126** (in dem Abgaskrümmen **48** angeordnet), einen Temperatursensor **128** und einen Drucksensor **129** (hinter der Abgasreinigungseinrichtung **70** angeordnet) und einen CO<sub>2</sub>-Sensor **106** (hinter dem DPF **102** und dem Substrat **104** angeordnet) beinhalten. Andere Sensoren wie etwa zusätzliche Druck-, Temperatur-, Luft-Kraftstoff-Verhältnis- und Zusammensetzungssensoren können an verschiedenen Stellen in dem Fahrzeugsystem **6** gekoppelt sein. Als ein weiteres Beispiel können zu den Aktuatoren Kraftstoffinspritzdüsen **66**, Drosselventil **62**, DPF-Ventile, die eine Filterregenerierung steuern (nicht gezeigt) usw. zählen. Das Steuersystem **14** kann einen Controller **12** enthalten. Der Controller kann Eingabedaten von den verschiedenen Sensoren empfangen, die Eingabedaten verarbeiten und die Aktuatoren als Reaktion auf die verarbeiteten Eingabedaten auf der Basis einer Anweisung oder eines Codes auslösen, der darin entsprechend einer oder mehrerer Routinen programmiert ist. Beispielhafte Steuerroutinen werden hierin unter Bezugnahme auf [Fig. 2–Fig. 5](#) beschrieben.

**[0023]** [Fig. 2](#) zeigt eine beispielhafte Routine **200** zum Verstellen des Motor- und Filterbetriebs auf der Basis einer Rückkopplung von einem hinter einem Partikelfilter in einem Motorauslass positionierten CO<sub>2</sub>-Sensor. Durch Verwendung des CO<sub>2</sub>-Sensors zum Schätzen einer CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration und/oder zum Schließen auf die Anwesenheit von Abgas-PM hinter dem Filter kann insbesondere eine Filterdiagnose während aller Motorlaufbedingungen einschließlich Filterspeicherung und Filterregenerierung durchgeführt werden.

**[0024]** Bei **202** beinhaltet die Routine das Bestätigen, dass der Motor läuft. Falls der Motor nicht läuft, kann die Routine enden. Bei **204** können Motorbetriebsbedingungen geschätzt und/oder es kann auf sie geschlossen werden. Diese können beispielsweise ein vom Fahrer angefordertes Drehmoment, Motortemperatur, Abgastemperatur, Abgaszusammensetzung, Luft-Kraftstoff-Verhältnis usw. beinhalten. Bei **206** kann bestimmt werden, ob ein hinter dem Partikelfilter in dem Partikelmaterialrückhaltesystem ([Fig. 1](#)) positioniertes Substrat oxidiert. Als solches kann das Substrat zum Oxidieren von PM aktiviert

werden, wenn es erhitzt wird (beispielsweise über eine Schwellwerttemperatur). Bei einem Beispiel kann das Substrat durch Betreiben der eigenen Substratheizvorrichtung elektrisch erhitzt werden. Bei einem weiteren Beispiel kann das Substrat durch den Strom von heißem Abgas dort hindurch nicht-elektrisch erhitzt werden. Wenn das Substrat als solches heiß und zum Oxidieren aktiviert ist, kann Abgas-PM, falls sie vorliegt, auf dem Substrat gesammelt und unter Verwendung von Sauerstoff von dem Abgas oxidiert werden. Falls das Substrat nicht oxidiert, kann bei **208** der CO<sub>2</sub>-Sensor somit eine Schätzung lediglich von CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen liefern und ein Motorcontroller kann konfiguriert sein, den Motorbetrieb zu verstellen und eine Motorkomponentendiagnose auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration durchzuführen. Beispielsweise kann die CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration zum Verstellen einer Menge an AGR, eines Ausmaßes der Verstärkung, Ventilzeitsteuerung usw. verwendet werden. Analog kann die CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration verwendet werden, um eine Verschlechterung in Komponenten wie etwa AGR-Komponenten usw. zu diagnostizieren.

**[0025]** Falls das Substrat oxidiert, kann bei **209** bestimmt werden, ob eine Filterregenerierung aktiviert worden ist. Falls keine Filterregenerierung aktiviert worden ist, dann können bei **210** erwartete CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (CO2\_model\_nonregen) auf der Basis von Motorbetriebsbedingungen geschätzt werden. Bei **212** kann die geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration mit einer von dem Sensor ausgegebenen CO<sub>2</sub>-Signatur verglichen werden (CO2\_sensor\_non-regen). Bei **214** kann eine Filterdiagnose durchgeführt werden und der Motorbetrieb kann auf der Basis des Vergleichs zwischen der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration und der CO<sub>2</sub>-Signatur des Sensors verstellt werden. Hierbei kann die CO<sub>2</sub>-Sensorausgabe eine CO<sub>2</sub>-Signatur wiedergeben, die CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen einschließlich dem durch die Oxidation der Abgas-PM auf dem erhitzten Substrat erzeugten CO<sub>2</sub> entspricht. Somit kann die CO<sub>2</sub>-Signatur dazu verwendet werden, auf die Anwesenheit von Abgas-PM hinter dem Filter und eine PM-Abgaskonzentration hinter dem Filter zu schließen. Bei einem Beispiel kann das Schließen auf eine PM-Abgaskonzentration auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Signatur das Bestimmen beinhalten, welcher Anteil der CO<sub>2</sub>-Signatur Nicht-Ruß-CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen entspricht, und Subtrahieren dieses Anteils von der geschätzten CO<sub>2</sub>-Signatur. Alternative Algorithmen können verwendet werden, um Nicht-Ruß-CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen zu kompensieren, wenn die der oxidierten Abgas-PM hinter dem Filter entsprechende CO<sub>2</sub>-Konzentration bestimmt wird. Wie unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) weiter ausgeführt, kann das Verstellen von Motoroperationen und das Durchführen einer Filterdiagnose auf der Basis eines Vergleichs zwischen der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration und der Sensorausgabe-CO<sub>2</sub>-Signatur das Dia-

gnostizieren eines Austritts von Abgas-PM aus einem verschlechterten Filter, das Initiieren einer Filterregenerierung und/oder das Verstellen von Filterregenerierungsbedingungen (Abgasströmungsrate, Abgastemperatur usw.) auf der Basis der CO<sub>2</sub>-Signatur beinhalten.

**[0026]** Während einer ersten Motorlaufbedingung, wenn der Filter speichert und das Substrat nicht oxidiert, kann somit der Motorbetrieb auf der Basis einer von dem CO<sub>2</sub>-Sensor geschätzten CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration verstellt werden. Dann kann während einer von der ersten Motorlaufbedingung verschiedenen zweiten Motorlaufbedingung, wenn der Filter speichert und das Substrat oxidiert (zum Beispiel durch eine Substratheizvorrichtung erhitzt wird), der Motorbetrieb auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration von oxidierteter PM hinter dem Filter verstellt werden.

**[0027]** Nunmehr unter Bezugnahme auf [Fig. 3](#) wird eine beispielhafte Routine **300** zum Diagnostizieren einer Filterverschlechterung und zum Verstellen des Motorbetriebs während Motorlaufbedingungen gezeigt, wenn das Substrat oxidiert und der Filter speichert. Das heißt, die gezeigte Routine kann während Nicht-Regenerierungsbedingungen durchgeführt werden. Als solches kann während Filterspeicherbedingungen Abgas-PM in dem Filter zurückgehalten werden und im Wesentlichen keine PM kann in dem Abgas hinter dem Filter vorliegen. Folglich kann ein verschlechterter Filter aufgrund der Anwesenheit von PM in dem Abgas hinter dem Filter auf der Basis einer von einem CO<sub>2</sub>-Abgassensor hinter dem oxidierenden Substrat bestimmten CO<sub>2</sub>-Signatur diagnostiziert werden. Indem ein CO<sub>2</sub>-Sensor verwendet wird, kann ein verschlechterter Filter von einem marginalen Filter unterschieden werden und die Filterregenerierung kann dementsprechend initiiert werden.

**[0028]** Bei **302** kann die Routine das Bestimmen einer erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration (CO2\_model\_nonregen) auf der Basis der geschätzten Motorbetriebsbedingungen beinhalten. Beispielsweise kann eine erwartete CO<sub>2</sub>-Konzentration auf einer erwarteten Rußbelastung, einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis im Abgas, einer Dauer des Motorbetriebs seit dem Motorstart, einer Abgasströmungsrate usw. basieren. Bei **304** kann das Abgas hinter dem Filter auf dem erhitzten Substrat oxidiert werden. Abgas-PM, falls sie vorliegt, die in dem Filter nicht zurückgehalten worden ist, kann auf dem erhitzten Substrat unter Verwendung von Sauerstoff aus dem Abgas oxidiert werden. Wenn bei einem Beispiel während der Filterspeicherung die Abgastemperatur unter einem Schwellwert liegt, kann das Substrat durch Betreiben einer Substratheizvorrichtung elektrisch erhitzt werden. Bei **306** kann die Ausgabe des CO<sub>2</sub>-Sensors bestimmt werden (CO2\_sensor\_nonregen) und eine CO<sub>2</sub>-Signatur kann bestimmt werden. Die CO<sub>2</sub>-Si-

gnatur kann CO<sub>2</sub> von Nicht-PM-CO<sub>2</sub>-Quellen wie etwa Abgas-CO<sub>2</sub> von Verbrennungsereignissen im Zylinder sowie aufgrund der Anwesenheit von PM in dem Abgas hinter dem Filter erzeugtes CO<sub>2</sub> berücksichtigen.

**[0029]** Bei **308** kann bestimmt werden, ob die geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration wie erfasst durch den CO<sub>2</sub>-Sensor (bei **306**) über der erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration liegt (nach Bestimmung auf der Basis von Modellen bei **302**). Falls dies der Fall ist, dann kann bei **310** bestimmt werden, dass Ruß (d. h. Abgas-PM) in dem Abgas vorliegt. Wie bereits ausgeführt, wird bei Fehlen einer Filterverschlechterung Abgas-PM in dem Filter zurückgehalten. Somit kann bei **312** als Reaktion auf die Detektion von Abgas-PM hinter dem Filter eine Filterverschlechterung bestimmt und durch Setzen eines Diagnosecodes angezeigt werden. Das Setzen eines Diagnosecodes kann beispielsweise das Aufleuchten eines Lichts an einem Fahrzeugarmaturenbrett beinhalten, um dem Fahrzeugbediener eine Filterverschlechterung anzuzeigen. Optional kann auf der Basis der CO<sub>2</sub>-Signatur auch ein Grad an Filterverschlechterung angezeigt werden. Beispielsweise kann ein kleinerer Unterschied zwischen der von dem Sensor ausgegebenen geschätzten Konzentration und der erwarteten Konzentration einen kleineren Grad an Filterverschlechterung wiedergeben (wie etwa beispielsweise eine Freisetzung von PM aufgrund eines kleinen Filterlecks), während ein größerer Unterschied einen größeren Grad an Filterverschlechterung wiedergeben kann (wie etwa beispielsweise Freisetzung von PM aufgrund eines großen Filterrisses). Bei **314** können auf der Basis der Anzeige der Verschlechterung die Filterregenerierungs- und Motorbetriebsbedingungen verstellt werden. Bei einem Beispiel kann als Reaktion auf die Anzeige einer Verschlechterung eine nachfolgende Filterregenerierungsoperation für eine kürzere Dauer bei einer relativ niedrigeren Temperatur und/oder als Reaktion auf einen niedrigeren Schwellwert an gespeicherter PM durchgeführt werden. Bei einem weiteren Beispiel kann als Reaktion auf die Anzeige einer Filterverschlechterung eine Motorlast reduziert werden, um die Menge an generierter PM zu reduzieren.

**[0030]** Falls im Vergleich die geschätzte Abgas-CO<sub>2</sub>-Konzentration unter der erwarteten Konzentration liegt, dann kann bei **316** bestimmt werden, dass in dem Abgas kein Ruß vorliegt. Folglich kann bei **318** geschlossen werden, dass der Filter nicht verschlechtert ist und Abgas-PM zurückhalten kann. Bei **320** kann weiter bestimmt werden, ob die geschätzte Abgas-CO<sub>2</sub>-Konzentration über einem Schwellwert liegt. Falls die geschätzte Abgas-CO<sub>2</sub>-Konzentration unter dem Schwellwert festliegt, dann kann bei **324** bestimmt werden, dass der Filter seine Speicherkapazität noch nicht erreicht hat und keine Filterregenerierung erforderlich ist. Falls die geschätzte Abgas-

CO<sub>2</sub>-Konzentration über dem Schwellwert liegt, dann kann bei **322** bestimmt werden, dass sich der Filter seiner Speicherkapazität angenähert hat, und eine Filterregenerierung kann initiiert werden, um die Speicherkapazität des Filters wieder herzustellen.

**[0031]** Nunmehr unter Bezugnahme auf **Fig. 4** wird eine beispielhafte Routine **400** zum Diagnostizieren einer Filterverschlechterung während einer Filterregenerierungsoperation beschrieben. Zusätzlich kann die Routine die Überwachung der Filterregenerierungsoperation ermöglichen und gestatten, dass eine Regenerierungsoperation des verschlechterten Filters von einer verschlechterten Filterbedingung unterschieden wird.

**[0032]** Bei **402** kann die Substratheizvorrichtung blockiert (z. B. abgeschaltet) werden und die Filterregenerierung kann initiiert werden. Als solche kann eine Filterregenerierung auf der Basis von Motorbetriebsbedingungen wie etwa Motordrehmoment, Abgastemperatur, Strömungsrate und Zusammensetzung usw. initiiert werden. Bei einem Beispiel kann eine Filterregenerierung als Reaktion auf eine über einem Schwellwert liegende Abgastemperatur, das Verstreichen einer Schwellwertdauer seit dem Motorstart, dem Verstreichen einer Schwellwertdauer seit einer vorausgegangenen Filterregenerierungsoperation usw. initiiert werden.

**[0033]** Als solches kann während einer Filterregenerierung heißes Abgas mit einer vorbestimmten Strömungsrate durch den Filter gelenkt werden, um darin während eines vorausgegangenen Speicherzyklus gespeicherte Partikelmaterie zu verbrennen. Während der Regenerierung wird somit die Substratheizvorrichtung möglicherweise nicht betrieben, während das erhitzte Abgas vorteilhafterweise verwendet wird, um auch das stromabwärtige Substrat zu erhitzen. Bei einem Beispiel kann die Heizvorrichtung als Reaktion auf die Abgastemperatur gesteuert werden. Wenn beispielsweise die Abgastemperatur über einem Schwellwert (wie etwa über einer Regenerierungstemperatur) liegt, kann die Substratheizvorrichtung abgeschaltet werden, und wenn die Abgastemperatur unter dem Schwellwert liegt, kann die Substratheizvorrichtung eingeschaltet werden.

**[0034]** Bei **404** können die Regenerierungsbedingungen geschätzt werden. Zu diesen kann eine Schätzung einer Abgasströmungsrate und -temperatur, die für die Regenerierung zu verwenden sind, zählen. Außerdem kann die Rußbelastung auf dem Filter vor der Regenerierung geschätzt werden. Bei **406** kann eine entsprechende erwartete CO<sub>2</sub>-Regenerierungssignatur/CO<sub>2</sub>-Konzentration auf der Basis der geschätzten Regenerierungsbedingungen bestimmt werden (CO2\_model\_regen). Bei einem Beispiel kann die erwartete CO<sub>2</sub>-Signatur ein für die Dauer der Regenerierung erwartetes CO<sub>2</sub>-Konzen-

trationsprofil sein. Als solche kann die CO<sub>2</sub>-Konzentration je nach Bedingungen während der Filterregenerierung steigen oder sinken. Bei einem Beispiel kann erwartet werden, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration bald nach der Initiierung der Regenerierung steigt, da die gespeicherte PM abgebrannt wird, und dann kann die CO<sub>2</sub>-Konzentration sinken. Bei **408** kann Abgas-PM hinter dem Filter auf dem erhitzten Substrat unter Verwendung von Sauerstoff aus dem Abgas oxidiert werden. Bei **410** kann eine CO<sub>2</sub>-Konzentration des Abgases hinter dem Filter (CO<sub>2</sub>\_sensor\_regen) von dem nachgeschalteten CO<sub>2</sub>-Sensor geschätzt werden. Dementsprechend kann eine geschätzte CO<sub>2</sub>-Signatur bestimmt werden. Die geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration kann CO<sub>2</sub> von Nicht-PM-Quellen wie etwa CO<sub>2</sub> von Verbrennungseignissen im Zylinder sowie CO<sub>2</sub> wiedergeben, das aus dem Verbrennen von in dem Filter gespeicherter PM freigesetzt wird. Außerdem kann die geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration CO<sub>2</sub> von Abgas-PM hinter dem Filter wiedergeben, falls sie vorliegt, die auf dem erhitzten Substrat oxidiert wird. Bei **412** kann die geschätzte CO<sub>2</sub>-Regenerierungskonzentration der Sensorausgabe mit der modellbasierten erwarteten CO<sub>2</sub>-Regenerierungskonzentration verglichen werden, und es kann bestimmt werden, ob die Sensorausgabe höher ist als der modellierte Wert. Falls dies der Fall ist, dann kann bei **414** bestimmt werden, dass in dem Abgas Ruß vorliegt. Wie zuvor ausgeführt, wird bei Fehlen einer Filterverschlechterung Abgas-PM in dem Filter zurückgehalten. Somit kann bei **416** als Reaktion auf die Detektion von Abgas-PM hinter dem Filter eine Filterverschlechterung bestimmt und durch Setzen eines Diagnosecodes angezeigt werden. Optional kann, wie zuvor in **Fig. 3** (bei **312**) ausgeführt, auf der Basis der CO<sub>2</sub>-Signatur ein Grad der Filterverschlechterung ebenfalls angezeigt werden. Bei **418** können auf der Basis der Anzeige der Verschlechterung Motorbetriebsbedingungen und/oder Regenerierungsbedingungen für die gleiche und/oder eine nachfolgende Regenerierungsoperation verstellt werden. Bei einem Beispiel kann als Reaktion auf die Anzeige einer Verschlechterung die Filterregenerierungsoperation (beispielsweise sofort) angehalten werden, um das Risiko verschlechterter Abgasemissionen zu reduzieren. Bei einem weiteren Beispiel kann eine Regenerierungsabgasströmungsrate gesenkt werden, eine Regenerierungsabgastemperatur kann gesenkt werden, eine Dauer der Regenerierung kann verkürzt werden und/oder eine Regenerierung kann bei einer höheren Rußbelastung initiiert werden. Bei einem weiteren Beispiel kann als Reaktion auf die Anzeige einer Filterverschlechterung die Motorlast reduziert werden, um die generierte PM-Menge zu reduzieren.

**[0035]** Falls die Sensorausgabe nicht höher ist als der erwartete Modellwert, dann kann bei **420** bestimmt werden, dass in dem Abgas kein Ruß vorliegt, und es kann bei **422** geschlossen werden, dass sich der

Filter nicht verschlechtert hat. Bei **424** kann bestimmt werden, ob die geschätzte CO<sub>2</sub>-Regenerierungshöhe (oder das Profil) unter einem Schwellwert liegt. Als solches kann während einer Filterregenerierung eine Zunahme bei CO<sub>2</sub>-Konzentrationen (wie etwa ein plötzlicher Sprung bei der CO<sub>2</sub>-Konzentration nach der Initiierung einer Regenerierung) aufgrund des Ab Brennens des gespeicherten Rußes erwartet werden. Somit kann bei **426** eine Verschlechterung der Filterregenerierung bestimmt werden, wenn die geschätzte CO<sub>2</sub>-Regenerierungshöhe unter der Schwellwerthöhe liegt. Das heißt, es kann bestimmt werden, dass die Filterregenerierungsoperation sich verschlechtert hat und dass der auf dem Filter gespeicherte Ruß nicht vollständig beseitigt wurde. Optional kann ein Motorcontroller weiterhin Regenerierungsbedingungen für die gleiche und/oder eine nachfolgende Regenerierungsoperation als Reaktion auf die Anzeige einer Filterregenerierungsverschlechterung bei **418** verstellen. Beispielsweise kann als Reaktion darauf, dass sich der Filter nicht verschlechtert hat, aber sich die Filterregenerierungsoperation verschlechtert hat, die Abgasströmungsrate für eine nachfolgende Regenerierung steigen, die für die Regenerierung verwendete Abgastemperatur kann angehoben werden, die Dauer der Regenerierung kann verlängert werden und/oder die Regenerierung kann bei einer niedrigeren Rußbelastung initiiert werden.

**[0036]** Falls im Vergleich die geschätzte CO<sub>2</sub>-Regenerierungshöhe unter dem Schwellwert liegt, dann kann bei **428** bestimmt werden, dass sich der Filter nicht verschlechtert hat und dass sich auch die Filterregenerierungsoperation nicht verschlechtert hat.

**[0037]** Somit kann während der Filterspeicherung ein Motorcontroller das Substrat mit der Heizvorrichtung elektrisch beheizen, eine CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration hinter dem Filter schätzen, um auf die Anwesenheit von Abgas-PM hinter dem Filter mit dem CO<sub>2</sub>-Sensor zu schließen, und die Filterregenerierung steuern und den Motorbetrieb auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration verstellen. Während einer Filterregenerierungsbedingung, die von der Filterspeicherbedingung verschieden ist, kann analog der Controller die Heizvorrichtung deaktivieren und das Substrat mit dem heißen Abgas, das für die Filterregenerierung verwendet wird, nicht elektrisch erhitzen. Der Controller kann dann eine CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration hinter dem Filter schätzen, um auf die Anwesenheit von Abgas-PM hinter dem Filter mit dem CO<sub>2</sub>-Sensor zu schließen, und die Filterregenerierung steuern und den Motorbetrieb auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration verstellen. Bei beiden Bedingungen kann der Sensor auch den Controller aktivieren, um auf der Basis der von oxidiertem PM hinter dem Filter generierten CO<sub>2</sub>-Signatur eine Filterverschlechterung zu bestimmen.

**[0038]** Während die dargestellten Routinen das Verstellen des Motorbetriebs und das Bestimmen einer Filterverschlechterung auf der Basis der CO<sub>2</sub>-Signatur veranschaulichen, versteht sich, dass der Motorcontroller weiterhin konfiguriert sein kann, eine CO<sub>2</sub>-Sensorverschlechterung auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration zu diagnostizieren. Das Diagnostizieren einer CO<sub>2</sub>-Sensorverschlechterung kann das Setzen eines entsprechenden Diagnosecodes beinhalten.

**[0039]** Bei einem Beispiel kann während der Filterspeicherung eine CO<sub>2</sub>-Sensorverschlechterung dadurch geschätzt werden, dass eine erste CO<sub>2</sub>-Konzentration mit eingeschalteter Substratheizvorrichtung geschätzt wird, eine zweite CO<sub>2</sub>-Konzentration bei ausgeschalteter Substratheizvorrichtung geschätzt wird und eine CO<sub>2</sub>-Sensorverschlechterung angezeigt wird, wenn die Differenz zwischen der ersten CO<sub>2</sub>-Konzentration und der zweiten CO<sub>2</sub>-Konzentration unter einem Schwellwert liegt. Wenn beispielsweise bekannt ist, dass der Filter sich nicht verschlechtert hat, indem die von dem CO<sub>2</sub>-Sensor bei eingeschalteter und ausgeschalteter Heizvorrichtung geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration verglichen wird, kann eine Sensorverschlechterung aufgrund dessen identifiziert werden, dass der Sensor nicht die Anwesenheit einer erwarteten CO<sub>2</sub>-Menge detektiert.

**[0040]** Bei einem weiteren Beispiel kann während einer Filterregenerierung eine CO<sub>2</sub>-Sensorverschlechterung diagnostiziert werden durch: Bestimmen einer ersten Änderungsrate bei der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration über mindestens eine Dauer der Filterregenerierung, Bestimmen einer zweiten Änderungsrate beim Druck an dem Filter über die gleiche Dauer und Anzeigen einer Sensorverschlechterung, wenn eine Differenz zwischen der ersten und zweiten Änderungsrate über einem Schwellwert liegt. Alternativ kann eine Sensorverschlechterung angezeigt werden, wenn ein Verhältnis zwischen der ersten und zweiten Veränderungsrate über einem Schwellwert liegt. Wenn somit beispielsweise bekannt ist, dass sich der Filter nicht verschlechtert hat und der Filter sich regeneriert, dann kann durch Vergleichen eines Parameters, der eine Filterregenerierung wiedergibt (wie etwa eine Änderung beim Druck oder der Temperatur oder der Masse usw. an dem Filter) über eine Dauer der Operation mit der Veränderung bei der Ausgabe von dem Sensor über die gleiche Dauer eine Sensorverschlechterung aufgrund dessen identifiziert werden, dass sich die Sensorausgabe nicht mit einer Rate ändert, die proportional (oder normiert) zu der Änderungsrate des Regenerierungsparameters an dem Filter ist.

**[0041]** Nunmehr unter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) wird eine alternative beispielhafte Routine **500** gezeigt, um eine Partikelfilterverschlechterung auf der Basis der Ausgabe eines nachgeschalteten CO<sub>2</sub>-Sensors

zu identifizieren. Bei **502** kann bestätigt werden, dass der Motor läuft. Falls als solches der Motor nicht läuft, kann die Routine enden. Bei **504** können Motorbetriebsbedingungen geschätzt und/oder gemessen werden und/oder es kann auf sie geschlossen werden. Bei **506** können CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf der Basis der geschätzten Motorbetriebsbedingungen geschätzt werden und/oder es kann darauf geschlossen werden (CO<sub>2</sub>\_model). Bei einem Beispiel kann ein CO<sub>2</sub>-Modell verwendet werden, um auf der Basis der Motorbetriebsbedingungen eine erwartete CO<sub>2</sub>-Konzentration zu schätzen. Die von dem CO<sub>2</sub>-Modell geschätzte Konzentration kann CO<sub>2</sub>-Konzentrationen berücksichtigen, die aufgrund von Abgas-PM, Abgas-CO<sub>2</sub>, unverbrannten und teilweise verbrannten Abgaskohlenwasserstoffen usw. antizipiert werden. Bei **508** kann die modellierte CO<sub>2</sub>-Konzentration mit der Ausgabe des CO<sub>2</sub>-Sensors verglichen werden. Bei **510** kann bestimmt werden, ob die CO<sub>2</sub>-Sensorausgabe über der modellierten CO<sub>2</sub>-Konzentration liegt. Falls dies nicht der Fall ist, dann kann bei **514** angenommen werden, dass der Partikelfilter ordnungsgemäß arbeitet. Falls im Vergleich die CO<sub>2</sub>-Sensorausgabe über der modellierten CO<sub>2</sub>-Konzentration liegt, dann kann bei **512** angenommen werden, dass sich der Partikelfilter verschlechtert hat, und ein Filterverschlechterungsindikator kann aufleuchten. Der Verschlechterungsindikator kann beispielsweise ein Licht (wie etwa ein Fehlfunktionsindikatorlicht) auf dem Fahrzeugarmaturenbrett oder eine Nachricht in einem dem Fahrer vorgelegten Nachrichtenzentrum sein.

**[0042]** Es versteht sich, dass zwar eine oder mehrere der Routinen von [Fig. 2–Fig. 5](#) unter Bezugnahme auf Dieselpartikelfilter dargestellt werden können, dies nicht in einem beschränkenden Sinne gedacht ist und dass die gleichen Routinen analog auf die Diagnose einer Verschlechterung von anderen Partikelfiltern wie etwa eines Benzinpartikelfilters in einem Benzinmotorabgassystem angewendet werden können.

**[0043]** Auf diese Weise kann ein Abgas-CO<sub>2</sub>-Sensor dazu verwendet werden, sowohl CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentrationen zu bestimmen als auch auf eine Abgas-PM-Konzentration präzise zu schließen. Außerdem kann auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration während Filterregenerierungs- und -nichtregenerierungsbedingungen eine Filterdiagnose durchgeführt werden. Auf der Basis von Unterschieden zwischen der geschätzten Konzentration und einer erwarteten Konzentration können der Motorbetrieb und/oder die Filterregenerierungsoperation weiter verstellt werden. Durch Einsatz von höher auflösenden CO<sub>2</sub>-Sensoren kann die Filterdiagnose mit höherer Präzision durchgeführt werden.

**[0044]** Man beachte, dass die hierin enthaltenen beispielhaften Steuer- und Schätzroutinen mit ver-

schiedenen Motor- und/oder Fahrzeugsystemkonfigurationen verwendet werden können. Die hierin beschriebenen spezifischen Routinen können eine oder mehrere einer beliebigen Anzahl von Verarbeitungsstrategien wie etwa ereignisgetrieben, Interrupt-getrieben, Multi-Tasking, Multi-Threading und dergleichen darstellen. Als solches können verschiedene Handlungen, Operationen oder Funktionen, die dargestellt sind, in der dargestellten Sequenz oder parallel durchgeführt werden oder in einigen Fällen entfallen. Gleichweise ist die Reihenfolge der Verarbeitung nicht notwendigerweise erforderlich, um die Merkmale und Vorteile der hierin beschriebenen Ausführungsbeispiele zu erreichen, sondern wird vorgelegt, um die Darstellung und Beschreibung zu erleichtern. Eine oder mehrere der dargestellten Handlungen oder Funktionen können je nach der verwendeten jeweiligen Strategie wiederholt durchgeführt werden. Weiterhin können die beschriebenen Handlungen einen Code graphisch darstellen, der in das computerlesbare Speichermedium in dem Motorsteuersystem programmiert werden soll.

**[0045]** Es versteht sich, dass die hierin offenbarten Konfigurationen und Routinen von beispielhafter Natur sind und dass diese spezifischen Ausführungsformen nicht in einem beschränkenden Sinne anzusehen sind, weil zahlreiche Variationen möglich sind. Beispielsweise kann die obige Technologie auf V-6-, I-4-, I-6-, V-12-, 4-Takt-Boxer- und andere Motortypen angewendet werden. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung enthält alle neuartigen und nichtoffensichtlichen Kombinationen und Teilkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen und andere hierin offenbarte Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften.

**[0046]** Die folgenden Ansprüche heben bestimmte Kombinationen und Teilkombinationen besonders hervor, die als neuartig und nichtoffensichtlich angesehen werden. Diese Ansprüche können sich auf „ein“ Element oder „ein erstes“ Element oder das Äquivalent davon beziehen. Solche Ansprüche sollten so verstanden werden, dass sie die Integrierung von einem oder mehreren solcher Elemente beinhalten, wobei sie zwei oder mehr solcher Elemente weder erfordern noch ausschließen. Andere Kombinationen und Teilkombinationen der offenbarten Merkmale, Funktionen, Elemente und/oder Eigenschaften können durch Abänderung der vorliegenden Ansprüche oder durch Vorlage neuer Ansprüche in dieser oder einer verwandten Anmeldung beansprucht werden. Solche Ansprüche, seien sie breiter, schmaler, gleich oder verschieden hinsichtlich Schutzbereich zu den ursprünglichen Ansprüchen werden ebenfalls so angesehen, dass sie in dem Gegenstand der vorliegenden Offenbarung enthalten sind.

## Bezugszeichenliste

Fig. 2

<b>N</b>	NEIN
<b>202</b>	Motor läuft?
<b>204</b>	Motorbetriebsbedingungen schätzen und/oder messen
<b>206</b>	Substrat heiß?
<b>208</b>	Motorbetrieb auf Basis von CO <sub>2</sub> -Abgaskonzentration verstellen
<b>209</b>	Regenerierung?
<b>210</b>	CO <sub>2</sub> -Konzentrationen auf der Basis von Motorbetriebsbedingungen schätzen (CO <sub>2</sub> _model_nonregen)
<b>212</b>	geschätzte CO <sub>2</sub> -Konzentration mit Sensorausgabe vergleichen (CO <sub>2</sub> _sensor_nonregen)
<b>214</b>	Filterdiagnose durchführen und Motorbetrieb auf Basis des Vergleichs verstellen ( <a href="#">Fig. 3</a> )
<b>216</b>	CO <sub>2</sub> -Konzentrationen auf der Basis von Regenerierungsbedingungen schätzen (CO <sub>2</sub> _model_regen)
<b>218</b>	geschätzte CO <sub>2</sub> -Konzentration mit Sensorausgabe vergleichen (CO <sub>2</sub> _sensor_regen)
<b>220</b>	Filterdiagnose durchführen und Motorbetrieb auf Basis des Vergleichs verstellen ( <a href="#">Fig. 4</a> )

Fig. 3

<b>N</b>	NEIN
<b>210</b>	CO <sub>2</sub> -Konzentration auf der Basis von Motorbetriebsbedingungen bestimmen (CO <sub>2</sub> _model_nonregen)
<b>304</b>	Abgas auf erhitztem Substrat oxidieren
<b>306</b>	CO <sub>2</sub> -Sensorausgabe bestimmen (CO <sub>2</sub> _sensor_nonregen)
<b>308</b>	Sensor > Modell?
<b>310</b>	Ruß (Abgas-PM) liegt im Abgas vor
<b>312</b>	Filterverschlechterung bestimmen und Diagnosecode setzen
<b>314</b>	Filterregenerierung und Motorbetriebsbedingungen auf der Basis der Anzeige der Verschlechterung verstellen
<b>316</b>	Ruß (Abgas-PM) liegt nicht im Abgas vor
<b>318</b>	Filter nicht verschlechtert
<b>320</b>	Sensor > Schwellwert?
<b>322</b>	Filterregenerierung initiieren
<b>324</b>	Filterregenerierung nicht erforderlich

Fig. 4

<b>N</b>	NEIN
<b>402</b>	Substratheizvorrichtung deaktivieren
<b>404</b>	Regenerierungsbedingungen schätzen (zum Beispiel Rußbelastung, Regenerierung T, Abgasströmungsrate usw.)

- 406 CO<sub>2</sub>-Konzentration auf der Basis von Regenerierungsbedingungen bestimmten (CO2\_model\_regen)
- 408 Abgas auf erhitztem Substrat oxidieren
- 410 CO<sub>2</sub>-Sensorausgabe bestimmen (CO2\_sensor\_regen)
- 412 Sensor > Modell?
- 414 Ruß (Abgas-PM) liegt im Abgas vor
- 416 Filterverschlechterung bestimmen und Diagnosecode setzen
- 418 Filterregenerierung und Motorbetriebsbedingungen auf der Basis der Anzeige der Verschlechterung verstellen
- 420 Ruß (Abgas-PM) liegt nicht im Abgas vor
- 422 Filter nicht verschlechtert
- 424 Sensor < Schwellwert?
- 426 Filterregenerierung verschlechtert
- 428 Filterregenerierung nicht verschlechtert

Fig. 5

- N NEIN
- 502 Motor läuft?
- 504 Motorbetriebsbedingungen schätzen und/oder messen
- 506 CO<sub>2</sub>-Konzentrationen auf der Basis von Motorbetriebsbedingungen schätzen (CO2\_model)
- 508 modellierte CO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit CO<sub>2</sub>-Sensorausgabe vergleichen
- 510 Sensor > Modell?
- 514 ordnungsgemäße Partikelfilterfunktion annehmen
- 512 Partikelfilterleck annehmen. Verschlechterungsindikator leuchtet auf.

**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**

- US 7155334 [\[0003\]](#)

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Überwachen von Partikelmaterieemissionen (PM-Emissionen) aus einem Motorauslass mit einem Partikelfilter, umfassend:

Anzeigen einer Filterverschlechterung auf der Basis einer CO<sub>2</sub>-Signatur von oxidiertem Abgas-PM hinter dem Filter.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die CO<sub>2</sub>-Signatur auf einer von einem hinter dem Filter positionierten CO<sub>2</sub>-Sensor geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration basiert.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die Abgas-PM auf einem Substrat vor dem CO<sub>2</sub>-Sensor oxidiert wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei das Oxidieren von Abgas-PM auf dem Substrat das Betreiben einer Substratheizvorrichtung zum Erhitzen des Substrats und Oxidieren von Abgas-PM auf dem erhitzten Substrat unter Verwendung von Sauerstoff aus dem Abgas beinhaltet.

5. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die CO<sub>2</sub>-Signatur eine geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration beinhaltet, die während einer Filterspeicheroperation generiert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, weiterhin umfassend das Initiieren einer Filterregenerierung als Reaktion darauf, dass die CO<sub>2</sub>-Konzentration während der Filterspeicherung über einem Schwellwert liegt.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Anzeige das Anzeigen einer Filterverschlechterung beinhaltet, wenn die CO<sub>2</sub>-Konzentration über einem Schwellwert liegt.

8. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Anzeige das Anzeigen einer Verschlechterung beinhaltet, wenn die geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration über einer erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration liegt, wobei die erwartete CO<sub>2</sub>-Konzentration auf der Basis von Motorbetriebsbedingungen bestimmt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 7, wobei das Anzeigen einer Verschlechterung das Setzen eines Diagnosecodes beinhaltet.

10. Verfahren zum Betreiben eines Motorabgassystems mit einem Partikelfilter, umfassend: Verstellen des Motorbetriebs auf der Basis einer CO<sub>2</sub>-Signatur von oxidiertem Abgaspartikelmaterial (PM) hinter dem Filter.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei der Motor ein Benzinmotor ist und wobei die CO<sub>2</sub>-Signatur eine CO<sub>2</sub>-Konzentration an oxidiertem Abgaspartikelmaterial (PM) hinter dem Filter enthält, die von einem hinter dem Filter positionierten CO<sub>2</sub>-Sensor geschätzt wird, und wobei die Verstellung während ausgewählter Motorlaufbedingungen durchgeführt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Durchführen der Verstellung während ausgewählter Motorlaufbedingungen Folgendes beinhaltet: während einer ersten Motorlaufbedingung das Verstellen des Motorbetriebs auf der Basis einer von dem Sensor geschätzten CO<sub>2</sub>-Abgaskonzentration und während einer von der ersten Motorlaufbedingung verschiedenen zweiten Motorlaufbedingung das Verstellen des Motorbetriebs auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration an oxidiertem Abgaspartikelmaterial (PM) hinter dem Filter.

13. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Abgassystem ein Substrat vor dem CO<sub>2</sub>-Sensor enthält und wobei während der ersten Bedingung der Filter speichert und das Substrat nicht oxidiert und während der zweiten Bedingung der Filter speichert und das Substrat oxidiert.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei das Oxidieren des Substrats beinhaltet, dass das Substrat von einer Substratheizvorrichtung erhitzt wird.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die Abgas-PM auf dem erhitzten Substrat unter Verwendung von Sauerstoff aus dem Abgas oxidiert wird.

16. Verfahren nach Anspruch 12, wobei das Verstellen des Motorbetriebs auf der Basis der CO<sub>2</sub>-Signatur das Initiieren einer Filterregenerierung beinhaltet, wenn die geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration an oxidiertem Abgaspartikelmaterial hinter dem Filter über einem Schwellwert liegt.

17. Verfahren nach Anspruch 16, weiterhin umfassend das Anzeigen einer Filterverschlechterung auf der Basis der CO<sub>2</sub>-Konzentration von oxidiertem Abgas-PM hinter dem Filter.

18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Anzeige das Bestimmen einer erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration auf der Basis von Motorbetriebsbedingungen, das Vergleichen der erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration mit der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration und das Anzeigen einer Filterverschlechterung, wenn die geschätzte CO<sub>2</sub>-Konzentration über der erwarteten CO<sub>2</sub>-Konzentration liegt, beinhaltet.

19. Verfahren nach Anspruch 18, wobei das Anzeigen einer Filterverschlechterung das Setzen eines Diagnosecodes beinhaltet.

20. Motorabgassystem, umfassend: einen Partikelfilter; einen hinter dem Filter gekoppelten CO<sub>2</sub>-Sensor;

ein vor dem CO<sub>2</sub>-Sensor positioniertes Substrat und einen Controller mit Anweisungen darauf, um während der Filterspeicherung das Substrat zu erhitzen;  
eine CO<sub>2</sub>-Konzentration entsprechend auf dem erhitzten Substrat oxidiertes PM zu schätzen;  
eine Filterregenerierung auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration zu initiieren und  
eine Filterverschlechterung auf der Basis der geschätzten CO<sub>2</sub>-Konzentration zu bestimmen.

21. System nach Anspruch 20, wobei das Erhitzen des Substrats Folgendes beinhaltet:  
Einschalten einer Substratheizvorrichtung, wenn eine Abgastemperatur unter einem Schwellwert liegt, um das Substrat elektrisch zu heizen; und  
Ausschalten der Substratheizvorrichtung, wenn die Abgastemperatur über dem Schwellwert liegt, um das Substrat unter Verwendung erhitzten Abgases nicht-elektrisch zu erhitzen.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

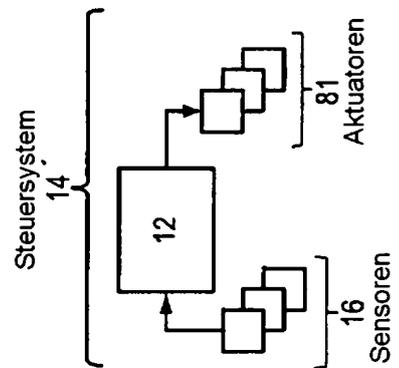
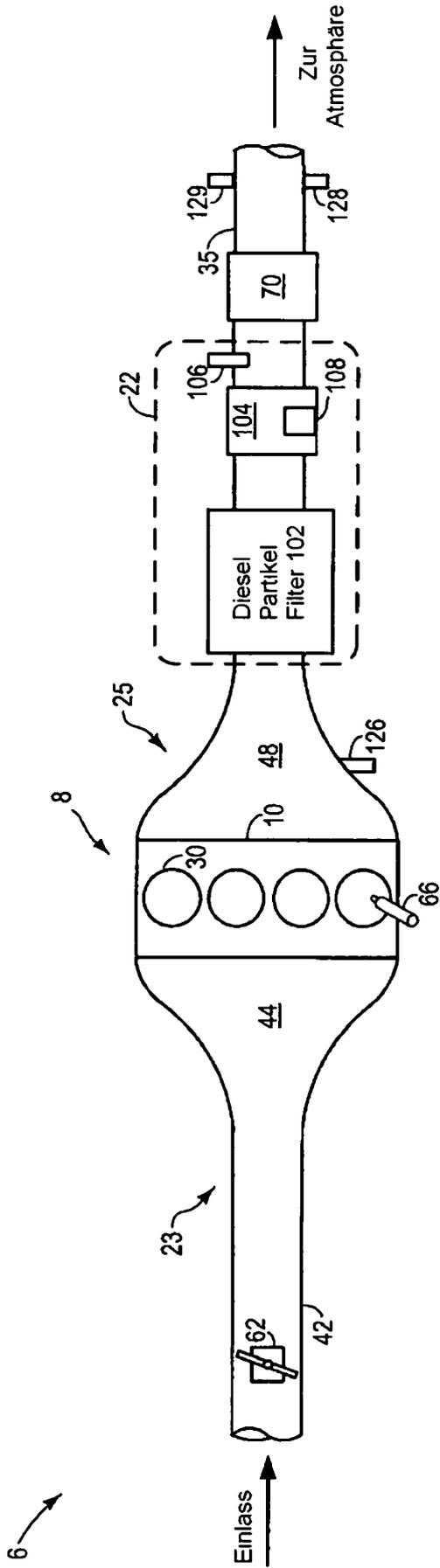


FIG. 1

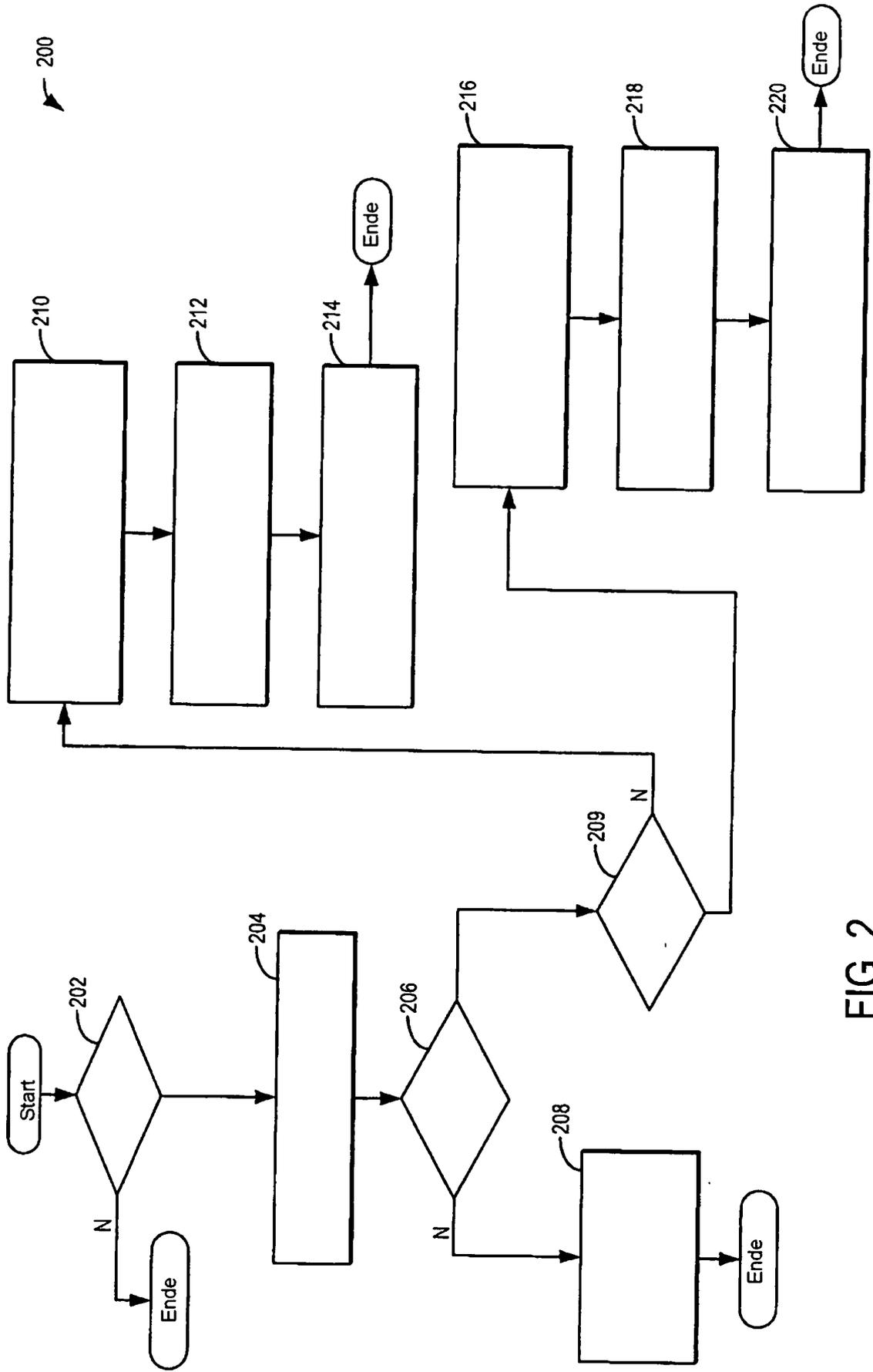


FIG. 2

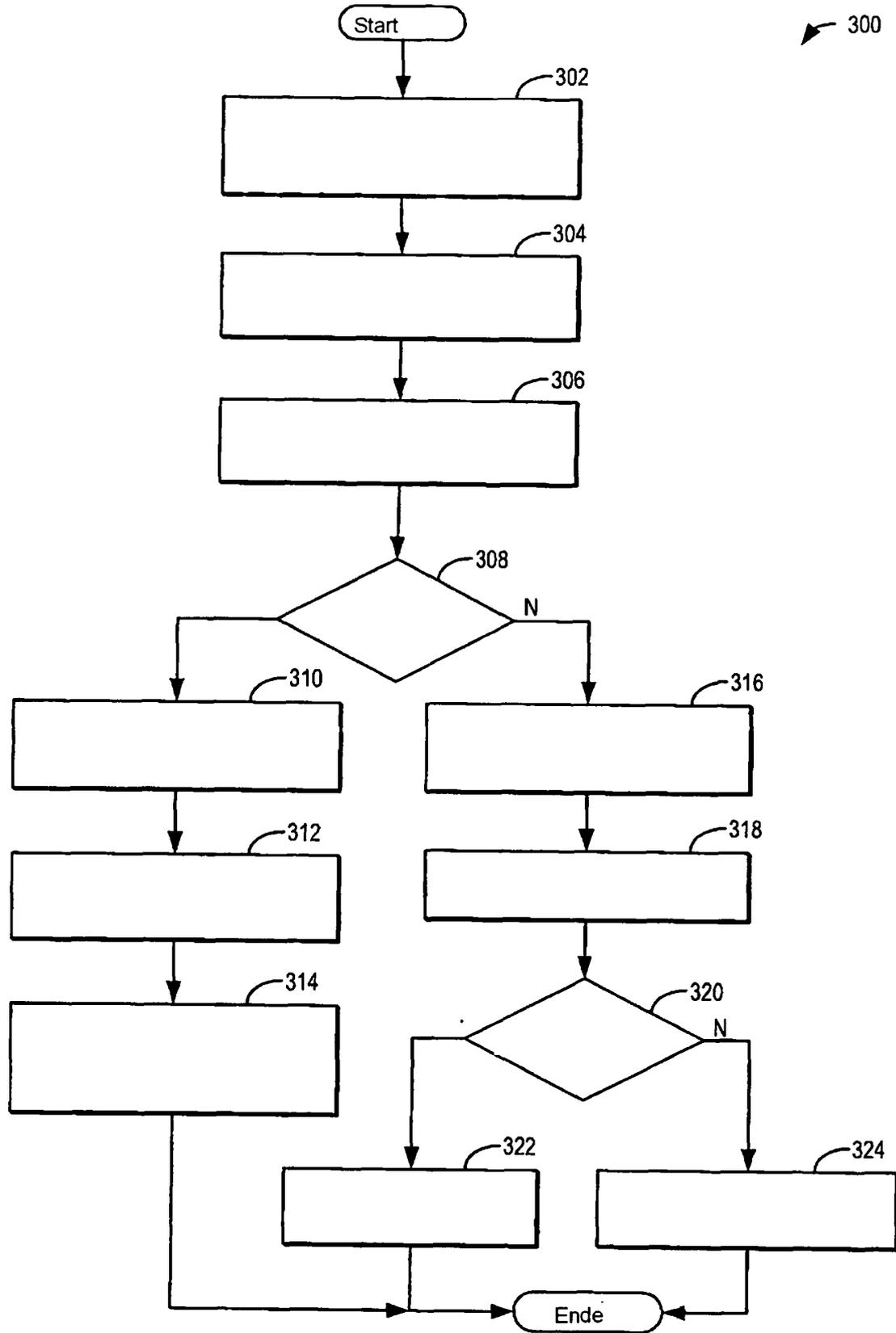


FIG. 3

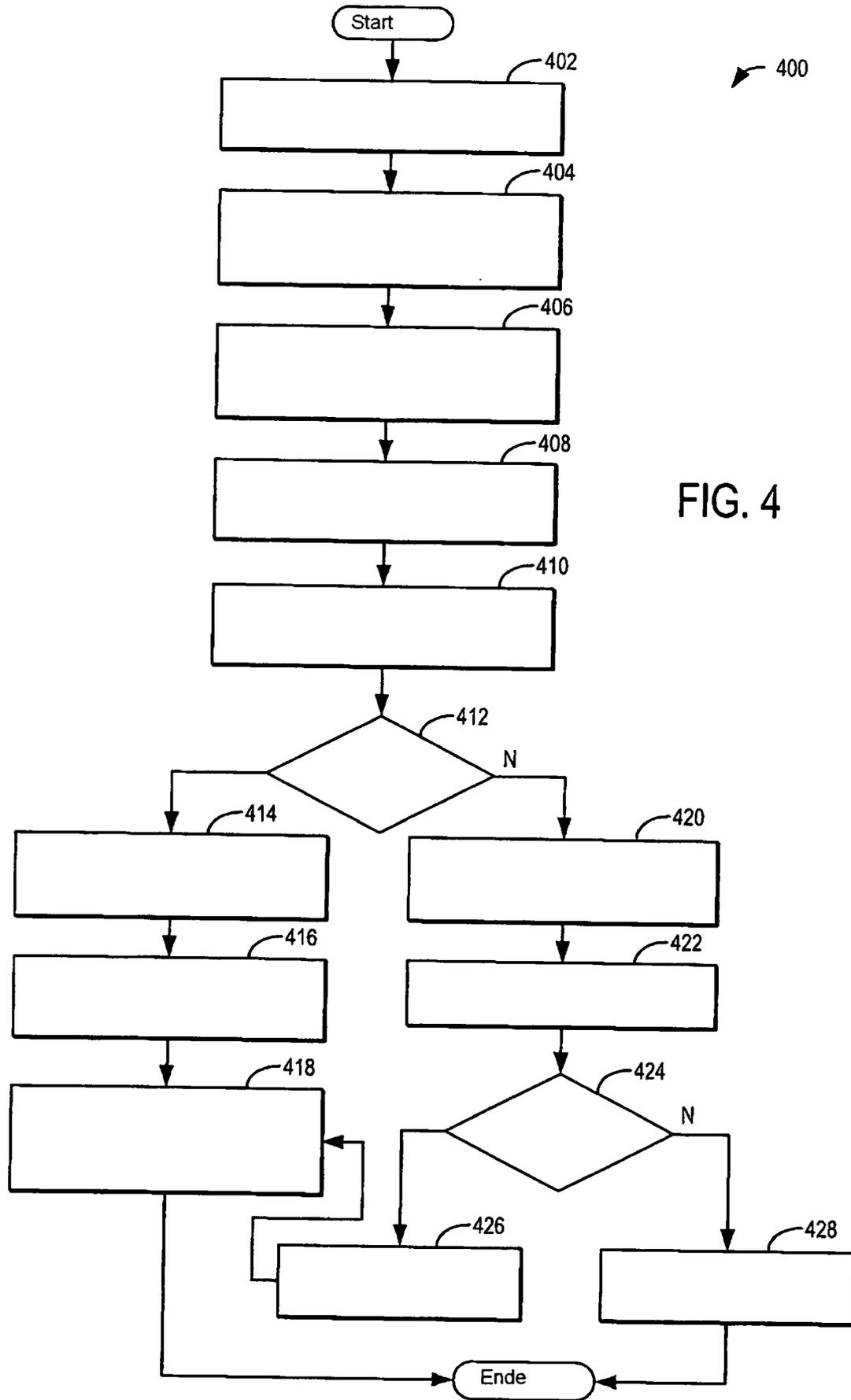


FIG. 4

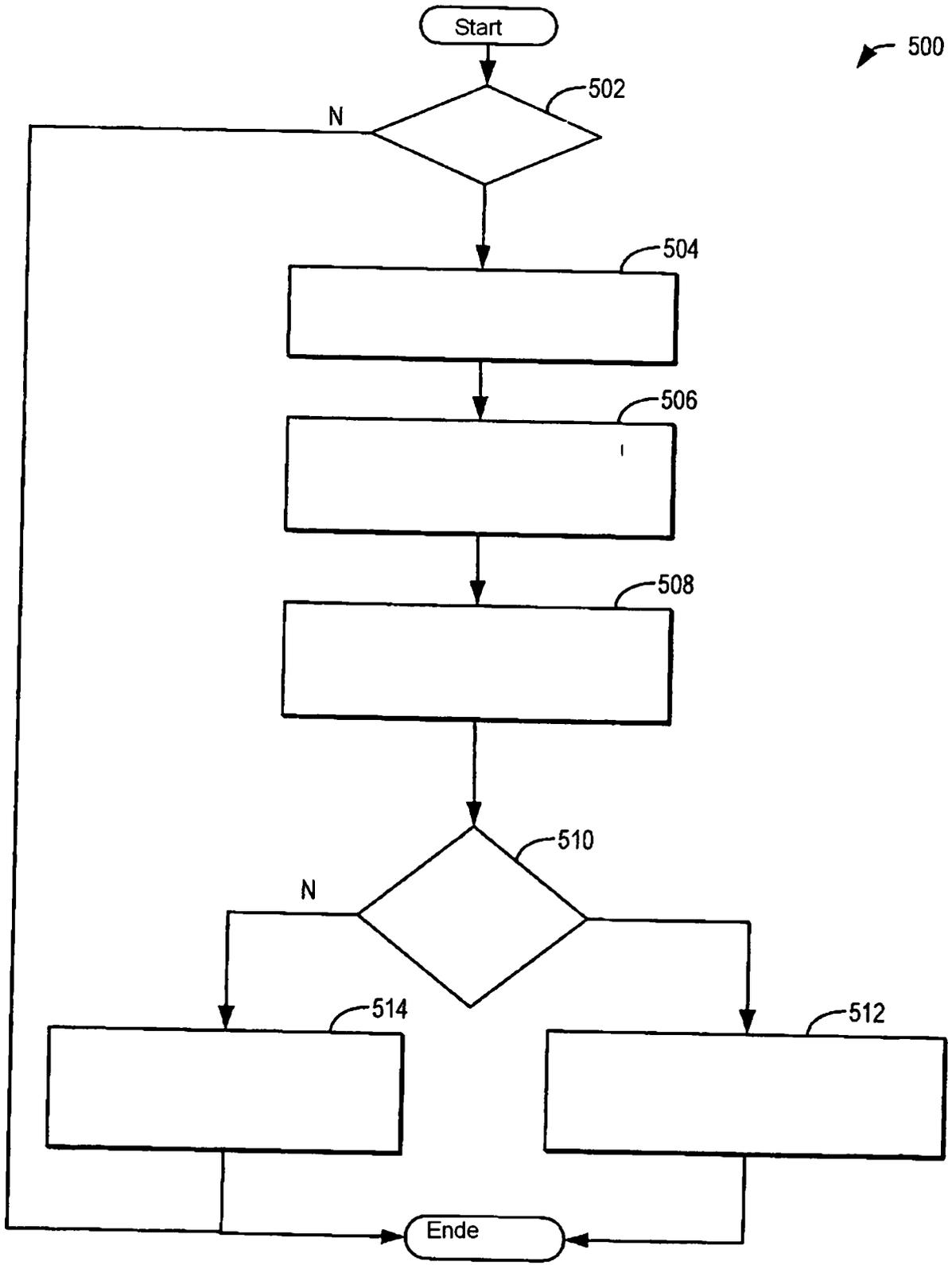


FIG. 5