

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50222/2019 (51) Int. Cl.: **F01N 9/00** (2006.01)
(22) Anmeldetag: 14.03.2019 **F01N 3/20** (2006.01)
(45) Veröffentlicht am: 15.08.2022 **F01N 3/023** (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
US 2018087426 A1
DE 102015221982 A1
DE 102018101651 A1
DE 102012221905 A1

(73) Patentinhaber:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Hadl Klaus Dr.techn.
8010 Graz (AT)
Noll Hannes Dr.techn.
8111 Gratwein-Straßengel (AT)
De Monte Mario Dipl.Ing. (FH)
8190 Birkfeld (AT)
Mannsberger Stefan Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) Verfahren zur Einstellung der Beladung eines Partikelfilters

(57) Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zur Einstellung der Beladung (19) eines Partikelfilters (9) und eine zur Ausführung des Verfahrens eingerichtete Anordnung, wobei die Abgasnachbehandlungsanlage (8) mindestens zwei SCR-Systeme (11, 12) und einen Partikelfilter (9) umfasst, wobei vor dem ersten SCR-System (11) eine erste Betriebsstoffmenge und vor dem zweiten SCR-System (12) eine zweite Betriebsstoffmenge eidosiert wird, wobei der Betriebsstoff in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist, wobei der Beladungszustand des Partikelfilters (9) mit einem Modell bestimmt wird, wobei, wenn der bestimmte Beladungszustand unterhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs (16) liegt, die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im ersten SCR-System (11) erforderlich ist, und wobei, wenn der bestimmte Beladungszustand oberhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs (16) liegt, die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel

kleiner der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im ersten SCR-System (11) erforderlich ist und wobei die erste und zweite Betriebsstoffmenge unverändert beibehalten wird, wenn der bestimmte Beladungszustand innerhalb des vorab definierten Beladungsbereichs (16) liegt.

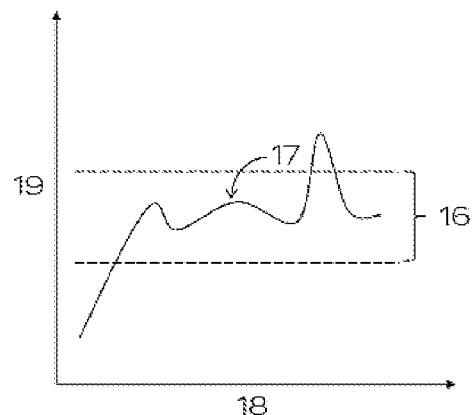


Fig. 5

Verfahren zur Einstellung der Beladung eines Partikelfilters

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Einstellung und/oder Regelung der Beladung eines Partikelfilters und einer dazu eingerichteten Anordnung.

Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Verfahren zur Beladungsregelung eines Partikelfilters bekannt. Beispielsweise sind Verfahren bekannt, bei denen die Beladung des Partikelfilters über den Differenzdruck bestimmt wird. Nachteilig an solchen Verfahren ist einerseits, dass für die Bestimmung der Beladung ein Drucksensor vor dem Partikelfilter und ein Drucksensor nach dem Partikelfilter vorgesehen sein müssen. Ferner ist bei schweren Fahrzeugen, sogenannten Heavy-Duty Fahrzeugen, der Beladungszustand des Partikelfilters über den Differenzdruck nicht mit einer ausreichenden Genauigkeit ermittelbar.

Beispielsweise sind solche Verfahren aus der US 2018087426 A1, der DE 102015221982 A1, der DE 102018101651 A1, der DE 102018101651 A1 und der DE 102012221905 A1 bekannt.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zur Einstellung und/oder Regelung der Beladung eines Partikelfilters zu schaffen, mit welchem die Beladung des Partikelfilters einfach, genau und kostengünstig so einstellbar ist, dass der Partikelfilter einerseits eine ausreichend hohe Filtrationseffizienz aufweist und dass andererseits der Strömungswiderstand des Partikelfilters ausreichend gering ist. Der Erfindung liegt somit unter anderem die Aufgabe zugrunde, ein einfaches, genaues und kostengünstiges Verfahren zur Einstellung der Beladung eines Partikelfilters zu schaffen. Insbesondere soll ein Verfahren geschaffen werden, welches nur die Sensoren einer herkömmlichen Abgasnachbehandlungsanlage verwendet.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird insbesondere durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst.

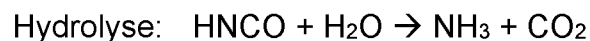
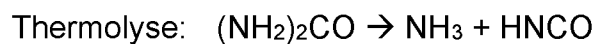
Die Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zur Einstellung und/oder Regelung der Beladung, insbesondere der Rußbeladung, eines Partikelfilters einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine, wobei die Abgasnachbehandlungsanlage mindestens zwei SCR-Systeme und einen Partikelfilter umfasst, wobei das erste SCR-System in Strömungsrichtung des Abgases vor oder an dem Partikelfilter angeordnet ist oder das erste SCR-System den Partikelfilter umfasst, wobei das zweite SCR-System in Strömungsrichtung des Abgases nach dem Partikelfilter angeordnet ist, wobei zur Stickstoffoxidreduktion der im zu reinigenden Abgas enthaltenen Stickoxide, vor dem SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems eine erste Betriebsstoffmenge eindosiert wird oder eindosierbar ist, wobei zur Stickstoffoxidreduktion der im zu reinigenden Abgas enthaltenen Stickoxide, vor dem SCR-Katalysator des zweiten SCR-Systems eine zweite Betriebsstoffmenge eindosiert wird oder eindosierbar ist, und wobei der Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist.

Der Partikelfilter kann dabei ein Dieselpartikelfilter oder Ottopartikelfilter sein.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass der Beladungszustand, insbesondere die Rußbeladung, des Partikelfilters mit einem Modell, insbesondere mit einem kinetischen Modell, bestimmt wird, dass, wenn der bestimmte Beladungszustand unterhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs liegt, die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im ersten SCR-System erforderlich ist, und dass, wenn der bestimmte Beladungszustand oberhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs liegt, die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel kleiner der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im ersten SCR-System erforderlich ist.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass ein zur selektiven katalytischen Reduktion geeigneter Betriebsstoff, wie insbesondere ein harnstoffhaltiges Gemisch, eine Harnstofflösung

oder AdBlue®, vor dem ersten und zweiten SCR-System eindosiert wird oder eindosierbar ist. Der Betriebsstoff kann ein Reduktionsmittel, wie insbesondere Ammoniak NH₃, enthalten oder in ein Reduktionsmittel, wie insbesondere Ammoniak NH₃, umsetzbar sein. Bevorzugt wird als Betriebsstoff ein harnstoffhaltiges Gemisch, insbesondere eine Harnstoff-Wasser-Lösung, wie beispielsweise AdBlue®, verwendet, wobei der Betriebsstoff gegebenenfalls durch nachfolgend dargestellte Reaktionen in das Reduktionsmittel, insbesondere Ammoniak NH₃, umgewandelt wird:



In einem ersten Schritt kann bei der Thermolyse-Reaktion der Harnstoff (NH₂)₂CO in Ammoniak NH₃ und Isocyanäure HNCO umgewandelt werden. In einem zweiten Schritt kann bei der Hydrolyse-Reaktion die Isocyanäure HNCO mit Wasser H₂O in Ammoniak NH₃ und Kohlendioxid CO₂ umgewandelt werden.

Das Reduktionsmittel, insbesondere Ammoniak NH₃, ist gegebenenfalls zumindest temporär im SCR-Katalysator des jeweiligen SCR-Systems speicherbar und/oder gespeichert. Gegebenenfalls lagert sich das Ammoniak NH₃ an den aktiven Zentren des SCR-Katalysators an. Das zumindest temporär gespeicherte Reduktionsmittel, insbesondere das Ammoniak NH₃, kann anschließend Stickoxide NO_x, wie insbesondere Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO₂, reduzieren.

Die Dosierung des Betriebsstoffes kann über eine Dosiervorrichtung, wie insbesondere über einen Injektor oder über eine Einspritzdüse, erfolgen. Die Dosiervorrichtung kann dazu eingerichtet sein, eine vorab bestimmte Betriebsstoffmenge vor dem jeweiligen SCR-System, dem jeweiligen SCR-Katalysator, einzubringen.

Unter einem SCR-System kann im Rahmen der vorliegenden Offenbarung insbesondere ein System verstanden werden, welches einen SCR-beschichteten Dieselpartikelfilter, einen sogenannten SDPF, einen SCR-Katalysator, einen zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden eingerichteten Katalysator und/oder einen Ammoniak schlupfkatalysator, einen sogenannten ASC, umfasst, oder welches

aus einem SCR-beschichteten Dieselpartikelfilter, einem sogenannten SDPF, einem SCR-Katalysator, einem zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden eingerichteten Katalysator und/oder einem Ammoniakschlupfkatalysator, einem sogenannten ASC, gebildet ist.

Unter einem SCR-System kann im Rahmen der vorliegenden Offenbarung allerdings insbesondere auch ein System verstanden werden, welches einen SCR-beschichteten Otoppartikelfilter (OPF) umfasst. Das erfindungsgemäße Verfahren eignet sich also sowohl für Dieselmotoranordnungen als auch für Ottomotoranordnungen.

Insbesondere umfasst das jeweilige SCR-System auch eine, zwei oder drei Dosiervorrichtung/en für den Betriebsstoff, den Betriebsstofftank und/oder gegebenenfalls auch den Betriebsstoff als solchen. Bevorzugt ist eine oder sind die Dosierungsvorrichtung/en vor dem SCR-System, insbesondere vor dem SCR-Katalysator, angeordnet.

Beim Betreiben der Verbrennungskraftmaschine kann ein Abgas entstehen und/oder erzeugt werden, welches Stickoxide enthält und nach dem Austreten aus der Verbrennungskraftmaschine durch die Abgasnachbehandlungsanlage strömt.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Abgas bei dem Durchströmen der Abgasnachbehandlungsanlage zuerst das erste SCR-System, dann oder gleichzeitig den Partikelfilter und anschließend das zweite SCR-System passiert.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das erste SCR-System den Partikelfilter umfasst. In diesem Fall kann am Partikelfilter eine SCR-Beschichtung vorgesehen oder der Partikelfilter als SDPF oder OPF ausgebildet sein. Gegebenenfalls tritt das Abgas in diesem Fall zeitgleich in das erste SCR-System und den Partikelfilter, insbesondere in den SDPF oder OPF, ein oder durchströmt zuerst den SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems und anschließend den Partikelfilter, insbesondere den SDPF oder OPF.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass zur Stickstoffdioxidreduktion vor dem ersten SCR-System und dem zweiten SCR-System ein Betriebsstoff eindosiert wird oder

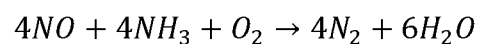
eindosierbar ist. Dadurch kann ein Reduktionsmittel vor dem jeweiligen SCR-System in die Abgasnachbehandlungsanlage eingebracht werden.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren wird der Beladungszustand des Partikelfilters, insbesondere die Beladung des Partikelfilters, mit einem Modell berechnet und/oder bestimmt. Dadurch kann es möglich sein, die Beladung des Partikelfilters einfach und kostengünstig zu bestimmen, ohne dass weitere Sensoren in der Abgasnachbehandlungsanlage vorgesehen sein müssen.

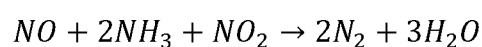
Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Betriebsstoffmengen verändert werden, wenn der mit dem Modell bestimmte Beladungszustand unterhalb oder oberhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs liegt.

Insbesondere ist vorgesehen, dass das von der Verbrennungskraftmaschine erzeugte Abgas durch die Abgasnachbehandlungsanlage der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere durch die SCR-Systeme, bevorzugt durch die SCR-Katalysatoren der SCR-Systeme, strömt. In den SCR-Katalysatoren und/oder dem SDPF der SCR-Systeme können die von der Verbrennungskraftmaschine emittierten Stickoxide zu Stickstoff und Wasser umgesetzt werden.

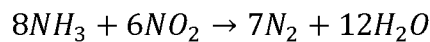
Die Reduktion von Stickstoffmonoxid NO läuft bei einer Reduktionstemperatur von über 250 °C im Wesentlichen nach folgender Vorschrift ab:



Ferner ist es möglich, dass eine sogenannte „schnelle SCR-Reaktion“ ablaufen kann, wenn sowohl Stickstoffmonoxid NO als auch Stickstoffdioxid NO₂ im Abgas vorhanden ist und die Reduktionstemperatur im Bereich von 170 °C bis 300 °C liegt. Die schnelle SCR-Reaktion läuft im Wesentlichen nach folgender Vorschrift ab:

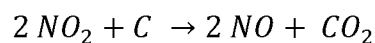


Die Reduktion von Stickstoffdioxid NO_2 läuft im Wesentlichen nach folgender Vorschrift ab:



Das heißt gegebenenfalls, dass vor den SCR-Systemen, insbesondere vor den SCR-Katalysatoren oder den SDPF, die Stickoxidkonzentration bzw. NO_x -Konzentration höher ist als nach den SCR-Systemen.

Durch Stickstoffdioxid NO_2 kann es möglich sein, die im Partikelfilter befindlichen Rußpartikel, insbesondere den Kohlenstoff C, zumindest teilweise zu oxidieren. Dadurch kann es möglich sein, den Partikelfilter zu regenerieren, indem seine Rußbeladungsmenge reduziert wird. Die Rußoxidation erfolgt im Wesentlichen nach folgender Vorschrift:



Insbesondere ist die für die Rußoxidationsprozesse notwendige Regenerationstemperatur bei der Verwendung von Stickstoffdioxid NO_2 wesentlich geringer als die für die Rußoxidationsprozesse notwendige Regenerationstemperatur bei der Verwendung von Sauerstoff O_2 .

Bei einer herkömmlichen Dieselanordnung kann der Partikelfilter in einem Temperaturbereich passiv regeneriert werden, welcher beim bestimmungsgemäßen Betrieb der Dieselanordnung erreicht wird, wobei der eingelagerte Kohlenstoff mittels Stickstoffdioxid oxidiert wird. Diese sogenannte passive Regeneration, die Regeneration des Dieselmotorpartikelfilters mit NO_2 , kann bei Partikelfiltertemperaturen von kleiner als $600\text{ }^\circ\text{C}$, insbesondere von kleiner als $500\text{ }^\circ\text{C}$, vorzugsweise zwischen $200\text{ }^\circ\text{C}$ und $500\text{ }^\circ\text{C}$, wirksam sein.

Durch die Anwendung der auf Stickstoffdioxid basierenden Regeneration und die damit geringeren im Partikelfilter auftretenden Temperaturen kann es möglich sein, die

thermische und/oder thermo-mechanische Alterungsbeständigkeit des Ottomotorpartikelfilters im Sinne der Nachhaltigkeit zu erhöhen.

Um eine verbesserte Filtrationseffizienz, insbesondere eine Reduktion der Partikelanzahl, zu erreichen, sollte eine gewisse Beladung, ein sogenannter Rußkuchen, im Partikelfilter vorhanden sein. Die Beladung soll jedoch auch nicht übermäßig hoch sein, um hohe Strömungswiderstände des Partikelfilters und/oder hohe Gegendrücke zu vermeiden.

Der Aufbau einer Beladung hängt insbesondere von der passiven Regeneration ab. Durch das erfindungsgemäße Verfahren kann die NO_x- und somit auch die NO₂-Konzentration vor dem Partikelfilter geregelt und/oder eingestellt werden. Dadurch kann die passive Regeneration des Partikelfilters beeinflusst werden, wodurch auch die Beladung des Partikelfilters regelbar und einstellbar ist. Durch die Regelungen und/oder Einstellung der Beladungsmenge kann überdies auch die Filtrationseffizienz des Partikelfilters und der durch den Partikelfilter verursachte Strömungswiderstand beeinflusst werden.

Insbesondere ist vorgesehen, dass wenn der bestimmte Beladungszustand unterhalb des vorab definierten Beladungsbereichs liegt, die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass ein Durchbrechen von Stickoxiden, insbesondere ein Durchbrechen von Stickstoffdioxid, durch das erste SCR-System verhindert und/oder vermindert wird. Das heißt, dass gegebenenfalls durch die gewählte erste Betriebsstoffmenge so viel Reduktionsmittel, insbesondere NH₃, vor dem ersten SCR-System eingebracht wird, dass die NO_x-Konvertierungseffizienz des ersten SCR-Systems maximiert wird. In diesem Fall ist die Menge an Reduktionsmittel, insbesondere NH₃, größer oder gleich der Menge, die gemäß der entsprechenden Reaktionsstöchiometrie erforderlich ist, um die im Abgas enthaltenen Stickoxide NO_x im Wesentlichen vollständig zu Stickstoff und Wasser umzusetzen.

In diesem Fall kann eine Regeneration des Partikelfilters mit Stickstoffdioxid NO₂ minimiert, insbesondere verhindert und/oder vermindert werden. Dadurch kann sich die Beladung bzw. Rußbeladung des Partikelfilters erhöhen, wodurch einerseits die

Filtrationseffizienz des Partikelfilters erhöht werden kann. Andererseits können sich durch die Erhöhung der Beladung des Partikelfilters der Strömungswiderstand und/oder der Gegendruck des Partikelfilters erhöhen.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass wenn der bestimmte Beladungszustand oberhalb des vorab definierten Beladungsbereichs liegt, die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die im Abgas enthaltenen Stickoxide NO_x, insbesondere das im Abgas enthaltene Stickstoffdioxid NO₂, zumindest teilweise, im Wesentlichen unreduziert und/oder unvermindert das erste SCR-System passieren können.

In diesem Fall kann der Partikelfilter mit Stickstoffdioxid NO₂ regeneriert werden. Dadurch kann die Beladung im Partikelfilter reduziert werden, wodurch der Strömungswiderstand und/oder der Gegendruck des Partikelfilters, aber auch die Filtrationseffizienz verringert und/oder vermindert werden kann.

Die Verbrennungskraftmaschine kann ein Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs sein.

In allen Ausführungsformen ist bevorzugt vorgesehen, dass das erfindungsgemäße Verfahren automatisiert, insbesondere durch ein Steuergerät des Kraftfahrzeugs gesteuert und/oder geregelt ausgeführt wird.

Insbesondere ist vorgesehen, dass das erfindungsgemäße Verfahren während des bestimmungsgemäßen Betriebs der Verbrennungskraftmaschine und/oder während des bestimmungsgemäßen Betriebs des Kraftfahrzeugs, welches die Verbrennungskraftmaschine umfasst, aktiviert wird. Das heißt insbesondere, dass während des normalen Fahrbetriebs des Kraftfahrzeugs das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die zweite Betriebsstoffmenge verringert wird, wenn die erste Betriebsstoffmenge erhöht wird, und/oder dass die zweite Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen

Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im zweiten SCR-System erforderlich ist.

In diesem Fall werden die von der Verbrennungskraftmaschine erzeugten Stickoxide, insbesondere das erzeugte NO_2 , im ersten SCR-System, insbesondere im Wesentlichen vollständig, zu Stickstoff und Wasser umgesetzt. Somit muss gegebenenfalls nur eine verhältnismäßig geringe zweite Betriebsstoffmenge eindosiert werden, um die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Vorschriften bezüglich der Stickoxid-Emission einhalten zu können. Mit anderen Worten müssen in diesem Fall in dem zweiten SCR-System verhältnismäßig wenige Stickoxide umgesetzt werden.

Das heißt, dass gegebenenfalls durch die gewählte zweite Betriebsstoffmenge derart viel Reduktionsmittel, insbesondere NH_3 , vor dem zweiten SCR-System eingebracht wird, dass die Menge an Reduktionsmittel, insbesondere NH_3 , größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die gemäß der entsprechenden Reaktionsstöchiometrie erforderlich ist, um die vor dem zweiten SCR-System, insbesondere nach dem Partikelfilter, im Abgas enthaltenen Stickoxide NO_x , insbesondere im Wesentlichen vollständig, zu Stickstoff und Wasser umzusetzen.

Gegebenenfalls können die Stickoxide, insbesondere Stickstoffdioxid, durch die passive Regeneration des Partikelfilters reduziert werden. Dadurch kann die zweite Betriebsstoffmenge und insbesondere die durch die zweite Betriebsstoffmenge eingebrachte Menge an Reduktionsmittel um die bei der passiven Regeneration verbrauchte Stickoxid-Menge verringert werden.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die zweite Betriebsstoffmenge erhöht wird, wenn die erste Betriebsstoffmenge verringert wird, und/oder dass die zweite Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, und/oder dass die Menge an Reduktionsmittel größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im zweiten SCR-System erforderlich ist.

In diesem Fall werden verhältnismäßig wenige Stickoxide im ersten SCR-System zu Stickstoff und Wasser umgesetzt. Somit muss gegebenenfalls eine verhältnismäßig große zweite Betriebsstoffmenge eindosiert werden, um die vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Vorschriften bezüglich der Stickoxid-Emission einhalten zu können. Mit anderen Worten müssen in diesem Fall in dem zweiten SCR-System verhältnismäßig viele Stickoxide umgesetzt werden.

Das heißt, dass gegebenenfalls durch die gewählte zweite Betriebsstoffmenge derart viel Reduktionsmittel, insbesondere NH_3 , vor dem zweiten SCR-System eingebracht wird, dass die NO_x -Konvertierungseffizienz des zweiten SCR-Systems maximiert wird. In diesem Fall ist die Menge an Reduktionsmittel größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel, die gemäß der entsprechenden Reaktionsstöchiometrie erforderlich ist, um die vor dem zweiten SCR-System, insbesondere nach dem Partikelfilter, im Abgas enthaltenen Stickoxide NO_x , insbesondere im Wesentlichen vollständig, zu Stickstoff und Wasser umzusetzen.

Gegebenenfalls können die Stickoxide, insbesondere das Stickstoffdioxid, durch die passive Regeneration des Partikelfilters reduziert werden. Dadurch kann die zweite Betriebsstoffmenge und die durch die zweite Betriebsstoffmenge eingebrachte Menge an Reduktionsmittel um die bei der passiven Regeneration verbrauchte Stickoxid-Menge verringert werden.

Es ist vorgesehen, dass die erste und zweite Betriebsstoffmenge unverändert beibehalten wird, wenn der bestimmte Beladungszustand innerhalb des vorab definierten Beladungsbereichs liegt.

In diesem Fall weist der Partikelfilter einen Beladungszustand auf, welcher einerseits eine ausreichend hohe Filtrationseffizienz ermöglicht und andererseits der dadurch verursachte Strömungswiderstand ausreichend klein ist.

In diesem Fall werden die Betriebsstoffmengen auf dem Stand der Technik bekannte herkömmliche Art und Weise gesteuert und geregelt.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Partikelfilter ein Dieselpartikelfilter oder ein SCR-beschichteter Dieselpartikelfilter ist oder der Partikelfilter einen Dieselpartikelfilter oder einen SCR-beschichteten Dieselpartikelfilter umfasst, und/oder dass die Verbrennungskraftmaschine ein Dieselmotor ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des Partikelfilters zusätzlich zum realen Betrieb in einem Modell, insbesondere in einem kinetischen Modell, berechnet werden, wobei das Modell insbesondere einer mathematischen Abbildung des physikalischen Modells des verwendeten Partikelfilters entspricht.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas vor dem ersten SCR-System, insbesondere vor dem SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems, mit einem Sensor und/oder aus einem Motorkennfeld bestimmt oder berechnet werden, und/oder dass die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas vor dem ersten SCR-System, insbesondere vor dem SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems, mit einem Modell, insbesondere einem kinetischen Modell, bestimmt oder berechnet werden, wobei mit dem Modell die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen und/oder Vorgänge des Ottomotors zusätzlich zum realen Betrieb berechnet werden, und wobei das Modell insbesondere einer mathematischen Abbildung des physikalischen Modells der verwendeten Verbrennungskraftmaschine entspricht.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas vor dem zweiten SCR-System, insbesondere dem SCR-Katalysator des zweiten SCR-Systems, mit einem Sensor bestimmt oder berechnet werden, und/oder dass die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas vor dem zweiten SCR-System, insbesondere vor dem SCR-Katalysator des zweiten SCR-Systems, mit Modellen, insbesondere kinetischen Modellen, bestimmt oder berechnet werden, wobei mit den Modellen die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des ersten SCR-Systems, insbesondere des SCR-Katalysators, und des Partikelfilters zusätzlich zum realen Betrieb berechnet werden, wobei das kinetische Modell insbesondere einer mathematischen Abbildung der physikalischen Modelle entspricht.

Die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas kann im Bereich vor dem ersten SCR-System, insbesondere zwischen der Verbrennungskraftmaschine und dem ersten SCR-System, oder zwischen einem Dieseloxydationskatalysator und dem ersten SCR-System bestimmt und/oder berechnet werden.

Die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas kann im Bereich vor dem zweiten SCR-System, insbesondere nach dem SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems und vor dem zweiten SCR-System oder zwischen dem SDPF und dem zweiten SCR-System oder zwischen dem Partikelfilter und dem zweiten SCR-System bestimmt und/oder berechnet werden.

Die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen können in einem mathematischen, physikalischen Modell berechnet werden. Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass durch das kinetische Modell die maßgeblichen Reaktionen mathematisch-physikalisch abgebildet werden. Die Reaktionen können somit auf physikalischen Gegebenheiten beruhen, wodurch Schätzungen und/oder Unsicherheiten verringert werden können und wodurch die Genauigkeit der modellierten Werte erhöht werden kann. Gegebenenfalls kann in allen Ausführungsformen vorgesehen sein, dass in das kinetische Modell auch reale Messwerte als Eingangsgrößen eingehen.

Beispielsweise kann mit dem kinetischen Modell auch die Oxidation des Reduktionsmittels, insbesondere die Oxidation von NH_3 , abgebildet werden. Bei herkömmlichen Verfahren und/oder herkömmlichen Modellen kann die Oxidation von Reduktionsmittel, falls diese berücksichtigt wird, meist nur abgeschätzt werden, was mit großen Unsicherheiten einhergeht bzw. sehr ungenau ist. Beispielsweise ist ein solches kinetisches Modell in „Hollauf, Bernd: Model-Based Closed-Loop Control of SCR Based DeNOx Systems. Master's thesis, University of Applied Science Technikum Kärnten, 2009.“ offenbart.

Beispielsweise kann für die Modellierung des Partikelfilters ein Modell verwendet werden, welches auf den Rohemissionen der Verbrennungskraftmaschine basiert.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass das Modell des Partikelfilters die Beladung des Partikelfilters drucksensorlos bestimmen kann.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die in der Abgasnachbehandlungsanlage vorgesehenen Abgasnachbehandlungskomponenten mit einem Modell, insbesondere einem kinetischen Modell, abgebildet werden. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen der jeweiligen Abgasnachbehandlungskomponenten in einem mathematischen, physikalischen Modell berechnet und/oder bestimmt werden.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Menge an Stickoxiden, insbesondere die Menge an Stickstoffdioxid, mit einem Sensor vor dem ersten SCR-System und/oder zweiten SCR-System bestimmt werden. In diesem Fall kann die Bestimmung der Menge an Stickoxiden auf aus dem Stand der Technik bekannte Art und Weise erfolgen. Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Bestimmung der Menge an Stickoxiden mittels des Abgasvolumenstroms und der durch einen NO_x-Sensor ermittelten Stickoxidkonzentration erfolgt. Insbesondere ist vorgesehen, dass ein NO_x-Sensor vor dem ersten SCR-System und/oder ein NO_x-Sensor vor dem zweiten SCR-System vorgesehen ist oder sind.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Menge an Stickoxiden, insbesondere die Menge an Stickstoffdioxid, aus einem Motorkennfeld bestimmt und/oder berechnet wird. Das Motorkennfeld kann im Rahmen der herkömmlichen Kalibration bestimmt werden.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das erste SCR-System einen SCR-Katalysator, einen SCR-beschichteten Dieselpartikelfilter und/oder einen Ammoniakschlupfkatalysator umfasst, und dass das erste SCR-System einen ersten Katalysator und gegebenenfalls einen nach dem ersten Katalysator angeordneten zweiten Katalysator umfasst, wobei der erste Katalysator der SDPF und gegebenenfalls der zweite Katalysator der SCR-Katalysator ist, oder wobei der erste Katalysator der SCR-Katalysator und gegebenenfalls der zweite Katalysator der SDPF ist, oder wobei der erste Katalysator der SCR-Katalysator und gegebenenfalls der zweite Katalysator der ASC ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Abgas zuerst einen SDPF des ersten SCR-Systems und dann gegebenenfalls einen SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems durchströmt, oder dass das Abgas zuerst einen SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems und dann gegebenenfalls einen SDPF des ersten SCR-Systems durchströmt, oder dass das Abgas zuerst einen SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems und dann gegebenenfalls einen ASC des ersten SCR-Systems durchströmt.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das zweite SCR-System einen SCR-Katalysator und gegebenenfalls einen ASC umfasst, und dass der SCR-Katalysator vor dem ASC angeordnet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Abgas zuerst einen SCR-Katalysator des zweiten SCR-Systems und dann gegebenenfalls einen ASC des zweiten SCR-Systems durchströmt.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass vor dem ersten SCR-System ein Dieseloxydationskatalysator vorgesehen ist, und/oder dass zwischen dem ersten SCR-System und dem zweiten SCR-System ein oder ein weiterer Dieseloxydationskatalysator vorgesehen ist und/oder dass zwischen dem ersten SCR-System und dem Partikelfilter ein oder ein weiterer Dieseloxydationskatalysator vorgesehen ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Abgas nach dem Austritt aus der Verbrennungskraftmaschine zuerst einen Dieseloxydationskatalysator durchströmt, und/oder dass das Abgas nach dem Austritt aus dem ersten SCR-System und vor dem Eintritt in das zweite SCR-System durch einen oder einen weiteren Dieseloxydationskatalysator strömt, und/oder dass das Abgas nach dem Austritt aus dem ersten SCR-System und vor dem Eintritt in den Partikelfilter durch einen oder einen weiteren Dieseloxydationskatalysator strömt.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Abgas nach dem Austritt aus der Verbrennungskraftmaschine und vor dem Eintritt in das erste SCR-System zuerst den Oxidationskatalysator durchströmt.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Abgas nach dem Austritt aus dem ersten SCR-System und vor dem Eintritt in den Partikelfilter und/oder nach dem Austritt aus dem ersten SCR-System und vor dem Eintritt in das zweite SCR-System den weiteren Oxidationskatalysator durchströmt.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Abgas zuerst das erste SCR-System, welches den Partikelfilter umfasst, und anschließend das zweite SCR-System durchströmt. In diesem Fall kann das erste SCR-System einen SDPF umfassen oder aus einem SDPF gebildet sein.

Gegebenenfalls kann vorgesehen sein, dass das Abgas zuerst das erste SCR-System, welches den Partikelfilter umfasst, und anschließend das zweite SCR-System durchströmt. In diesem Fall kann das erste SCR-System einen SDPF und einen nach dem SDPF angeordneten SCR-Katalysator umfassen oder aus einem SDPF und einem nach dem SDPF angeordneten SCR-Katalysator gebildet sein. Mit anderen Worten durchströmt das Abgas zuerst den SDPF, dann den SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems, dann den SCR-Katalysator des zweiten SCR-Systems und dann gegebenenfalls den ASC des zweiten SCR-Systems.

Gegebenenfalls kann vorgesehen sein, dass das Abgas zuerst das erste SCR-System, welches den Partikelfilter umfasst, und anschließend das zweite SCR-System durchströmt. In diesem Fall kann das erste SCR-System einen SCR-Katalysator und einen nach dem SCR-Katalysator angeordneten SDPF umfassen oder aus einem SCR-Katalysator und einem nach dem SCR-Katalysator angeordneten SDPF gebildet sein. Mit anderen Worten durchströmt das Abgas zuerst den SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems, dann den SDPF, dann den SCR-Katalysator des zweiten SCR-Systems und dann gegebenenfalls den ASC des zweiten SCR-Systems.

Gegebenenfalls kann vorgesehen sein, dass das Abgas zuerst das erste SCR-System, dann den Partikelfilter und anschließend das zweite SCR-System durchströmt. In diesem Fall kann das erste SCR-System einen SCR-Katalysator und gegebenenfalls einen nach dem SCR-Katalysator angeordneten ASC umfassen oder aus einem SCR-Katalysator und gegebenenfalls einem nach dem SCR-Katalysator angeordneten ASC

gebildet sein. Mit anderen Worten durchströmt das Abgas zuerst den SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems, dann gegebenenfalls den ASC, dann den Partikelfilter und anschließend das zweite SCR-System.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das zweite SCR-System einen ASC umfasst, welcher nach dem SCR-Katalysator des zweiten SCR-Systems vorgesehen ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen Dieseloxydationskatalysator, einen sogenannten DOC, mindestens zwei SCR-Katalysatoren und/oder einen ASC umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem Dieseloxydationskatalysator, einem sogenannten DOC, mindestens zwei SCR-Katalysatoren und/oder einem ASC gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen DOC-Katalysator, einen DPF-Katalysator, mindestens zwei SCR-Katalysatoren und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem DOC-Katalysator, einem DPF-Katalysator, mindestens zwei SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen DOC-Katalysator, einen SDPF-Katalysator, also einen SCR-beschichteten DPF, einen SCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem DOC-Katalysator, einem SDPF-Katalysator, einem SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen SCR-Katalysator, einen DOC-Katalysator, einen DPF-Katalysator, einen weiteren SCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem SCR-Katalysator, einem DOC-Katalysator, einem DPF-Katalysator, einem weiteren SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen SCR-Katalysator, einen DOC-Katalysator, einen SDPF-Katalysator, einen SCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem SCR-Katalysator, einem DOC-Katalysator, einem SDPF-Katalysator, einem SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen DPF-Katalysator, mindestens zwei SCR-Katalysatoren und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem DPF-Katalysator, mindestens zwei SCR-Katalysatoren und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen LNT-Katalysator, einen SDPF-Katalysator, einen SCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem LNT-Katalysator, einem SDPF-Katalysator, einem SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen LNT-Katalysator, einen cDPF-Katalysator, also einen katalytischen DPF, einen ufSCR-Katalysator, also einen underfloor SCR, und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem LNT-Katalysator, einem cDPF-Katalysator, einem ufSCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen LNT-Katalysator, einen SCR-Katalysator, einen SDPF-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem LNT-Katalysator, einem SCR-Katalysator, einem SDPF-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen LNT-Katalysator, einen SDPF-Katalysator, einen ufSCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem LNT-

Katalysator, einem SDPF-Katalysator, einem ufSCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen LNT-Katalysator, einen SDPF-Katalysator, einen ufSCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem LNT-Katalysator, einem SDPF-Katalysator, einem ufSCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass einer, zwei, drei, vier, fünf oder alle Katalysatoren des Abgasnachbehandlungssystems beheizbar oder beheizt sind und insbesondere als elektrisch beheizbare Katalysatoren E-CAT ausgebildet sind.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage anstelle des DOC-Katalysators und/oder anstelle des LNT-Katalysators einen „Passive NOx Adsorber“ PNA umfasst.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage zusätzlich zu den oben genannten Katalysatoren einen „Passive NOx Adsorber“ PNA umfasst.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage zusätzlich zu den oben genannten Katalysatoren einen „Pre-Turbine-Catalyst“ PTC umfasst.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage eine oder zwei Dosierungsvorrichtungen und einen, zwei oder drei NOx-Sensoren und/oder einen, zwei oder drei NH₃-Sensoren, insbesondere einen NH₃-Sensor nach der Abgasnachbehandlungsanlage, umfasst.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die erste Betriebsstoffmenge über eine erste Dosiervorrichtung eindosiert wird oder eindosierbar ist, wobei die erste Dosiervorrichtung vor dem ersten SCR-System, insbesondere vor dem SCR-Katalysator des ersten SCR-Systems, angeordnet ist, und/oder dass die zweite Betriebsstoffmenge über eine zweite Dosiervorrichtung eindosiert wird oder

eindosierbar ist, wobei die zweite Dosiervorrichtung vor dem zweiten SCR-System, insbesondere vor dem SCR-Katalysator des zweiten SCR-Systems, angeordnet ist.

Insbesondere betrifft die Erfindung, eine Anordnung, insbesondere eine Dieselmotoranordnung, wobei die Anordnung eine Verbrennungskraftmaschine und eine Abgasnachbehandlungsanlage umfasst, wobei die Abgasnachbehandlungsanlage mindestens zwei SCR-Systeme und einen Partikelfilter umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass die Anordnung ein Steuergerät zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens umfasst.

Die Anordnung, insbesondere die Dieselmotoranordnung, kann ein Teil eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, sein.

Die Anordnung, insbesondere die Dieselmotoranordnung, kann zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet sein.

Weitere erfindungsgemäße Merkmale ergeben sich gegebenenfalls aus den Ansprüchen, der Beschreibung der Ausführungsbeispiele und den Figuren.

Die Erfindung wird nun am Beispiel exemplarischer, nicht ausschließlicher und/oder nicht einschränkender Ausführungsbeispiele weiter erläutert.

Fig. 1 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung,

Fig. 2 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung,

Fig. 3 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer dritten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung,

Fig. 4 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer vierten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung, und

Fig. 5 zeigt eine schematische grafische Darstellung von einem Diagramm zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

Wenn nicht anders angegeben, so entsprechen die Bezugszeichen folgenden Komponenten:

Dieseloxidationskatalysator 1, erste Dosiervorrichtung 2, SCR-beschichteter Dieselpartikelfilter 3, SCR-Katalysator 4, Ammoniakschlupfkatalysator 5, zweite Dosiervorrichtung 6, Verbrennungskraftmaschine 7, Abgasnachbehandlungsanlage 8, Partikelfilter 9, Dieselmotoranordnung 10, erstes SCR-System 11, zweites SCR-System 12, weiterer Dieseloxidationskatalysator 13, weiterer SCR-Katalysator 14, weiterer Ammoniakschlupfkatalysator 15, vorab definierter Beladungsbereich 16, zeitlicher Verlauf des Beladungszustands 17, Zeit 18 und Beladung 19.

Wenngleich sich alle Ausführungsbeispiele auf Dieselmotoranordnungen richten, wird festgehalten, dass die Erfindung nicht auf Dieselmotoranordnungen beschränkt ist, sondern auch Ottomotoranordnungen mitumfasst sind.

Fig. 1 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung 10, welche zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist. Insbesondere umfasst die Dieselmotoranordnung 10 ein nicht dargestelltes Steuergerät, welches zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist.

Gemäß dieser Ausführungsform umfasst die Dieselmotoranordnung 10 einen als Dieselmotor ausgebildete Verbrennungskraftmaschine 7 und eine Abgasnachbehandlungsanlage 8. Die Abgasnachbehandlungsanlage 8 umfasst ein erstes SCR-System 11, einen Partikelfilter 9 und ein zweites SCR-System 12. Die SCR-Systeme 11, 12 umfassen jeweils einen SCR-Katalysator 4, 14.

Vor dem ersten SCR-System 11, insbesondere vor dem SCR-Katalysator 4 des ersten SCR-Systems 11, ist eine erste Dosiervorrichtung 2 vorgesehen. Die erste Dosiervorrichtung 2 ist dazu eingerichtet, eine erste Betriebsstoffmenge vor dem ersten SCR-System 11 in die Abgasnachbehandlungsanlage 8 einzubringen.

Vor dem zweiten SCR-System 12, insbesondere vor dem SCR-Katalysator 14 des zweiten SCR-Systems 12, ist eine zweite Dosiervorrichtung 6 vorgesehen. Die zweite

Dosiervorrichtung 6 ist dazu eingerichtet, eine zweite Betriebsstoffmenge vor dem zweiten SCR-System 12 in die Abgasnachbehandlungsanlage 8 einzubringen.

Das Abgas tritt aus dem Dieselmotor aus und strömt anschließend durch das erste SCR-System 11, dann durch den Partikelfilter 9 und anschließend durch das zweite SCR-System 12.

Gemäß dieser Ausführungsform wird der Beladungszustand des Partikelfilters 9, die Mengen an Stickoxiden, insbesondere die Mengen an Stickstoffdioxid, vor dem ersten SCR-System 11 und dem zweiten SCR-System 12 mit Modellen, insbesondere mit kinetischen Modellen, bestimmt und/oder berechnet. Falls der bestimmte Beladungszustand des Partikelfilters 9 unter- oder oberhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs 16 liegt, werden die Betriebsstoffmengen verändert.

In einem ersten Fall wird die durch die erste Dosiervorrichtung 2 eindosierte erste Betriebsstoffmenge erhöht, wenn der bestimmte Beladungszustand unterhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs 16 liegt.

Insbesondere ist vorgesehen, dass die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im ersten SCR-System erforderlich ist. In diesem Fall kann es möglich sein, die vom Dieselmotor emittierten Stickoxide, insbesondere die emittierten Stickstoffdioxide, in dem ersten SCR-System 11 größtmöglich zu reduzieren. Dadurch kann das Durchbrechen von Stickoxiden, insbesondere von Stickstoffdioxid, durch das erste SCR-System 11 vermindert und/oder verhindert werden, wodurch eine passive Regeneration des Partikelfilters 9 gehemmt und/oder reduziert werden kann.

Durch die Hemmung und/oder Reduzierung der passiven Regeneration des Partikelfilters 9 kann eine Beladung 19, insbesondere ein Rußkuchen, im Partikelfilter 9 aufgebaut werden. Dadurch kann es möglich sein, die Filtrationseffizienz des Partikelfilters 9 zu erhöhen.

In einem zweiten Fall wird die durch die erste Dosiervorrichtung 2 eindosierte erste Betriebsstoffmenge verringert, wenn die bestimmte Beladung 19 oberhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs 16 liegt.

Insbesondere ist vorgesehen, dass die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel kleiner als die Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im ersten SCR-System 11 erforderlich ist. In diesem Fall kann es möglich sein, dass die vom Dieselmotor emittierten Stickoxide, insbesondere die emittierten Stickstoffdioxide, das erste SCR-System 11 im Wesentlichen unreduziert und/oder unvermindert passieren. Dadurch kann eine verhältnismäßig hohe Menge an Stickoxiden, insbesondere eine verhältnismäßig hohe Menge an Stickstoffdioxid, zum Partikelfilter 9 gelangen, wodurch eine passive Regeneration des Partikelfilters 9 ermöglicht werden kann.

Durch die passive Regeneration des Partikelfilters 9 kann die Beladung 19, insbesondere der Rußkuchen, des Partikelfilters 9 verringert und/oder abgebaut werden. Dadurch kann es möglich sein, den Strömungswiderstand und/oder den Gegendruck des Partikelfilters 9 zu verringern.

Gemäß dieser Ausführungsform wird die durch die zweite Dosiervorrichtung 6 eindosierte oder eindosierbare zweite Betriebsstoffmenge derart eingestellt, dass die gesetzlichen Vorgaben erfüllt und die Umwelt größtmöglich geschont wird. Das heißt, dass einerseits, die zweite Betriebsstoffmenge verringert wird, wenn die erste Betriebsstoffmenge erhöht wird, und andererseits die zweite Betriebsstoffmenge erhöht wird, wenn die erste Betriebsstoffmenge verringert wird.

Mit anderen Worten wird die zweite Betriebsstoffmenge derart eingestellt, dass die Menge an Reduktionsmittel vor dem zweiten SCR-System 12 größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im zweiten SCR-System 12 erforderlich ist.

Fig. 2 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung 10, welche zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist. Die Merkmale der Ausführungsform gemäß Fig. 2 können bevorzugt den Merkmalen der Ausführungsform gemäß Fig. 1 entsprechen.

Im Unterschied zu der ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung 10 sind entlang der Abgasnachbehandlungsanlage 8 folgende Abgasnachbehandlungskomponenten vorgesehen: ein Dieseloxydationskatalysator 1, ein SDPF 3, ein SCR-Katalysator 4, ein weiterer SCR-Katalysator 14 und ein Ammoniak-Schlupfkatalysator 5.

Das erste SCR-System 11 umfasst gemäß dieser Ausführungsform den SDPF 3 und den nach dem SDPF 3 angeordneten SCR-Katalysator 4. Das heißt, dass gemäß dieser Ausführungsform das erste SCR-System 11 den Partikelfilter 9 umfasst.

Das zweite SCR-System 12 umfasst gemäß dieser Ausführungsform einen weiteren SCR-Katalysator 14 und den nach dem weiteren SCR-Katalysator 14 angeordneten Ammoniak-Schlupfkatalysator 5.

Gemäß dieser Ausführungsform strömt das aus dem Dieselmotor austretende Abgas zuerst durch den Dieseloxydationskatalysator 1, dann durch den SDPF 3, dann durch den SCR-Katalysator 4, dann durch den weiteren SCR-Katalysator 14 und anschließend durch den Ammoniak-Schlupfkatalysator 5.

Fig. 3 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung 10, welche zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist. Die Merkmale der Ausführungsform gemäß Fig. 3 können bevorzugt den Merkmalen der Ausführungsformen gemäß Fig. 1 und/oder 2 entsprechen.

Im Unterschied zu der ersten und zweiten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung 10 sind entlang der Abgasnachbehandlungsanlage 8 folgende

Abgasnachbehandlungskomponenten vorgesehen: ein Dieseloxydationskatalysator 1, ein SCR-Katalysator 4, ein SDPF 3, ein weiterer SCR-Katalysator 14 und ein Ammoniak-schlupfkatalysator 5.

Das erste SCR-System 11 umfasst gemäß dieser Ausführungsform den SCR-Katalysator 4 und den nach dem SCR-Katalysator 4 angeordneten SDPF 3. Das heißt, dass gemäß dieser Ausführungsform das erste SCR-System 11 den Partikelfilter 9 umfasst.

Das zweite SCR-System 12 umfasst gemäß dieser Ausführungsform einen weiteren SCR-Katalysator 14 und den nach dem weiteren SCR-Katalysator 14 angeordneten Ammoniak-schlupfkatalysator 5.

Gemäß dieser Ausführungsform strömt das aus dem Dieselmotor austretende Abgas zuerst durch den Dieseloxydationskatalysator 1, dann durch den SCR-Katalysator 4, dann durch den SDPF 3, dann durch den weiteren SCR-Katalysator 14 und anschließend durch den Ammoniak-schlupfkatalysator 5.

Fig. 4 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer vierten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung 10, welche zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist. Die Merkmale der Ausführungsform gemäß Fig. 4 können bevorzugt den Merkmalen der Ausführungsformen gemäß Fig. 1, 2 und/oder 3 entsprechen.

Im Unterschied zu der ersten, zweiten und dritten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Dieselmotoranordnung 10 sind entlang der Abgasnachbehandlungsanlage 8 folgende Abgasnachbehandlungskomponenten vorgesehen: ein Dieseloxydationskatalysator 1, ein SCR-Katalysator 4, ein Ammoniak-schlupfkatalysator 5, ein weiterer Dieseloxydationskatalysator 13, ein Partikelfilter 9, ein weiterer SCR-Katalysator 14 und ein weiterer Ammoniak-schlupfkatalysator 15.

Das erste SCR-System 11 umfasst gemäß dieser Ausführungsform den SCR-Katalysator 4 und den nach dem SCR-Katalysator 4 angeordneten Ammoniakschlupfkatalysator 5.

Das zweite SCR-System 12 umfasst gemäß dieser Ausführungsform einen weiteren SCR-Katalysator 14 und den nach dem weiteren SCR-Katalysator 14 weiteren Ammoniakschlupfkatalysator 15.

Gemäß dieser Ausführungsform strömt das aus dem Dieselmotor austretende Abgas zuerst durch den Dieseloxidationskatalysator 1, dann durch den SCR-Katalysator 4, dann durch den Ammoniakschlupfkatalysator 5, dann durch den weiteren Dieseloxidationskatalysator 13, dann durch den Partikelfilter 9, dann durch den weiteren SCR-Katalysator 14 und anschließend durch den weiteren Ammoniakschlupfkatalysator 15.

Fig. 5 zeigt eine schematische grafische Darstellung von einem Diagramm zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens. In dem Diagramm ist die Beladung 19 des Partikelfilters 9 über der Zeit 18 in Minuten aufgetragen. Ferner ist in diesem Diagramm der vorab definierte Beladungsbereich 16 und der zeitliche Verlauf des Beladungszustands 17 des Partikelfilters 9 ersichtlich. Der zeitliche Verlauf des Beladungszustands 17 wird gemäß dieser Ausführungsform mit einem Modell, insbesondere einem kinetischen Modell, berechnet und/oder bestimmt.

Der in diesem Diagramm vorab definierte Beladungsbereich 16 ist der Bereich, in welchem der Partikelfilter 9 eine ausreichend hohe Filtrationseffizienz und gleichzeitig einen ausreichend geringen Strömungswiderstand aufweist.

Sobald die Beladung 19 des Partikelfilters 9 oberhalb oder unterhalb des vorab definierten Beladungsbereichs 16 liegt, werden die Betriebsstoffmengen gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren angepasst.

Diese Konfiguration kann in allen Ausführungsformen vorgesehen sein.

Durch diese beispielhafte Konfiguration können die erfindungsgemäßen Effekte erzielt werden.

Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die dargestellten Ausführungsformen, sondern umfasst jegliches Verfahren und jegliche Anordnung, insbesondere jegliche Dieselmotoranordnung 10 und Ottomotoranordnungen, gemäß den nachfolgenden Patentansprüchen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung der Beladung (19), insbesondere der Rußbeladung, eines Partikelfilters (9) einer Abgasnachbehandlungsanlage (8) einer Verbrennungskraftmaschine (7),
 - wobei die Abgasnachbehandlungsanlage (8) mindestens zwei SCR-Systeme (11, 12) und einen Partikelfilter (9) umfasst,
 - wobei das erste SCR-System (11) in Strömungsrichtung des Abgases vor oder an dem Partikelfilter (9) angeordnet ist oder das erste SCR-System (11) den Partikelfilter (9) umfasst,
 - wobei das zweite SCR-System (12) in Strömungsrichtung des Abgases nach dem Partikelfilter (9) angeordnet ist,
 - wobei zur Stickstoffoxidreduktion der im zu reinigenden Abgas enthaltenen Stickoxide vor dem SCR-Katalysator (4) des ersten SCR-Systems (11) eine erste Betriebsstoffmenge eindosiert wird oder eindosierbar ist,
 - wobei zur Stickstoffoxidreduktion der im zu reinigenden Abgas enthaltenen Stickoxide vor dem SCR-Katalysator (4) des zweiten SCR-Systems (12) eine zweite Betriebsstoffmenge eindosiert wird oder eindosierbar ist,
 - und wobei der Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist,dadurch gekennzeichnet,
 - dass der Beladungszustand, insbesondere die Rußbeladung, des Partikelfilters (9) mit einem Modell, insbesondere mit einem kinetischen Modell, bestimmt wird,
 - dass, wenn der bestimmte Beladungszustand unterhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs (16) liegt, die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im ersten SCR-System (11) erforderlich ist,
 - und dass, wenn der bestimmte Beladungszustand oberhalb eines vorab definierten Beladungsbereichs (16) liegt, die erste Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel kleiner der Menge an

- Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im ersten SCR-System (11) erforderlich ist,
- und dass die erste und zweite Betriebsstoffmenge unverändert beibehalten wird, wenn der bestimmte Beladungszustand innerhalb des vorab definierten Beladungsbereichs (16) liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
- dass die zweite Betriebsstoffmenge verringert wird, wenn die erste Betriebsstoffmenge erhöht wird,
 - und/oder dass die zweite Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im zweiten SCR-System (12) erforderlich ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
- dass die zweite Betriebsstoffmenge erhöht wird, wenn die erste Betriebsstoffmenge verringert wird,
 - und/oder dass die zweite Betriebsstoffmenge derart eingestellt wird, dass die Menge an Reduktionsmittel größer oder gleich der Menge an Reduktionsmittel ist, die zur im Wesentlichen vollständigen Stickoxidreduktion gemäß der Reaktionsstöchiometrie im zweiten SCR-System (12) erforderlich ist.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- dass der Partikelfilter (9) ein Dieselpartikelfilter oder ein SCR-beschichteter Dieselpartikelfilter (3) ist oder der Partikelfilter (9) einen Dieselpartikelfilter oder einen SCR-beschichteten Dieselpartikelfilter (3) umfasst,
 - und/oder dass die Verbrennungskraftmaschine (7) ein Dieselmotor ist.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des Partikelfilters (9) zusätzlich zum realen Betrieb in einem Modell, insbesondere in einem kinetischen Modell, berechnet werden, wobei das Modell insbesondere

einer mathematischen Abbildung des physikalischen Modells des verwendeten Partikelfilters (9) entspricht.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - dass die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas vor dem ersten SCR-System (11), insbesondere vor dem SCR-Katalysator (4) des ersten SCR-Systems (11), mit einem Sensor und/oder aus einem Motorkennfeld bestimmt oder berechnet werden,
 - und/oder dass die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas vor dem ersten SCR-System (11), insbesondere vor dem SCR-Katalysator (4) des ersten SCR-Systems (11), mit einem Modell, insbesondere einem kinetischen Modell, bestimmt oder berechnet werden, wobei mit dem Modell die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen und/oder Vorgänge des Ottomotors zusätzlich zum realen Betrieb berechnet werden, und wobei das Modell insbesondere einer mathematischen Abbildung des physikalischen Modells der verwendeten Verbrennungskraftmaschine (7) entspricht.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - dass die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas vor dem zweiten SCR-System (12), insbesondere dem SCR-Katalysator (4) des zweiten SCR-Systems (12), mit einem Sensor bestimmt oder berechnet werden,
 - und/oder dass die Menge an Stickoxiden im zu reinigenden Abgas vor dem zweiten SCR-System (12), insbesondere vor dem SCR-Katalysator (4) des zweiten SCR-Systems (12), mit Modellen, insbesondere kinetischen Modellen, bestimmt oder berechnet werden, wobei mit den Modellen die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des ersten SCR-Systems(11), insbesondere des SCR-Katalysators (4), und des Partikelfilters (9) zusätzlich zum realen Betrieb berechnet werden, wobei das kinetische Modell insbesondere einer mathematischen Abbildung der physikalischen Modelle entspricht.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- dass das erste SCR-System (11) einen SCR-Katalysator (4), einen SCR-beschichteten Dieselpartikelfilter (3) und/oder einen Ammoniakschlupfkatalysator (5) umfasst,
 - und dass das erste SCR-System (11) einen ersten Katalysator und gegebenenfalls einen nach dem ersten Katalysator angeordneten zweiten Katalysator umfasst,
 - wobei der erste Katalysator der SDPF (3) und gegebenenfalls der zweite Katalysator der SCR-Katalysator (4) ist,
 - oder wobei der erste Katalysator der SCR-Katalysator (4) und gegebenenfalls der zweite Katalysator der SDPF (3) ist,
 - oder wobei der erste Katalysator der SCR-Katalysator (4) und gegebenenfalls der zweite Katalysator der ASC (5) ist.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- dass das Abgas zuerst einen SDPF (3) des ersten SCR-Systems (11) und dann gegebenenfalls einen SCR-Katalysator (4) des ersten SCR-Systems (11) durchströmt,
 - oder dass das Abgas zuerst einen SCR-Katalysator (4) des ersten SCR-Systems (11) und dann gegebenenfalls einen SDPF (3) des ersten SCR-Systems (11) durchströmt,
 - oder dass das Abgas zuerst einen SCR-Katalysator (4) des ersten SCR-Systems (11) und dann gegebenenfalls einen ASC (5) des ersten SCR-Systems (11) durchströmt.
10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- dass das zweite SCR-System (12) einen SCR-Katalysator (4) und gegebenenfalls einen ASC (5) umfasst,
 - und dass der SCR-Katalysator (4) vor dem ASC (5) angeordnet ist.

11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - dass das Abgas zuerst einen SCR-Katalysator (4) des zweiten SCR-Systems (12) und dann gegebenenfalls einen ASC (5) des zweiten SCR-Systems (12) durchströmt.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - dass vor dem ersten SCR-System (11) ein Dieseloxydationskatalysator (1) vorgesehen ist,
 - und/oder dass zwischen dem ersten SCR-System (11) und dem zweiten SCR-System (12) ein oder ein weiterer Dieseloxydationskatalysator (1, 13) vorgesehen ist,
 - und/oder dass zwischen dem ersten SCR-System (11) und dem Partikelfilter (9) ein oder ein weiterer Dieseloxydationskatalysator (1, 13) vorgesehen ist.

13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - dass das Abgas nach dem Austritt aus der Verbrennungskraftmaschine (7) zuerst einen Dieseloxydationskatalysator (1) durchströmt,
 - und/oder dass das Abgas nach dem Austritt aus dem ersten SCR-System (11) und vor dem Eintritt in das zweite SCR-System (12) durch einen oder einen weiteren Dieseloxydationskatalysator (1, 13) strömt,
 - und/oder dass das Abgas nach dem Austritt aus dem ersten SCR-System (11) und vor dem Eintritt in den Partikelfilter (9) durch einen oder einen weiteren Dieseloxydationskatalysator (1, 13) strömt.

14. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - dass die erste Betriebsstoffmenge über eine erste Dosiervorrichtung (2) eindosiert wird oder eindosierbar ist,

wobei die erste Dosiervorrichtung vor dem ersten SCR-System (11), insbesondere vor dem SCR-Katalysator (4) des ersten SCR-Systems (11), angeordnet ist,

- und/oder dass die zweite Betriebsstoffmenge über eine zweite Dosiervorrichtung (6) eindosiert wird oder eindosierbar ist, wobei die zweite Dosiervorrichtung (6) vor dem zweiten SCR-System (12), insbesondere vor dem SCR-Katalysator (4) des zweiten SCR-Systems (12), angeordnet ist.

15. Anordnung,

- wobei die Anordnung eine Verbrennungskraftmaschine (7) und eine Abgasnachbehandlungsanlage (8) umfasst,
- wobei die Abgasnachbehandlungsanlage (8) mindestens zwei SCR-Systeme (11, 12) und einen Partikelfilter (9) umfasst,

dadurch gekennzeichnet,

- dass die Anordnung ein Steuergerät zur Ausführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 14 umfasst.

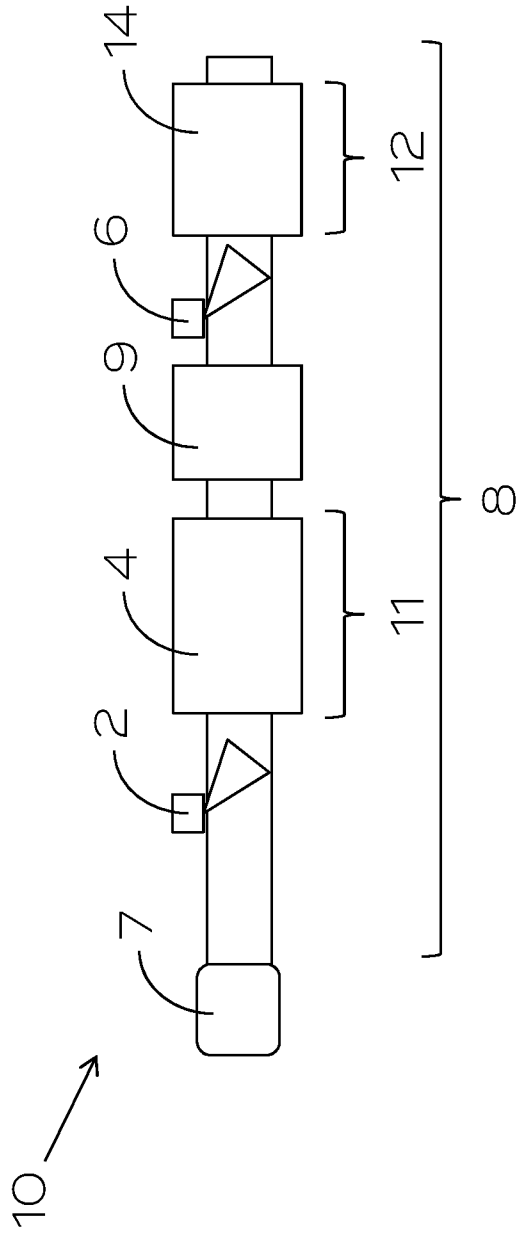


Fig. 1

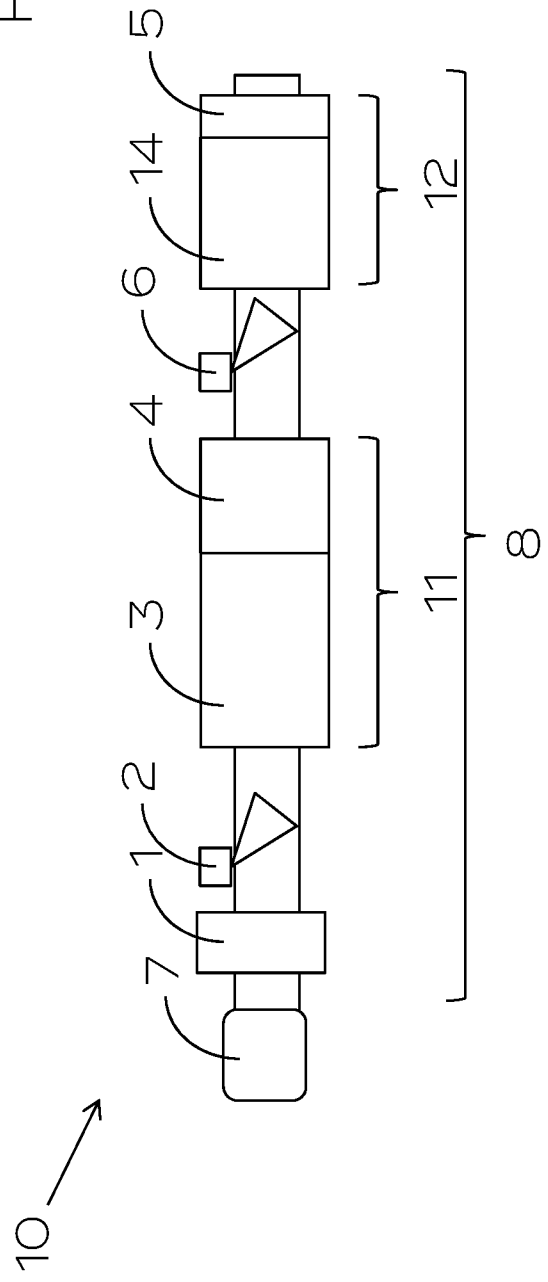
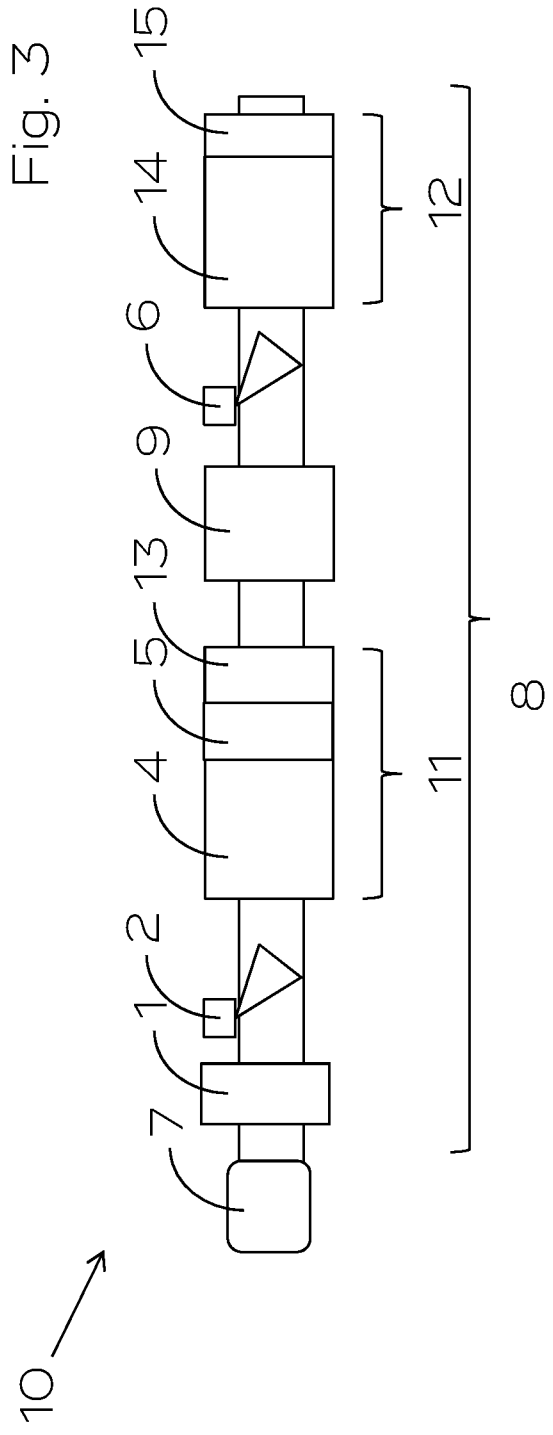
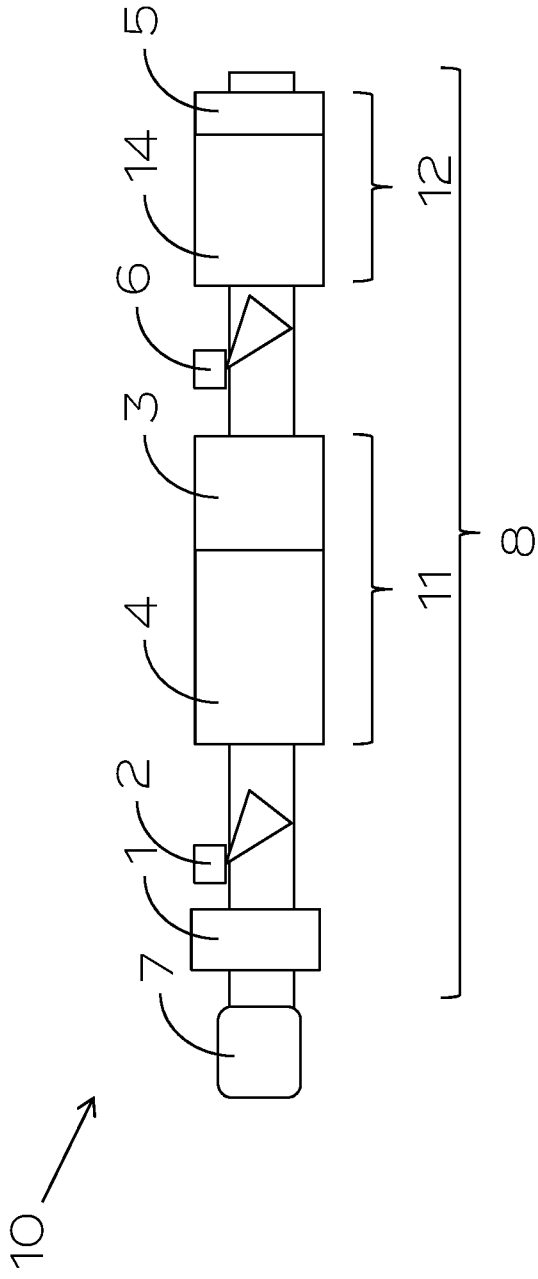


Fig. 2



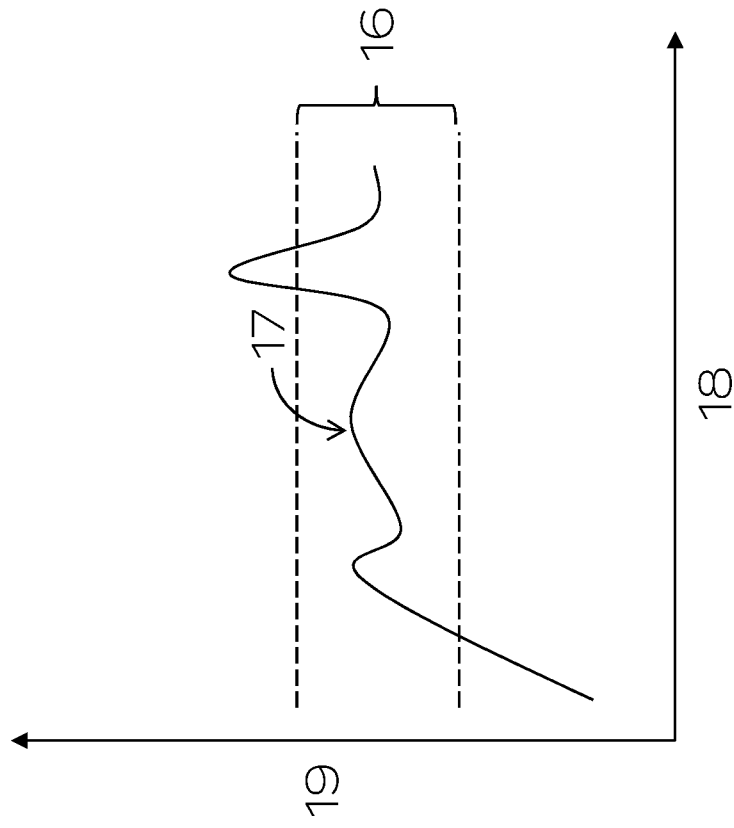


Fig. 5