

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50526/2018
(22) Anmeldetag: 26.06.2018
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2022

(51) Int. Cl.: **F01N 3/20** (2006.01)
F01N 11/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102014208095 A1
EP 1657415 A2

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

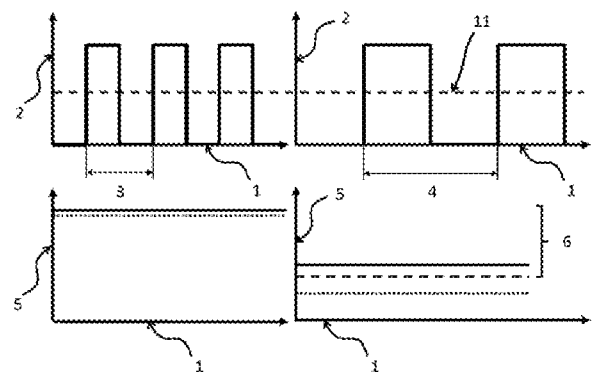
(72) Erfinder:
Brier Bernd Dr.techn.
2345 Brunn am Gebirge (AT)

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

(54) SCR Diagnose mittels Dosierfrequenzvariation

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Verbrennungskraftmaschine zur Funktionsüberprüfung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine, wobei im bestimmungsgemäßen Betrieb ein Betriebsstoffmassenstrom (2) mit einer Normaldosierfrequenz (3) vor einem SCR-Katalysator (8) des SCR-Systems eindosiert wird, wobei der als Betriebsstoffmassenstrom (2) eindosierte Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist, wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in dem SCR-Katalysator gespeichert wird, wobei zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators (8) die Dosierfrequenz gegenüber der Normaldosierfrequenz (3) bei im Wesentlichen unverändertem Betriebsstoffmassenstrom (2) verändert wird, wobei, während die Dosierfrequenz verändert ist, mindestens eine auf die Funktion des SCR-Katalysators (8) Rückschlüsse erlaubende Messgröße gemessen oder aufgenommen wird, wobei mittels der mindestens einen Messgröße ein Prüfwert (5) bestimmt oder errechnet wird, wobei der SCR-Katalysator (8) als nicht funktionstüchtig definiert wird, wenn der Prüfwert (5) außerhalb eines bestimmten Wertebereichs (6) liegt, und wobei gegebenenfalls die Statusinformation

zur Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage ausgegeben und/oder gespeichert wird, wobei der Prüfwert (5) durch zeitliche Mittelung der Messgröße errechnet wird, wobei die Mittelung über eine Tiefpassfilterung oder über eine Integration des Messgrößenverlaufs erfolgt.



Beschreibung

VERFAHREN ZUR FUNKTIONSÜBERPRÜFUNG EINES SCR-SYSTEMS MITTELS DOSIERFREQUENZVARIATION

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Verbrennungskraftmaschine gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Verfahren zur Funktionsüberprüfung eines SCR-Systems bekannt. Beispielsweise sind Verfahren bekannt, bei denen ein SCR-Katalysator zuerst vollständig mit Ammoniak beladen und anschließend die SCR-Speicherkapazität und somit die Funktionstüchtigkeit des SCR-Katalysators durch eine vollständige Entleerung ermittelt wird.

[0003] Überdies sind Verfahren bekannt, bei denen in einen vollständig entleerten SCR-Katalysator so lange Harnstoff eindosiert wird, bis ein Ammoniak-Schlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird - also der SCR-Katalysator vollständig beladen ist. Dadurch können über eine Massenbilanz die SCR-Speicherkapazität und somit die Funktionstüchtigkeit des SCR-Katalysators ermittelt werden.

[0004] Verfahren zur Funktionsüberprüfung eines SCR-Systems sind weiter aus der DE 102014208095 A1 und der EP 1657415 A2 bekannt.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Verbrennungskraftmaschine zu schaffen, mit denen die Funktionstüchtigkeit einer Abgasnachbehandlungsanlage schnell und zuverlässig überprüft werden kann. Überdies ist es insbesondere Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Verbrennungskraftmaschine zu schaffen, mit denen das SCR-System während des bestimmungsgemäßen Betriebs der Verbrennungskraftmaschine überprüft werden kann, ohne dabei die Emissionen während der Überprüfung maßgeblich erhöhen zu müssen.

[0006] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird insbesondere durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst.

[0007] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsüberprüfung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine, wobei im bestimmungsgemäßen Betrieb ein Betriebsstoffmassenstrom mit einer Normaldosierfrequenz vor einem SCR-Katalysator des SCR-Systems eindosiert wird,

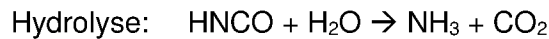
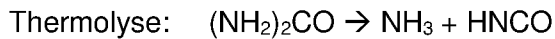
wobei der als Betriebsstoffmassenstrom eindosierte Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist, und wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in dem SCR-Katalysator gespeichert wird.

[0008] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators die Dosierfrequenz gegenüber der Normaldosierfrequenz bei im Wesentlichen unverändertem Betriebsstoffmassenstrom verändert wird, dass, während die Dosierfrequenz verändert ist, mindestens eine auf die Funktion des SCR-Katalysators Rückschlüsse erlaubende Messgröße gemessen oder aufgenommen wird, und dass mittels der mindestens einen Messgröße ein Prüfwert bestimmt oder errechnet wird, dass der SCR-Katalysator als nicht funktionstüchtig definiert wird, wenn der Prüfwert außerhalb eines bestimmten Wertebereichs liegt, und dass gegebenenfalls die Statusinformation zur Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage ausgegeben und/oder gespeichert wird.

[0009] Erfindungsgemäß ist weiter vorgesehen, dass der Prüfwert durch zeitliche Mittelung der Messgröße errechnet wird, wobei die Mittelung über eine Tiefpassfilterung oder über eine Integration des Messgrößenverlaufs erfolgt.

[0010] Die Verbrennungskraftmaschine kann bevorzugt ein Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeugs sein.

[0011] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass im bestimmungsgemäßen Betrieb ein zur selektiven katalytischen Reduktion geeigneter Betriebsstoff, wie insbesondere ein harnstoffhaltiges Gemisch, eine Harnstofflösung oder AdBlue®, vor dem SCR-Katalysator eindosiert wird. Der Betriebsstoff kann ein Reduktionsmittel, wie insbesondere Ammoniak NH_3 , enthalten oder in ein Reduktionsmittel, wie insbesondere NH_3 , 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 NH_3 , umgewandelt wird:



[0012] In einem ersten Schritt kann bei der Thermolyse-Reaktion der Harnstoff $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ in Ammoniak NH_3 und Isocyanäure HNCO umgewandelt werden. In einem zweiten Schritt kann bei der Hydrolyse-Reaktion die Isocyanäure HNCO mit Wasser H_2O in Ammoniak NH_3 und Kohlendioxid CO_2 umgewandelt werden.

[0013] Das Reduktionsmittel, insbesondere NH_3 , ist gegebenenfalls zumindest temporär im SCR-Katalysator speicherbar und/oder gespeichert. Gegebenenfalls lagert sich der Ammoniak an den aktiven Zentren des SCR-Katalysators an. Das zumindest temporär gespeicherte Reduktionsmittel, insbesondere der Ammoniak NH_3 , kann anschließend Stickoxide NO_x , wie insbesondere Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO_2 , reduzieren.

[0014] Die Dosierung des Betriebsstoffes kann über eine Dosiervorrichtung, wie insbesondere über einen Injektor oder über eine Einspritzdüse, erfolgen.

[0015] Es ist bevorzugt vorgesehen, dass im bestimmungsgemäßen Betrieb der Betriebsstoff durch eine sogenannte gepulste Dosierung vor dem SCR-Katalysator in die Abgasnachbehandlungsanlage eingebracht wird. Bei einer gepulsten Dosierung wird die Dosiervorrichtung, insbesondere der Injektor oder die Einspritzdüse, mit einer vorbestimmten Normaldosierfrequenz abwechselnd geöffnet und geschlossen. Durch die Variation des Verhältnisses von offener zu geschlossener Dosiervorrichtung kann der mittlere Betriebsstoffmassenstrom eingestellt werden.

[0016] Es kann bevorzugt vorgesehen sein, dass im bestimmungsgemäßen Betrieb der mittlere Betriebsmassenstrom und gegebenenfalls die Normaldosierfrequenz in Abhängigkeit des Betriebszustandes des Motors der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere der Drehzahl und/oder des Drehmoments, und/oder der NO_x -Emissionen der Verbrennungskraftmaschine eingestellt wird oder werden. Bei der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens werden jedoch ein konstanter Betriebsmassenstrom und eine konstante Normaldosierfrequenz im bestimmungsgemäßen Betrieb bevorzugt.

[0017] Zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators ist vorgesehen, die Dosierfrequenz gegenüber der Normaldosierfrequenz bei im Wesentlichen unverändertem Betriebsstoffmassenstrom zu verändern. Das heißt, dass bei der Funktionsüberprüfung im Wesentlichen der gleiche Betriebsstoffmassenstrom vor dem SCR-Katalysator in die Abgasnachbehandlungsanlage mit einer gegenüber der Normaldosierfrequenz veränderten Dosierfrequenz eingebracht wird. Beispielsweise kann die Dosiervorrichtung bei einer gegenüber der Normaldosierfrequenz verringerten Dosierfrequenz länger geöffnet und länger geschlossen sein.

[0018] Es ist vorgesehen, dass, während die Dosierfrequenz verändert ist, mindestens eine auf die Funktion des SCR-Katalysators Rückschlüsse erlaubende Messgröße gemessen oder aufgenommen wird. Ferner kann durch die gemessene oder aufgenommene Messgröße ein Prüfwert bestimmt oder berechnet werden. Vorzugsweise ist vorgesehen, dass der Prüfwert Rückschlüsse auf den Alterungszustand des SCR-Katalysators, insbesondere auf dessen Wirkungsgrad oder dessen Speicherkapazität, erlaubt und somit zur Beurteilung der Funktionstüchtigkeit des SCR-Katalysators herangezogen werden kann.

[0019] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Prüfwert der mindestens einen Messgröße entspricht, welche gemessenen oder aufgenommenen wurde, während die Dosierfrequenz verän-

dert war.

[0020] Insbesondere wurde festgestellt, dass bei der Normaldosierfrequenz zwischen einem funktionstüchtigen und einem nicht funktionstüchtigen SCR-Katalysator im Wesentlichen kein Unterschied detektierbar ist. Beispielsweise ist der Unterschied des Wirkungsgrads oder des auftretenden NH_3 -Schlupfs eines funktionstüchtigen und eines nicht funktionstüchtigen SCR-Katalysator bei der Normaldosierfrequenz mit den in einer herkömmlichen Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine vorgesehenen Messeinrichtungen nicht oder nur mit erhöhtem Aufwand zu erfassen.

[0021] Bei einer gezielten Veränderung, insbesondere bei einer gezielten Verringerung, der Dosierfrequenz kann es hingegen möglich sein, die Unterschiede zwischen einem funktionstüchtigen und einem nicht funktionstüchtigen SCR-Katalysator zu detektieren. Überdies wurde festgestellt, dass der Unterschied im Wirkungsgrad und im NH_3 -Schlupf bei der verringerten Dosierfrequenz umso ausgeprägter ist, je geringer die Speicherkapazität des SCR-Katalysators ist, also beispielsweise je älter der SCR-Katalysator ist. Mit anderen Worten kann durch eine Veränderung der Dosierfrequenz, insbesondere eine Verringerung der Dosierfrequenz, einfacher zwischen einem funktionstüchtigen und einem nicht funktionstüchtigen SCR-Katalysator unterschieden werden.

[0022] Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Verfahrensschritte des Verfahrens, wie zuvor beschrieben, aufeinander folgen. Das heißt gegebenenfalls, dass zuerst die Dosierfrequenz gegenüber der Normaldosierfrequenz verändert und anschließend, während die Dosierfrequenz verändert ist, mindestens eine Messgröße gemessen oder aufgenommen wird. Anschließend oder gleichzeitig kann aus der Messgröße ein Prüfwert errechnet oder bestimmt werden. Dann kann überprüft werden, ob der Prüfwert außerhalb oder innerhalb eines bestimmten Wertebereichs liegt. Dadurch kann festgelegt werden, ob der SCR-Katalysator als funktionstüchtig oder als nicht funktionstüchtig definiert wird.

[0023] In allen Ausführungsformen ist bevorzugt vorgesehen, dass das erfindungsgemäße Verfahren automatisiert, insbesondere durch ein Steuergerät des Kraftfahrzeugs gesteuert und/oder geregelt ausgeführt wird.

[0024] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einem im Wesentlichen gleichen Betriebsstoffmassenstrom ein Betriebsstoffmassenstrom verstanden, welcher maximal um maximal 20 Massenprozent, vorzugsweise um maximal 5 Massenprozent vom jenem Betriebsstoffmassenstrom abweicht, der mit der Normaldosierfrequenz eindosiert wird.

[0025] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Normaldosierfrequenz in einem Bereich zwischen 0.5 Hz und 10 Hz, insbesondere in einem Bereich zwischen 1 Hz und 5 Hz liegt und vorzugsweise 1 Hz beträgt.

[0026] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Dosierfrequenz für eine Zeitdauer zwischen 1 Sekunde und 60 Sekunden, insbesondere eine Zeitdauer zwischen 5 und 20 Sekunden, vorzugsweise für eine Zeitdauer zwischen 5 und 10 Sekunden verändert wird, um die Messgrößen für die Bestimmung des Prüfwerts aufzunehmen oder zu messen. Die Zeitdauer, für welche die Dosierfrequenz verändert wird, kann von dem Betriebszustand des Motors der Verbrennungskraftmaschine und insbesondere von der Temperatur des SCR-Katalysators abhängig sein. Je höher die Temperatur des SCR-Katalysators ist, umso kürzer kann die Zeitdauer sein, für welche die Dosierfrequenz verändert wird.

[0027] Dadurch kann es möglich sein, dass die Schadstoffemissionen, insbesondere die NO_x - und/oder die NH_3 -Emissionen, während der Durchführung des Verfahrens, insbesondere während der Funktionsüberprüfung des SCR-Systems, nur geringfügig erhöht werden.

[0028] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Dosierfrequenz zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators um einen Dosierfrequenz-Änderungswert verändert wird, dass durch den Dosierfrequenz-Änderungswert die Richtung und der Betrag der Dosierfrequenzänderung zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators gegenüber der Normaldosierfrequenz definiert ist, dass

der Dosierfrequenz-Änderungswert im Zuge einer Kalibrierung des SCR-Systems festgelegt wird und abhängig von den Betriebsbedingungen ist, wobei die Betriebsbedingungen Betriebsparameter wie die Drehzahl des Motors der Verbrennungskraftmaschine, und/oder das Drehmoment des Motors der Verbrennungskraftmaschine und/oder die Temperatur des SCR-Katalysators und/oder den Abgasmassenstrom und/oder den Betriebsstoffmassenstrom umfassen.

[0029] Durch den Dosierfrequenz-Änderungswert können die Richtung und der Betrag der Frequenzänderung definiert sein. Mit anderen Worten kann durch den Dosierfrequenz-Änderungswert festgelegt sein, um welchen Betrag die Dosierfrequenz zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators erhöht oder verringert wird.

[0030] Gegebenenfalls kann vorgesehen sein, dass die Dosierfrequenz zur Funktionsüberprüfung gegenüber der Normaldosierfrequenz um einen Faktor im Bereich zwischen 0,1 und 10 verändert, insbesondere um einen Faktor 0,5 verringert wird. Beispielsweise ist vorgesehen, dass die Dosierfrequenz zur Funktionsüberprüfung eine Frequenz aufweist, welche der halben Normaldosierfrequenz entspricht. Wenn beispielsweise die Normaldosierfrequenz 1 Hz beträgt kann die Dosierfrequenz zur Funktionsüberprüfung 0,5 Hz betragen.

[0031] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Dosierfrequenz zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators gegenüber der Normaldosierfrequenz bei im Wesentlichen unverändertem Betriebsstoffmassenstrom verringert wird.

[0032] Dadurch kann es möglich sein, bei der Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators die Öffnungs- und Schließdauer der Dosiervorrichtung gegenüber der Öffnungs- und Schließdauer der Dosiervorrichtung bei der Normaldosierfrequenz zu verlängern. Dadurch wird im Wesentlichen der gleiche Betriebsstoffmassenstrom mit einer gegenüber der Normaldosierfrequenz verringerten Dosierfrequenz vor dem SCR-Katalysator in die Abgasnachbehandlungsanlage eingebracht. Bevorzugt wird auch die veränderte und insbesondere verringerte Dosierfrequenz bei der Messung konstant gehalten.

[0033] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Prüfwert aus mindestens einer Messgröße, wie insbesondere die nach dem SCR-Katalysator gemessene NO_x-Konzentration und/oder die nach dem SCR-Katalysator gemessene NH₃-Konzentration und/oder die NO_x-Umsatzrate des SCR-Katalysators, errechnet oder bestimmt wird.

[0034] Die mindestens eine Messgröße kann durch beliebige Sensoren, insbesondere durch mindestens einen NO_x- und/oder NH₃-Sensor, bestimmt werden. Die Sensoren können vor und/oder nach dem SCR-System, insbesondere vor und/oder nach dem SCR-Katalysator, vorgesehen sein.

[0035] Vorzugsweise ist vorgesehen, dass zur Aufnahme der Messgröße mindestens ein Sensor, insbesondere ein NO_x- und/oder NH₃-Sensor, nach dem SCR-Katalysator und insbesondere nach der Dosiervorrichtung angeordnet ist.

[0036] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einem SCR-Katalysator ein sogenannter SCR-Brick, mehrere, insbesondere hintereinander angeordnete, sogenannte SCR-Bricks, mindestens ein zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden eingerichteter Katalysator oder ein zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden eingerichteter Katalysator und ein nachfolgender Ammoniakschlupf-Katalysator verstanden.

[0037] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Wertebereich im Zuge einer Kalibrierung des SCR-Systems festgelegt wird.

[0038] Im Rahmen der Kalibrierung kann festgelegt werden, bei welcher Dosierfrequenz ein nicht funktionstüchtiger SCR-Katalysator welchen Prüfwert aufweisen muss, um als nicht funktionstüchtig zu gelten. Mit anderen Worten kann im Rahmen der Kalibrierung der Wertebereich festgelegt werden, in welchem der Prüfwert liegen muss, damit der SCR-Katalysator als nicht funktionstüchtig gilt.

[0039] Beispielsweise kann aber auch vorgesehen sein, dass im Rahmen der Kalibrierung der Wertebereich festgelegt wird, in welchem der Prüfwert liegen muss, damit der SCR-Katalysator

als funktionstüchtig gilt.

[0040] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass bei der Normaldosierfrequenz ein zum Prüfwert analoger Normalwert errechnet oder bestimmt wird und dass der Wertebereich vom Normalwert abhängig ist.

[0041] Insbesondere ist vorgesehen, dass der Wertebereich durch eine Abweichung um einen vorbestimmten Faktor, insbesondere durch eine Abweichung um einen vorbestimmten Prozentsatz, vom Normalwert definiert ist. Mit anderen Worten wird der SCR-Katalysator als nicht funktionstüchtig definiert, wenn die Prüfwerte um mehr als einen vorbestimmten Faktor, insbesondere um einen vorbestimmten Prozentsatz, vom Normalwert abweichen.

[0042] Der vorbestimmte Faktor, insbesondere der vorbestimmte Prozentsatz, kann im Rahmen der Kalibrierung festgelegt werden.

[0043] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Ergebnis der Funktionsüberprüfung als gültig definiert wird, wenn die Betriebsbedingungen während der Messung oder Aufnahme der Messgrößen zur Errechnung oder Bestimmung des Prüfwerts und gegebenenfalls zur Errechnung oder Bestimmung des Normalwerts konstant sind oder zumindest innerhalb einer vorbestimmten Schwankungsbreite liegen, wobei die Betriebsbedingungen Betriebsparameter wie die Drehzahl des Motors der Verbrennungskraftmaschine, und/oder das Drehmoment des Motors der Verbrennungskraftmaschine und/oder die Temperatur des SCR-Katalysators und/oder den Abgasmassenstrom und/oder den Betriebsstoffmassenstrom umfassen.

[0044] Es kann vorgesehen sein, dass sich die Betriebsbedingungen während der Messung oder Aufnahme der Messgrößen zur Errechnung oder Bestimmung des Prüfwerts und gegebenenfalls zur Errechnung oder Bestimmung des Normalwerts um maximal einen vorbestimmten Prozentsatz verändern dürfen, damit das Ergebnis der Funktionsüberprüfung als gültig definiert wird. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass sich die Betriebsbedingungen für ein gültiges Ergebnis der Funktionsüberprüfung um maximal 20 %, vorzugsweise um maximal 5 %, verändern dürfen.

[0045] Der vorbestimmte Prozentsatz kann im Rahmen der Kalibrierung festgelegt werden.

[0046] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Betriebsbedingungen, insbesondere der Betriebsstoffmassenstrom, während der Messung oder Aufnahme der Messgrößen zur Errechnung oder Bestimmung des Prüfwerts und gegebenenfalls zur Errechnung oder Bestimmung des Normalwerts konstant gehalten werden.

[0047] Es kann vorgesehen sein, dass während der Messung oder Aufnahme der Messgrößen die Betriebsbedingungen, insbesondere der Betriebsstoffmassenstrom, vom Steuergerät der Verbrennungskraftmaschine konstant gehalten werden.

[0048] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Normaldosierfrequenz im Zuge einer Kalibrierung des SCR-Systems festgelegt wird und abhängig von den Betriebsbedingungen ist, wobei die Betriebsbedingungen Betriebsparameter wie die Drehzahl des Motors der Verbrennungskraftmaschine, und/oder das Drehmoment des Motors der Verbrennungskraftmaschine und/oder die Temperatur des SCR-Katalysators und/oder den Abgasmassenstrom und/oder den Betriebsstoffmassenstrom umfassen.

[0049] Die Normaldosierfrequenz kann im Rahmen der Kalibrierung festgelegt werden und sie kann von den Betriebsbedingungen abhängig sein. Beispielsweise kann der Betriebsstoffmassenstrom bis zu einer bestimmten Temperatur des SCR-Katalysators mit einer ersten Normaldosierfrequenz und über dieser bestimmten Temperatur mit einer zweiten Normaldosierfrequenz eindosiert werden.

[0050] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Statusinformation zur Funktion der Abgasnachbehandlungsanlage, insbesondere des SCR-Systems, mittels einer MIL-Lampe „Malfunction Indicator Light - Motorkontrollleuchte“ eines Fahrzeuges ausgegeben wird, wodurch der Fahrer über den Status der Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage informiert wird.

[0051] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Verfahren automatisiert, insbesondere in einem

Steuergerät eines Kraftfahrzeugs und/oder durch ein Steuergerät eines Kraftfahrzeugs gesteuert und/oder geregelt, ausgeführt wird.

[0052] Insbesondere betrifft die Erfindung eine Verbrennungskraftmaschine, welche zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist.

[0053] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen DOC-Katalysator, einen SCR-Katalysator, also einen zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden eingerichteten Katalysator, und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem DOC-Katalysator, einem SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

[0054] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen DOC-Katalysator, einen DPF-Katalysator, einen SCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem DOC-Katalysator, einem DPF-Katalysator, einem SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

[0055] 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.

[0056] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen SCR-Katalysator, einen DOC-Katalysator, einen DPF-Katalysator, einen SCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem SCR-Katalysator, einem DOC-Katalysator, einem DPF-Katalysator, einem SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

[0057] 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.

[0058] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen DPF-Katalysator, einen SCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst, oder dass die Abgasnachbehandlungsanlage aus einem DPF-Katalysator, einem SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

[0059] 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.

[0060] 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.

[0061] 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.

[0062] 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.

[0063] 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.

[0064] 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.

[0065] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage anstelle des DOC-Katalysators und/oder anstelle des LNT-Katalysators einen „Passive NOx Adsorber“ PNA umfasst.

[0066] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage zusätzlich zu den oben genannten Katalysatoren einen „Passive NOx Adsorber“ PNA umfasst.

[0067] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage zusätzlich zu den oben genannten Katalysatoren einen „Pre-Turbine-Catalyst“ PTC umfasst.

[0068] 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.

[0069] Unter einem SCR-Katalysator kann im Rahmen der vorliegenden Offenbarung ein sDPF-Katalysator, ein SCR-Katalysator und/oder ein ASC-Katalysator verstanden werden.

[0070] Weitere erfindungsgemäße Merkmale ergeben sich gegebenenfalls aus den Ansprüchen, der Beschreibung der Ausführungsbeispiele und den Figuren.

[0071] Die Erfindung wird nun am Beispiel exemplarischer, nicht ausschließlicher und/oder nicht einschränkender Ausführungsbeispiele weiter erläutert.

[0072] Fig. 1 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Verbrennungskraftmaschine und

[0073] Fig. 2 zeigt eine schematische grafische Darstellung von Diagrammen zur Erläuterung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0074] Wenn nicht anders angegeben, so entsprechen die Bezugszeichen folgenden Komponenten:

[0075] Zeit 1, Betriebsstoffmassenstrom 2, Normaldosierfrequenz 3, Funktionsüberprüfung-Dosierfrequenz 4, Prüfwert 5, Wertebereich 6, Verbrennungsmotor 7, SCR-Katalysator 8, NOx-Sensor 9, Dosiervorrichtung 10 und mittlerer Betriebsstoffmassenstrom 11.

[0076] Fig. 1 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer ersten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verbrennungskraftmaschine. Die Verbrennungskraftmaschine umfasst gemäß dieser Ausführungsform einen Verbrennungsmotor 7 und eine Abgasnachbehandlungsanlage mit einem SCR-Katalysator 8.

[0077] In der Abgasnachbehandlungsanlage ist ferner eine Dosiervorrichtung 10 zur Eindosierung eines Betriebsstoffes vor dem SCR-Katalysator 8 vorgesehen. Überdies sind NOx-Sensoren 9 vor und nach dem SCR-Katalysator 8 in der Abgasnachbehandlungsanlage angeordnet.

[0078] Im bestimmungsgemäßen Betrieb wird vor dem SCR-Katalysator 8 ein Betriebsstoffmassenstrom 2 mit einer Normaldosierfrequenz 3 eindosiert. In den Figuren sind die Normaldosierfrequenz 3 und die Dosierfrequenz 4 als Periodendauer dargestellt. Insbesondere entspricht die dargestellte Periodendauer dem Kehrwert der jeweiligen Frequenz 3, 4.

[0079] Beispielsweise kann in einer weiteren Ausführungsform, die Variation des Verhältnisses von offener zu geschlossener Dosiervorrichtung 10 auch nicht symmetrisch sein. Das heißt, dass gegebenenfalls die Dosiervorrichtung 10 für eine längere Zeitdauer geöffnet ist als sie geschlos-

sen ist oder dass die Dosiervorrichtung 10 für eine längere Zeitdauer geschlossen ist als sie geöffnet ist.

[0080] Zur Funktionsüberprüfung des SCR-Systems wird die Dosierfrequenz gemäß dieser Ausführungsform gegenüber der Normaldosierfrequenz 3, insbesondere um einen Dosierfrequenz-Änderungswert, verringert. Ferner wird während der Funktionsüberprüfung der im Wesentlichen gleiche Betriebsstoffmassenstrom 2, insbesondere mittlere Betriebsstoffmassenstrom 11, mit einer veränderten Dosierfrequenz, einer sogenannten Funktionsüberprüfung-Dosierfrequenz 4, eindosiert. Während die Dosierfrequenz verändert ist, werden auf die Funktion des SCR-Katalysators 8 Rückschlüsse erlaubende Messgröße aufgenommen, mit welchen ein Prüfwert 5 bestimmt oder berechnet wird.

[0081] Beispielsweise kann die Abgasnachbehandlungsanlage noch weitere Katalysatoren, wie insbesondere einen Dieseloxydationskatalysator, einen Dieselpartikelfilter, einen NH₃-Schlupfkatalysator und/oder dergleichen, umfassen.

[0082] Fig. 2 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Funktionsüberprüfung eines SCR-Systems einer Verbrennungskraftmaschine gemäß Fig. 1 anhand von vier verschiedenen Diagrammen. In den beiden oberen Diagrammen ist der Betriebsstoffmassenstrom 2 in Milligramm pro Sekunde über der Zeit 1 in Sekunden und in den beiden unteren Diagrammen ist der Prüfwert 5 über der Zeit 1 aufgetragen.

[0083] Gemäß dieser Ausführungsform ist der Prüfwert 5 die NO_x-Umsatzrate des SCR-Katalysators 8. Die durchgezogene Linie stellt den Prüfwert 5 eines funktionstüchtigen SCR-Katalysators 8 und die punktierte Linie stellt den Prüfwert 5 eines nicht funktionstüchtigen SCR-Katalysators 8 dar.

[0084] Aus den beiden links übereinander angeordneten Diagrammen ist ersichtlich, dass wenn der Betriebsstoffmassenstrom 2 mit der Normaldosierfrequenz 3 eindosiert wird, im Wesentlichen kein Unterschied zwischen dem Prüfwert 5 eines funktionstüchtigen und nicht funktionstüchtigen SCR-Katalysators 8 feststellbar ist. Das heißt, dass mit den in herkömmlichen Abgasnachbehandlungsanlagen vorgesehenen Messeinrichtungen bei der Normaldosierfrequenz 3 kein klarer Unterschied zwischen einem nicht funktionstüchtigen und einem funktionstüchtigen SCR-Katalysator 8 detektierbar ist.

[0085] Aus den beiden rechts übereinander angeordneten Diagrammen ist ersichtlich, dass, wenn der Betriebsstoffmassenstrom 2 mit der Funktionsüberprüfung-Dosierfrequenz 4 eindosiert wird, der Unterschied im Prüfwert 5 zwischen einer funktionstüchtigen und einer nicht funktionstüchtigen SCR-Katalysator 8 gut detektierbar ist.

[0086] Wenn nun der bestimmte oder berechnete Prüfwert 5 innerhalb eines vorbestimmten Wertebereichs 6 liegt, wird der SCR-Katalysator 8 als funktionstüchtig definiert.

[0087] Gemäß dieser Ausführungsform wird eine Statusinformation zur Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage, insbesondere des SCR-Katalysators 8, ausgegeben und/oder gespeichert. Der Fahrer des Kraftfahrzeugs wird gemäß dieser Ausführungsform über eine MIL-Lampe „Malfunction Indicator Light - Motorkontrollleuchte“ des Fahrzeugs über den Status der Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage informiert.

[0088] Die Erfindung beschränkt sich nicht auf die dargestellten Ausführungsformen, sondern umfasst jegliches Verfahren gemäß den nachfolgenden Patentansprüchen und jede Verbrennungskraftmaschine, welche zur Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Funktionsüberprüfung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine,
 - wobei im bestimmungsgemäßen Betrieb ein Betriebsstoffmassenstrom (2) mit einer Normaldosierfrequenz (3) vor einem SCR-Katalysator (8) des SCR-Systems eindosiert wird,
 - wobei der als Betriebsstoffmassenstrom (2) eindosierte Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist,
 - und wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in dem SCR-Katalysator gespeichert wird,
 - wobei zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators (8) die Dosierfrequenz gegenüber der Normaldosierfrequenz (3) bei im Wesentlichen unverändertem Betriebsstoffmassenstrom (2) verändert wird,
 - wobei, während die Dosierfrequenz verändert ist, mindestens eine auf die Funktion des SCR-Katalysators (8) Rückschlüsse erlaubende Messgröße gemessen oder aufgenommen wird,
 - wobei mittels der mindestens einen Messgröße ein Prüfwert (5) bestimmt oder errechnet wird,
 - wobei der SCR-Katalysator (8) als nicht funktionstüchtig definiert wird, wenn der Prüfwert (5) außerhalb eines bestimmten Wertebereichs (6) liegt,
 - und wobei gegebenenfalls die Statusinformation zur Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage ausgegeben und/oder gespeichert wird,
 - **dadurch gekennzeichnet**
 - dass der Prüfwert (5) durch zeitliche Mittelung der Messgröße errechnet wird, wobei die Mittelung über eine Tiefpassfilterung oder über eine Integration des Messgrößenverlaufs erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass die Dosierfrequenz zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators (8) um einen Dosierfrequenz-Änderungswert verändert wird,
 - dass durch den Dosierfrequenz-Änderungswert die Richtung und der Betrag der Dosierfrequenzänderung zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators (8) gegenüber der Normaldosierfrequenz (3) definiert ist,
 - dass der Dosierfrequenz-Änderungswert im Zuge einer Kalibrierung des SCR-Systems festgelegt wird und abhängig von den Betriebsbedingungen ist,
 - wobei die Betriebsbedingungen Betriebsparameter wie
 - o die Drehzahl des Motors der Verbrennungskraftmaschine,
 - o und/oder das Drehmoment des Motors der Verbrennungskraftmaschine,
 - o und/oder die Temperatur des SCR-Katalysators (8),
 - o und/oder den Abgasmassenstrom,
 - o und/oder den Betriebsstoffmassenstrom (2),umfassen.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Dosierfrequenz zur Funktionsüberprüfung des SCR-Katalysators (8) gegenüber der Normaldosierfrequenz (3) bei im Wesentlichen unverändertem Betriebsstoffmassenstrom (2) verringert wird.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Prüfwert (5) aus mindestens einer Messgröße wie insbesondere
 - die nach dem SCR-Katalysator (8) gemessene NO_x-Konzentration,
 - und/oder die nach dem SCR-Katalysator (8) gemessene NH₃-Konzentration,
 - und/oder die NO_x-Umsatzrate des SCR-Katalysators (8), errechnet oder bestimmt wird.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Wertebereich (6) im Zuge einer Kalibrierung des SCR-Systems festgelegt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass bei der Normaldosierfrequenz (3) ein zum Prüfwert (5) analoger Normalwert errechnet oder bestimmt wird,
 - und dass der Wertebereich (6) vom Normalwert abhängig ist.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass das Ergebnis der Funktionsüberprüfung als gültig definiert wird, wenn die Betriebsbedingungen während der Messung oder Aufnahme der Messgrößen zur Errechnung oder Bestimmung des Prüfwerts (5) und gegebenenfalls zur Errechnung oder Bestimmung des Normalwerts konstant sind oder zumindest innerhalb einer vorbestimmten Schwankungsbreite liegen,
 - wobei die Betriebsbedingungen Betriebsparameter wie
 - o die Drehzahl des Motors der Verbrennungskraftmaschine,
 - o und/oder das Drehmoment des Motors der Verbrennungskraftmaschine,
 - o und/oder die Temperatur des SCR-Katalysators (8),
 - o und/oder den Abgasmassenstrom,
 - o und/oder den Betriebsstoffmassenstrom (2),umfassen.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Betriebsbedingungen, insbesondere der Betriebsstoffmassenstrom, während der Messung oder Aufnahme der Messgrößen zur Errechnung oder Bestimmung des Prüfwerts (5) und gegebenenfalls zur Errechnung oder Bestimmung des Normalwerts konstant gehalten werden.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass die Normaldosierfrequenz (3) im Zuge einer Kalibrierung des SCR-Systems festgelegt wird und abhängig von den Betriebsbedingungen ist,
 - wobei die Betriebsbedingungen Betriebsparameter wie
 - o die Drehzahl des Motors der Verbrennungskraftmaschine,
 - o und/oder das Drehmoment des Motors der Verbrennungskraftmaschine,
 - o und/oder die Temperatur des SCR-Katalysators (8),
 - o und/oder den Abgasmassenstrom,
 - o und/oder den Betriebsstoffmassenstrom (2),umfassen.
10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Statusinformation zur Funktion der Abgasnachbehandlungsanlage, insbesondere des SCR-Systems, mittels einer MIL-Lampe „Malfunction Indicator Light - Motorkontrollleuchte“ eines Fahrzeuges ausgegeben wird, wodurch der Fahrer über den Status der Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage informiert wird.
11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Verfahren automatisiert, insbesondere in einem Steuergerät eines Kraftfahrzeugs und/oder durch ein Steuergerät eines Kraftfahrzeugs gesteuert und/oder geregelt, ausgeführt wird.
12. Verbrennungskraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verbrennungskraftmaschine zur Ausführung des Verfahrens gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11 eingerichtet ist.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

1/2

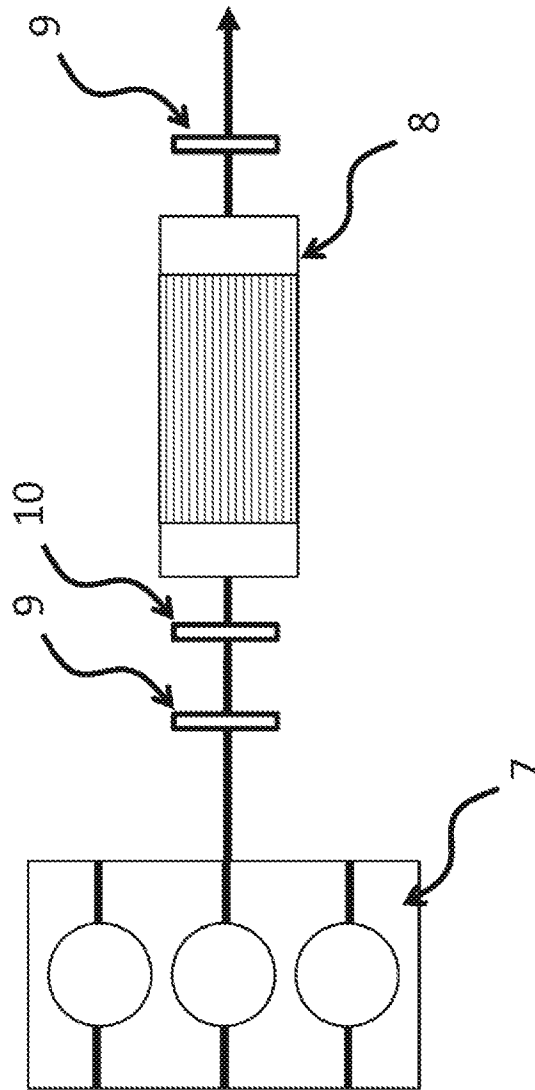


Fig. 1

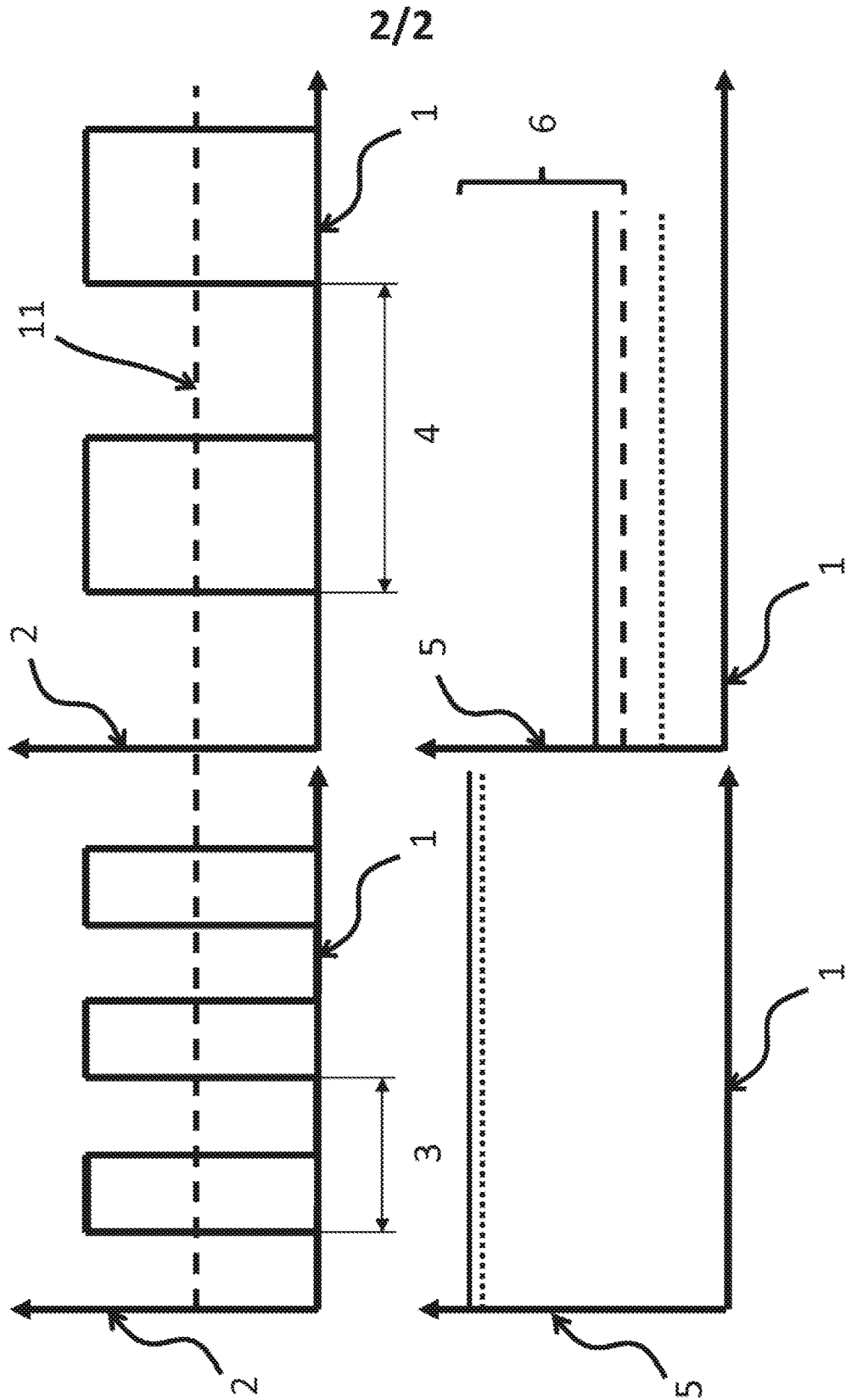


Fig. 2