

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50539/2018
(22) Anmeldetag: 02.07.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.01.2020

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

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102010029740 A1
WO 2011139967 A1
DE 102010026317 A1

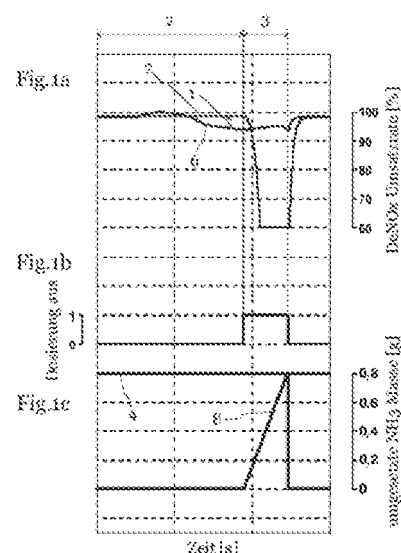
(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Mannsberger Stefan
8010 Graz (AT)
Wabnig Armin
8051 Thal (AT)

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

(54) **Verfahren zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine, wobei bei dem SCR-System im Regelbetriebsmodus (2) ein Betriebsstoff eindosiert wird, wobei der Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist, wobei das Reduktionsmittel in einem SCR-Katalysator des SCR-Systems gespeichert wird, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: Detektion einer Abweichung (1) zwischen der realen Effizienz (6) und einer berechneten oder einer definierten Effizienz (7) des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus (2), Aktivieren eines Diagnosemodus (3), Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr, wobei, wenn die während des Diagnosemodus (3) ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel (8) des SCR-Katalysators einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge (4) entspricht oder eine vorab definierte Reduktionsmittelmenge (4) überschreitet, die Abweichung (1) durch Reduktionsmittel-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) verursacht wurde, und wobei wenn die während des Diagnosemodus (3) ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel (8) des SCR-Katalysators die vorab definierte Reduktionsmittelmenge (4) unterschreitet, die Abweichung (1) durch NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) verursacht wurde.



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine, wobei bei dem SCR-System im Regelbetriebsmodus (2) ein Betriebsstoff eindosiert wird, wobei der Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist, wobei das Reduktionsmittel in einem SCR-Katalysator des SCR-Systems gespeichert wird, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: Detektion einer Abweichung (1) zwischen der realen Effizienz (6) und einer berechneten oder einer definierten Effizienz (7) des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus (2), Aktivieren eines Diagnosemodus (3), Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr, wobei, wenn die während des Diagnosemodus (3) ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel (8) des SCR-Katalysators einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge (4) entspricht oder eine vorab definierte Reduktionsmittelmenge (4) überschreitet, die Abweichung (1) durch Reduktionsmittel-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) verursacht wurde, und wobei wenn die während des Diagnosemodus (3) ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel (8) des SCR-Katalysators die vorab definierte Reduktionsmittelmenge (4) unterschreitet, die Abweichung (1) durch NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) verursacht wurde.

Fig. 1

Verfahren zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs.

Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Verfahren zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine bekannt. Beispielsweise sind Verfahren bekannt, bei denen ein SCR-Katalysator zuerst vollständig mit Ammoniak beladen und anschließend wenigstens ein Kennwert ermittelt wird, mit welchem auf die Speicherkapazität des SCR-Katalysators für Ammoniak NH_3 geschlossen werden kann. Überdies kann bei solchen Verfahren durch die kontinuierliche Erfassung einer vom NO_x -Umsatz abhängigen Größe während der Überdosierungsphase bei einem Abfall des NO_x -Umsatzes auf NH_3 -Schlupf geschlossen werden. Bei diesen herkömmlichen Verfahren wird aber der SCR-Katalysator immer zuerst vollständig mit Ammoniak beladen, wodurch unter anderem der Verbrauch an Ammoniak stark ansteigt.

Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, mit welchem die Effizienz eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage schnell, einfach und zuverlässig erhöht werden kann, ohne, wie bei herkömmlichen Verfahren, vorab das SCR-System, insbesondere den SCR-Katalysator, in einen definierten Zustand bringen zu müssen. Es soll insbesondere ein Verfahren geschaffen werden, welches die Effizienz eines SCR-Systems verbessert, ohne zusätzlich Betriebsstoff zu verbrauchen und ohne die Emissionen maßgeblich erhöhen zu müssen. Überdies soll es mit dem erfindungsgemäßen Verfahren möglich sein, zwischen Reduktionsmittel-Emissionen und NO_x -Emissionen zu unterscheiden.

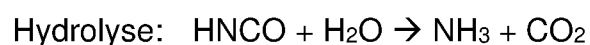
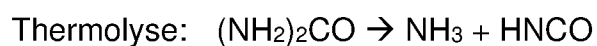
Die erfindungsgemäße Aufgabe wird insbesondere durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs gelöst.

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine unter Berücksichtigung der Querempfindlichkeit eines NO_x -Sensors auf NH_3 , wobei bei dem SCR-System im Regelbetriebsmodus, der dem bestimmungsgemäßen Betrieb

entspricht, ein Betriebsstoff eindosiert wird, wobei der Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist, wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in einem SCR-Katalysator des SCR-Systems gespeichert wird, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: Detektion einer Abweichung zwischen der realen Effizienz des SCR-Systems und einer berechneten oder einer definierten Effizienz des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus, Aktivieren eines Diagnosemodus zur Beurteilung, ob die detektierte Abweichung durch Reduktionsmittel-Emissionen oder NO_x-Emissionen verursacht wird, Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass, wenn die während des Diagnosemodus ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysators einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge entspricht oder eine vorab definierte Reduktionsmittelmenge überschreitet, die Abweichung durch Reduktionsmittel-Emissionen im Regelbetriebsmodus verursacht wurde, dass, wenn die während des Diagnosemodus ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysators die vorab definierte Reduktionsmittelmenge unterschreitet, die Abweichung durch NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus verursacht wurde, dass gegebenenfalls eine Information, ob Reduktionsmittel-Emissionen oder NO_x-Emissionen vorliegen, ausgegeben und/oder gespeichert wird, und dass der Diagnosemodus gegebenenfalls beendet wird.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass im Regelbetriebsmodus, insbesondere beim bestimmungsgemäßen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine, 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 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 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ in Ammoniak NH_3 und Isocyan säure HNCO umgewandelt werden. In einem zweiten Schritt kann bei der Hydrolyse-Reaktion die Isocyan säure HNCO mit Wasser H_2O in Ammoniak NH_3 und Kohlendioxid CO_2 umgewandelt werden.

Das Reduktionsmittel, insbesondere Ammoniak NH_3 , ist gegebenenfalls zumindest temporär im SCR-Katalysator des SCR-Systems speicherbar und/oder gespeichert. Gegebenenfalls lagert sich der Ammoniak NH_3 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.

Die Dosierung des Betriebsstoffes kann über eine Dosiereinrichtung, wie insbesondere über einen Injektor oder über eine Einspritzdüse, erfolgen.

Wenn nun zwischen der realen Effizienz des SCR-Systems, insbesondere der realen Effizienz des SCR-Katalysators, und einer berechneten oder einer definierten Effizienz des SCR-Systems, insbesondere einer berechneten oder einer definierten Effizienz des SCR-Katalysators, im Regelbetriebsmodus eine Abweichung detektiert wird, wird gegebenenfalls ein Diagnosemodus aktiviert.

Es ist gegebenenfalls vorgesehen, dass die Abweichung durch einen Vergleich der Effizienz des realen SCR-Systems, insbesondere der Effizienz des SCR-Katalysators, mit der vorab definierten oder berechneten Effizienz des SCR-Systems, insbesondere der Effizienz des SCR-Katalysators, ermittelt wird.

Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die Abweichung durch einen Vergleich von Messwerten ermittelt wird, welche Aufschluss über die Effizienz des SCR-Systems, insbesondere über die Effizienz des SCR-Katalysators, geben. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Abweichung durch einen Vergleich real gemessener Emissionen mit vorab definierten oder berechneten Emissionen nach dem SCR-System ermittelt wird.

Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die Abweichung im Regelbetriebsmodus detektiert wird, wenn die Emissionswerte nach dem SCR-System höher sind als die durch die Betriebsweise der Verbrennungskraftmaschine zu erwartenden Emissionen.

Wenn die Emissionen nach dem SCR-System höher sind als die Emissionen vor dem SCR-System, wird die Abweichung im Regelbetriebsmodus gegebenenfalls durch Reduktionsmittel-Emissionen verursacht.

Mit Hilfe des Diagnosemodus kann gegebenenfalls beurteilt werden, ob die detektierte Abweichung im Regelbetriebsmodus durch Reduktionsmittel-Emissionen oder NO_x-Emissionen verursacht wird. Mit dieser Information kann in weiterer Folge die Betriebsstoffzufuhr angepasst werden, um die Effizienz des SCR-Systems zu verbessern.

Das heißt, dass es gegebenenfalls möglich ist, die Effizienz des SCR-Systems zu verbessern, ohne vorab einen definierten Zustand des SCR-Systems, insbesondere des SCR-Katalysators, herstellen zu müssen. Insbesondere ist es nicht notwendig, den SCR-Katalysator vor oder bei der Durchführung des Diagnosemodus mit Reduktionsmittel im Wesentlichen vollständig zu befüllen. Dadurch kann es möglich sein, den Verbrauch an Reduktionsmittel gegenüber herkömmlichen Verfahren zu senken.

Gegebenenfalls wird nach der Aktivierung des Diagnosemodus die Betriebsstoffzufuhr verringert oder gestoppt. Dadurch wird dem SCR-System kein oder nur sehr wenig neues Reduktionsmittel zugeführt. Dadurch, dass weniger Reduktionsmittel eingebracht als verbraucht wird, wird das im SCR-Katalysator enthaltene bzw. gespeicherte Reduktionsmittel durch die Reduktion von Stickoxiden NO_x verbraucht. Es kann vorgesehen sein, dass immer die Menge an Reduktionsmittel eingebracht wird, welche für die ausreichende Kühlung der Dosierungsvorrichtung benötigt wird.

Gegebenenfalls wird durch den Diagnosemodus festgestellt, dass die detektierte Abweichung im Regelbetriebsmodus durch Reduktionsmittel-Emissionen verursacht wurden, nämlich dann, wenn die während des Diagnosemodus ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge entspricht oder eine vorab definierte Reduktionsmittelmenge überschreitet. Das heißt gegebenenfalls, dass die aufgetretenen Reduktionsmittel-Emissionen, insbesondere die aufgetretenen Ammoniak-Emissionen bzw. der sogenannte NH₃-Schlupf, durch einen auf NH₃ querempfindlichen NO_x-Sensor nach dem SCR-Katalysator fälschlicherweise als NO_x-Emissionen detektiert wurden. Durch

die Querempfindlichkeit des NO_x-Sensors wurden also in diesem Fall die Reduktionsmittel-Emissionen als NO_x-Emissionen detektiert, wodurch die Abweichung zwischen der realen Effizienz des SCR-Systems und der berechneten oder der definierten Effizienz des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus aufgetreten ist.

Dadurch, dass in diesem Fall noch eine vorab definierte Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator im Regelbetriebsmodus enthalten war, kann darauf geschlossen werden, dass die von der Verbrennungskraftmaschine erzeugten Stickoxide NO_x durch den SCR-Katalysator und das darin gespeicherte Reduktionsmittel umgesetzt werden konnten. Aus diesem Grund kann darauf geschlossen werden, dass in diesem Fall die detektierte Abweichung im Wesentlichen oder nur durch Reduktionsmittel-Emissionen verursacht wurde. In diesem Fall war das Abgas nach dem SCR-Katalysator im Regelbetriebsmodus gegebenenfalls im Wesentlichen frei von NO_x-Emissionen.

Gegebenenfalls wird durch den Diagnosemodus festgestellt, dass die detektierte Abweichung im Regelbetriebsmodus durch NO_x-Emissionen verursacht wurde, nämlich dann, wenn die während des Diagnosemodus ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator die vorab definierte Reduktionsmittelmenge unterschreitet.

Dadurch, dass in diesem Fall nur eine sehr geringe Menge an oder im Wesentlichen kein Reduktionsmittel im SCR-Katalysator im Regelbetriebsmodus enthalten war, kann darauf geschlossen werden, dass die von der Verbrennungskraftmaschine erzeugten Stickoxide NO_x durch den SCR-Katalysator unzureichend umgesetzt werden konnten. Aus diesem Grund kann darauf geschlossen werden, dass die Abweichung in diesem Fall im Wesentlichen oder nur durch NO_x-Emissionen verursacht wurde. In diesem Fall war das Abgas nach dem SCR-Katalysator im Regelbetrieb Modus im Wesentlichen frei von Reduktionsmittel-Emissionen.

Unter Querempfindlichkeit eines NO_x-Sensors kann im Rahmen der vorliegenden Offenbarung verstanden werden, dass der NO_x-Sensor auch dann einen erhöhten Messwert, insbesondere einen NO_x-Messwert, detektiert, wenn nur Reduktionsmittel-Emissionen, insbesondere NH₃-Emissionen, auftreten, da die Konzentration von Reduktionsmittel, insbesondere Ammoniak NH₃, Einfluss auf einen NO_x-Sensor haben kann.

Unter einem SCR-System kann im Rahmen der vorliegenden Offenbarung insbesondere ein System verstanden werden, welches einen sDPF-Katalysator, einen SCR-Katalysator, einen ASC-Katalysator und/oder einen LNT-Katalysator, also einen Lean NO_x Trap-Katalysator, umfasst oder aus einem sDPF-Katalysator, einem SCR-Katalysator, einem ASC-Katalysator und/oder einem LNT-Katalysator gebildet ist. Bevorzugt umfasst das SCR-System auch eine, zwei oder drei Vorrichtung/en zur Eindosierung des Betriebsstoffs, den Betriebsstofftank und/oder gegebenenfalls auch den Betriebsstoff als solchen. Bevorzugt ist eine oder die Dosierungsvorrichtung vor dem SCR-System, insbesondere vor dem SCR-Katalysator, angeordnet.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen oder zwei SCR-Katalysatoren, einen Dieseloxydationskatalysator DOC, einen Dieselpartikelfilter DPF, einen Ammoniak-Slip-Katalysator ASC, eine oder zwei Dosierungsvorrichtungen und/oder einen, zwei oder drei NO_x-Sensoren und/oder einen, zwei oder drei NH₃-Sensoren, insbesondere einen NH₃-Sensor nach der Abgasnachbehandlungsanlage, umfasst.

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 aus einem DOC-Katalysator, einem SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist.

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

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage ein zweistufiges SCR-System umfasst, wie beispielsweise ein erster SCR-Katalysator vor einem DOC und ein zweiter SCR-Katalysator nach einem DPF.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage einen LNT-Katalysator, einen sDPF-Katalysator, einen ufSCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst oder 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 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.

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

Gegebenenfalls wird die Information, ob Reduktionsmittel-Emissionen oder NOx-Emissionen vorliegen, ausgegeben und/oder gespeichert. Gegebenenfalls kann die Information auch in einem Speichersystem der Verbrennungskraftmaschine und/oder eines Kraftfahrzeugs abgespeichert werden.

Anschließend kann der Diagnosemodus gegebenenfalls beendet werden.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Verbrennungskraftmaschine nach Beendigung des Diagnosemodus wieder im Regelbetriebsmodus betrieben wird.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Verfahrensschritte des Verfahrens, wie zuvor beschrieben, aufeinander folgen. Das heißt gegebenenfalls, dass erst nachdem eine Abweichung zwischen der realen Effizienz des SCR-Systems und der berechneten oder der definierten Effizienz des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus detektiert wurde, der Diagnosemodus aktiviert wird. Nachdem der Diagnosemodus aktiviert wurde, wird gegebenenfalls zuerst die Betriebsstoffzufuhr gestoppt oder verringert und anschließend beurteilt, ob die detektierte Abweichung im Regelbetriebsmodus durch Reduktionsmittel-Emissionen oder NO_x-Emissionen verursacht wurde. Anschließend an diese Beurteilung kann gegebenenfalls eine Information, ob Reduktionsmittel-Emissionen oder NO_x-Emissionen vorliegen, ausgegeben und/oder gespeichert werden und anschließend gegebenenfalls der Diagnosemodus beendet werden.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Reduktionsmittel-Emissionen im Regelbetriebsmodus durch eine Überdosierung an Reduktionsmittel verursacht wurden, und dass, um die Reduktionsmittel-Emissionen im Regelbetriebsmodus zu verringern und/oder zu vermeiden, die eindosierte Betriebsstoffmenge im Regelbetriebsmodus verringert wird.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus durch eine Unterdosierung an Reduktionsmittel verursacht wurden, und dass, um die NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus zu verringern und/oder zu vermeiden, die eindosierte Betriebsstoffmenge im Regelbetriebsmodus erhöht wird.

Wenn die detektierte Abweichung im Regelbetriebsmodus durch eine Überdosierung an Reduktionsmittel verursacht wurde kann dies bedeuten, dass der SCR-Katalysator im Regelbetriebsmodus mit Reduktionsmittel im Wesentlichen vollständig gefüllt war. Dadurch, dass gegebenenfalls im Regelbetriebsmodus weiterhin mehr Reduktionsmittel eindosiert wurde, als durch die von der Verbrennungskraftmaschine erzeugten Stickoxide verbraucht wurde, konnte das nicht verbrauchte Reduktionsmittel durch den SCR-Katalysator durchtreten.

Durch die Verringerung der eingebrachten bzw. eindosierten Betriebsstoffmenge kann die Menge an eingebrachtem Reduktionsmittel, insbesondere Ammoniak NH_3 , vor dem SCR-Katalysator verringert werden. Dadurch ist es gegebenenfalls möglich, die Reduktionsmittel-Emissionen im Regelbetriebsmodus zu verringern und/oder zu vermeiden, wodurch die Effizienz des SCR-Systems erhöht werden kann. Es kann dadurch möglich sein, im Regelbetriebsmodus einerseits den Verbrauch an Betriebsstoff zu senken und andererseits die auftretenden Emissionen, insbesondere die Reduktionsmittel-Emissionen, zu verringern.

Wenn die detektierte Abweichung im Regelbetriebsmodus durch eine Unterdosierung an Reduktionsmittel verursacht wurde, kann dies bedeuten, dass der SCR-Katalysator im Regelbetriebsmodus mit einer unzureichenden Menge an Reduktionsmittel beladen war oder im Wesentlichen leer war. Dadurch, dass gegebenenfalls im Regelbetriebsmodus weiterhin eine unzureichende Menge an Reduktionsmittel eindosiert wurde, konnten die nicht umgesetzten NO_x -Emissionen durch den SCR-Katalysator durchtreten. In diesem Fall wurde also im Regelbetriebsmodus gegebenenfalls weniger Reduktionsmittel eindosiert bzw. eingebracht als für die Umsetzung der von der Verbrennungskraftmaschine erzeugten Stickoxide NO_x benötigt wurde.

Durch die Erhöhung der eingebrachten bzw. eindosierten Betriebsstoffmenge kann die Menge an eingebrachtem Reduktionsmittel, insbesondere Ammoniak NH_3 , vor dem SCR-Katalysator erhöht werden. Dadurch ist es gegebenenfalls möglich, die NO_x -Emissionen im Regelbetriebsmodus zu verringern und/oder zu vermeiden, wodurch die Effizienz des SCR-Systems erhöht werden kann. Dadurch kann es möglich sein, im Regelbetriebsmodus die NO_x -Emissionen zu senken und gegebenenfalls vom Gesetzgeber vorgegebene Emissionsgrenzen zu erfüllen.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass, wenn die während des Diagnosemodus ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysators die vorab definierte Reduktionsmittelmenge unterschreitet, die Abweichung durch NO_x -Emissionen im Regelbetriebsmodus verursacht wurde, oder dass, wenn die gemessene Effizienz des SCR-Katalysators während des Diagnosemodus um einen vordefinierten Schwellenwert von der berechneten oder definierten Effizienz des SCR-Katalysators abweicht oder

einen vordefinierten Schwellenwert unterschreitet, die Abweichung durch NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus verursacht wurde.

Einerseits wird die im Regelbetriebsmodus detektierte Abweichung durch NO_x-Emissionen verursacht, wenn die während des Diagnosemodus ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysators die vorab definierte Reduktionsmittelmenge unterschreitet. Andererseits wird die im Regelbetriebsmodus detektierte Abweichung durch NO_x-Emissionen verursacht, wenn die gemessene Effizienz des SCR-Katalysators während des Diagnosemodus um einen vordefinierten Schwellenwert von der berechneten oder definierten Effizienz des SCR-Katalysators abweicht oder einen vordefinierten Schwellenwert unterschreitet.

Dadurch kann im Diagnosemodus noch schneller und einfacher zwischen NO_x-Emissionen und Reduktionsmittel-Emissionen unterschieden werden. Gegebenenfalls kann abhängig von dem Ergebnis des Diagnosemodus die Betriebsstoffzufuhr verringert oder erhöht werden, um die Effizienz des SCR-Systems zu verbessern.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Diagnosemodus erst dann aktiviert wird, wenn die detektierte Abweichung zwischen der realen Effizienz des SCR-Systems und einer berechneten oder einer definierten Effizienz des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus im Bereich von 1 bis 10 Prozent liegt und insbesondere mehr als 6 Prozent beträgt, und/oder wenn die detektierte Abweichung über eine Dauer von mehr als 300 Sekunden, insbesondere etwa 400 Sekunden, erfasst wird.

Grundsätzlich sind die Bedingungen, bei welchen der Diagnosemodus aktiviert wird, von der Abgasnachbehandlungsanlage selbst, also den darin angeordneten Elementen bzw. Katalysatoren abhängig. Beispielsweise können diese von einer Anzahl und/oder Größe des/der Katalysatoren abhängig sein. Somit können diese auch mehr oder weniger stark von den oben angegebenen Prozentwerten und Zeitwerten abweichen. Wichtig ist es jedenfalls, dass die Bedingungen und Werte vorbestimmt sind. Beispielsweise kann bei gewissen Abgasnachbehandlungsanlagen bereits eine Abweichung von etwa 1 oder 2 Prozent zur Aktivierung des Diagnosemodus ausreicht, wohingegen bei einer unterschiedlich ausgebildeten Abgasnachbehandlungsanlage auch eine Abweichung von 10 Prozent oder mehr der Diagnosemodus noch nicht aktiviert wird.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Diagnosemodus erst dann aktiviert wird, wenn die gemittelte Menge an eindosiertem Betriebsstoff einem vorbestimmten Grenzwert entspricht, und/oder wenn der Gradient der modellierten SCR-Katalysatortemperatur, insbesondere der Gradient der Temperatur des SCR-Katalysatorsubstrats unter einen vorbestimmten Grenzwert sinkt.

Dadurch wird der Diagnosemodus gegebenenfalls erst dann aktiviert, wenn verschiedene Randbedingungen erfüllt sind. Beispielsweise wird der Diagnosemodus erst dann aktiviert, wenn die detektierte Abweichung, gemessen in Prozent der SCR-Effizienz, im Regelbetriebsmodus einen gewissen, insbesondere vorbestimmten und an eine Ausbildung der Abgasnachbehandlungsanlage abhängigen Schwellenwert überschreitet. Die eindosierte Menge an Betriebsstoff wird bevorzugt in einem gewissen, vorbestimmten Zeitfenster gemessen oder bestimmt, beispielsweise über die letzten 5 Sekunden.

Ferner kann vorgesehen sein, dass die detektierte Abweichung der Effizienz des SCR-Systems über eine Zeitdauer von mehr als 350 Sekunden vorliegen muss, damit der Diagnosemodus aktiviert wird. Dadurch kann der Diagnosemodus erst dann aktiviert werden, wenn die Abweichung zwischen der gemessenen Effizienz und der berechneten oder vordefinierten Effizienz über eine gewisse Zeitdauer vorliegt, wodurch kurzzeitige Effizienzschwankungen zu keiner Aktivierung des Diagnosemodus führen.

Insbesondere kann vorgesehen sein, dass ein Mittelwert der detektierten Abweichungen der Effizienz des SCR-Systems über eine gewisse vorgegebene Zeitdauer, insbesondere etwa 400 Sekunden, gebildet wird und dieser Mittelwert um 10 Prozent von der berechneten oder vorab definierten Effizienz des SCR-Systems oder dem Mittelwert der berechneten oder vorab definierten Effizienz des SCR-Systems abweichen muss, damit der Diagnosemodus aktiviert wird.

Gegebenenfalls müssen aber noch andere Randbedingungen erfüllt werden, bevor der Diagnosemodus aktiviert wird. Beispielsweise kann die gemittelte Menge an eindosiertem Betriebsstoff und/oder der Gradient der modellierten SCR-Katalysator Temperatur, insbesondere der Gradient der Temperatur des SCR-Katalysator Substrats, als Aktivierungsbedingung für den Diagnosemodus herangezogen werden.

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

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.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die vorab definierte Reduktionsmittelmenge im Bereich von 0,25 g bis 2,0 g, insbesondere 0,5 g bis 1,0 g liegt und bevorzugt 0,5 g ist, und/oder dass die vorab definierte Reduktionsmittelmenge durch das kinetische Modell erhalten wird.

Durch das kinetische Modell kann bevorzugt die Reduktionsmittel-Speicherkapazität des SCR-Katalysators modelliert werden. Dadurch ist es gegebenenfalls möglich, mit dem kinetischen Modell vorauszusagen, wie viel Reduktionsmittel im SCR-Katalysator zu jedem Zeitpunkt gespeichert ist und dadurch die vorab definierte Reduktionsmittelmenge durch das kinetische Modell festzulegen.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Diagnosemodus für eine vorbestimmte Dauer aktiviert wird, wobei die Dauer von einer Ausbildung der Abgasnachbehandlungsanlageabhängig ist.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die berechnete oder definierte Effizienz des SCR-Systems durch das kinetische Modell bestimmt oder berechnet wird.

Gegebenenfalls kann die reale Effizienz des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus mit der durch das kinetische Modell bestimmten oder berechneten Effizienz des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus verglichen werden, wodurch die Abweichung im Regelbetriebsmodus bestimmbar ist.

Es kann aber auch vorgesehen sein, dass die berechnete oder definierte Effizienz des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus durch Erfahrungswerte, aus Kennfeldern oder dergleichen bestimmt oder berechnet wird.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass nach dem SCR-System ein, insbesondere ein einziger, NO_x-Sensor vorgesehen ist, und/oder dass zur Detektion der Abweichung, der Reduktionsmittel-Emissionen und der NO_x-Emissionen die Messwerte des NO_x-Sensors verwendet werden.

Insbesondere ist es möglich, durch die Messwerte eines einzigen NO_x-Sensors nach dem SCR-System sowohl die Reduktionsmittel-Emissionen als auch die NO_x-Emissionen nach dem SCR-System zu detektieren. Dadurch kann es möglich sein, auch die Abweichung zwischen der realen Effizienz des SCR-Systems und der vorab definierten oder berechneten Effizienz des SCR-Systems zu bestimmen.

Wenn nur ein einziger NO_x-Sensor in der Abgasnachbehandlungsanlage vorgesehen ist, kann die Abweichung der Effizienz durch einen Vergleich von vorab definierten oder berechneten Emissionen nach dem SCR-System mit den von dem NO_x-Sensor gemessenen Emissionen nach dem SCR-System ermittelt werden.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass nach dem SCR-System ein, insbesondere ein einziger, NO_x-Sensor vorgesehen ist, und dass zur Ermittlung der gespeicherten Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysators während des Diagnosemodus die

Messwerte des NOx-Sensors und die durch das Betreiben der Verbrennungskraftmaschine zu erwartenden NOx-Emissionen verwendet werden.

Durch das Heranziehen der durch das Betreiben der Verbrennungskraftmaschine zu erwartenden NOx-Emissionen kann es gegebenenfalls möglich sein, unter Verwendung eines einzigen NOx-Sensor nach dem SCR-System die gespeicherte Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator während des Diagnosemodus zu ermitteln.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass vor und nach dem SCR-System ein, insbesondere jeweils ein einziger, NOx-Sensor vorgesehen ist, und dass zur Ermittlung der gespeicherten Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysators während des Diagnosemodus die Messwerte der NOx-Sensoren verwendet werden.

Durch die Verwendung von zwei NOx-Sensoren kann sowohl die Effizienz des SCR-Systems als auch die gespeicherte Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator während des Diagnosemodus aus den Messwerten der NOx-Sensoren ermittelt werden.

Es kann vorgesehen sein, die Effizienz des SCR-Systems durch folgende Gleichung zu berechnen:

$$\eta_{SCR} = \left(1 - \frac{\dot{m}_{NOx,dws}}{\dot{m}_{NOx,us}} \right)$$

wobei η_{SCR} der Effizienz des SCR-Systems, $\dot{m}_{NOx,us}$ dem Massenstrom an NOx-Emissionen vor dem SCR-System und $\dot{m}_{NOx,dws}$ dem Massenstrom an Emissionen, insbesondere NOx-Emissionen, nach dem SCR-System entspricht.

Insbesondere kann vorgesehen sein, zur Ermittlung der gespeicherten Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator während des Diagnosemodus eine Massenbilanz über den SCR-Katalysator aufzustellen, welche wie nachfolgend angeführt lautet:

$$m_{Reduktionsmittel} = m_{NOx,us} - m_{NOx,dws} - m_{Reduktionsmittel,us}$$

wobei $m_{Reduktionsmittel}$ der ermittelten gespeicherten Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator, $m_{NOx,us}$ der ermittelten Masse an NOx-Emissionen vor dem SCR-

System, $m_{NOx,dws}$ der ermittelten Masse an NOx-Emissionen nach dem SCR-System und $m_{Reduktionsmittel,us}$ der Masse an eingebrachtem Reduktionsmittel entspricht.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Betriebsstoff durch eine Dosierungsvorrichtung vor dem SCR-System, insbesondere vor dem SCR-Katalysator, eingebracht wird, und dass die Erhöhung und/oder Verringerung der dosierten Betriebsstoffmenge durch Regelung oder Steuerung der Dosierungsvorrichtung erfolgt.

Durch die Regelung und/oder Steuerung der Dosierungsvorrichtung kann die eingebrachte Betriebsstoffmenge vor dem SCR-System erhöht oder verringert werden. Dadurch ist es einfach und schnell möglich, die Ergebnisse des Diagnosemodus zur Verbesserung der Effizienz des SCR-Systems zu verwenden.

Insbesondere wird gegebenenfalls die Dosiermenge an Betriebsstoff über die Dosierungsvorrichtung verringert, wenn durch den Diagnosemodus detektiert wurde, dass die Abweichung im Regelbetriebsmodus durch Reduktionsmittel-Emissionen verursacht wurde.

Insbesondere wird gegebenenfalls die Dosiermenge an Betriebsstoff durch die Dosierungsvorrichtung erhöht, wenn durch den Diagnosemodus detektiert wurde, dass die Abweichung im Regelbetriebsmodus durch NOx-Emissionen verursacht wurde.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass eine Statusinformation zur Funktion der Abgasnachbehandlungsanlage mittels einer MIL-Lampe „Malfunction Indicator Light – Motorkontrollleuchte“ eines Fahrzeuges ausgegeben wird, wodurch der Fahrer über den Status der Abgasnachbehandlungsanlage informiert wird.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass zur Ermittlung der gespeicherten Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator während des Diagnosemodus eine Massenbilanz über den SCR-Katalysator gebildet wird, und dass die Gleichung für die Massenbilanz wie nachfolgend angeführt lautet:

$$m_{Reduktionsmittel} = m_{NOx,us} - m_{NOx,dws} - m_{Reduktionsmittel,us}$$

wobei $m_{Reduktionsmittel}$ der ermittelten gespeicherten Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator, $m_{NOx,us}$ der ermittelten Masse an NOx-Emissionen vor dem SCR-

System, $m_{NOx,dws}$ der ermittelten Masse an NOx-Emissionen nach dem SCR-System und wobei $m_{Reduktionsmittel,us}$ der Masse an eingebrachtem Reduktionsmittel entspricht.

Gegebenenfalls werden zur Ermittlung der gespeicherten Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator während des Diagnosemodus die Messwerte des mindestens einen NOx-Sensors und/oder die zu erwartenden NOx-Emissionen der Verbrennungskraftmaschine herangezogen.

Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Verfahren automatisiert abläuft, dass das Verfahren in einer Datenverarbeitungsanordnung, insbesondere in einem Steuergerät, der Verbrennungskraftmaschine automatisiert abläuft, und/oder dass das Verfahren in einem Fahrzeugdiagnosesystem, insbesondere einem On-Board-Diagnose OBD Diagnosesystem, automatisiert abläuft.

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, Ausführungsbeispiele weiter erläutert.

Die Fig. 1a, 1b, 1c zeigen schematische Diagramme zu einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

die Fig. 2a, 2b, 2c zeigen schematische Diagramme zu einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

die Fig. 3a, 3b, 3c zeigen schematische Diagramme zu einer dritten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens.

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

Abweichung 1, Regelbetriebsmodus 2, Diagnosemodus 3, vorab definierte Reduktionsmittelmenge 4, vordefinierter Schwellenwert 5, reale Effizienz 6, berechnete oder definierte Effizienz 7, ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel 8 und gemessene Effizienz des SCR-Katalysators 9.

Die Figuren 1 zeigen drei schematische Diagramme des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine unter Berücksichtigung der Querempfindlichkeit eines NO_x-Sensors auf NH₃ einer ersten Ausführungsform. In dem ersten dieser drei Diagramme ist die Effizienz des SCR-Katalysators über der Zeit aufgetragen. In dem zweiten dieser drei Diagramme ist über der Zeit aufgetragen, ob die Dosierungsvorrichtung eingeschaltet oder ausgeschaltet ist, wobei nur bei eingeschalteter Dosierungsvorrichtung ein Betriebsstoff eingebracht wird. In dem dritten dieser drei Diagramme ist die ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel 8 im SCR-Katalysator über der Zeit aufgetragen.

Im bestimmungsgemäßen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine, dem sogenannten Regelbetriebsmodus 2, wird die Verbrennungskraftmaschine betrieben und ein Betriebsstoff eindosiert. Der Betriebsstoff enthält ein Reduktionsmittel, insbesondere Ammoniak NH₃, oder ist in ein Reduktionsmittel, insbesondere in Ammoniak NH₃, umsetzbar. Das Reduktionsmittel wird zumindest temporär im SCR-Katalysator des SCR-Systems gespeichert. Das zumindest temporär gespeicherte Reduktionsmittel wird zur Umsetzung der von der Verbrennungskraftmaschine emittierten NO_x-Emissionen verwendet.

Gemäß dieser Ausführungsform wird im Regelbetriebsmodus 2 eine Abweichung 1 zwischen der realen Effizienz 6 des SCR-Systems und einer berechneten oder einer definierten Effizienz 7 des SCR-Systems detektiert. Es ist gegebenenfalls vorgesehen, dass die Abweichung 1 durch einen Vergleich der Effizienz 6 des realen SCR-Systems und einer vorab definierten oder einer berechneten Effizienz 7 des SCR-Systems ermittelt wird. Gemäß dieser Ausführungsform wird die reale Effizienz 6 durch die Detektion der Emissionen vor und nach dem SCR-System ermittelt. Insbesondere wird die reale Effizienz 6 durch folgende Gleichung berechnet:

$$\eta_{SCR} = \left(1 - \frac{\dot{m}_{NOx,dws}}{\dot{m}_{NOx,us}} \right)$$

wobei η_{SCR} der Effizienz des SCR-Systems, $\dot{m}_{NOx,us}$ dem Massenstrom an NOx-Emissionen vor dem SCR-System und $\dot{m}_{NOx,dws}$ dem Massenstrom an Emissionen, insbesondere NOx-Emissionen, nach dem SCR-System entspricht.

Die vorab definierte oder berechnete Effizienz 7 des SCR-Systems wird gemäß dieser Ausführungsform durch ein kinetisches Modell bestimmt, welches insbesondere einer mathematischen Abbildung des physikalischen Modells des verwendeten SCR-Systems, insbesondere des verwendeten SCR-Katalysators, entspricht. In dem kinetischen Modell, werden die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen berechnet. Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass durch das kinetische Modell die maßgeblichen Reaktionen mathematisch-physikalisch abgebildet werden.

In einer nicht dargestellten Ausführungsform wird die reale Effizienz 6 des SCR-Systems durch einen Vergleich von Messwerten, welche Aufschluss über die Effizienz des SCR-Systems geben, insbesondere durch einen Vergleich von real gemessenen Emissionen nach dem SCR-System und von der vorab definierten oder berechneten Emissionen nach dem SCR-System, ermittelt.

In einer nicht dargestellten Ausführungsform wird eine Abweichung 1 im Regelbetriebsmodus 2 detektiert, wenn die Emissionswerte nach dem SCR-System höher sind als die durch die Betriebsweise der Verbrennungskraftmaschine zu erwartenden Emissionen.

Nach der Detektion einer Abweichung 1 wird der Diagnosemodus 3 aktiviert. Dabei wird gemäß dieser Ausführungsform zuerst die Betriebsstoffzufuhr gestoppt, sodass dem SCR-Katalysator im Wesentlichen kein neues Reduktionsmittel mehr zugeführt wird. Dadurch kann nur mehr das in SCR-Katalysator gespeicherte Reduktionsmittel für die Umsetzung der von der Verbrennungskraftmaschine emittierten NOx-Emissionen verwendet werden, wodurch das im SCR-Katalysator gespeicherte Reduktionsmittel verbraucht wird.

Wenn nun, wie in den Figuren 1 dargestellt, während des Diagnosemodus 3 die ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel 8 im SCR Katalysator einer vorab definierten Menge an Reduktionsmittel 4 entspricht oder eine vorab definierte Menge an Reduktionsmittel 4 überschreitet, ist die detektierte Abweichung 1 im

Regelbetriebsmodus 2 durch Reduktionsmittel-Emissionen verursacht worden. Die ermittelte gespeicherte Menge im SCR-Katalysator während des Diagnosemodus 3 wird gemäß dieser Ausführungsform durch eine Massenbilanz ermittelt, welche nachfolgend angeführt ist:

$$m_{\text{Reduktionsmittel}} = m_{\text{NOx,us}} - m_{\text{NOx,dws}} - m_{\text{Reduktionsmittel,us}}$$

wobei $m_{\text{Reduktionsmittel}}$ der ermittelten gespeicherten Menge an Reduktionsmittel 8 im SCR-Katalysator, $m_{\text{NOx,us}}$ der ermittelten Masse an NOx-Emissionen vor dem SCR-System, $m_{\text{NOx,dws}}$ der ermittelten Masse an NOx-Emissionen nach dem SCR-System und $m_{\text{Reduktionsmittel,us}}$ der Masse an eingebrachtem Reduktionsmittel entspricht.

In diesem Fall kann davon ausgegangen werden, dass der SCR-Katalysator vollständig mit Reduktionsmittel im Regelbetriebsmodus 2 gefüllt war und ein Teil der eindosierten Menge an Reduktionsmittel, durch den SCR-Katalysator hindurchtreten konnte, ohne umgesetzt zu werden.

Um die Effizienz des SCR-Systems verbessern zu können, wird gemäß dieser Ausführungsform die Dosierungsmenge an Betriebsstoff im Regelbetriebsmodus 2 durch die Steuerung und/oder Regelung der Dosierungsvorrichtung verringert, um die Reduktionsmittel-Emissionen nach dem SCR-Katalysator im Regelbetriebsmodus 2 verringern oder verhindern zu können.

Gemäß dieser Ausführungsform läuft das Verfahren automatisiert in einem Steuergerät der Verbrennungskraftmaschine ab.

Die Figuren 2 zeigen schematische Diagramme des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine unter Berücksichtigung der Querempfindlichkeit eines NOx-Sensors auf NH₃ einer zweiten Ausführungsform. In dem ersten dieser drei Diagramme ist die Effizienz des SCR-Katalysators über der Zeit aufgetragen. In dem zweiten dieser drei Diagramme ist über der Zeit aufgetragen, ob die Dosierungsvorrichtung eingeschaltet oder ausgeschaltet ist, wobei nur bei eingeschalteter Dosierungsvorrichtung ein Betriebsstoff eingebracht wird. In dem dritten dieser drei Diagramme ist die ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel 8 im

SCR-Katalysator über der Zeit aufgetragen. Die Merkmale der Ausführungsform gemäß Fig. 2 können bevorzugt den Merkmalen der Ausführungsform gemäß Fig. 1 entsprechen.

In diesen Figuren ist ersichtlich, dass nach der Aktivierung des Diagnosemodus 3 und dem Stoppen der Betriebsstoffzufuhr die reale Effizienz 6 des SCR-Katalysators stark sinkt. Gemäß dieser Ausführungsform unterschreitet die ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel 8 im SCR-Katalysator die vorab definierte Reduktionsmittelmenge 4, wodurch festgestellt wird, dass die detektierte Abweichung 1 im Regelbetriebsmodus 2 durch NO_x-Emissionen verursacht wurde.

In diesem Fall kann davon ausgegangen werden, dass im SCR-Katalysator im Regelbetriebsmodus 2 zu wenig oder im Wesentlichen kein Reduktionsmittel gespeichert war, wodurch die von Verbrennungskraftmaschine emittierten NO_x-Emissionen ohne umgesetzt zu werden den SCR-Katalysator passieren konnten.

Um die Effizienz des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus 2 zu verbessern bzw. zu erhöhen, wird gemäß dieser Ausführungsform die Betriebsstoffzufuhr im Regelbetriebsmodus 2 durch die Steuerung und/oder Regelung der Dosierungsvorrichtung erhöht. Dadurch können in weiterer Folge die NO_x-Emissionen gegebenenfalls zu einem höheren Prozentsatz durch den SCR-Katalysator umgesetzt werden, wodurch die NO_x-Emissionen nach dem SCR-Katalysator verringert werden können.

Die Figuren 3 zeigen schematische Diagramme des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine unter Berücksichtigung der Querempfindlichkeit eines NO_x-Sensors auf NH₃ einer dritten Ausführungsform. In dem ersten dieser drei Diagramme ist die Effizienz des SCR-Katalysators über der Zeit aufgetragen. In dem zweiten dieser drei Diagramme ist über der Zeit aufgetragen, ob die Dosierungsvorrichtung eingeschaltet oder ausgeschaltet ist, wobei nur bei eingeschalteter Dosierungsvorrichtung ein Betriebsstoff eingebracht wird. In dem dritten dieser drei Diagramme ist die ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel 8 im SCR-Katalysator über der Zeit aufgetragen. Die Merkmale der Ausführungsform gemäß

Fig. 3 können bevorzugt den Merkmalen der Ausführungsformen gemäß Fig. 1 und/oder Fig. 2 entsprechen.

In diesen Figuren ist ersichtlich, dass nach der Aktivierung des Diagnosemodus 3 und dem Stoppen der Betriebsstoffzufuhr die reale Effizienz 6 des SCR-Katalysators stark sinkt. Gemäß dieser Ausführungsform unterschreitet die gemessene Effizienz des SCR-Katalysators 9 während des Diagnosemodus 3 einen vordefinierten Schwellenwert 5, bevor die Dauer, für welche der Diagnosemodus 3 aktiv ist, abgelaufen ist.

In diesem Fall wird festgestellt, dass die detektierte Abweichung 1 im Regelbetriebsmodus 2 durch NO_x-Emissionen verursacht wurde und der Diagnosemodus 3 kann vorzeitig beendet werden. In diesem Fall war im SCR-Katalysator wenig oder im Wesentlichen kein Reduktionsmittel mehr gespeichert, wodurch die Effizienz des SCR-Katalysators 9 nachdem Stoppen der Betriebsstoffzufuhr innerhalb einer kurzen Zeit, insbesondere weniger Sekunden und/oder Minuten, unter einen vorab definierten Schwellenwert 5 gesunken ist.

Ferner unterschreitet die ermittelte Menge an Reduktionsmittel 8 im SCR-Katalysator in dieser Ausführungsform während des Diagnosemodus 3 die vorab definierte Reduktionsmittelmenge 4.

Mithilfe des Diagnosemodus 3 kann somit festgestellt werden, dass die Abweichung 1 im Regelbetriebsmodus 2 durch NO_x-Emissionen verursacht wurde, wenn die ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel 8 während des Diagnosemodus 3 eine vorab definierte Menge an Reduktionsmittel 4 unterschreitet und/oder die reale Effizienz 6 des SCR-Katalysators während des Diagnosemodus 3 unter einen vordefinierten Schwellenwert 5 sinkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Effizienzverbesserung eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine unter Berücksichtigung der Querempfindlichkeit eines NO_x-Sensors auf NH₃,
 - wobei bei dem SCR-System im Regelbetriebsmodus (2), der dem bestimmungsgemäßen Betrieb entspricht, ein Betriebsstoff eindosiert wird, wobei der Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umsetzbar ist,
 - wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in einem SCR-Katalysator des SCR-Systems gespeichert wird,

umfassend folgende Schritte:

- Detektion einer Abweichung (1) zwischen der realen Effizienz (6) des SCR-Systems und einer berechneten oder einer definierten Effizienz (7) des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus (2),
- Aktivieren eines Diagnosemodus (3) zur Beurteilung, ob die detektierte Abweichung (1) durch Reduktionsmittel-Emissionen oder NO_x-Emissionen verursacht wird,
- Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr,

dadurch gekennzeichnet,

- **dass**, wenn die während des Diagnosemodus (3) ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel (8) des SCR-Katalysators einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge (4) entspricht oder eine vorab definierte Reduktionsmittelmenge (4) überschreitet, die Abweichung (1) durch Reduktionsmittel-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) verursacht wurde,
- **dass**, wenn die während des Diagnosemodus (3) ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel (8) des SCR-Katalysators die vorab definierte Reduktionsmittelmenge (4) unterschreitet, die Abweichung (1) durch NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) verursacht wurde,
- **dass** gegebenenfalls eine Information, ob Reduktionsmittel-Emissionen oder NO_x-Emissionen vorliegen, ausgegeben und/oder gespeichert wird,
- **und dass** der Diagnosemodus (3) gegebenenfalls beendet wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** die Reduktionsmittel-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) durch eine Überdosierung an Reduktionsmittel verursacht wurden,
 - **und dass**, um die Reduktionsmittel-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) zu verringern und/oder zu vermeiden, die eindosierte Betriebsstoffmenge im Regelbetriebsmodus (2) verringert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** die NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) durch eine Unterdosierung an Reduktionsmittel verursacht wurden,
 - **und dass**, um die NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) zu verringern und/oder zu vermeiden, die eindosierte Betriebsstoffmenge im Regelbetriebsmodus (2) erhöht wird.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - **dass**, wenn die während des Diagnosemodus (3) ermittelte gespeicherte Menge an Reduktionsmittel (8) des SCR-Katalysators die vorab definierte Reduktionsmittelmenge (4) unterschreitet, die Abweichung (1) durch NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) verursacht wurde,
 - **und/oder dass**, wenn die gemessene Effizienz des SCR-Katalysators (9) während des Diagnosemodus (3) um einen vordefinierten Schwellenwert (5) von der berechneten oder definierten Effizienz (7) des SCR-Katalysators abweicht oder einen vordefinierten Schwellenwert (5) unterschreitet, die Abweichung (1) durch NO_x-Emissionen im Regelbetriebsmodus (2) verursacht wurde.
5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** der Diagnosemodus (3) erst dann aktiviert wird,
 - **wenn** die detektierte Abweichung (1) zwischen der realen Effizienz (6) des SCR-Systems und einer berechneten oder einer definierten Effizienz (7) des SCR-Systems im Regelbetriebsmodus (2) im Bereich von 1 bis 10 Prozent liegt und insbesondere mehr als 6 Prozent beträgt,

- **und/oder wenn** die detektierte Abweichung (1) über eine Dauer von mehr als 300 Sekunden, insbesondere 400 Sekunden, erfasst wird.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- **dass** der Diagnosemodus (3) erst dann aktiviert wird,
 - **wenn** die gemittelte Menge an eindosiertem Betriebsstoff einem vorbestimmten Grenzwert entspricht,
 - **und/oder wenn** der Gradient der modellierten SCR-Katalysatortemperatur, insbesondere der Gradient der Temperatur des SCR-Katalysatorsubstrats unter einen vorbestimmten Grenzwert sinkt.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des SCR-Systems, insbesondere des SCR-Katalysators, zusätzlich zum realen Betrieb in einem kinetischen Modell berechnet werden, wobei das kinetische Modell insbesondere einer mathematischen Abbildung des physikalischen Modells des verwendeten SCR-Systems, insbesondere des verwendeten SCR-Katalysators, entspricht.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- **dass** die vorab definierte Reduktionsmittelmenge (4) im Bereich von 0,25 g bis 2,0 g, insbesondere 0,5 g bis 1,0 g liegt und bevorzugt 0,5 g ist,
 - **und/oder dass** die vorab definierte Reduktionsmittelmenge (4) durch das kinetische Modell erhalten wird.
9. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Diagnosemodus (3) für eine vorbestimmte Dauer im Bereich aktiviert, wobei die Dauer von einer Ausbildung der Abgasnachbehandlungsanlage abhängig ist.
10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die berechnete oder definierte Effizienz (7) des SCR-Systems durch das kinetische Modell bestimmt oder berechnet wird.

11. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** nach dem SCR-System ein, insbesondere ein einziger, NOx-Sensor vorgesehen ist,
 - **und/oder dass** zur Detektion der Abweichung (1), der Reduktionsmittel-Emissionen und der NOx-Emissionen die Messwerte des NOx-Sensors verwendet werden.
12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** nach dem SCR-System ein, insbesondere ein einziger, NOx-Sensor vorgesehen ist,
 - **und dass** zur Ermittlung der gespeicherten Menge an Reduktionsmittel (8) des SCR-Katalysators während des Diagnosemodus (3) die Messwerte des NOx-Sensors und die durch das Betreiben der Verbrennungskraftmaschine zu erwartenden NOx-Emissionen verwendet werden.
13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** vor und nach dem SCR-System ein, insbesondere jeweils ein einziger, NOx-Sensor vorgesehen ist,
 - **und dass** zur Ermittlung der gespeicherten Menge an Reduktionsmittel (8) des SCR-Katalysators während des Diagnosemodus (3) die Messwerte der NOx-Sensoren verwendet werden.
14. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
 - **dass** der Betriebsstoff durch eine Dosierungsvorrichtung vor dem SCR-System, insbesondere vor dem SCR-Katalysator, eingebracht wird,
 - **und dass** die Erhöhung und/oder Verringerung der dosierten Betriebsstoffmenge durch Regelung und/oder Steuerung der Dosierungsvorrichtung erfolgt.
15. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Statusinformation zur Funktion der

Abgasnachbehandlungsanlage mittels einer MIL-Lampe „Malfunction Indicator Light – Motorkontrollleuchte“ eines Fahrzeuges ausgegeben wird, wodurch der Fahrer über den Status der Abgasnachbehandlungsanlage informiert wird.

16. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- **dass** zur Ermittlung der gespeicherten Menge an Reduktionsmittel (8) im SCR-Katalysator während des Diagnosemodus (3) eine Massenbilanz über den SCR-Katalysator gebildet wird,
- **und dass** die Gleichung für die Massenbilanz wie nachfolgend angeführt lautet:

$$m_{\text{Reduktionsmittel}} = m_{\text{NOx,us}} - m_{\text{NOx,dws}} - m_{\text{Reduktionsmittel,us}}$$

wobei $m_{\text{Reduktionsmittel}}$ der ermittelten gespeicherten Menge an Reduktionsmittel (8) im SCR-Katalysator, wobei $m_{\text{NOx,us}}$ der ermittelten Masse an NOx-Emissionen vor dem SCR-System, wobei $m_{\text{NOx,dws}}$ der ermittelten Masse an NOx-Emissionen nach dem SCR-System und wobei $m_{\text{Reduktionsmittel,us}}$ der Masse an eingebrachtem Reduktionsmittel entspricht.

17. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

- dass das Verfahren automatisiert abläuft,
- dass das Verfahren in einer Datenverarbeitungsanordnung, insbesondere in einem Steuergerät, der Verbrennungskraftmaschine automatisiert abläuft,
- und/oder dass das Verfahren in einem Fahrzeugdiagnosesystem, insbesondere einem On-Board-Diagnose OBD Diagnosesystem, automatisiert abläuft.

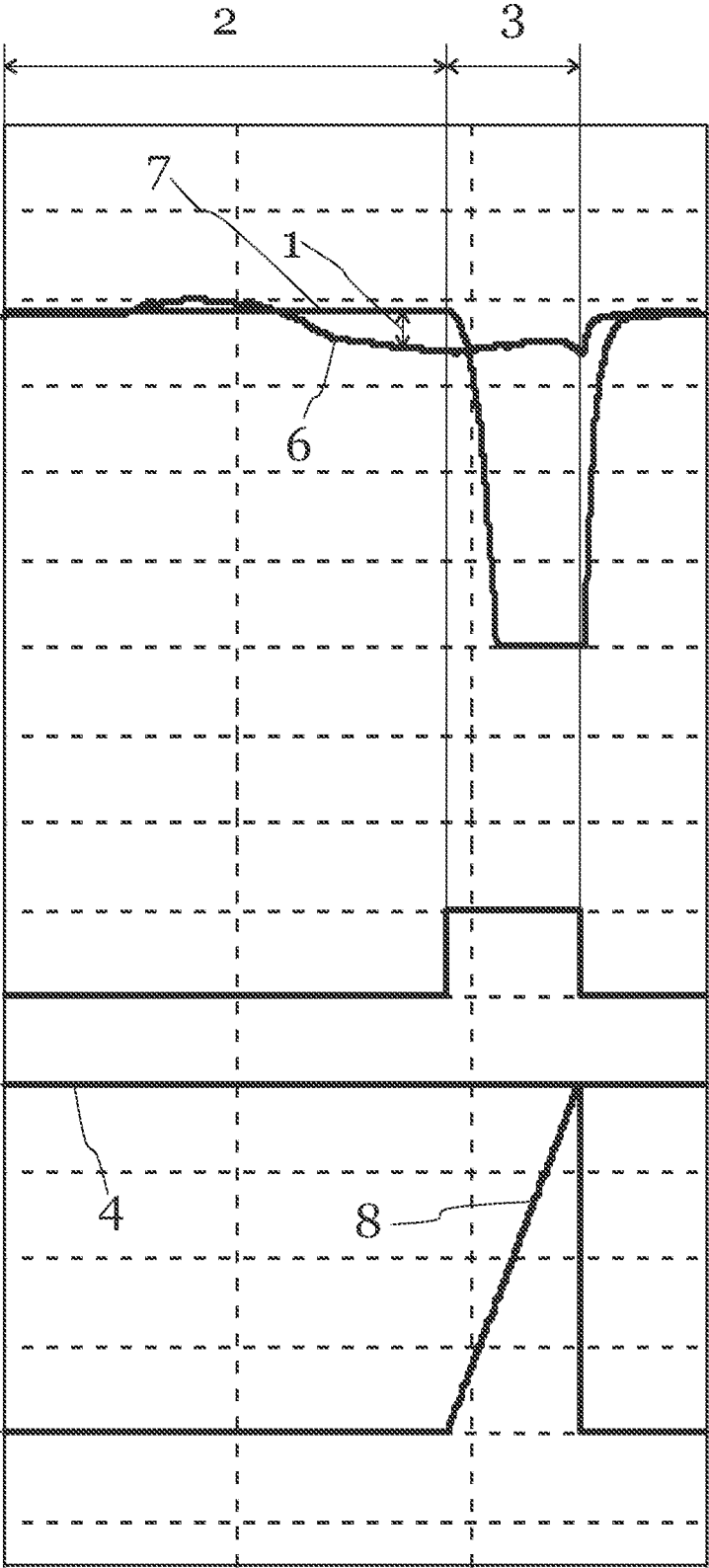
1/3

Fig.1a

Fig.1b

Fig.1c

Dosierung aus



2/3

Fig.2a

Fig.2b

Fig.2c

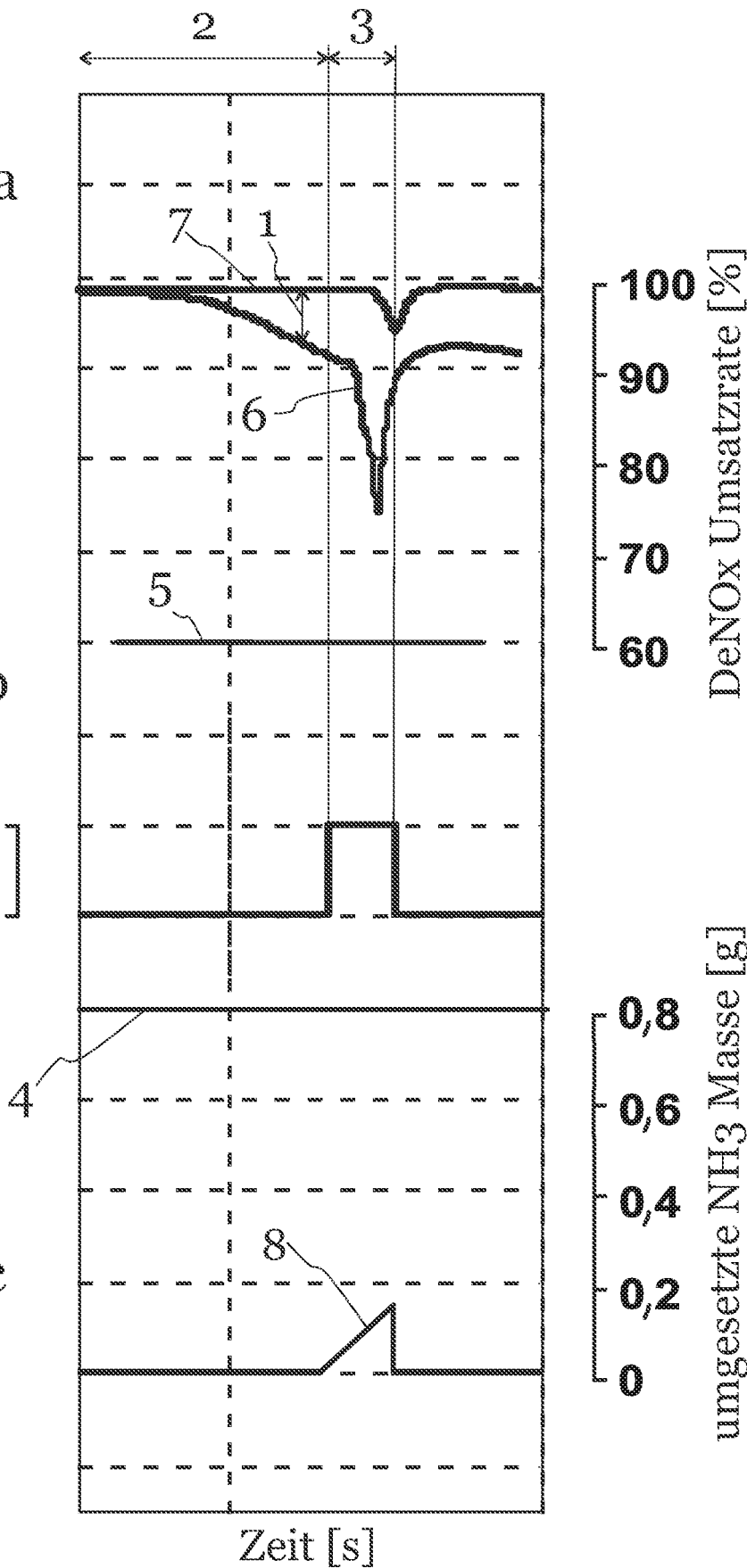
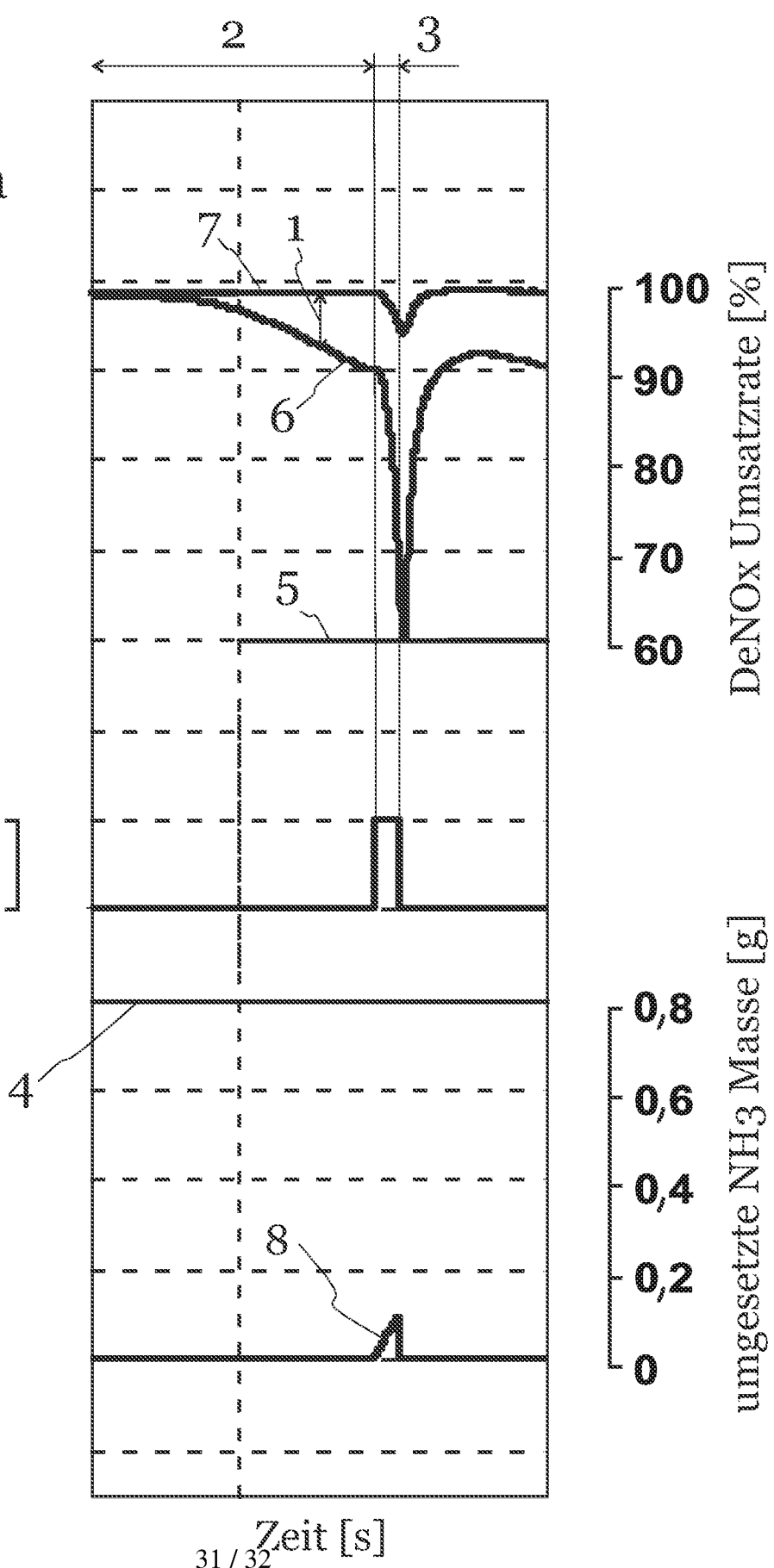


Fig.3a

Fig.3b

Fig.3c

Dosierung aus
1
0



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

F01N 3/20 (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

F01N 3/208 (2013.01); **F01N 2550/05** (2013.01); **F01N 2900/1616** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

F01N

Konsultierte Online-Datenbank:

EPDOC, WPI, TXTnn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **02.07.2018** eingereichten Ansprüchen **1-17** erstellt.

Kategorie*)	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	DE 102010029740 A1 (BOSCH GMBH ROBERT) 08. Dezember 2011 (08.12.2011) gesamtes Dokument	1-17
X	WO 2011139967 A1 (CUMMINS INC) 10. November 2011 (10.11.2011) gesamtes Dokument	1-17
A	DE 102010026317 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC) 10. März 2011 (10.03.2011) gesamtes Dokument	1

Datum der Beendigung der Recherche:

27.05.2019

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

RODLAUER Gerhard

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.