(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 521117 B1 2022-04-15**

(12) # Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50286/2018
(22) Anmeldetag: 06.04.2018
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2022

(51) Int. Cl.: ***F01N 11/00*** (2006.01)
F01N 3/20 (2006.01)
F01N 3/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102016211575 A1
DE 102012202671 A1

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

(72) Erfinder:
Atzler Hannes Dipl.Ing.
8561 Söding (AT)
Hadl Klaus Dr.
8010 Graz (AT)

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

(54) **Verfahren zur Funktionsüberprüfung von SCR-Katalysatoren eines SCR-Systems**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsüberprüfung einzelner SCR-Katalysatoren (5, 6) einer Abgasnachbehandlungsanlage, wobei das SCR-System zwei SCR-Katalysatoren umfasst, wobei bei dem SCR-System ein Betriebsstoff eindosiert wird, welcher ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umgesetzt wird, und wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in mindestens einem SCR-Katalysator (5, 6) gespeichert wird, wobei zuerst die SCR-Katalysatoren (5, 6) entleert werden, anschließend, wenn notwendig, das SCR-System temperiert wird, anschließend eine vorbestimmte Diagnosemenge des Betriebsstoffs eindosiert wird, die eine Reduktionsmittelmenge definiert, wobei die Reduktionsmittelmenge kleiner ist als die maximal von dem ersten SCR-Katalysator (5) in funktionstüchtigem Zustand speicherbare Menge an Reduktionsmittel, wobei, wenn während der Eindosierung der Diagnosemenge kein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator (6) detektiert wird, die Temperatur des ersten SCR-Katalysators (5) bis auf oder über seine Desorptionstemperatur erhöht wird, und wobei der zweite SCR-Katalysator (6) als defekt definiert wird, wenn während der Erhöhung der Temperatur des ersten SCR-Katalysators (5) auf oder über seine Desorptionstemperatur ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator (6) detektiert wird, wobei die Ermittlung des defekten SCR-Katalysators (5, 6) durch einen Vergleich des zeitlichen Verlaufs und/oder der Amplitude des real auftretenden Reduktionsmittelschlupfs mit Referenzwerten, wie Messdaten, Simulationsdaten, Kennfeldern oder Erfahrungswerten, erfolgt.

Fig.2a

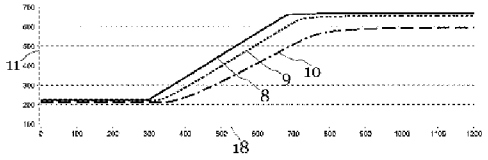


Fig.2b

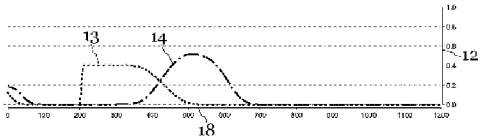
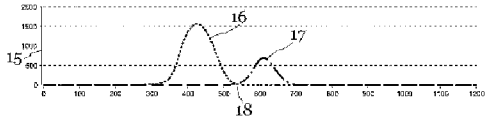


Fig.2c



AT 521117 B1 2022-04-15

Beschreibung

VERFAHREN ZUR FUNKTIONSÜBERPRÜFUNG VON SCR-KATALYSATOREN EINES SCR-SYSTEMS

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Oberbegriff des unabhängigen Patentanspruchs.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Verfahren zur Funktionsüberprüfung von SCR-Komponenten einer Abgasnachbehandlungsanlage von Verbrennungskraftmaschinen bekannt. Beispielsweise sind Verfahren bekannt, bei welchen ein Schadensfall des SCR-Systems detektiert wird, falls eine Abweichung zwischen realen NOx-Messwerten und modellierten NOx-Messwerten nach der Abgasnachbehandlungsanlage auftritt. Da bei herkömmlichen Verfahren nicht detektiert werden kann, welche der beiden SCR-Komponenten nicht funktionstüchtig ist, kann es in der Praxis notwendig sein, alle SCR-Komponenten oder nur die zweite SCR- Komponente zu tauschen, um den Schaden zu beheben.

[0003] Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zu schaffen, mittels welchem der fehlerhafte SCR-Katalysator einfach und schnell ermittelt werden kann, um einen unnötigen Austausch von nicht fehlerhaften Katalysatoren zu vermeiden. Diese Ermittlung soll ohne die Verwendung von zusätzlichen Sensoren und/oder zusätzlicher Komponenten, d. h. also unter Verwendung der fahrzeugeigenen Sensoren und/oder Komponenten erfolgen, wodurch schnell, einfach und kostengünstig fehlerhafte Katalysatoren ausfindig gemacht und gezielt ausgetauscht werden können.

[0004] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird insbesondere durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs gelöst.

[0005] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsüberprüfung einzelner SCR-Katalysatoren eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine, wobei das SCR-System entlang der Abgasnachbehandlungsanlage seriell nacheinander einen ersten SCR-Katalysator und einen zweiten SCR- Katalysator umfasst, wobei bei dem SCR-System im Regelbetrieb, der dem bestimmungsgemäßen Betrieb entspricht, ein Betriebsstoff eindosiert wird, wobei der Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umgesetzt wird, und wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in mindestens einem SCR-Katalysator des SCR-Systems gespeichert wird.

[0006] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst: Aktivieren eines Diagnosebetriebs, anschließend Entleeren der SCR-Katalysatoren durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr bis kein Reduktionsmittel mehr in den SCR-Katalysatoren gespeichert ist, anschließend, wenn notwendig, Temperieren, insbesondere Aufheizen, des SCR-Systems, sodass die Temperatur des SCR-Systems und insbesondere der SCR-Katalysatoren innerhalb eines vorbestimmten Temperaturfensters liegt, wobei anschließend eine vorbestimmte Diagnosemenge des Betriebsstoffs eindosiert wird, die eine Reduktionsmittelmenge definiert, wobei die Reduktionsmittelmenge kleiner ist als die maximal von dem ersten SCR-Katalysator in funktionstüchtigem Zustand speicherbare Menge an Reduktionsmittel,

wobei, wenn während der Eindosierung der Diagnosemenge kein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator detektiert wird, die Temperatur des ersten SCR-Katalysators bis auf oder über seine Desorptionstemperatur erhöht wird, wobei der zweite SCR-Katalysator als defekt definiert wird, wenn während der Erhöhung der Temperatur des ersten SCR- Katalysators auf oder über seine Desorptionstemperatur ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator detektiert wird, und wobei gegebenenfalls eine Statusinformation zur Funktion des ersten SCR-Katalysators und/oder des zweiten SCR-Katalysators ausgegeben und/oder gespeichert wird, und dass der Diagnosebetrieb gegebenenfalls beendet wird, wobei die Ermittlung des defekten SCR- Katalysators durch einen Vergleich des zeitlichen Verlaufs und/oder der Amplitude des real auftretenden Reduktionsmittelschlupfs mit Referenzwerten, wie Messdaten, Simulationsdaten, Kennfeldern oder Erfahrungswerten, erfolgt.

[0007] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass im Regelbetrieb, insbesondere 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:

$$\text{Thermolyse:} \quad (NH_2)_2CO \rightarrow NH_3 + HNCO$$

$$\text{Hydrolyse:} \quad HNCO + H_2O \rightarrow NH_3 + CO_2$$

[0008] In einem ersten Schritt kann bei der Thermolyse-Reaktion der Harnstoff $(NH_2)_2CO$ in Ammoniak NH_3 und Isocyansäure HNCO umgewandelt werden. In einem zweiten Schritt kann bei der Hydrolyse-Reaktion die Isocyansäure HNCO mit Wasser H_2O in Ammoniak NH_3 und Kohlendioxid CO_2 umgewandelt werden.

[0009] Das Reduktionsmittel, insbesondere NH_3, ist gegebenenfalls zumindest temporär in mindestens einem 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 NOx, wie insbesondere Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO_2, reduzieren.

[0010] Die Dosierung des Betriebsstoffes kann über eine Dosiereinrichtung, wie insbesondere über einen Injektor oder über eine Einspritzdüse, erfolgen. Insbesondere ist vorgesehen, dass der Betriebsstoff vor dem ersten SCR-Katalysator eingebracht wird.

[0011] Dadurch, dass die Betriebsstoffzufuhr gegebenenfalls verringert oder gestoppt wird, wird dem SCR-System kein neues Reduktionsmittel zugeführt. Die Entleerung der SCR-Katalysatoren kann darauf basieren, dass das noch in dem SCR-Katalysator enthaltene Reduktionsmittel durch die Reduktion von Stickoxiden NOx verbraucht wird, wodurch die SCR-Katalysatoren, insbesondere vollständig, entleert werden können. Gegebenenfalls kann vorgesehen sein, dass das noch in dem SCR-Katalysator enthaltene Reduktionsmittel durch einen Entleerungsbetrieb, beispielsweise eine Temperaturerhöhung des SCR-Katalysators, erfolgt.

[0012] Nach der Entleerung der SCR-Katalysatoren kann/können das SCR-System und insbesondere die SCR-Katalysatoren temperiert, insbesondere aufgeheizt werden, um die SCR-Katalysatoren auf eine vorbestimmte Temperatur zu bringen. Dieser Temperierungsschritt kann entfallen, wenn die Temperatur der SCR-Katalysatoren bereits in einem vorbestimmten Temperaturfenster liegt.

[0013] Anschließend kann eine vorbestimmte Menge des Betriebsstoffs, eine sogenannte Diagnosemenge, eindosiert werden. Bevorzugt kann die durch die Diagnosemenge eingebrachte Menge an Reduktionsmittel kleiner sein, als jene Menge, die von einem ersten funktionstüchtigen SCR-Katalysator zumindest temporär speicherbar ist. Dadurch kann sichergestellt werden, dass die durch die Diagnosemenge eingebrachte Menge an Reduktionsmittel gegebenenfalls vom ersten SCR-Katalysator zumindest temporär, insbesondere vollständig, aufgenommen und/oder zumindest temporär, insbesondere vollständig, gespeichert werden kann. Das heißt, dass gegebenenfalls durch die Diagnosemenge ein vorab definierter Reduktionsmittel-Speicherstand in einem ersten funktionstüchtigen SCR-Katalysator erzielt werden kann.

[0014] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass während des Diagnosebetriebs nach der Eindosierung der Diagnosemenge an Betriebsstoff, insbesondere kontinuierlich, so viel Betriebsstoff eindosiert wird, dass der vorab definierte Reduktionsmittel-Speicherstand gehalten werden kann. Das heißt, dass gegebenenfalls genau so viel Betriebsstoff eindosiert wird, wie durch die auftretenden NOx-Emissionen und deren Umsetzung verbraucht wird, und somit der Reduktionsmittel-Speicherstand in den SCR- Katalysatoren und/oder in einem der beiden SCR-Katalysatoren im

Wesentlichen konstant bleibt.

[0015] Wenn nun während der Eindosierung der Diagnosemenge kein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator detektiert wird, kann die eingebrachte Menge an Reduktionsmittel in einem der beiden SCR-Katalysatoren oder in beiden SCR-Katalysatoren zusammen zumindest temporär gespeichert werden. Das heißt, dass gegebenenfalls einer der beiden SCR-Katalysatoren oder beide SCR-Katalysatoren zusammen eine Speicherkapazität aufweist oder aufweisen, die gleich oder größer ist als die Menge an eingebrachtem Reduktionsmittel.

[0016] Anschließend kann die Temperatur des ersten SCR-Katalysators bis auf oder über seine Desorptionstemperatur erhöht werden. Bevorzugt wird der zweite SCR-Katalysator als defekt und/oder nicht funktionstüchtig definiert, wenn während der Temperaturerhöhung des ersten SCR-Katalysators auf oder über seine Desorptionstemperatur ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator detektiert wird. In anderen Worten tritt der Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator bei der vorab beschriebenen Temperaturerhöhung des ersten SCR- Katalysators nur dann auf, wenn das aus dem ersten SCR-Katalysator desorbierte Reduktionsmittel ohne zumindest temporäre Einspeicherung den zweiten SCR-Katalysator passieren kann. Dadurch kann festgestellt werden, dass der zweite SCR-Katalysator nicht funktionstüchtig ist, da er keine oder nur sehr geringe Reduktionsmittel-Speicherkapazität aufweist.

[0017] In diesem Fall kann der zweite SCR-Katalysator als defekt definiert werden und kann in weiterer Folge gezielt ausgetauscht werden.

[0018] Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung wird unter Desorptionstemperatur eine Temperatur verstanden, welche einer Temperatur entspricht, bei welcher das zumindest temporär gespeicherte Reduktionsmittel nicht mehr in dem SCR-Katalysator gespeichert und oder gehalten werden kann. Das heißt, dass bei der oder über der Desorptionstemperatur das Reduktionsmittel aus dem SCR-Katalysator ausgespeichert wird und/oder den SCR-Katalysator verlässt.

[0019] Der Reduktionsmittelschlupf, insbesondere der NH_3-Schlupf, kann durch mindestens einen Sensor, insbesondere einen NOx-Sensor oder NH_3-Sensor, detektiert werden. Der mindestens eine Sensor kann nach den SCR-Katalysatoren oder dem SCR-System angeordnet sein. Gegebenenfalls wird der NH_3-Schlupf durch einen erhöhten Messwert des NOx-Sensors detektiert, da die Konzentration von NH_3 Einfluss auf einen NOx-Sensor haben kann.

[0020] Unter einem SCR-System kann im Rahmen der vorliegenden Offenbarung insbesondere ein System verstanden werden, welches einen sDPF-Katalysator, einen SCR-Katalysator und/oder einen ASC-Katalysator umfasst oder aus einem sDPF-Katalysator, einem SCR-Katalysator und/oder einem ASC-Katalysator gebildet ist. Bevorzugt umfasst das SCR-System auch die Vorrichtung zur Eindosierung des Betriebsstoffs und gegebenenfalls auch den Betriebsstoff als solchen.

[0021] Unter einem SCR-Katalysator kann im Rahmen der vorliegenden Offenbarung ein sDPF-Katalysator, ein SCR-Katalysator, ein ASC-Katalysator und/oder eine SCR-ASC-Katalysator-Kombination verstanden werden.

[0022] Gegebenenfalls wird die ermittelte Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage als Statusinformation ausgegeben und/oder gespeichert. Gegebenenfalls kann die Statusinformation auch in einem Speichersystem der Verbrennungskraftmaschine und/oder eines Kraftfahrzeugs abgespeichert werden.

[0023] Anschließend kann der Diagnosebetrieb gegebenenfalls beendet werden.

[0024] Im Rahmen der vorliegenden Offenbarung wird unter Diagnosebetrieb ein Betrieb verstanden, bei welchem die Verfahrensschritte des Verfahrens, wie zuvor beschrieben, aufeinander folgen. Das heißt, dass gegebenenfalls zuerst die SCR-Katalysatoren, insbesondere vollständig, entleert werden, anschließend die SCR-Katalysatoren gegebenenfalls temperiert werden, anschließend eine vorbestimmte Diagnosemenge des Betriebsstoffs eindosiert wird, anschließend gegebenenfalls die Temperatur des ersten SCR-Katalysators und anschließen gegebenenfalls die Temperatur des zweiten SCR-Katalysators erhöht wird.

[0025] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass insbesondere anschließend die Temperatur des zweiten SCR-Katalysators bis auf oder über seine Desorptionstemperatur erhöht wird, wobei der erste SCR-Katalysator als defekt definiert wird, wenn während der Erhöhung der Temperatur des zweiten SCR-Katalysators auf oder über seine Desorptionstemperatur ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator detektiert wird, und dass der Diagnosebetrieb gegebenenfalls beendet wird.

[0026] Falls der erste SCR-Katalysator nicht mehr funktionstüchtig ist, passiert das durch die Diagnosemenge des Betriebsstoffs eingebrachte Reduktionsmittel den ersten SCR-Katalysator ohne in diesem zumindest temporär eingespeichert und/oder aufgenommen zu werden. Das heißt, dass gegebenenfalls die eingebrachte Menge an Reduktionsmittel direkt vom zweiten SCR-Katalysator zumindest temporär aufgenommen wird, wenn dieser funktionstüchtig ist. Wenn nun der zweite SCR-Katalysator auf oder über seine Desorptionstemperatur gebracht wird, verlässt, das gegebenenfalls gespeicherte Reduktionsmittel den zweiten SCR-Katalysator und ein Reduktionsmittelschlupf ist detektierbar.

[0027] In diesem Fall kann der erste SCR-Katalysator als defekt definiert werden und kann in weiterer Folge gezielt ausgetauscht werden.

[0028] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass beide SCR-Katalysatoren als defekt definiert werden, wenn während der Eindosierung der Diagnosemenge ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator detektiert wird,

und dass der Diagnosebetrieb gegebenenfalls beendet wird.

[0029] Falls beide SCR-Katalysatoren nicht funktionstüchtig sind, kann kein Reduktionsmittel oder nur eine sehr geringe Menge an Reduktionsmittel in den SCR-Katalysatoren zumindest temporär gespeichert werden. Das heißt, dass gegebenenfalls die durch die Diagnosemenge eingebrachte Menge an Reduktionsmittel die beiden SCR-Katalysatoren des SCR-Systems passiert, ohne zumindest temporär in diesen eingespeichert zu werden.

[0030] In diesem Fall können der erste und der zweite SCR-Katalysator als defekt definiert werden und können in weiterer Folge gezielt ausgetauscht werden.

[0031] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die SCR-Katalysatoren nacheinander oder zeitlich versetzt erwärmt werden, dass zuerst der erste SCR-Katalysator auf oder über seine Desorptionstemperatur erwärmt wird, und dass anschließend der zweite SCR-Katalysator auf oder über seine Desorptionstemperatur erwärmt wird.

[0032] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Temperaturen der SCR-Katalysatoren durch eine Erhöhung der Abgastemperatur erhöht werden.

[0033] Gegebenenfalls kann vorgesehen sein, dass die einzelnen SCR-Katalysatoren separat aufgeheizt werden. Das heißt, dass gegebenenfalls der erste und der zweite SCR-Katalysator unabhängig voneinander auf ihre Desorptionstemperatur insbesondere Desorptionstemperaturen gebracht werden können.

[0034] Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Erhöhung der Temperatur der SCR-Katalysatoren durch eine Erhöhung der Abgastemperatur erfolgt. Das heißt, dass gegebenenfalls durch eine Erhöhung der Abgastemperatur zuerst der erste SCR-Katalysator und dann anschließend der zweite SCR-Katalysator auf oder über seine Desorptionstemperatur erwärmt werden. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage, insbesondere die SCR-Katalysatoren, durch eine Motormaßnahme auf die gewünschte Temperatur gebracht werden.

[0035] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Diagnosebetrieb aktiviert wird, wenn zuvor eine herabgesetzte Effizienz, insbesondere eine herabgesetzte Gesamteffizienz, des SCR-Systems in einem Vordiagnosebetrieb oder bei der normalen Gesamt-Effizienzüberwachung im Fahrbetrieb detektiert wird, wobei die Detektion insbesondere von einem On-Board Diagnosesystem oder einem Werkstatt-Diagnosesystem durchgeführt wird.

[0036] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass der Diagnosebetrieb, insbesondere die maß-

geblichen Verfahrensschritte des Diagnosebetriebs, durchgeführt werden, wenn zuvor eine herabgesetzte Effizienz, insbesondere eine herabgesetzte NOx-Umsatzrate, detektiert wird. Das heißt, dass gegebenenfalls, falls eine herabgesetzte Gesamteffizienz, insbesondere einen herabgesetzte NOx-Gesamtumsatzrate, des SCR-Systems in einem Vordiagnosebetrieb oder im normalen Fahrbetrieb erkannt wird, der Diagnosebetrieb durchgeführt wird und/oder eine Information zum Status des SCR- Systems ausgegeben wird.

[0037] Durch die Statusinformation kann der Benutzer informiert werden, dass sein SCR-System nicht funktionstüchtig ist. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die Detektion und oder Überwachung der Gesamteffizienz des SCR-Systems von einem On-Board Diagnosesystem, einem Werkstatt-Diagnosesystem und/oder einem fahrzeuginternen Diagnosesystem durchgeführt wird.

[0038] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff für den Diagnosebetrieb derart bemessen ist, dass bei einem funktionstüchtigen ersten SCR-Katalysator das durch die Diagnosemenge an Betriebsstoff eingebrachte Reduktionsmittel zumindest temporär in dem ersten SCR- Katalysator gespeichert werden kann.

[0039] Insbesondere kann vorgesehen sein, dass durch die Diagnosemenge an Betriebsstoff eine bestimmte Reduktionsmittelmenge eingebracht wird, die von einem funktionstüchtigen ersten SCR-Katalysator zumindest temporär, insbesondere vollständig, gespeichert und/oder aufgenommen werden kann.

[0040] Dadurch wird verhindert, dass gegebenenfalls ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator auftritt, obwohl der erste SCR-Katalysator noch funktionstüchtig ist. Das heißt, dass gegebenenfalls dadurch eine Überladung eines ersten funktionstüchtigen SCR-Katalysators verhindert wird, wodurch Detektionsfehler verringert werden.

[0041] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff für den Diagnosebetrieb derart bemessen ist, dass bei einem funktionstüchtigen ersten und/oder zweiten SCR-Katalysator das durch die Diagnosemenge an Betriebsstoff eingebrachte Reduktionsmittel zumindest temporär in dem ersten und/oder zweiten SCR-Katalysator gespeichert werden kann.

[0042] Die Diagnosemenge an Betriebsstoff wird insbesondere aus/mittels Testversuchen ermittelt/berechnet, bei denen z.B. mit vorgegebenen Dosiermengen an Betriebsstoff ein Gut- und Schlechtsystem geprüft und das Systemverhalten in Kennfeldern/Schwellwerten hinterlegt wird. Die Diagnosemenge wird dann so gewählt, dass die beste Differenzierbarkeit zwischen Gut- und Schlechtsystem gegeben ist.

[0043] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Entleeren der SCR-Katalysatoren durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr so lange erfolgt, bis ein Parameter detektiert wird, der Aufschluss darüber gibt, dass kein Reduktionsmittel mehr in den SCR-Katalysatoren gespeichert ist, wobei dieser Parameter insbesondere durch mindestens einen NOx-Sensor detektiert wird.

[0044] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Parameter eine Differenz zwischen einer vor den SCR-Katalysatoren aufgenommenen Emission, insbesondere einer NOx-Emission, und einer nach dem SCR-Katalysatoren aufgenommenen Emission, insbesondere einer NOx-Emission, ist, und dass die Differenz der vor und nach den SCR-Katalysatoren detektierten Emissionen bei entleerten SCR-Katalysatoren unterhalb eines vorbestimmten Differenzwertes und insbesondere bei null liegt.

[0045] Dadurch kann beurteilt werden, ob die Entleerung der SCR-Katalysatoren abgeschlossen ist. Insbesondere ist vorgesehen, dass, falls zwischen dem NOx-Messwert des ersten NOx-Sensors und dem NOx-Messwert des zweiten NOx-Sensors im Wesentlichen kein Unterschied mehr detektiert wird, die SCR-Katalysatoren als leer gelten. In diesem Fall ist kein Reduktionsmittel in den SCR-Katalysatoren gespeichert, wodurch auch keine NOx-Emissionen umgesetzt werden können.

[0046] Der erste NOx-Sensor ist gegebenenfalls nach dem Verbrennungsmotor und der zweite

NOx-Sensor gegebenenfalls nach der Abgasnachbehandlungsanlage, das heißt gegebenenfalls nach dem letzten SCR-Katalysator, angeordnet.

[0047] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des SCR-Systems, insbesondere der SCR-Katalysatoren, 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 entspricht.

[0048] Die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen können in einem mathematischen und/oder physikalischen Modell berechnet werden. Beispielsweise ist ein solches kinetisches Modell in der AT 512 514 B1 der Anmelderin offenbart. Bevorzugt ist vorgesehen, dass durch die kinetischen Modelle 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. Beispielsweise können mit den kinetischen Modellen auch die Oxidation des Reduktionsmittels, insbesondere die Oxidation von NH_3, abgebildet werden. Bei herkömmlichen Verfahren ohne kinetische Modelle kann die Oxidation von Reduktionsmittel, falls diese überhaupt berücksichtigt wird, meist nur abgeschätzt werden, was mit großen Unsicherheiten einhergeht bzw. ungenau ist.

[0049] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff durch das kinetische Modell bestimmt oder berechnet wird und insbesondere einer Menge an Reduktionsmittel entspricht, die gemäß der Modellberechnung zur Gänze zumindest temporär in dem ersten SCR-Katalysator speicherbar ist, wenn dieser funktionstüchtig ist.

[0050] Bevorzugt kann vorgesehen sein, dass die Reduktionsmittelmenge, welche in einem funktionstüchtigen ersten SCR-Katalysator zumindest temporär speicherbar ist, durch ein kinetisches Modell des ersten SCR-Katalysators berechnet werden kann. Dadurch kann sichergestellt werden, dass ein Reduktionsmittelschlupf durch eine Überladung des ersten SCR-Katalysators verhindert wird.

[0051] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Ermittlung des defekten SCR-Katalysators durch einen Vergleich des real auftretenden Reduktionsmittelschlupfs mit Referenzwerten, wie Messdaten, Simulationsdaten, Kennfeldern oder Erfahrungswerten, erfolgt.

[0052] Es ist vorgesehen, dass die Ermittlung des defekten SCR-Katalysators durch einen Vergleich des zeitlichen Verlaufs und/oder der Amplitude des real auftretenden Reduktionsmittelschlupfs mit Referenzwerten, wie Messdaten, Simulationsdaten, Kennfeldern oder Erfahrungswerten, erfolgt.

[0053] Insbesondere können Messdaten, Simulationsdaten, Kennfelder oder Erfahrungswerte mit dem real auftretenden Reduktionsmittelschlupf verglichen werden. Insbesondere ist vorgesehen, dass der zeitliche Verlauf, also der Zeitpunkt wann der Reduktionsmittelschlupf auftritt, mit vorab aufgenommenen Messdaten, Simulationsdaten, Kennfeldern oder auch mit Erfahrungswerten verglichen wird.

[0054] Das zeitliche Auftreten des Reduktionsmittelschlupfs kann wesentlich davon abhängen, welcher der beiden SCR-Katalysatoren nicht funktionstüchtig ist.

[0055] Wenn beide SCR-Katalysatoren nicht funktionstüchtig sind, kann das Reduktionsmittel die beiden SCR-Katalysatoren passieren ohne zumindest temporär eingespeichert zu werden. Das heißt, dass gegebenenfalls ein Reduktionsmittelschlupf unmittelbar nach der Eindosierung der Diagnosemenge nach dem zweiten SCR-Katalysator detektiert wird.

[0056] Wenn der erste SCR-Katalysator funktionstüchtig und der zweite SCR-Katalysator nicht funktionstüchtig ist, kann das Reduktionsmittel von dem ersten SCR-Katalysator zumindest temporär gespeichert werden. Das heißt, dass gegebenenfalls kein Reduktionsmittelschlupf unmittelbar nach der Eindosierung der Diagnosemenge detektiert wird. Erst wenn der erste SCR-Katalysator über oder auf seine Desorptionstemperatur erwärmt wird, kann ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator detektiert werden.

[0057] Wenn der erste SCR-Katalysator nicht funktionstüchtig und der zweite SCR-Katalysator funktionstüchtig ist, kann das Reduktionsmittel nur von dem zweiten SCR-Katalysator zumindest temporär gespeichert werden. Das heißt, dass gegebenenfalls kein Reduktionsmittelschlupf unmittelbar nach der Eindosierung des Betriebsstoffs und gegebenenfalls kein Reduktionsmittelschlupf nach dem Aufheizen auf oder über die Desorptionstemperatur des ersten SCR-Katalysators detektiert wird. Erst wenn der zweite SCR-Katalysator auf oder über seine Desorptionstemperatur aufgeheizt wurde, kann in diesem Fall ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator detektiert werden.

[0058] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Diagnosebetrieb vom Regelbetrieb der Verbrennungskraftmaschine abweicht.

[0059] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Vordiagnosebetrieb vom Regelbetrieb der Verbrennungskraftmaschine abweicht.

[0060] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Verfahren ohne zusätzliche Messtechnik in einer Werkstatt durchgeführt wird, und/oder dass das Verfahren ausschließlich mit den fahrzeugeigenen Sensoren durchgeführt wird, und/oder dass das Verfahren ausschließlich mit einem vor den SCR-Katalysatoren angeordneten und einem nach den SCR-Katalysatoren angeordneten NOx-Sensor und/oder NH_3-Sensor durchgeführt wird.

[0061] Dadurch, dass für die Durchführung des Verfahrens, also für die Beurteilung welcher der beiden SCR-Katalysatoren nicht funktionstüchtig ist, keine zusätzliche und/oder externe Messtechnik benötigt wird, ist die Beurteilung einfach, schnell und kostengünstig durchzuführen. Insbesondere ist vorgesehen, dass ausschließlich fahrzeugeigene Sensoren, insbesondere die fahrzeugeigenen NOx-Sensoren, für die Beurteilung verwendet werden. Bevorzugt ist vorgesehen, dass maximal zwei fahrzeugeigene NOx-Sensoren verwendet werden.

[0062] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Statusinformation zur Funktionstüchtigkeit des ersten SCR-Katalysators und/oder des zweiten SCR-Katalysators mittels Aktivierung einer Lampe und/oder als Information auf einem Display ausgegeben wird, wodurch eine Person über den Status der Funktionstüchtigkeit des ersten SCR-Katalysators und/oder des zweiten SCR-Katalysators informiert wird.

[0063] Dadurch kann der Benutzer über den Status des SCR-Systems informiert werden. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Statusinformation die Person über die Funktionstüchtigkeit der SCR-Katalysatoren informiert. Dies bedeutet, dass die Person anhand der Aktivierung einer Lampe und/oder als Information auf einem Display die Informationen bekommt, welcher der beiden SCR-Katalysatoren nicht funktionstüchtig ist.

[0064] Das heißt, dass gegebenenfalls die Funktionstüchtigkeit des ersten SCR-Katalysators und/oder des zweiten SCR-Katalysators auch im Fahrbetrieb, das heißt ohne einen Werkstattbesuch, beurteilt werden kann.

[0065] Die Erfindung wird nun am Beispiel exemplarischer, nicht ausschließlicher, Ausführungsbeispiele weiter erläutert.

[0066] Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer Abgasnachbehandlungsanlage,

[0067] die Figuren 2a, 2b und 2c zeigen die schematischen Verläufe der Temperatur, der Beladung und des detektierten NOx/NH_3 Messwertes des zweiten NOx-Sensors über der Zeit während des Diagnosebetriebs für ein funktionstüchtiges SCR-System, wobei die Verläufe als Messdaten im erfindungsgemäßen Verfahren eingesetzt werden können,

[0068] die Figuren 3a, 3b und 3c zeigen die schematischen Verläufe der Temperatur, der Beladung und des detektierten NOx/NH_3 Messwertes des zweiten NOx-Sensors über der Zeit während des Diagnosebetriebs für ein SCR-System, wobei der erste SCR- Katalysator nicht funktionstüchtig ist, und

[0069] die Figuren 4a, 4b und 4c zeigen die schematischen Verläufe der Temperatur, der Beladung und des detektierten NOx/NH_3 Messwertes des zweiten NOx-Sensors über der Zeit während des Diagnosebetriebs für ein SCR-System, wobei der zweite SCR-Katalysator nicht funktionstüchtig ist.

[0070] Wenn nicht anders angegeben, entsprechen die Bezugszeichen folgenden Komponenten: Verbrennungsmotor 1, erster NOx-Sensor 2, Dosiereinrichtung 3, zweiter NOx-Sensor 4, erster SCR-Katalysator 5, zweiter SCR-Katalysator 6, Dieseloxidationskatalysator 7, Dieseloxidationskatalysator-Temperatur 8, erste SCR-Katalysator-Temperatur 9, zweite SCR-Katalysator-Temperatur 10, Temperatur in Grad Celsius 11, Reduktionsmittel-Beladung in Gramm pro Liter 12, erste Reduktionsmittel-Beladung 13, zweite Reduktionsmittel-Beladung 14, detektierter NOx/NH3 Messwert in ppm 15, erster detektierter NOx/NH_3 Messwert 16, zweiter detektiertes NOx/NH3 Messwert 17 und Zeit in Sekunden 18.

[0071] Fig.1 zeigt eine erste Ausführungsform einer Verbrennungskraftmaschine mit einer Abgasnachbehandlungsanlage. Die Abgasnachbehandlungsanlage des Verbrennungsmotors 1 umfasst einen ersten NOx-Sensor 2, einen Dieseloxidationskatalysator 7, eine Dosiereinrichtung 3, einen ersten SCR-Katalysator 5, einen zweiten SCR-Katalysator 6 und einen zweiten NOx-Sensor 4.

[0072] Gemäß dieser ersten Ausführungsform einer Abgasnachbehandlungsanlage umfasst der erste SCR-Katalysator 5 einen sDPF bzw. ist der erste SCR-Katalysator 5 als sDPF ausgebildet. Ferner umfasst gemäß dieser ersten Ausführungsform der zweite SCR- Katalysator 6 einen SCR-Katalysator und einen ASC-Katalysator bzw. ist der zweite SCR-Katalysator 6 als SCR-ASC-Kombinationskatalysator ausgebildet.

[0073] Im Regelbetrieb, das heißt im bestimmungsgemäßen Betrieb, wird ein Betriebsstoff über die Dosiereinrichtung 3 vor dem ersten SCR-Katalysator 5 eindosiert. Der Betriebsstoff enthält ein Reduktionsmittel oder ist in ein Reduktionsmittel umsetzbar. Das Reduktionsmittel, insbesondere Ammoniak NH_3, wird zumindest temporär in mindestens einem SCR-Katalysator 5, 6 gespeichert.

[0074] Die Figuren 2a, 2b und 2c zeigen die schematischen Verläufe der Temperatur, der Beladung und des detektierten NOx/NH_3 Messwertes des zweiten NOx-Sensors 4 für verschiedene Komponenten der Abgasnachbehandlungsanlage während des Diagnosebetriebs für ein funktionstüchtiges SCR-System.

[0075] Die so ermittelten Verläufe können beispielsweise als Messdaten für die Ermittlung des defekten SCR-Katalysators 5, 6 bei einem nicht funktionstüchtigen SCR-System dienen.

[0076] Das heißt, dass durch den Vergleich der so ermittelten Messdaten mit real auftretenden Verläufen bei einem nicht funktionstüchtigen SCR-System auf den defekten SCR-Katalysator 5, 6 geschlossen werden kann.

[0077] In Fig. 2a sind auf der y-Achse die Temperatur in Grad Celsius 11 und auf der x-Achse die Zeit in Sekunden 18 schematisch dargestellt. In Fig. 2b sind auf der y-Achse die Reduktionsmittel-Beladung in Gramm pro Liter 12 und auf der x-Achse die Zeit in Sekunden 18 schematisch dargestellt. In Fig. 2c sind der y-Achse das detektierte NOx/NH_3 Messwerts 17 des zweiten SCR-Katalysators 6 und auf der x-Achse die Zeit in Sekunden 18 schematisch dargestellt.

[0078] Aus den schematischen Verläufen, der Messdaten ist ersichtlich, dass im Diagnosebetrieb zuerst die SCR-Katalysatoren 5, 6 entleert werden, wodurch die Reduktionsmittel-Beladung 13, 14 des ersten SCR-Katalysators 5 und des zweiten SCR-Katalysators 6 im Wesentlichen auf null verringert wird. Gemäß dieser Ausführungsform wird die Entleerung der SCR-Katalysatoren 5, 6 durch eine Verringerung oder Unterbrechung der Betriebsstoffzufuhr bewirkt.

[0079] Gemäß dieser Ausführungsform weisen die beiden SCR-Katalysatoren 5, 6 bereits eine Temperatur 9, 10 auf, welche innerhalb eines vorab bestimmten Temperaturfensters liegt, und müssen somit nicht temperiert werden.

[0080] Anschließend wird eine vorbestimmte Diagnosemenge des Betriebsstoffs vor dem ersten SCR-Katalysator 5 eindosiert. Die Diagnosemenge an Betriebsstoff bringt eine Reduktionsmittelmenge in die Abgasnachbehandlungsanlage ein, welche in einem funktionstüchtigen ersten SCR-Katalysator 5 zumindest temporär speicherbar ist. Dadurch wird eine Überladung des ersten SCR-Katalysators 5 durch die Einbringung der Diagnosemenge verhindert.

[0081] Bei dem in den Figuren 2a, 2b und 2c dargestellten Fall sind sowohl der erste SCR-Katalysator 5 als auch der zweite SCR-Katalysator 6 funktionstüchtig und dienen beispielsweise zur Ermittlung von Messdaten. Das bedeutet, dass die durch die Diagnosemenge eingebrachte Reduktionsmittelmenge im ersten SCR-Katalysator 5 zumindest temporär speicherbar ist. Unmittelbar nach der Eindosierung der Diagnosemenge steigt die Reduktionsmittel-Beladung des ersten SCR-Katalysators 5, die sogenannte erste Reduktionsmittel-Beladung 13, sprunghaft an. Hierbei tritt unmittelbar nach der Eindosierung der Diagnosemenge kein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator 6 auf.

[0082] Anschließend wird der erste SCR-Katalysator 5 durch Motormaßnahmen, insbesondere durch die Erhöhung der Abgastemperatur, auf oder über seine Desorptionstemperatur gebracht. Durch die Erhöhung der Abgastemperatur steigen die Dieseloxidationskatalysator-Temperatur 8, die erste SCR-Katalysator-Temperatur 9 und die zweite SCR-Katalysator-Temperatur 10 an.

[0083] Sobald der erste SCR-Katalysator 5 auf oder über seine Desorptionstemperatur erwärmt ist, desorbiert das zumindest temporär im ersten SCR-Katalysator 5 gespeicherte Reduktionsmittel. Da bei der Messdatenerstellung sowohl der erste 5 als auch der zweite SCR-Katalysator 6 funktionstüchtig sind, wird dadurch kein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator 6 detektiert.

[0084] Die aus dem ersten SCR-Katalysator 5 desorbierte Reduktionsmittelmenge wird zumindest temporär in den zweiten SCR-Katalysator 6 eingespeichert. Erst wenn der zweite SCR-Katalysator 6 auf oder über seine Desorptionstemperatur erwärmt ist, wird ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator 6 detektiert.

[0085] Dieser zweite detektierte NOx/NH_3 Messwert 17 ist in der Fig. 2c dargestellt. Der erste detektierte NOx/NH_3 Messwert 16 der Fig. 2c ist nur dann detektierbar, wenn zwischen dem ersten SCR-Katalysator 5 und dem zweiten SCR-Katalysator 6 ein weiterer NOx-Sensor angeordnet ist. Bevorzugt ist nur vor dem ersten SCR-Katalysator 5, insbesondere vor dem Dieseloxidationskatalysator 7, also unmittelbar nach dem Verbrennungsmotor 1 ein erster NOx-Sensor 2 und nach dem zweiten SCR-Katalysator 6, also nach der Abgasnachbehandlungsanlage, ein zweiter NOx-Sensor 4 angeordnet.

[0086] Gemäß dieser Ausführungsform werden die SCR-Katalysatoren 5, 6 zeitversetzt erwärmt. Das bedeutet, dass zuerst der erste SCR-Katalysator 5 auf oder über seine Desorptionstemperatur und anschließend der zweite SCR-Katalysator 6 auf oder über seine Desorptionstemperatur erwärmt wird.

[0087] Die Figuren 3a, 3b und 3c zeigen die schematischen Verläufe der Temperatur, der Beladung und des detektierten NOx/NH_3 Messwertes des zweiten NOx-Sensors 4 für verschiedene Komponenten der Abgasnachbehandlungsanlage während des Diagnosebetriebs für ein SCR-System, wobei der erste SCR-Katalysator 5 nicht funktionstüchtig ist.

[0088] In Fig. 3a ist auf der y-Achse die Temperatur in Grad Celsius 11 und auf der x-Achse die Zeit in Sekunden 18 dargestellt. In Fig. 3b ist auf der y-Achse die Reduktionsmittel-Beladung in Gramm pro Liter 12 und auf der x-Achse die Zeit in Sekunden 18 dargestellt. In Fig. 3c ist auf der y-Achse der detektierte NOx/NH_3 Messwert 17 des zweiten SCR-Katalysators 6 und auf der x-Achse die Zeit in Sekunden 18 dargestellt.

[0089] Bevor im, insbesondere realen, Betrieb der Diagnosebetrieb aktiviert wird, muss eine herabgesetzte Gesamteffizienz des SCR-Systems detektiert werden. Die Gesamteffizienz des SCR-Systems kann in einem Vordiagnosebetrieb oder durch die normale Gesamt-Effizienzüberwachung im Fahrbetrieb detektiert werden. Insbesondere kann die Detektion von einem On-Board

Diagnosesystem oder einem Werkstatt-Diagnosesystem durchgeführt werden.

[0090] Wenn nun der Diagnosebetrieb aktiviert wird, werden zuerst die Verfahrensschritte, wie insbesondere in den Figuren 2a, 2b und 2c beschrieben, ausgeführt.

[0091] Das heißt, dass nach der Entleerung der SCR-Katalysatoren 5, 6 eine vorab bestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff vor dem ersten SCR-Katalysator 5 über die Dosiereinrichtung 3 eindosiert wird. Gemäß dieser Ausführungsform wird die Entleerung der SCR-Katalysatoren 5, 6 durch eine Verringerung oder Unterbrechung der Betriebsstoffzufuhr bewirkt.

[0092] Die Entleerung gilt als abgeschlossen, wenn ein Parameter detektiert wird, welcher Aufschluss über die Menge an Reduktionsmittel in den beiden SCR-Katalysatoren 5, 6 gibt. Insbesondere ist vorgesehen, dass die Entleerung als abgeschlossen gilt, wenn der NOx-Messwert des ersten NOx-Sensors 2 und der NOx-Messwert des zweiten NOx-Sensors 4 im Wesentlich gar nicht oder nur geringfügig voneinander abweichen. Wenn die beiden SCR-Katalysatoren 5, 6 leer sind, ist im Wesentlichen kein Reduktionsmittel in den SCR-Katalysatoren 5, 6 vorhanden und es kann keine NOx-Emissionen mehr verringert werden.

[0093] Gemäß dieser Ausführungsform wird die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff derart bemessen, dass sie in einem funktionstüchtigen ersten SCR-Katalysator 5 und/oder zweiten SCR-Katalysator 6 zumindest temporär speicherbar ist.

[0094] Gemäß dieser Ausführungsform wird während des Diagnosebetriebs nach der Eindosierung der Diagnosemenge an Betriebsstoff, insbesondere kontinuierlich, so viel Betriebsstoff eindosiert, dass der vorab definierte Reduktionsmittel-Speicherstand gehalten werden kann. Das heißt, dass im Wesentlichen genau so viel Betriebsstoff eindosiert wird, wie durch die auftretenden NOx-Emissionen und deren Umsetzung verbraucht wird, womit der Reduktionsmittel-Speicherstand in dem ersten SCR-Katalysator 5 im Wesentlichen konstant bleibt.

[0095] Überdies ist vorgesehen, dass die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des ersten SCR-Katalysators 5 und des zweiten SCR-Katalysators 6 zusätzlich zum realen Betrieb in einem kinetischen Modell berechnet werden. Das kinetischen Modell ist gemäß dieser Ausführungsform eine mathematische und oder physikalische Abbildung des realen Systems.

[0096] Insbesondere ist gemäß dieser Ausführungsform vorgesehen, dass die vorab bestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff durch das kinetische Modell des ersten SCR-Katalysators 5 bestimmt oder berechnet wird. Das heißt, dass die vorbestimmte Diagnosemenge gemäß der Modellberechnung zur Gänze zumindest temporär in dem ersten SCR-Katalysator 5 speicherbar ist, wenn dieser funktionstüchtig ist.

[0097] Anschließend wird die Abgastemperatur durch eine Motormaßnahme erhöht und die SCR-Katalysatoren 5, 6 zeitlich versetzt aufgeheizt.

[0098] Wenn nun, wie in diesem Fall, der erste SCR-Katalysator 5 nicht funktionstüchtig ist, passiert die durch die Diagnosemenge eingebrachte Menge an Reduktionsmittel den ersten SCR-Katalysator 5, ohne in diesem eingespeichert zu werden. Die Reduktionsmittelmenge wird also unmittelbar nach der Eindosierung in dem zweiten SCR-Katalysator 6 zumindest temporär gespeichert.

[0099] Dies ist in Figur 3b dargestellt, da die Reduktionsmittel-Beladung des zweiten SCR- Katalysators 6, die sogenannte zweite Reduktionsmittel-Beladung 14, sprunghaft nach der Eindosierung der Diagnosemenge ansteigt. Das heißt, dass in diesem Fall kein Reduktionsmittelschlupf von dem zweiten NOx-Sensor 4 unmittelbar nach der Eindosierung der Diagnosemenge detektiert wird.

[00100] Wenn nun der erste SCR-Katalysator 5 auf oder über seine Desorptionstemperatur aufgeheizt wurde, wird gemäß dieser Ausführungsform kein Reduktionsmittelschlupf von dem zweiten NOx-Sensor 4 detektiert, da in dem ersten SCR-Katalysator 5 im Wesentlichen kein Reduktionsmittel gespeichert ist.

[00101] Erst wenn der zweite SCR-Katalysator 6 auf oder über seine Desorptionstemperatur er-

wärmt wird, desorbiert das darin zumindest temporär gespeicherte Reduktionsmittel, und der zweite NOx-Sensor 4 kann einen Reduktionsmittelschlupf, ein sogenannter zweiter detektierter NOx/NH_3 Messwert 17, detektieren.

[00102] Durch einen Vergleich des real auftretenden Reduktionsmittelschlupfs mit Referenzwerten, wie beispielsweise Messdaten, Simulationsdaten, Kennfeldern oder Erfahrungswerten, kann ermittelt werden, welcher der beiden SCR-Katalysatoren 5, 6 nicht funktionstüchtig ist. Die Messdaten können anhand eines funktionstüchtigen SCR-Systems, wie beispielsweise in Fig. 2 dargestellt, ermittelt werden.

[00103] Überdies ist es auch möglich, aus den zeitlichen Verläufen der Temperaturen 8, 9, 10 und des Messwertes des zweiten NOx-Sensors 4, des zweiten detektierten NOx/NH_3 Messwerts 17, den defekten SCR-Katalysator 5, 6 zu ermitteln.

[00104] Der Diagnosebetrieb kann ohne zusätzliche Messtechnik in einer Werkstatt oder im Fahrbetrieb durchgeführt werden. Insbesondere ist vorgesehen, dass das Verfahren, insbesondere der Diagnosebetrieb, ausschließlich die fahrzeugeigenen Sensoren, insbesondere die NOx-Sensoren 2, 4 und/oder die NH_3-Sensoren, zur Durchführung benötigt. Insbesondere ist vorgesehen, dass für das erfindungsgemäße Verfahren nur die zwei fahrzeugeigenen NOx-Sensoren 2, 4 verwendet werden.

[00105] Um den Schaden zu beheben, muss in diesem Fall nur der erste SCR-Katalysator 5 ausgetauscht werden, um die gesetzlichen Vorgaben, insbesondere die gesetzlichen Vorgaben bezüglich der NOx-Emissionen, wieder erfüllen zu können. Ein unnötiger Austausch des zweiten SCR-Katalysators 6 wird durch das Verfahren verhindert, wodurch Zeit und Kosten gesenkt werden können.

[00106] Die Figuren 4a, 4b und 4c zeigen die schematischen Verläufe der Temperatur, der Beladung und des detektierten NOx/NH_3 Messwertes des zweiten NOx-Sensors 4 für verschiedene Komponenten der Abgasnachbehandlungsanlage während des Diagnosebetriebs für ein SCR-System, wobei der zweite SCR-Katalysator 6 nicht funktionstüchtig ist.

[00107] In Fig. 4a ist auf der y-Achse die Temperatur in Grad Celsius 11 und auf der x-Achse die Zeit in Sekunden 18 dargestellt. In Fig. 4b ist auf der y-Achse die Reduktionsmittel-Beladung in Gramm pro Liter 12 und auf der x-Achse die Zeit in Sekunden 18 dargestellt. In Fig. 4c ist auf der y-Achse der detektierte NOx/NH_3 Messwert 17 des zweiten SCR-Katalysators 6 und auf der x-Achse die Zeit in Sekunden 18 dargestellt.

[00108] Wenn nun der Diagnosebetrieb aktiviert wird, werden zuerst die Verfahrensschritte, wie insbesondere in den Figuren 2a, 2b, 2c, 3a, 3b und 3c beschrieben, ausgeführt.

[00109] Im Gegensatz zu der Fig. 3 ist in dem hier dargestellten Fall der erste SCR-Katalysator 5 funktionstüchtig und der zweite SCR-Katalysator 6 nicht funktionstüchtig. Das bedeutet, dass die durch die Diagnosemenge eingebrachte Reduktionsmittelmenge im ersten SCR-Katalysator 5 gespeichert wird. Somit ist unmittelbar nach der Eindosierung der Diagnosemenge kein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator 6 detektierbar.

[00110] Sobald der erste SCR-Katalysator 5 auf oder über seine Desorptionstemperatur erwärmt ist, desorbiert das in diesem zumindest temporär gespeicherte Reduktionsmittel. Da der zweite SCR-Katalysator 6 nicht funktionstüchtig ist, kann das desorbierte Reduktionsmittel nicht in diesem eingespeichert werden. Dadurch passiert das desorbierte Reduktionsmittel den zweiten SCR-Katalysator 6 ohne zeitliche Verzögerung und es wird, unmittelbar nachdem der erste SCR-Katalysator 5 seine Desorptionstemperatur erreicht oder überschritten hat, ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator 6 detektiert.

[00111] Um den Schaden zu beheben, muss in diesem Fall nur der zweite SCR-Katalysator 6 ausgetauscht werden, um die gesetzlichen Vorgaben, insbesondere die gesetzlichen Vorgaben bezüglich der NOx-Emissionen, wieder erfüllen zu können. Ein unnötiger Austausch des ersten SCR-Katalysators 5 wird durch das Verfahren verhindert, wodurch Zeit und Kosten gesenkt werden können.

[00112] Gemäß einer nicht dargestellten Ausführungsform wird unmittelbar nach der Eindosierung der Diagnosemenge ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator 6 detektiert. Dies ist der Fall, wenn beide SCR-Katalysatoren 5, 6 nicht funktionstüchtig sind. In diesem Fall kann sowohl der erste SCR-Katalysator 5 als auch der zweite SCR-Katalysator 6 im Wesentlichen kein Reduktionsmittel speichern.

[00113] Um den Schaden zu beheben, müssen in diesem Fall beide SCR-Katalysatoren 5, 6 getauscht werden, um die gesetzlichen Vorgaben, insbesondere die gesetzlichen Vorgaben bezüglich der NOx-Emissionen, erfüllen zu können.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Funktionsüberprüfung einzelner SCR-Katalysatoren (5, 6) eines SCR-Systems einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine,
   - wobei das SCR-System entlang der Abgasnachbehandlungsanlage seriell nacheinander einen ersten SCR-Katalysator (5) und einen zweiten SCR- Katalysator (6) umfasst,
   - wobei bei dem SCR-System im Regelbetrieb, der dem bestimmungsgemäßen Betrieb entspricht, ein Betriebsstoff eindosiert wird,
   - wobei der Betriebsstoff ein Reduktionsmittel enthält oder in ein Reduktionsmittel umgesetzt wird,
   - und wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in mindestens einem SCR-Katalysator (5, 6) des SCR-Systems gespeichert wird,

   umfassend folgende Schritte:
   - Aktivieren eines Diagnosebetriebs,
   - anschließend Entleeren der SCR-Katalysatoren (5, 6) durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr bis kein Reduktionsmittel mehr in den SCR-Katalysatoren (5, 6) gespeichert ist,
   - anschließend, wenn notwendig, Temperieren, insbesondere Aufheizen, des SCR-Systems, sodass die Temperatur des SCR-Systems und insbesondere der SCR-Katalysatoren (5, 6) innerhalb eines vorbestimmten Temperaturfensters liegt, wobei
   - anschließend eine vorbestimmte Diagnosemenge des Betriebsstoffs eindosiert wird, die eine Reduktionsmittelmenge definiert, wobei die Reduktionsmittelmenge kleiner ist als die maximal von dem ersten SCR-Katalysator (5) in funktionstüchtigem Zustand speicherbare Menge an Reduktionsmittel,
   - wenn während der Eindosierung der Diagnosemenge kein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator (6) detektiert wird, die Temperatur des ersten SCR-Katalysators (5) bis auf oder über seine Desorptionstemperatur erhöht wird, wobei der zweite SCR-Katalysator (6) als defekt definiert wird, wenn während der Erhöhung der Temperatur des ersten SCR-Katalysators (5) auf oder über seine Desorptionstemperatur ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator (6) detektiert wird,
   - und wobei gegebenenfalls eine Statusinformation zur Funktion des ersten SCR-Katalysators (5) und/oder des zweiten SCR-Katalysators (6) ausgegeben und/oder gespeichert wird,

   und wobei der Diagnosebetrieb gegebenenfalls beendet wird,
   dadurch gekennzeichnet,
   - dass die Ermittlung des defekten SCR-Katalysators (5, 6) durch einen Vergleich des zeitlichen Verlaufs und/oder der Amplitude des real auftretenden Reduktionsmittelschlupfs mit Referenzwerten, wie Messdaten, Simulationsdaten, Kennfeldern oder Erfahrungswerten, erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**,
   - dass, insbesondere anschließend, die Temperatur des zweiten SCR- Katalysators (6) bis auf oder über seine Desorptionstemperatur erhöht wird, wobei der erste SCR-Katalysator (5) als defekt definiert wird, wenn während der Erhöhung der Temperatur des zweiten SCR-Katalysators (6) auf oder über seine Desorptionstemperatur ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator (6) detektiert wird,
   - und dass der Diagnosebetrieb gegebenenfalls beendet wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**,
   - dass beide SCR-Katalysatoren (5, 6) als defekt definiert werden, wenn während der Eindosierung der Diagnosemenge ein Reduktionsmittelschlupf nach dem zweiten SCR-Katalysator (6) detektiert wird,
   - und dass der Diagnosebetrieb gegebenenfalls beendet wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**,
   - dass die SCR-Katalysatoren (5, 6) nacheinander oder zeitlich versetzt erwärmt werden,

- dass zuerst der erste SCR-Katalysator (5) auf oder über seine Desorptionstemperatur erwärmt wird,
- und dass anschließend der zweite SCR-Katalysator (6) auf oder über seine Desorptionstemperatur erwärmt wird.

5. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Temperaturen der SCR-Katalysatoren (5, 6) durch eine Erhöhung der Abgastemperatur erhöht werden.

6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Diagnosebetrieb aktiviert wird, wenn zuvor eine herabgesetzte Effizienz, insbesondere eine herabgesetzte Gesamteffizienz, des SCR-Systems in einem Vordiagnosebetrieb oder bei der normalen Gesamt-Effizienzüberwachung im Fahrbetrieb detektiert wird, wobei die Detektion insbesondere von einem On-Board Diagnosesystem oder einem Werkstatt-Diagnosesystem durchgeführt wird.

7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff für den Diagnosebetrieb derart bemessen ist, dass bei einem funktionstüchtigen ersten SCR-Katalysator (5) das durch die Diagnosemenge an Betriebsstoff eingebrachte Reduktionsmittel zumindest temporär in dem ersten SCR-Katalysator (5) gespeichert werden kann.

8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Entleeren der SCR-Katalysatoren (5, 6) durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr so lange erfolgt, bis ein Parameter detektiert wird, der Aufschluss darüber gibt, dass kein Reduktionsmittel mehr in den SCR-Katalysatoren (5, 6) gespeichert ist, wobei dieser Parameter insbesondere durch mindestens einen NOx-Sensor detektiert wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**,
   - dass der Parameter eine Differenz zwischen einer vor den SCR-Katalysatoren (5, 6) aufgenommenen Emission, insbesondere einer NOx-Emission, und einer nach dem SCR-Katalysatoren aufgenommenen Emission, insbesondere einer NOx-Emission, ist,
   - und dass die Differenz der vor und nach den SCR-Katalysatoren (5, 6) detektierten Emissionen bei entleerten SCR-Katalysatoren (5, 6) unterhalb eines vorbestimmten Differenzwertes und insbesondere bei null liegt.

10. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des SCR- Systems, insbesondere der SCR-Katalysatoren (5, 6), 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 entspricht.

11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff durch das kinetische Modell bestimmt oder berechnet wird und insbesondere einer Menge an Reduktionsmittel entspricht, die gemäß der Modellberechnung zur Gänze zumindest temporär in dem ersten SCR- Katalysator (5) speicherbar ist, wenn dieser funktionstüchtig ist.

12. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ermittlung des defekten SCR-Katalysators (5, 6) durch einen Vergleich des real auftretenden Reduktionsmittelschlupfs mit Referenzwerten, wie Messdaten, Simulationsdaten, Kennfeldern oder Erfahrungswerten, erfolgt.

13. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Diagnosebetrieb vom Regelbetrieb der Verbrennungskraftmaschine abweicht.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vordiagnosebetrieb vom Regelbetrieb der Verbrennungskraftmaschine abweicht.

15. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**,
   - dass das Verfahren ohne zusätzliche Messtechnik in einer Werkstatt durchgeführt wird,

- und/oder dass das Verfahren ausschließlich mit den fahrzeugeigenen Sensoren durchgeführt wird,
- und/oder dass das Verfahren ausschließlich mit einem vor den SCR-Katalysatoren (5, 6) angeordneten und einem nach den SCR-Katalysatoren (5, 6) angeordneten NOx-Sensor und/oder NH_3-Sensor durchgeführt wird.

16. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Statusinformation zur Funktionstüchtigkeit des ersten SCR-Katalysators (5) und/oder des zweiten SCR-Katalysators (6) mittels Aktivierung einer Lampe und/oder als Information auf einem Display ausgegeben wird, wodurch eine Person über den Status der Funktionstüchtigkeit des ersten SCR-Katalysators (5) und/oder des zweiten SCR-Katalysators (6) informiert wird.

Hierzu 4 Blatt Zeichnungen

1/4

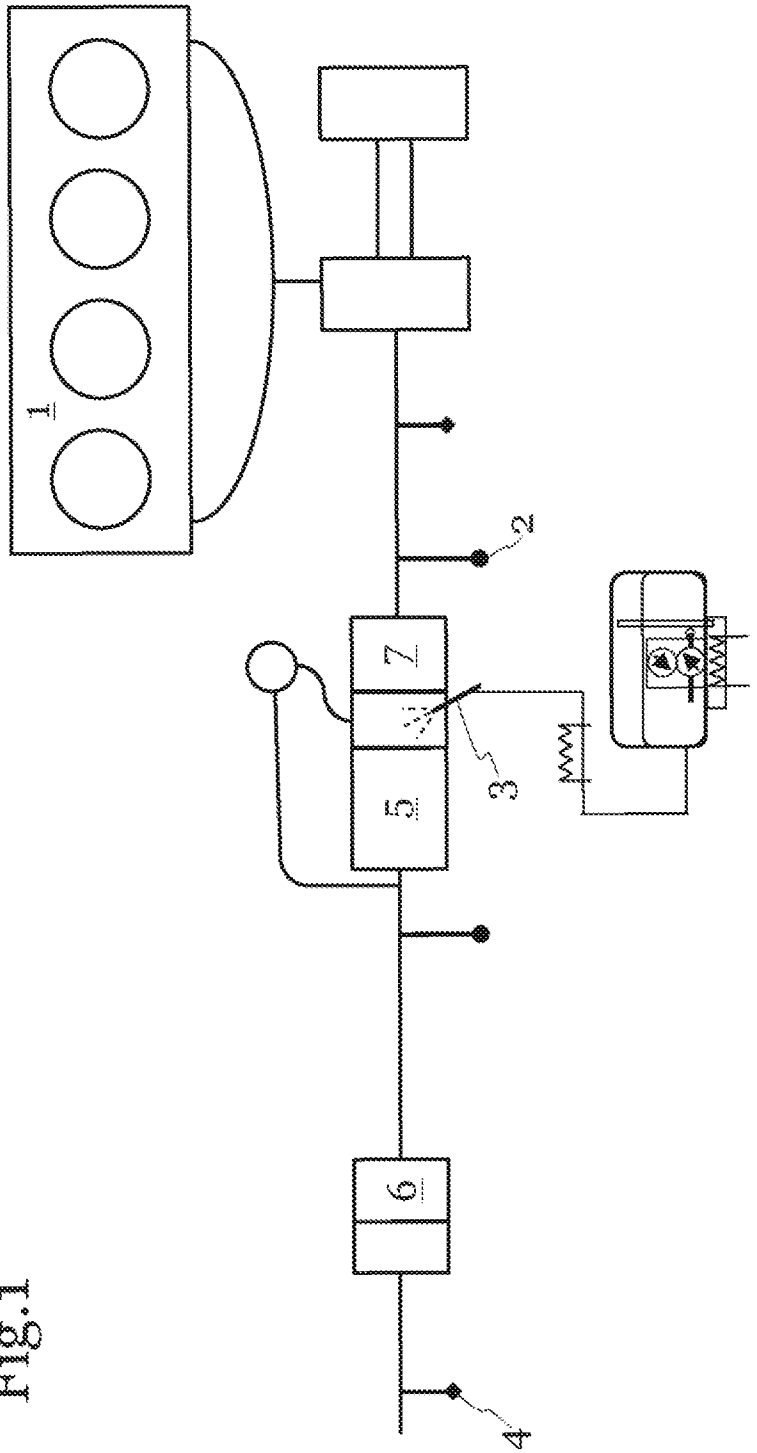


Fig.1

2/4

Fig.2a

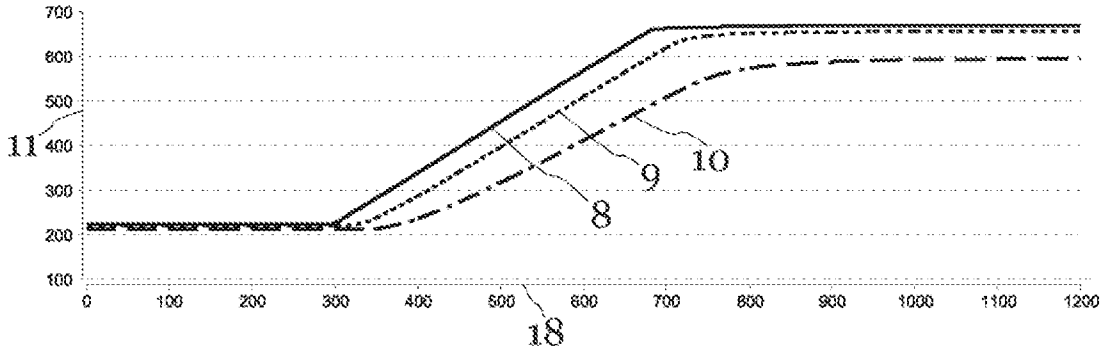


Fig.2b

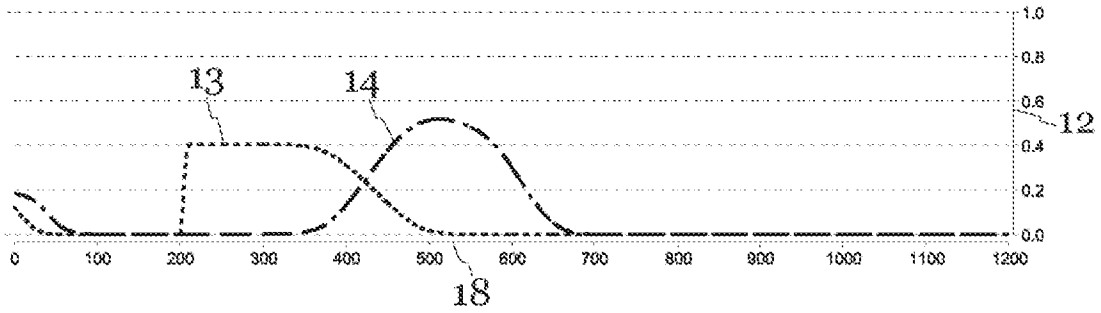
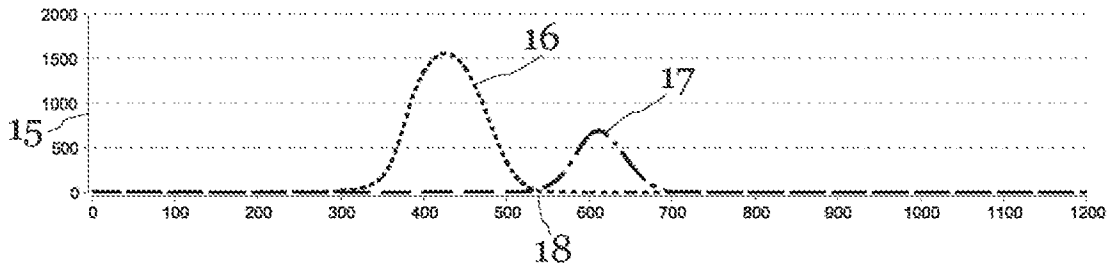


Fig.2c



3/4

Fig.3a

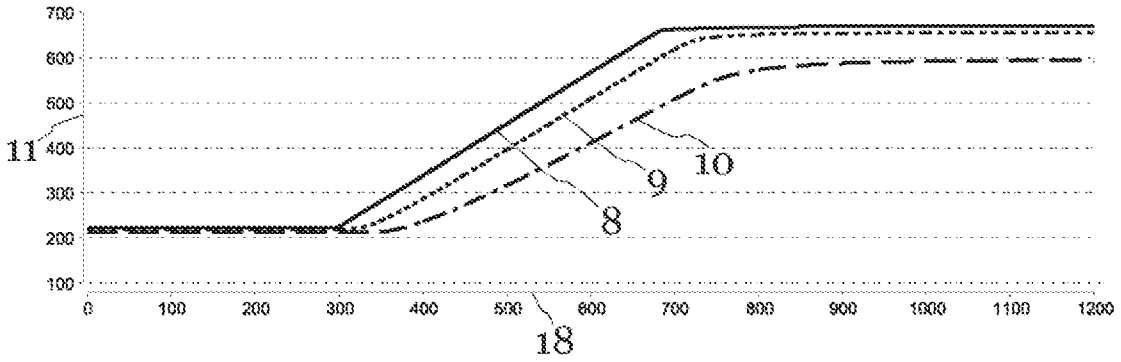


Fig.3b

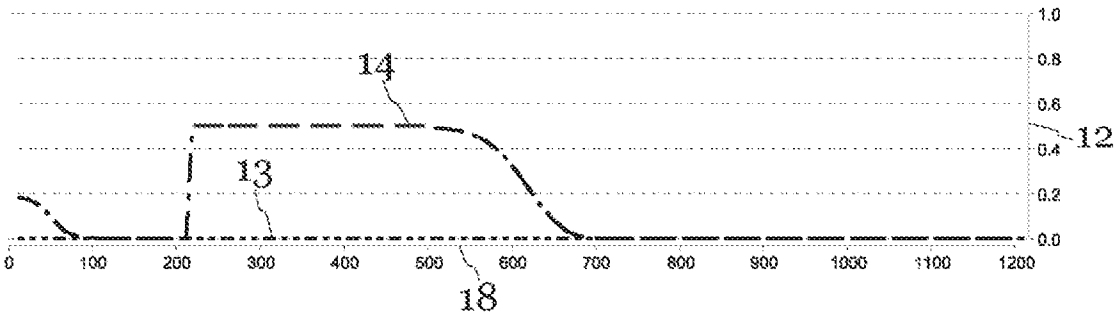
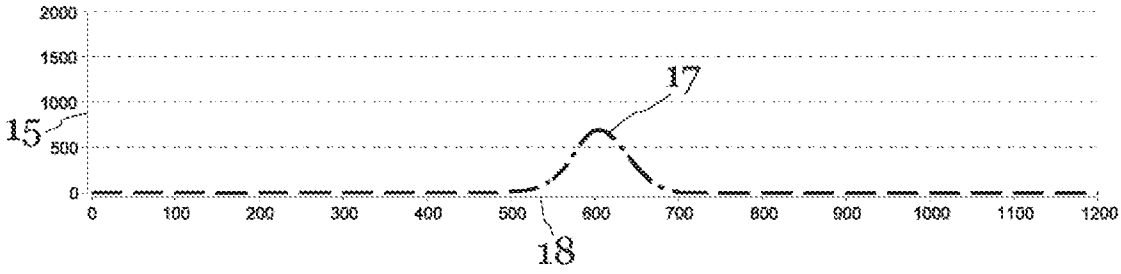


Fig.3c



4/4

Fig.4a

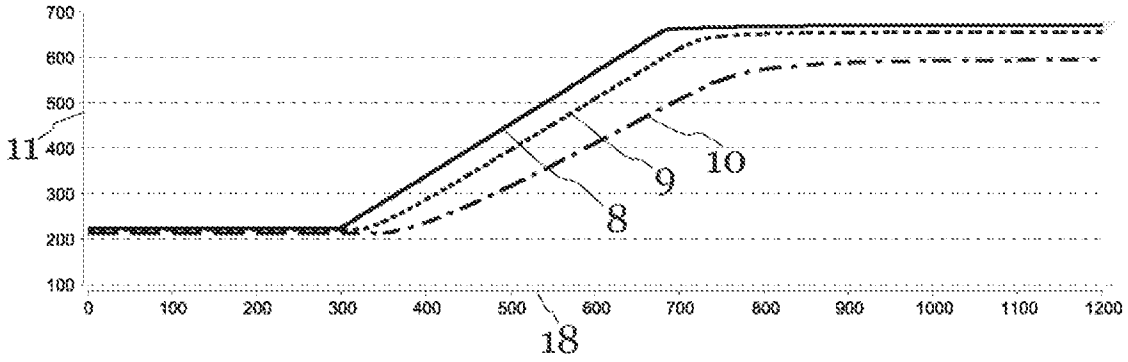


Fig.4b

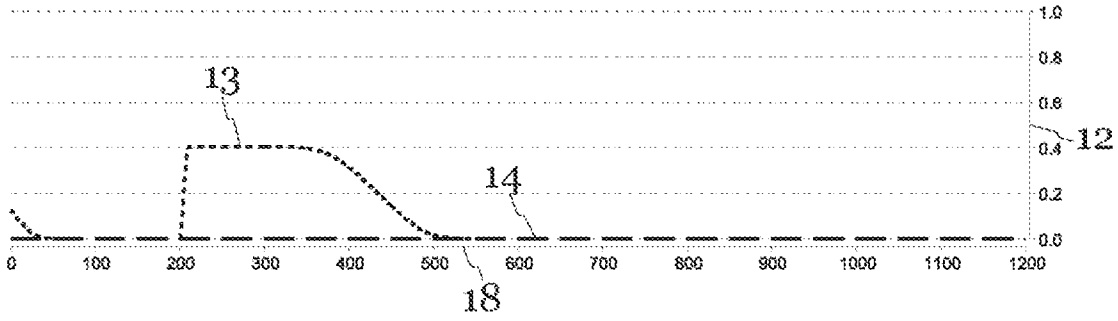


Fig.4c

