

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 50280/2018
(22) Anmeldetag: 05.04.2018
(45) Veröffentlicht am: 15.04.2022

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

(56) Entgegenhaltungen:
US 2007044456 A1
US 2010281855 A1
EP 2333261 A1

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

(72) Erfinder:
Lichtenegger Franz Dipl.Ing.
8511 St. Stefan ob Stainz (AT)
Wabnig Armin Dipl.Ing.
8051 Thal (AT)
Vacher Alexis Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Raser Bernhard Dipl.Ing.
8042 Graz (AT)
Brier Bernd Dr.
2345 Brunn am Gebirge (AT)

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

(54) Verfahren zur Funktionsüberprüfung einer Abgasnachbehandlungsanlage

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsüberprüfung einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine mit einem SCR-System, wobei ein Betriebsstoff bzw. ein Reduktionsmittel eindosiert wird, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: Aktivieren eines Diagnosemodus, Entleeren des SCR-Katalysators, anschließend, wenn notwendig, Temperieren des SCR-Katalysators, anschließend Eindosieren des Betriebsstoffs, wobei das SCR-System als funktionstüchtig definiert wird, wenn während des gesamten Verlaufs der Eindosierung einer vorbestimmten Diagnosemenge an Betriebsstoff kein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, womit im Wesentlichen das gesamte Reduktionsmittel zumindest temporär im SCR-Katalysator gespeichert wird, wobei das SCR-System als nicht funktionstüchtig definiert wird, wenn während des Verlaufs der Eindosierung der vorbestimmten Diagnosemenge an Betriebsstoff ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, bevor die gesamte vordefinierte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist, womit

eine herabgesetzte Reduktionsmittel-Speicherkapazität des SCR-Katalysators detektiert wird, wobei gegebenenfalls die Statusinformation zur Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage ausgegeben und/oder gespeichert wird, und wobei der Diagnosemodus anschließend gegebenenfalls beendet wird, und wobei die Eindosierung des Betriebsstoffs gestoppt wird, bevor die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist, wenn ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, wodurch die Reduktionsmittelemissionen minimiert werden.

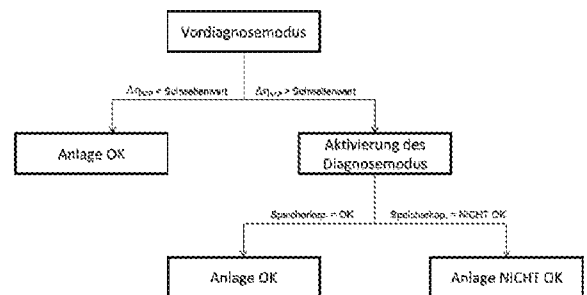


Fig.1

Beschreibung

VERFAHREN ZUR FUNKTIONSÜBERPRÜFUNG EINER ABGASNACHBEHANDLUNGSANLAGE

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

[0002] Aus dem Stand der Technik sind unterschiedliche Verfahren zur Funktionsüberprüfung von Abgasnachbehandlungsanlagen bekannt. Beispielsweise sind Verfahren bekannt, bei denen ein SCR-Katalysator zuerst vollständig mit Ammoniak beladen und anschließend die SCR-Speicherkapazität des SCR-Katalysators durch eine vollständige Entleerung ermittelt wird. Hierbei wird über eine Massenbilanz berechnet, wie viel Ammoniak der SCR-Katalysator noch speichern konnte.

[0003] Überdies sind Verfahren bekannt, bei denen in einen vollständig entleerten SCR-Katalysator so lange Harnstoff eindosiert wird, bis ein Ammoniak-Schlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird - also der SCR-Katalysator vollständig beladen ist. Dadurch kann über eine Massenbilanz ermittelt werden, wie viel Ammoniak noch im SCR-Katalysator speicherbar ist.

[0004] Beispielsweise sind Verfahren zur Funktionsüberprüfung einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine mit einem SCR-System aus der US 2007044456 A1, der US 2010281855 A1 und der EP 2333261 A1 bekannt.

[0005] 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 Funktionstüchtigkeit einer Abgasnachbehandlungsanlage schnell und zuverlässig überprüft werden kann, ohne dabei die Emissionen während der Überprüfung maßgeblich erhöhen zu müssen. Überdies soll das erfindungsgemäße Verfahren eine Angleichung des kinetischen Modells an die Realität ermöglichen, was insbesondere auch eine Kalibrierung des kinetischen Modells ermöglicht.

[0006] Die erfindungsgemäße Aufgabe wird insbesondere durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs gelöst.

[0007] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Funktionsüberprüfung einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine mit einem SCR-System, 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, und wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in einem SCR-Katalysator des SCR-Systems gespeichert wird, wobei das Verfahren folgende Schritte umfasst: Aktivieren eines Diagnosemodus, Entleeren des SCR-Katalysators durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr bis kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert ist, anschließend, wenn notwendig, Temperieren, insbesondere Aufheizen, des SCR-Katalysators, sodass die Temperatur des SCR-Katalysators innerhalb eines vorbestimmten Temperaturfensters liegt, und anschließend Eindosieren des Betriebsstoffs.

[0008] Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass das SCR-System als funktionstüchtig definiert wird, wenn während des gesamten Verlaufs der Eindosierung einer vorbestimmten Diagnosemenge an Betriebsstoff kein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, womit im Wesentlichen das gesamte Reduktionsmittel zumindest temporär im SCR-Katalysator gespeichert wird, dass das SCR-System als nicht funktionstüchtig definiert wird, wenn während des Verlaufs der Eindosierung der vorbestimmten Diagnosemenge an Betriebsstoff ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, bevor die gesamte vordefinierte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist, womit eine herabgesetzte Reduktionsmittel-Speicherkapazität des SCR-Katalysators detektiert wird, dass gegebenenfalls die Statusinformation zur Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage ausgegeben und/oder gespeichert wird, und dass der Diagnosemodus anschließend gegebenenfalls beendet wird und dass die Eindosierung des Betriebsstoffs gestoppt wird, bevor die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebs-

stoff eindosiert ist, wenn ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, wodurch die Reduktionsmittelemissionen minimiert werden.

[0009] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass im Regelbetrieb, insbesondere im bestimmungsgemäßen Betriebsmodus, 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:

Thermolyse: $(\text{NH}_2)_2\text{CO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{HNCO}$

Hydrolyse: $\text{HNCO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{CO}_2$

[0010] In einem ersten Schritt kann bei der Thermolyse-Reaktion der Harnstoff $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ in Ammoniak NH_3 und Isocyanensäure HNCO umgewandelt werden. In einem zweiten Schritt kann bei der Hydrolyse-Reaktion die Isocyanensäure HNCO mit Wasser H_2O in Ammoniak NH_3 und Kohlendioxid CO_2 umgewandelt werden.

[0011] Das Reduktionsmittel, insbesondere NH_3 , ist gegebenenfalls zumindest temporär im SCR-Katalysator speicherbar und/oder gespeichert. Gegebenenfalls lagert sich der Ammoniak an den aktiven Zentren des SCR-Katalysators an. Das zumindest temporär gespeicherte Reduktionsmittel, insbesondere der Ammoniak NH_3 , kann anschließend Stickoxide NO_x , wie insbesondere Stickstoffmonoxid NO und Stickstoffdioxid NO_2 , reduzieren.

[0012] Die Dosierung des Betriebsstoffes kann über eine Dosiereinrichtung, wie insbesondere über einen Injektor oder über eine Einspritzdüse, erfolgen.

[0013] Dadurch, dass die Betriebsstoffzufuhr in der sogenannten Entleerungsphase verringert oder gestoppt wird, wird dem SCR-System kein oder nur sehr wenig neues Reduktionsmittel zugeführt. Die Entleerung des SCR-Katalysators kann darauf basieren, dass das noch im SCR-Katalysator enthaltene Reduktionsmittel durch die Reduktion von Stickoxiden NO_x verbraucht wird, das heißt, dass weniger Reduktionsmittel eingebracht wird, als verbraucht wird. Es kann vorgesehen sein, dass immer die Menge an Reduktionsmittel eingebracht wird, welche für die ausreichende Kühlung der Dosiervorrichtung benötigt wird. Gegebenenfalls kann vorgesehen sein, dass das noch im SCR-Katalysator enthaltene Reduktionsmittel durch einen Entleerungsmodus, wie insbesondere einer Temperaturerhöhung des SCR-Katalysators, erfolgt.

[0014] Nach der Entleerung des SCR-Katalysators kann der SCR-Katalysator temperiert, insbesondere aufgeheizt werden, um den SCR-Katalysator auf eine vorbestimmte Temperatur zu bringen. Gegebenenfalls kann vorgesehen sein, dass der SCR-Katalysator während der Entleerung auf eine vorab definierte Temperatur gebracht wird, wodurch die Emissionen gering gehalten werden können. Dieser Temperierungsschritt kann entfallen, wenn die Temperatur des SCR-Katalysators bereits in einem vorbestimmten Temperaturfenster liegt.

[0015] Anschließend wird in der sogenannten Beladungsphase wieder Betriebsstoff eindosiert. Das im Betriebsstoff enthaltene oder aus dem Betriebsstoff gebildete Reduktionsmittel wird gegebenenfalls vom SCR-Katalysator zumindest temporär aufgenommen und/oder zumindest temporär gespeichert.

[0016] Das SCR-System kann als funktionstüchtig definiert werden, wenn eine vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert wurde, ohne dass ein Reduktionsmittelschlupf, insbesondere ein NH_3 -Schlupf, nach dem SCR-Katalysator detektiert wird. Das heißt gegebenenfalls, dass das SCR-System als funktionstüchtig definiert wird, wenn eine vorbestimmte Menge an Reduktionsmittel, insbesondere NH_3 , im SCR-Katalysator zumindest temporär gespeichert werden kann. Die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff, welche eindosiert wird, definiert die Menge an eingebrachtem Reduktionsmittel, da der Betriebsstoff in das Reduktionsmittel umwan-

delbar ist und/oder der Betriebsstoff das Reduktionsmittel enthält.

[0017] Das SCR-System kann als nicht funktionstüchtig definiert werden, wenn während der Eindosierung einer vorbestimmten Menge an Betriebsstoff ein Reduktionsmittelschlupf, insbesondere ein NH_3 -Schlupf, nach dem SCR-Katalysator detektiert wird. Das heißt gegebenenfalls, dass die eingebrachte Menge an Reduktionsmittel, insbesondere NH_3 , vom SCR-Katalysator nicht gespeichert werden kann. Gegebenenfalls kann die herabgesetzte Reduktionsmittel-Speicherfähigkeit, insbesondere die NH_3 -Speicherfähigkeit, des SCR-Katalysators durch Alterung des SCR-Katalysators und/oder durch einen Defekt des SCR-Katalysators verringert sein.

[0018] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die vorbestimmte Menge an Betriebsstoff einer Menge an Reduktionsmittel entspricht, welche in dem SCR-Katalysator noch speicherbar sein muss, damit mit dem SCR-Katalysator, dem SCR-System und/oder der Abgasnachbehandlungsanlage ein Grenzwert, insbesondere ein gesetzlicher Grenzwert einer Schadstoffemission, insbesondere einer NO_x -Emission, erfüllbar ist. Das heißt gegebenenfalls, dass, wenn die vorbestimmte Menge an Reduktionsmittel nicht mehr im SCR-Katalysator gespeichert werden kann, der SCR-Katalysator nicht in der Lage ist, die für die gesetzlich festgelegten Grenzwerte erforderliche Stickoxid-Umsatzrate zu erfüllen.

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

[0021] 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 Dosiervorrichtungen und/oder einen, zwei oder drei NO_x -Sensoren und/oder einen, zwei oder drei NH_3 -Sensoren, insbesondere einen NH_3 -Sensor nach der Abgasnachbehandlungsanlage, umfasst.

[0022] 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.

[0023] 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.

[0024] 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.

[0025] 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.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage anstelle des DOC-Katalysators und/oder anstelle des LNT-Katalysators einen „Passive NO_x Adsorber“ PNA umfasst.

[0035] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage zusätzlich zu den oben genannten Katalysatoren einen „Passive NO_x Adsorber“ PNA umfasst.

[0036] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage zusätzlich zu den oben genannten Katalysatoren einen „Pre-Turbine-Catalyst“ PTC umfasst.

[0037] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Abgasnachbehandlungsanlage eine oder zwei Dosiervorrichtungen und einen, zwei oder drei NO_x-Sensoren und/oder einen, zwei oder drei NH₃-Sensor, insbesondere einen NH₃-Sensoren nach der Abgasnachbehandlungsanlage, umfasst.

[0038] Unter einem SCR-Katalysator kann im Rahmen der vorliegenden Offenbarung ein sDPF-Katalysator, ein SCR-Katalysator und/oder ein ASC-Katalysator verstanden werden.

[0039] 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.

[0040] Anschließend kann der Diagnosemodus gegebenenfalls beendet werden.

[0041] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Verfahrensschritte des Verfahrens, wie zuvor beschrieben, aufeinander folgen. Das heißt gegebenenfalls, dass, wenn der Diagnosemodus aktiviert wird, zuerst eine Entleerung des SCR-Katalysators durchgeführt wird, also eine Entleerungsphase erfolgt. Anschließend an die Entleerungsphase wird eine vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff in einer Beladungsphase eindosiert und die Funktionstüchtigkeit der Abgaskomponenten beurteilt.

[0042] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Eindosierung des Betriebsstoffs gestoppt wird, bevor die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist, wenn ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, wodurch die Reduktionsmittelemissionen minimiert werden.

[0043] Da die Eindosierung des Betriebsstoffs und dadurch auch die Einbringung von Reduktionsmittel gestoppt wird, sobald ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, können Emissionen, insbesondere Reduktionsmittelemissionen, im Wesentlichen verhindert oder verringert werden. Das heißt, dass gegebenenfalls nicht die gesamte vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff während des Verfahrens eindosiert wird bzw. werden muss.

[0044] Das SCR-System kann als nicht funktionstüchtig beurteilt werden, falls ein Reduktionsmittelschlupf, insbesondere ein NH_3 -Schlupf, nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, bevor die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist. Dadurch kann festgestellt werden, dass die Reduktionsmittel-Speicherkapazität des SCR-Katalysators verringert ist und mit solch einem SCR-Katalysator gegebenenfalls ein Grenzwert, insbesondere ein gesetzlicher Grenzwert einer Schadstoffemission, nicht mehr eingehalten werden kann.

[0045] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Eindosierung des Betriebsstoffs gestoppt wird, wenn die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist und kein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, wodurch planmäßig keine Reduktionsmittelemissionen auftreten.

[0046] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff für den Diagnosemodus derart bemessen ist, dass bei einem funktionstüchtigen SCR-Katalysator das durch die Diagnosemenge an Betriebsstoff eingebrachte Reduktionsmittel zumindest temporär in dem SCR-Katalysator gespeichert werden kann, womit bei funktionstüchtigem SCR-Katalysator planmäßig keine Reduktionsmittelemissionen auftreten.

[0047] Sobald die vorbestimmte Menge an Betriebsstoff eindosiert ist, kann die Betriebsstoffzufuhr gestoppt oder stark reduziert werden, wodurch auch kein oder nur sehr wenig Reduktionsmittel mehr eingebracht wird. Falls während der Eindosierung der vorbestimmten Diagnosemenge an Betriebsstoff kein Reduktionsmittelschlupf, insbesondere kein NH_3 -Schlupf, nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, kann das SCR-System als funktionstüchtig beurteilt werden. Das heißt gegebenenfalls, dass die im Wesentlichen gesamte Reduktionsmittelmenge, welche durch die eingebrachte Menge an Betriebsstoff definiert ist, zumindest temporär im SCR-Katalysator gespeichert wurde.

[0048] Gemäß dem Verfahren ist es gegebenenfalls also nicht notwendig, so viel Betriebsstoff bzw. Reduktionsmittel vor dem SCR-System einzubringen, dass bei der Funktionsüberprüfung zwingend ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator auftritt. Dadurch können einerseits Emissionen verringert bzw. verhindert werden, da bei einem funktionstüchtigen SCR-System planmäßig keine Reduktionsmittelemissionen auftreten. Andererseits kann dadurch schnell die Funktionstüchtigkeit des SCR-Systems festgestellt werden, da im Unterschied zu herkömmlichen Verfahren weniger Betriebsstoff eindosiert werden muss und somit auch die Dosierdauer und die Dauer der Funktionsüberprüfung kürzer ist als bei herkömmlichen Verfahren.

[0049] Überdies treten Reduktionsmittelemissionen während des Verfahrens gegebenenfalls nur bei einem nicht funktionstüchtigen SCR-System auf, da die eingebrachte Reduktionsmittelmenge nicht im SCR-Katalysator speicherbar ist. Das heißt gegebenenfalls, dass nur in Fällen, in wel-

chen die Reduktionsmittel-Speicherkapazität des SCR-Katalysators verringert ist, ein Reduktionsmittel-Schlupf nach dem SCR-Katalysator auftritt und es zu einer Reduktionsmittelemission kommt. Da die Eindosierung gegebenenfalls bei Detektion eines Reduktionsmittelschlupfes gestoppt wird, werden die Reduktionsmittelemissionen auch in diesem Fall minimiert.

[0050] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Entleeren des SCR-Katalysators durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr so lange erfolgt, bis ein Parameter detektiert wird, der Aufschluss darüber gibt, dass kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert ist, wobei dieser Parameter insbesondere durch mindestens einen NO_x-Sensor detektiert wird.

[0051] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Parameter eine Differenz zwischen einer vor dem SCR-Katalysator aufgenommenen Emission, insbesondere einer NO_x-Emission, und einer nach dem SCR-Katalysator aufgenommenen Emission, insbesondere einer NO_x-Emission, ist, und dass die Differenz der vor und nach dem SCR-Katalysator detektierten Emissionen bei entleertem SCR-Katalysator unterhalb eines vorbestimmten Differenzwertes, insbesondere bei null, liegt.

[0052] Dadurch, dass während der Entleerungsphase des Verfahrens die Betriebsstoffzufuhr verringert oder gestoppt wird, wird kein oder nur sehr wenig neues Reduktionsmittel in den SCR-Katalysator eingebracht. Das heißt gegebenenfalls, dass nur mehr das im SCR-Katalysator gespeicherte Reduktionsmittel für die Reduktion der Stickoxide NO_x verwendet und somit die Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator verringert wird. Dadurch kann der SCR-Katalysator entleert werden.

[0053] Sobald ein Parameter detektiert wird, welcher anzeigt, dass kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert bzw. vorhanden ist, kann die Entleerung des SCR-Katalysators als abgeschlossen angesehen werden und die Entleerungsphase kann beendet werden. Insbesondere werden als Parameter die Messwerte der NO_x-Sensoren herangezogen, welche gegebenenfalls vor und nach dem SCR-Katalysator und/oder vor und nach dem SCR-System angeordnet sind. Beispielsweise kann davon ausgegangen werden, dass im Wesentlichen kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert ist, wenn die Konzentration von Stickoxiden vor dem SCR-System und/oder dem SCR-Katalysator im Wesentlichen der Konzentration von Stickoxiden nach dem SCR-System und/oder SCR-Katalysator entspricht. In einem solchen Fall können durch das Fehlen von Reduktionsmittel keine Stickoxide mehr durch den SCR-Katalysator und/oder in dem SCR-Katalysator reduziert werden. Daraus kann geschlossen werden, dass der SCR-Katalysator entleert wurde.

[0054] 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 entspricht.

[0055] 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 SCR-Katalysator speicherbar ist, wenn dieser funktionstüchtig ist.

[0056] 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.

[0057] Beispielsweise kann mit dem kinetischen Modell auch die Oxidation des Reduktionsmittels, insbesondere die Oxidation von NH₃, abgebildet werden. Bei herkömmlichen Verfahren 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.

[0058] 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 speicherbar sein muss, damit er noch als funktionstüchtig gelten darf. Es kann also mit dem kinetischen Modell vorausgesagt werden, dass, wenn ein SCR-Katalysator eine gewisse Reduktionsmittelmenge nicht mehr speichern kann, gewisse Grenzwerte, insbesondere gesetzliche Emissions-Grenzwerte, insbesondere NOx-Emissions-Grenzwerte, mit dem SCR-Katalysator nicht mehr erreicht werden können und dieser somit als nicht funktionstüchtig definiert werden muss.

[0059] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass mit dem kinetischen Modell eine Betriebsstoffmenge bestimmt wird, welche in einem funktionstüchtigen SCR-Katalysator speicherbar sein müsste. Mit dem kinetischen Modell kann es überdies möglich sein, anhand der vorausgesagten und/oder berechneten Reduktionsmittel-Speicherkapazität eine Grenz-Reduktionsmittel-Speicherkapazität, die sogenannte Grenz-Beladung, des SCR-Katalysators zu bestimmen, welche mindestens erreicht werden muss, damit der SCR-Katalysator als funktionstüchtig definiert werden kann. Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Betriebsstoffmenge durch die Grenz-Reduktionsmittel-Speicherkapazität des SCR-Katalysators bestimmt ist.

[0060] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass anhand von verschiedenen Parametern, wie beispielsweise der Temperatur des Katalysators ein Reduktionsmittel-Speicherstand bestimmt wird, den ein funktionstüchtiger SCR-Katalysator noch aufweisen muss. Es kann nun so lange die Dosierung von Betriebsstoff modelliert werden, bis in dem kinetischen Modell der vorab definierte Reduktionsmittel-Speicherstand erreicht wird. Das heißt in anderen Worten, dass gegebenenfalls der Reduktionsmittel-Speicherstand aus verschiedenen Parametern ermittelt wird und die Menge an Betriebsstoff, die Diagnosemenge, mithilfe des kinetischen Modells bestimmt wird. Es kann vorgesehen sein, dass die Menge an Betriebsstoff im realen System eindosiert wird, welche für die Erreichung des vorgegebenen Reduktionsmittel-Speicherstands im kinetischen Modell benötigt wird.

[0061] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass in der Diagnosemenge an Betriebsstoff eine Teilmenge an Reduktionsmittel enthalten ist, die während des Diagnosemodus durch die bestimmungsgemäße Funktion des SCR-Systems umgesetzt bzw. verbraucht wird und dadurch nicht in dem SCR-Katalysator gespeichert wird.

[0062] Durch die bestimmungsgemäße Funktion des SCR-Systems und/oder des SCR-Katalysators wird Reduktionsmittel zur Reduzierung von Stickoxiden verbraucht, wodurch dieses Reduktionsmittel nicht im SCR-Katalysator gespeichert werden kann.

[0063] Damit wirklich die durch das kinetische Modell bestimmte Menge an Reduktionsmittel zumindest temporär im SCR-Katalysator gespeichert werden kann, kann die Diagnosemenge um eine gewisse Teilmenge erhöht werden.

[0064] Dadurch kann überprüft werden, ob der SCR-Katalysator die durch das kinetische Modell bestimmte Reduktionsmittel-Speicherkapazität aufweist oder nicht und er somit als funktionstüchtig oder nicht funktionstüchtig definiert werden kann.

[0065] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass zur Angleichung des kinetischen Modells an die Realität, insbesondere zur Kalibrierung des kinetischen Modells, die Beladung mit Reduktionsmittel des modellierten SCR-Katalysators auf null gesetzt wird, wenn auch im Fortlauf des Diagnosemodus kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert ist.

[0066] Durch das Verfahren kann das kinetische Modell an die Realität angeglichen werden. Das heißt gegebenenfalls, dass die modellierte Menge an Reduktionsmittel, welche im modellierten SCR-Katalysator vorhanden ist, also die modellierte Beladung des SCR-Katalysators, auf null gesetzt wird, wenn während des Diagnosemodus festgestellt wird, dass kein Reduktionsmittel mehr im realen SCR-Katalysator gespeichert ist. Dadurch kann es möglich sein, gegebenenfalls

über längere Zeiträume bestehende Abweichungen, insbesondere Abweichungen der Beladung, zwischen dem kinetischen Modell und dem realen SCR-Katalysator zu entfernen und/oder zu verringern.

[0067] Das Verfahren kann somit dazu beitragen, dass der mit dem kinetischen Modell modellierte SCR-Katalysator mit dem realen SCR-Katalysator genauer übereinstimmt und dass die Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Berechnungen des kinetischen Modells erhöht werden.

[0068] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass das Aktivieren des Diagnosemodus folgende Schritte umfasst: Teilweises Entleeren des SCR-Katalysators durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr in einem Vordiagnosemodus, Aktivieren des Diagnosemodus, wenn die gemessene Effizienz des SCR-Systems um einen vordefinierten Schwellenwert von der mit dem kinetischen Modell berechneten Effizienz des modellierten SCR-Systems abweicht, Aktivieren des oder Rückkehr in den Regelbetriebsmodus, wenn die während des Vordiagnosemodus ermittelte Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysators einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge entspricht oder eine vorab definierten Reduktionsmittelmenge überschreitet.

[0069] Durch das Stoppen oder das Verringern der Betriebsstoffzufuhr wird im Wesentlichen kein neues Reduktionsmittel in den SCR-Katalysator eingebracht. Dadurch kann nur mehr das im SCR-Katalysator vorhandene Reduktionsmittel für die Reduzierung der Stickoxide verwendet werden.

[0070] Durch das kinetische Modell kann berechnet werden, wie viel Reduktionsmittel in einem funktionstüchtigen SCR-Katalysator noch gespeichert sein sollte. Dadurch kann es möglich sein, mit dem kinetischen Modell auch eine Effizienz des SCR-Katalysators, insbesondere eine Umsatzrate von Stickoxiden, vorauszuberechnen, wenn die Betriebsstoffzufuhr verringert oder gestoppt ist.

[0071] Sobald nun die reale Effizienz, insbesondere die reale Umsatzrate von Stickoxiden, von der modellierten Effizienz, insbesondere der modellierten Umsatzrate von Stickoxiden, um einen vordefinierten Schwellenwert abweicht, kann der Diagnosemodus aktiviert werden. Das heißt gegebenenfalls, dass der Diagnosemodus aktiviert wird, wenn eine Abweichung zwischen den modellierten Werten des kinetischen Modells und den Werten des realen SCR-Katalysators auftritt, also eine Effizienzdifferenz $\Delta\eta_{SCR}$ größer ist als der vordefinierte Schwellenwert. Insbesondere kann auch vorgesehen sein, dass in diesem Fall, die während des Vordiagnosemodus ermittelte Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysators der vorab definierten Reduktionsmittelmenge nicht entspricht oder die vorab definierte Reduktionsmittelmenge nicht überschreitet.

[0072] Der Vordiagnosemodus wird beendet bzw. wird der Regelbetriebsmodus wieder aktiviert oder in den Regelbetriebsmodus zurückgekehrt, wenn die während des Vordiagnosemodus ermittelte Menge an Reduktionsmittel einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge entspricht oder eine vorab definierte Reduktionsmittelmenge überschreitet und keine maßgebliche Abweichung zwischen der modellierten Effizienz und der realen Effizienz auftritt oder der Unterschied zwischen der modellierten Effizienz und der realen Effizienz unter dem vordefinierten Schwellenwert liegt. Das heißt, dass gegebenenfalls, wenn eine vorab definierte Reduktionsmittelmenge noch im SCR-Katalysator gespeichert war, der SCR-Katalysator eine ausreichende Speicherkapazität aufweist und der Diagnosemodus nicht aktiviert wird. Insbesondere kann vorgesehen sein, dass die vorab definierte Reduktionsmittelmenge durch das kinetische Modell oder aus einer von der Temperatur des SCR-Katalysators abhängigen Funktion ermittelt oder berechnet wird. Es kann auch vorgesehen sein, dass die modellierte Effizienz aus einer einfachen Gleichung erhalten wird oder die modellierte Effizienz auf Erfahrungswerten basiert.

[0073] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator über die Massenbilanz, insbesondere über die NO_x-Massenbilanz, ermittelt wird. Das heißt gegebenenfalls, dass aus der Differenz der NO_x-Messwerte vor und nach dem SCR-System, während der Vordiagnosemodus aktiviert ist, ermittelt und/oder berechnet wird, wie viel Reduktionsmittel, insbesondere NH₃, noch im SCR-Katalysator gespeichert war. Insbesondere kann die Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator durch folgende Gleichung erhalten werden:

$$NH_{3,SCR-Kat.} = \dot{M}_{NOx,us} - \dot{M}_{NOx,ds} - \dot{M}_{NH_3,us}$$

wobei $NH_{3,SCR-Kat.}$ die ermittelte Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysator während des Vordiagnosemodus, $\dot{M}_{NOx,us}$ der NOx-Massenstrom vor dem SCR-System, $\dot{M}_{NOx,ds}$ der NOx-Massenstrom nach dem SCR-System und $\dot{M}_{NH_3,us}$ der NH_3 -Massenstrom ist, welcher gegebenenfalls während des Vordiagnosemodus, insbesondere vor dem eingesetzten SCR-System, eingesetzt wird.

[0074] Durch das Verfahren kann es somit möglich sein, schnell und zuverlässig die Funktionsfähigkeit einer Abgasnachbehandlungsanlage, insbesondere eines SCR-Katalysators, zu überprüfen, da der Diagnosemodus nicht zwingend zur Funktionsüberprüfung aktiviert werden muss.

[0075] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Diagnosemodus vom Regelbetriebsmodus der Verbrennungskraftmaschine abweicht.

[0076] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass der Vordiagnosemodus vom Regelbetriebsmodus der Verbrennungskraftmaschine abweicht.

[0077] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass nach Beendigung des Vordiagnosemodus und/oder des Diagnosemodus die Verbrennungskraftmaschine in ihrem Regelbetriebsmodus betrieben wird.

[0078] Gegebenenfalls ist vorgesehen, dass die Statusinformation zur Funktion der Abgasnachbehandlungsanlage mittels einer MIL-Lampe „Malfunction Indicator Light - Motorkontrollleuchte“ eines Fahrzeuges ausgegeben wird, wodurch der Fahrer über den Status der Funktionsfähigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage informiert wird.

[0079] Die Erfindung wird nun am Beispiel exemplarischer, nicht ausschließlicher, Ausführungsbeispiele weiter erläutert.

[0080] Fig. 1 zeigt eine schematische grafische Darstellung einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

[0081] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung des Vordiagnosemodus des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

[0082] Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung des Diagnosemodus des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0083] Fig. 1 zeigt eine schematische grafische Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Funktionsüberprüfung einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine mit einem SCR-System einer ersten Ausführungsform.

[0084] Gemäß dieser Ausführungsform wird in einem Vordiagnosemodus überprüft, ob der Diagnosemodus aktiviert wird oder nicht. Im Vordiagnosemodus wird die Betriebsstoffzufuhr und somit auch die eingebrachte Menge an Reduktionsmittel verringert oder gestoppt. Dadurch wird die im SCR-Katalysator gespeicherte Reduktionsmittelmenge für die Reduktion der Stickoxide verwendet, wodurch die gespeicherte Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator verringert und aufgebraucht wird.

[0085] Während die Betriebsstoffzufuhr verringert oder gestoppt ist, wird gemäß dieser Ausführungsform die reale NOx-Umsatzrate, die reale Effizienz des SCR-Katalysators, ermittelt, wobei die Ermittlung bevorzugt kontinuierlich erfolgt. In dieser Ausführungsform werden dazu die Messwerte von einem NOx-Sensor oder zwei NOx-Sensoren herangezogen, wobei diese vor und nach dem SCR-Katalysator angeordnet sind. Es kann vorgesehen sein, dass die NOx-Emissionen der Verbrennungskraftmaschine durch ein kinetisches Modell der Verbrennungskraftmaschine ermittelt und/oder bestimmt werden. Dadurch kann es möglich sein auch nur einen NOx-Sensor nach der Abgasnachbehandlungsanlage vorsehen zu müssen.

[0086] Ferner werden die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des realen SCR-Katalysators in einem kinetischen SCR-Katalysator-Modell berechnet und/oder abgebildet. Mit dem ki-

netischen Modell kann eine simulierte bzw. modellierte NO_x-Umsatzrate bzw. eine modellierte Effizienz ermittelt werden.

[0087] Falls die reale Effizienz des SCR-Katalysators von der modellierten Effizienz des SCR-Katalysators um einen vordefinierten Schwellenwert abweicht, also die Effizienzdifferenz $\Delta\eta_{SCR}$ größer ist als der vordefinierte Schwellenwert, wird der Diagnosemodus aktiviert. Das heißt einerseits, dass, falls die reale Effizienz im Wesentlichen der modellierten Effizienz entspricht und die während des Vordiagnosemodus ermittelte Menge an Reduktionsmittel im SCR-Katalysator einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge entspricht oder diese überschreitet, das SCR-System als funktionstüchtig beurteilt wird. In diesem Fall wird der Vordiagnosemodus beendet, der Diagnosemodus nicht aktiviert und gegebenenfalls in den Regelbetriebsmodus zurückgekehrt oder der Regelbetriebsmodus aktiviert. Andererseits muss das SCR-System auf seine Funktionstüchtigkeit mit dem Diagnosemodus überprüft werden, wenn die reale Effizienz um mehr als einen vordefinierten Schwellenwert von der modellierten Effizienz abweicht, also die Effizienzdifferenz $\Delta\eta_{SCR}$ größer ist als der vordefinierte Schwellenwert.

[0088] Gemäß dieser ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens kann somit schnell und zuverlässig die Funktionstüchtigkeit einer Abgasnachbehandlungsanlage, insbesondere eines SCR-Systems, überprüft werden, da der Diagnosemodus nur in bestimmten Fällen aktiviert wird.

[0089] Falls der Diagnosemodus aktiviert wird, wird in der Entleerungsphase die Betriebsstoffzufuhr solange gestoppt oder verringert bis im Wesentlichen kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert ist. Der SCR-Katalysator wird gemäß der ersten Ausführungsform als leer definiert, wenn ein Parameter detektiert wird, der Aufschluss über den Beladungszustand des SCR-Katalysators gibt. In dieser Ausführungsform wird als Parameter die Differenz der detektierten NO_x-Konzentrationen im Abgas vor und nach dem SCR-System herangezogen. Das heißt, dass der SCR-Katalysator als leer definiert ist, wenn die Differenz zwischen den beiden NO_x-Konzentrationen im Wesentlichen null ist und somit die NO_x-Konzentration vor dem SCR-System im Wesentlichen der NO_x-Konzentration nach dem SCR-System entspricht.

[0090] Sobald der SCR-Katalysator leer ist, wird die Betriebsstoffzufuhr in der Beladungsphase wieder erhöht bzw. aktiviert.

[0091] Gemäß dieser Ausführungsform wird das SCR-System als funktionstüchtig definiert, wenn während des gesamten Verlaufs der Eindosierung einer vorbestimmten Diagnosemenge an Betriebsstoff kein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird und somit im Wesentlichen die gesamte Reduktionsmittelmenge zumindest temporär im SCR-Katalysator gespeichert wird. In diesem Fall ist die Reduktionsmittel-Speicherkapazität des SCR-Katalysators ausreichend und das SCR-System ist in der Lage, gesetzliche Vorgaben bezüglich Schadstoffemissionen, insbesondere NO_x-Emissionen, einzuhalten.

[0092] Falls aber ein Reduktionsmittelschlupf während der Eindosierung der vorbestimmten Diagnosemenge an Betriebsstoff nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, gilt das SCR-System gemäß dieser Ausführungsform als nicht funktionstüchtig. Das heißt, dass in diesem Fall die Reduktionsmittel-Speicherkapazität des SCR-Katalysators vermindert, verringert und/oder herabgesetzt ist.

[0093] Gemäß dieser Ausführungsform wird die Betriebsstoffzufuhr während des Diagnosemodus gestoppt, sobald ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird oder sobald die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist. Somit werden die Reduktionsmittelemissionen sowohl bei der Überprüfung eines funktionstüchtigen als auch bei der Überprüfung eines nicht funktionstüchtigen SCR-Katalysators reduziert und/oder vermieden.

[0094] Die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff definiert die Menge an eingebrachtem Reduktionsmittel. In dieser Ausführungsform ist die vorbestimmte Menge an Betriebsstoff um eine Teilmenge erhöht, mit welcher der Verbrauch des Reduktionsmittels während des Diagnosemodus berücksichtigt wird. Dadurch kann sichergestellt werden, dass auch wirklich jene Menge an Reduktionsmittel in dem SCR-Katalysator gespeichert wird, die vorbestimmt wurde.

[0095] Gemäß dieser Ausführungsform ist vorgesehen, dass anhand von verschiedenen Parametern, wie beispielsweise der Temperatur des SCR-Katalysators ein Reduktionsmittel-Speicherstand bestimmt wird, den ein funktionstüchtiger SCR-Katalysator aufweisen muss. Es wird nun so lange die Dosierung von Betriebsstoff modelliert, bis in dem kinetischen Modell der vorab definierte Reduktionsmittel-Speicherstand erreicht wird, wodurch die Diagnosemenge an Betriebsstoff ermittelbar ist. Das heißt in anderen Worten, dass gegebenenfalls der Reduktionsmittel-Speicherstand aus verschiedenen Parametern ermittelt wird und die Menge an Betriebsstoff mithilfe des kinetischen Modells bestimmt wird. Das kinetische Modell berechnet bzw. modelliert die für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen. Somit kann durch das kinetische Modell eine Menge an Reduktionsmittel berechnet werden, welche der SCR-Katalysator noch aufnehmen muss, um als funktionstüchtig definiert werden zu können. Diese durch das kinetische Modell berechnete Menge an Reduktionsmittel kann zur Gänze zumindest temporär in dem SCR-Katalysator gespeichert werden, wenn dieser funktionstüchtig ist.

[0096] Gemäß diesem Verfahren weichen sowohl der Diagnosemodus als auch der Vordiagnosemodus vom bestimmungsgemäßen Betrieb der Verbrennungskraftmaschine ab.

[0097] Sobald die Funktionsüberprüfung der Abgasnachbehandlungsanlage abgeschlossen ist, wird das Ergebnis der Funktionsüberprüfung, die Statusinformation zur Funktion, in einem Speicher-System der Verbrennungskraftmaschine und/oder eines Kraftfahrzeugs abgespeichert.

[0098] Ferner wird gemäß dieser Ausführungsform die Statusinformation durch Aktivieren bzw. Einschalten einer MIL-Lampe ausgegeben, wodurch der Benutzer der Verbrennungskraftmaschine und/oder des Kraftfahrzeugs über den Zustand bzw. die Funktionstüchtigkeit seiner Abgasnachbehandlungsanlage informiert wird.

[0099] In Fig. 2 ist eine schematische Darstellung des Vordiagnosemodus des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand von drei verschiedenen Diagrammen und anhand von zwei verschiedenen Fällen dargestellt. In dem ersten dieser drei Diagramme ist die Effizienz des SCR-Katalysators über der Zeit aufgetragen. In dem zweiten dieser drei Diagramme ist die Beladung, also die Menge an Reduktionsmittel, die im SCR-Katalysator gespeichert ist, über der Zeit aufgetragen. In dem dritten dieser drei Diagramme ist die Dosiermenge an Betriebsstoff über der Zeit aufgetragen.

[00100] Aus diesen drei Diagrammen ist nun ersichtlich, dass gemäß dieser Ausführungsform vor der Aktivierung des Diagnosemodus der Vordiagnosemodus ausgeführt wird. Gemäß dieser Ausführungsform wird im Vordiagnosemodus die Betriebsstoffzufuhr gestoppt, wodurch kein Reduktionsmittel mehr dem SCR-Katalysator zugeführt wird.

[00101] Anhand des kinetischen Modells werden alle für das Verfahren maßgeblichen Reaktionen des SCR-Katalysators berechnet. Dadurch ist es möglich, die Effizienz des SCR-Katalysators, das heißt seine Umsatzrate an Stickoxiden, zu modellieren bzw. zu berechnen. Die durch das kinetische Modell modellierten bzw. berechneten Werte sind in diesen drei Diagrammen durch punktierte Linien dargestellt.

[00102] Die realen Werte für den ersten Fall sind in diesen drei Diagrammen als durchgezogene Linien dargestellt. In dem ersten hier dargestellten Fall entspricht die Effizienz des realen SCR-Katalysators im Wesentlichen der Effizienz des modellierten SCR-Katalysators. Das heißt, dass der Unterschied zwischen der realen Effizienz und der modellierten Effizienz, also die Effizienzdifferenz $\Delta\eta_{SCR}$, kleiner ist als ein vordefinierter Schwellenwert. Aus dem zweiten Diagramm ist ersichtlich, dass auch die modellierte Beladung mit der realen Beladung im Wesentlichen übereinstimmt. Das heißt, dass in diesem Fall während des Vordiagnosemodus die Reduktionsmittelmenge im SCR-Katalysator, welche in dieser Ausführungsform über die Massenbilanz berechnet wird, einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge entspricht. Der SCR-Katalysator weist also in diesem Fall eine ausreichende Reduktionsmittelspeicherkapazität auf. Gemäß dieser Ausführungsform wird die vorab definierte Reduktionsmittelmenge über eine Funktion, welche unter anderem von der Temperatur des SCR-Katalysators abhängt, ermittelt. In diesem Fall wird gemäß dieser Ausführungsform des Verfahrens die Abgasnachbehandlungsanlage als funktionstüchtig

definiert und der Diagnosemodus nicht gestartet.

[00103] Für den zweiten Fall sind die realen Werte als Strichzweipunktlinie dargestellt. Aus dem ersten Diagramm ist ersichtlich, dass die reale Effizienz von der modellierten Effizienz abweicht, kurz nachdem die Betriebsstoffzufuhr gestoppt wurde. Das heißt, dass in diesem Fall weniger Reduktionsmittel im Katalysator vorhanden war als vom kinetischen Modell berechnet wurde. Dies ist aus dem zweiten Diagramm ersichtlich, das zeigt, dass die reale Beladung von der modellierten Beladung abweicht. Dadurch, dass real weniger Reduktionsmittel im SCR-Katalysator vorhanden ist als vom kinetischen Modell berechnet wurde, verfügt der SCR-Katalysator - schneller als berechnet - über kein Reduktionsmittel mehr, wodurch früher als berechnet keine Stickoxide mehr reduziert werden können. Somit steigen die NO_x-Emissionen nach dem SCR-Katalysator früher als berechnet stark an und die Stickoxide-Umsatzrate verringert sich früher als berechnet. In diesem Fall ist die Effizienzdifferenz $\Delta\eta_{SCR}$ größer als der vordefinierte Schwellenwert und die Abgasnachbehandlungsanlage muss durch den Diagnosemodus auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden. In diesem Fall wird der Diagnosemodus aktiviert.

[00104] In Fig. 3 ist eine schematische Darstellung des Diagnosemodus des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand von drei verschiedenen Diagrammen und zwei verschiedenen Fällen dargestellt. In dem ersten dieser drei Diagramme ist die Effizienz des SCR-Katalysators über der Zeit aufgetragen. In dem zweiten dieser drei Diagramme ist die Beladung, also die Menge an Reduktionsmittel, die im SCR-Katalysator gespeichert ist, über der Zeit aufgetragen. In dem dritten dieser drei Diagramme ist die Dosiermenge an Betriebsstoff über der Zeit aufgetragen.

[00105] Bei dem Diagnosemodus wird gemäß dieser Ausführungsform zuerst der SCR-Katalysator durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr entleert. Diese sogenannte Entleerungsphase wird durchgeführt bis kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert ist.

[00106] Sobald der SCR-Katalysator als leer definiert ist, ist die Entleerungsphase abgeschlossen. An dieser Stelle kann die durch das kinetische Modell modellierte Beladung - strichpunktierte Linien - des SCR-Katalysators an die reale Beladung - durchgezogene Linie - des SCR-Katalysators angepasst werden. Da man durch die Entleerungsphase weiß, dass der reale SCR-Katalysator im Wesentlichen kein Reduktionsmittel mehr enthält, kann auch die modellierte Reduktionsmittelbeladung auf null gesetzt werden. Dadurch kann eine gegebenenfalls über längere Zeit bestehende Divergenz zwischen dem realen SCR-Katalysator und dem modellierten SCR-Katalysator korrigiert werden.

[00107] Anschließend wird die Betriebsstoffzufuhr in einer Beladungsphase wieder aktiviert. Falls nun während der Beladungsphase ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, wird das SCR-System als nicht funktionstüchtig definiert. In dieser Ausführungsform erhöht sich, sobald ein Reduktionsmittelschlupf bzw. ein NH₃-Schlupf auftritt, nach dem SCR-Katalysator die detektierte NO_x-Konzentration, da der NO_x-Sensor eine Querempfindlichkeit mit NH₃ aufweist. Das heißt, dass in diesem Fall der SCR-Katalysator die vorab bestimmte Menge an Reduktionsmittel nicht mehr aufnehmen kann und seine Reduktionsmittel-Speicherfähigkeit eingeschränkt ist. Wie aus dem ersten Diagramm ersichtlich, verringert sich die gemessene Effizienz - Strichzweipunktlinie - bei Auftreten eines Reduktionsmittelschlupfes deutlich.

[00108] Falls aber während der Eindosierung der vorab bestimmten Diagnosemenge, also während der Beladungsphase, kein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, wird das SCR-System als funktionstüchtig definiert. Wie im ersten Diagramm dargestellt, kommt es zu keinem Abfall der Effizienz - durchgezogenen Linie.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Funktionsüberprüfung einer Abgasnachbehandlungsanlage einer Verbrennungskraftmaschine mit einem SCR-System,
 - 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,
 - und wobei das Reduktionsmittel zumindest temporär in einem SCR-Katalysator des SCR-Systems gespeichert wird,umfassend folgende Schritte:
 - Aktivieren eines Diagnosemodus,
 - Entleeren des SCR-Katalysators durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr, bis kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert ist,
 - anschließend, wenn notwendig, Temperieren, insbesondere Aufheizen, des SCR-Katalysators, sodass die Temperatur des SCR-Katalysators innerhalb eines vorbestimmten Temperaturfensters liegt,
 - anschließend Eindosieren des Betriebsstoffs,**dadurch gekennzeichnet,**
 - dass das SCR-System als funktionstüchtig definiert wird, wenn während des gesamten Verlaufs der Eindosierung einer vorbestimmten Diagnosemenge an Betriebsstoff kein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, womit im Wesentlichen das gesamte Reduktionsmittel zumindest temporär im SCR-Katalysator gespeichert wird,
 - dass das SCR-System als nicht funktionstüchtig definiert wird, wenn während des Verlaufs der Eindosierung der vorbestimmten Diagnosemenge an Betriebsstoff ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, bevor die gesamte vordefinierte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist, womit eine herabgesetzte Reduktionsmittel-Speicherkapazität des SCR-Katalysators detektiert wird,
 - dass gegebenenfalls die Statusinformation zur Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage ausgegeben und/oder gespeichert wird,
 - und dass der Diagnosemodus anschließend gegebenenfalls beendet wird,
 - und dass die Eindosierung des Betriebsstoffs gestoppt wird, bevor die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist, wenn ein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, wodurch die Reduktionsmittelemissionen minimiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Eindosierung des Betriebsstoffs gestoppt wird, wenn die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff eindosiert ist und kein Reduktionsmittelschlupf nach dem SCR-Katalysator detektiert wird, wodurch planmäßig keine Reduktionsmittelemissionen auftreten.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die vorbestimmte Diagnosemenge an Betriebsstoff für den Diagnosemodus derart bemessen ist, dass bei einem funktionstüchtigen SCR-Katalysator das durch die Diagnosemenge an Betriebsstoff eingebrachte Reduktionsmittel zumindest temporär in dem SCR-Katalysator gespeichert werden kann, womit bei funktionstüchtigem SCR-Katalysator planmäßig keine Reduktionsmittelemissionen auftreten.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Entleeren des SCR-Katalysators durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr so lange erfolgt, bis ein Parameter detektiert wird, der Aufschluss darüber gibt, dass kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert ist, wobei dieser Parameter insbesondere durch mindestens einen NO_x-Sensor detektiert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**,
 - dass der Parameter eine Differenz zwischen einer vor dem SCR-Katalysator aufgenommenen Emission, insbesondere einer NO_x-Emission, und einer nach dem SCR-Katalysator aufgenommenen Emission, insbesondere einer NO_x-Emission, ist,

- und dass die Differenz der vor und nach dem SCR-Katalysator detektierten Emissionen bei entleertem SCR-Katalysator unterhalb eines vorbestimmten Differenzwertes, insbesondere bei null, liegt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **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 entspricht.
 7. Verfahren nach Anspruch 6, **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 SCR-Katalysator speicherbar ist, wenn dieser funktionstüchtig ist.
 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Diagnosemenge an Betriebsstoff eine Teilmenge an Reduktionsmittel enthalten ist, die während des Diagnosemodus durch die bestimmungsgemäße Funktion des SCR-Systems umgesetzt bzw. verbraucht wird und dadurch nicht in dem SCR-Katalysator gespeichert wird.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Angleichung des kinetischen Modells an die Realität, insbesondere zur Kalibrierung des kinetischen Modells, die Beladung mit Reduktionsmittel des modellierten SCR-Katalysators auf null gesetzt wird, wenn auch im Fortlauf des Diagnosemodus kein Reduktionsmittel mehr im SCR-Katalysator gespeichert ist.
 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 6 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Aktivieren des Diagnosemodus folgende Schritte umfasst:
 - Teilweises Entleeren des SCR-Katalysators durch Stoppen oder Verringern der Betriebsstoffzufuhr in einem Vordiagnosemodus,
 - Aktivieren des Diagnosemodus, wenn die gemessene Effizienz des SCR-Systems um einen vordefinierten Schwellenwert von der mit dem kinetischen Modell berechneten Effizienz des modellierten SCR-Systems abweicht.
 - Aktivieren des oder Rückkehr in den Regelbetriebsmodus, wenn die während des Vordiagnosemodus ermittelte Menge an Reduktionsmittel des SCR-Katalysators einer vorab definierten Reduktionsmittelmenge entspricht oder eine vorab definierten Reduktionsmittelmenge überschreitet.
 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Diagnosemodus vom Regelbetriebsmodus der Verbrennungskraftmaschine und/oder der Abgasnachbehandlungsanlage abweicht.
 12. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vordiagnosemodus vom Regelbetriebsmodus der Verbrennungskraftmaschine abweicht.
 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Statusinformation zur Funktion der Abgasnachbehandlungsanlage mittels einer MIL-Lampe „Malfunction Indicator Light - Motorkontrollleuchte“ eines Fahrzeuges ausgegeben wird, wodurch der Fahrer über den Status der Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungsanlage informiert wird.

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

1/3

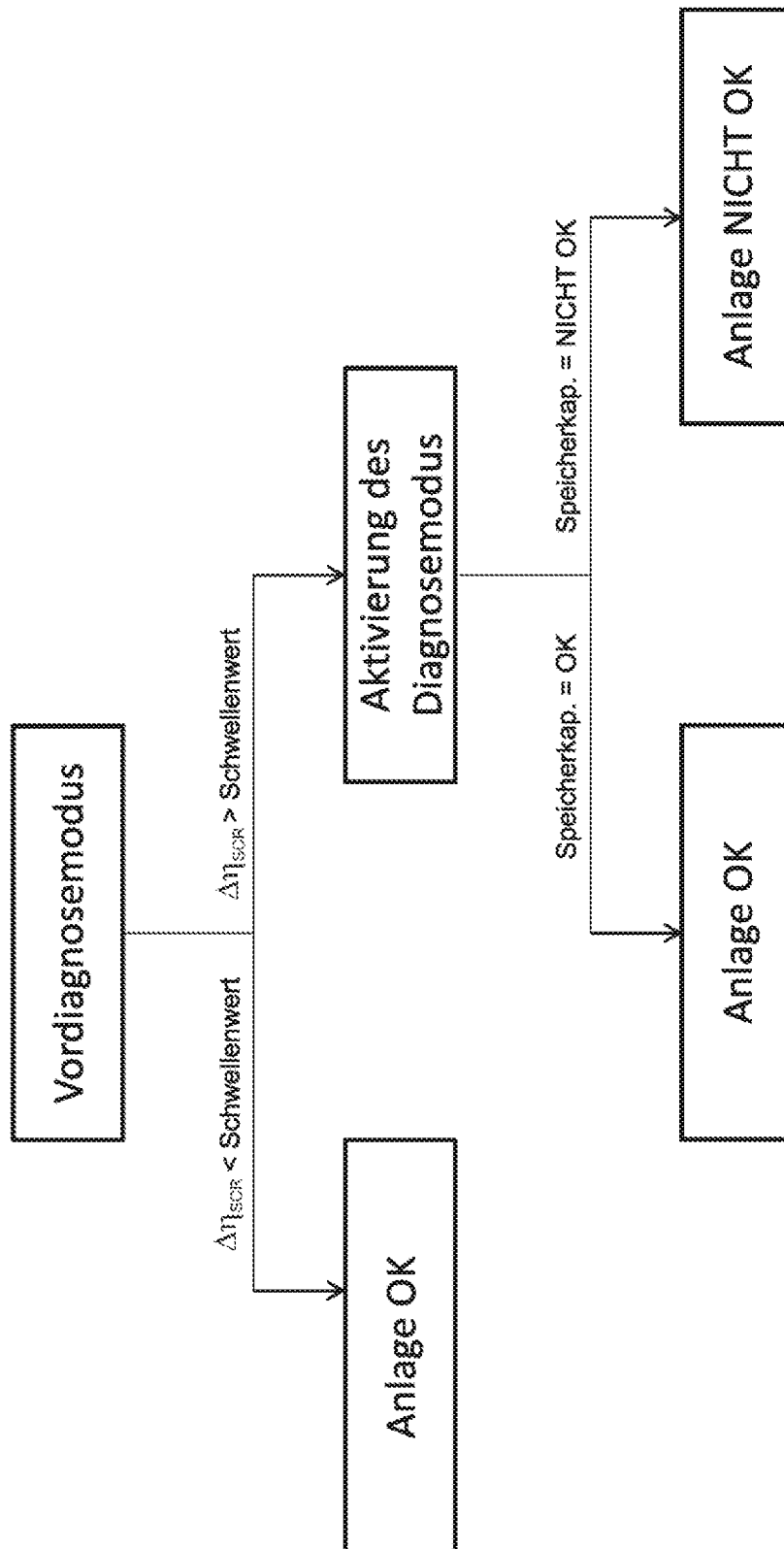


Fig.1

2/3

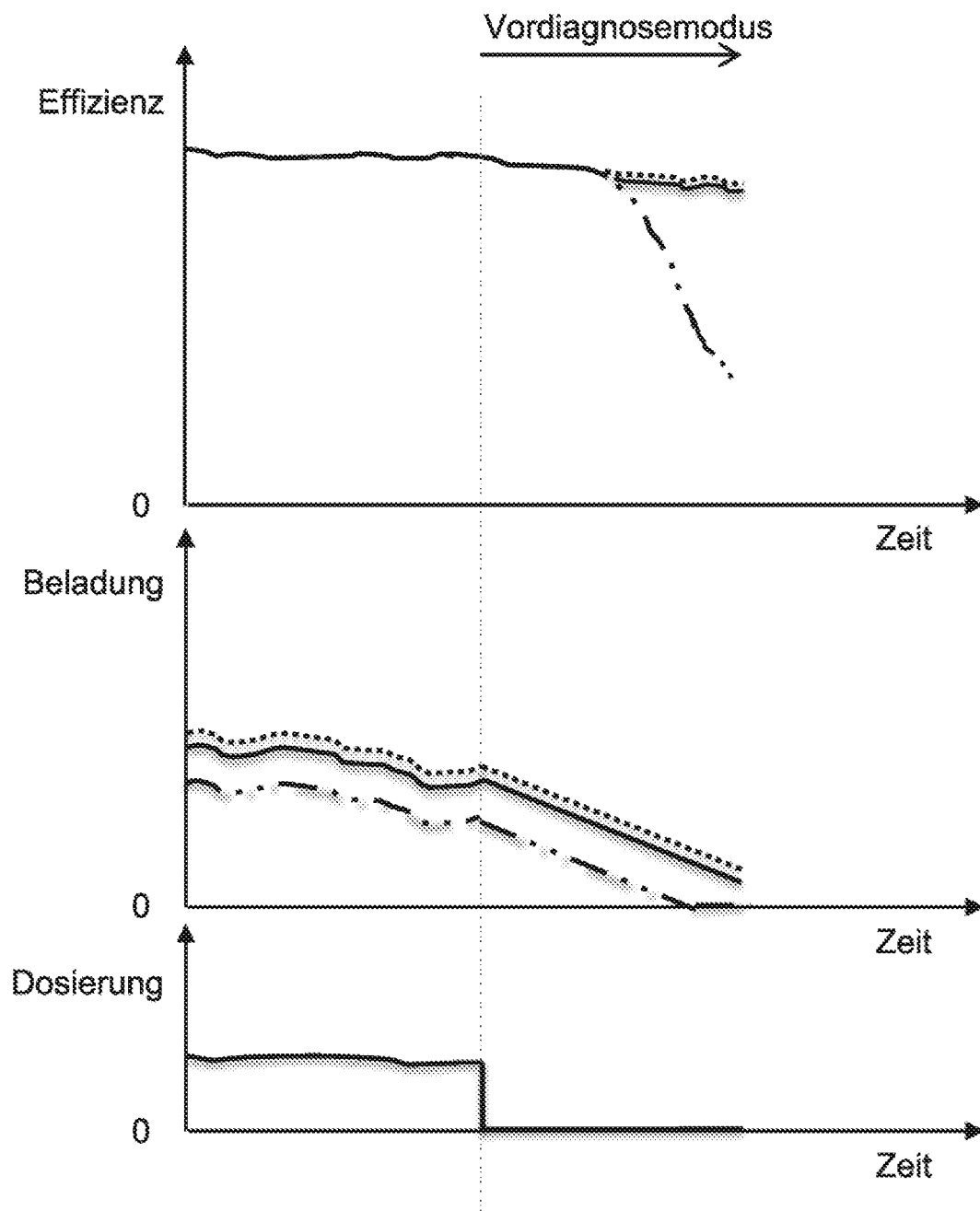


Fig.2

3/3

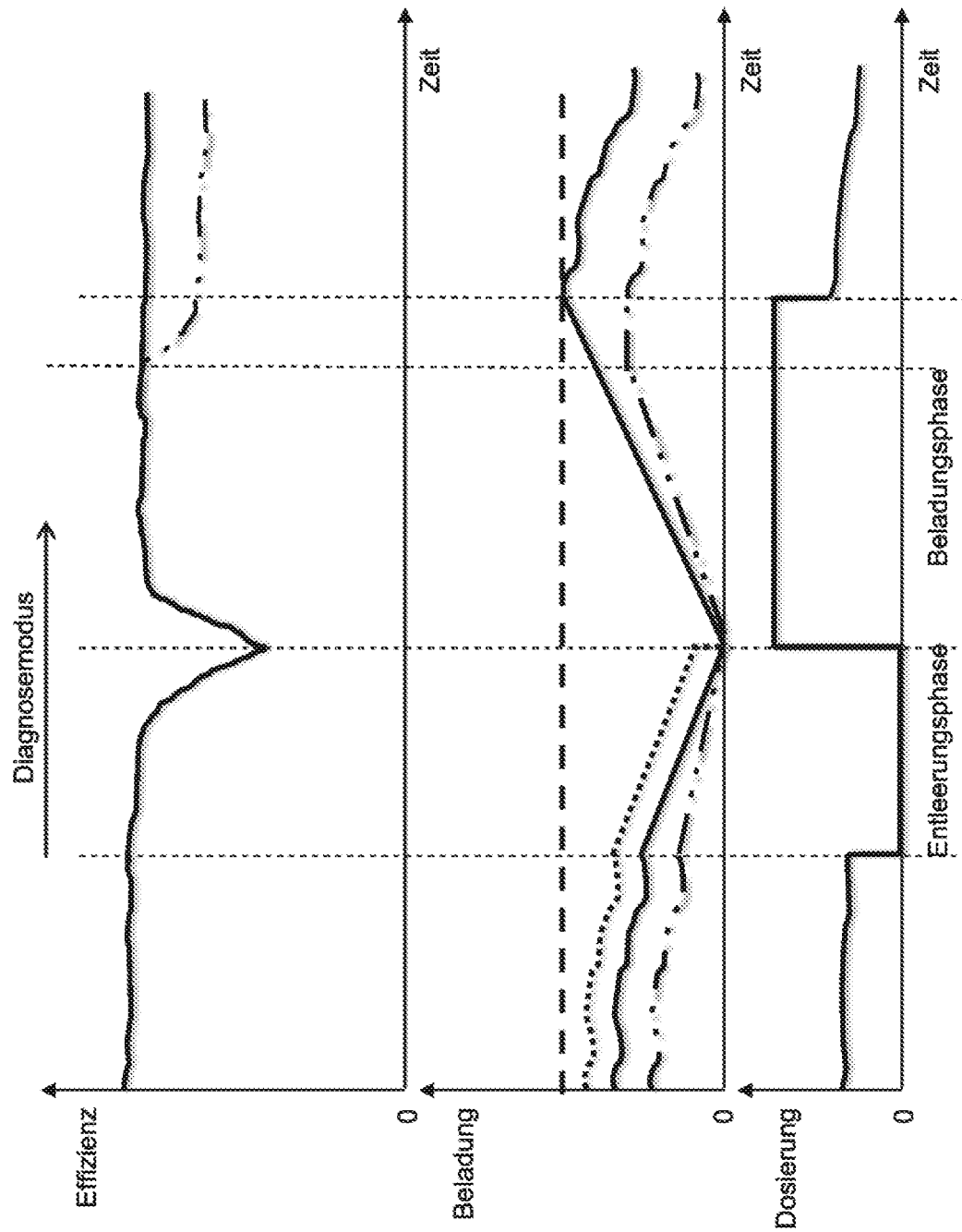


Fig.3