

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
12. Januar 2017 (12.01.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/005347 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01N 3/20 (2006.01) F01N 11/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/001093

(22) Internationales Anmeldedatum:
28. Juni 2016 (28.06.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 212 697.8 7. Juli 2015 (07.07.2015) DE

(71) Anmelder: MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH
[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: RUSCH, Klaus; Liebenweiler Str. 3/1, 88147
Achberg (DE). REMELE, Jörg; Am Sonnenbühl 34,
88709 Hagnau (DE). NIEMEYER, Jens; Montafonstrasse
11, 88045 Friedrichshafen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN EXHAUST AFTER-TREATMENT SYSTEM COMPRISING AN SCR-CATALYST

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES ABGASNACHBEHANDLUNGSSYSTEMS MIT EINEM SCR-
KATALYSATOR

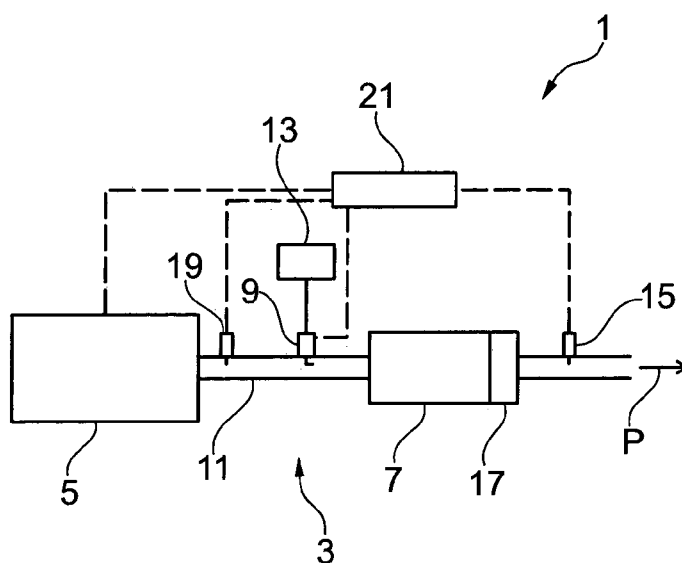


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for
operating an exhaust after-treatment system (3)
comprising an SCR-catalyst (7), a metering device (9)
for dosing a reducing agent being controlled on the
basis of a determining variable (26) that influences a
nitrogen-oxide concentration downstream of the SCR-
catalyst. A breakthrough identification is carried out
for the SCR-catalyst (7), wherein if a breakthrough is
identified, the determining variable (26) is altered to a
higher nitrogen-oxide concentration downstream of the
SCR-catalyst (7) and the metering device (9) is
controlled in order to dose the reducing agent on the
basis of the altered determining variable (28).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein
Verfahren zum Betreiben eines
Abgasnachbehandlungssystems (3) mit einem SCR-
Katalysator (7), wobei eine Dosiereinrichtung (9) zum
Eindosieren eines Reduktionsmittels auf der Grundlage
einer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des
SCR-Katalysators beeinflussenden Bestimmungsgröße
(26) angesteuert wird, wobei eine
Durchbracherkennung für den SCR-Katalysator (7)
durchgeführt wird, wobei wenn ein Durchbruch erkannt
wird, die Bestimmungsgröße (26) zu höherer Stickoxid-
Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7)

hin verändert wird, wobei die Dosiereinrichtung (9) zur Eindosierung des Reduktionsmittels auf der Grundlage der veränderten
Bestimmungsgröße (28) angesteuert wird.

BESCHREIBUNG

5 VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES ABGASNACHBEHANDLUNGSSYSTEMS MIT
 EINEM SCR-KATALYSATOR

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben eines Abgasnachbehandlungssystems, eine
10 Steuereinrichtung für ein Abgasnachbehandlungssystem, ein Abgasnachbehandlungssystem und
eine Brennkraftmaschine.

Abgasnachbehandlungssysteme mit wenigstens einem Katalysator zur selektiven katalytischen
Reduktion von Stickoxiden (SCR-Katalysator) werden verwendet, um Stickoxidemissionen auf
15 gesetzlich vorgeschriebene Werte zu reduzieren. Über eine Laufzeit des
Abgasnachbehandlungssystems ist es möglich, dass die maximale Umsatzrate, welche ein
solcher SCR-Katalysator erreichen kann, abnimmt. Eine übliche Auslegung eines
Abgasnachbehandlungssystems berücksichtigt diese Abnahme der Leistungsfähigkeit des SCR-
Katalysators durch eine Auslegungsreserve. Tritt eine übermäßige Alterung des Systems im
20 Betrieb auf, ist diese Auslegungsreserve nicht ausreichend. Wird das
Abgasnachbehandlungssystem über die Umsatzrate des Katalysators hinaus betrieben, kann
insbesondere ein unerwünschter Schlupf von Reduktionsmittel, insbesondere ein Ammoniak-
Schlupf, entstehen. Es ist möglich, die hiermit verbundenen Probleme neben der Festlegung
einer Auslegungsreserve auch durch Hinterlegung eines Alterungsmodells für den SCR-
25 Katalysator zu vermeiden. Dabei kann eine von dem SCR-Katalysator geforderte Umsatzrate
mittels des Alterungsmodells über die Betriebsdauer und die dabei vorliegenden
Betriebsbedingungen an dem Katalysator angepasst werden. Diese Vorgehensweise ist allerdings
nachteilig, weil verlässliche Alterungsmodelle nur schwer zu bedaten sind, was insbesondere
einen erheblichen Zeitaufwand bedingt, wenn alle möglichen Kombinationen von
30 Betriebsbedingungen abgedeckt werden sollen. Darüber hinaus können im realen Betrieb weitere
Einflüsse auftreten, die in der Alterungs-Modellierung nicht berücksichtigt sind, beispielsweise
eine chemische Alterung des Systems durch die Verwendung eines ungeeigneten Schmiermittels
für die Brennkraftmaschine, und dessen Austrag im Betrieb derselben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betreiben eines Abgasnachbehandlungssystems, eine Steuereinrichtung für ein Abgasnachbehandlungssystem, ein Abgasnachbehandlungssystem und eine Brennkraftmaschine zu schaffen, wobei die genannten Nachteile nicht auftreten.

5

Die Aufgabe wird gelöst, indem die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche geschaffen werden. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen und der Beschreibung.

- 10 Die Aufgabe wird insbesondere gelöst, indem ein Verfahren zum Betreiben eines Abgasnachbehandlungssystems mit einem SCR-Katalysator geschaffen wird, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist: Es wird eine Dosiereinrichtung zum Eindosieren eines Reduktionsmittels auf der Grundlage einer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators beeinflussenden Bestimmungsgröße angesteuert, wobei eine Durchbrucherkennung
- 15 für den SCR-Katalysator durchgeführt wird, wobei, wenn ein Durchbruch erkannt wird, die Bestimmungsgröße zu höherer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin verändert wird, und wobei die Dosiereinrichtung zur Eindosierung des Reduktionsmittels auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße angesteuert wird. Mittels der Durchbrucherkennung ist es möglich, eine Alterungsadaption für den Betrieb des
- 20 Abgasnachbehandlungssystems vorzunehmen, welche – unabhängig von einem Alterungsmodell – an die tatsächliche Alterung des SCR-Katalysators angepasst ist. Somit kann flexibel auch auf eine übermäßige Alterung des Systems im Betrieb reagiert werden, für welche gegebenenfalls eine Auslegungsreserve nicht ausreichend ist. Auch in diesen Fällen wird durch die mithilfe des Verfahrens zur Verfügung gestellte Alterungs-Adaption ein stabiler Betrieb des Systems
- 25 ermöglicht. Ein unerwünschter Reduktionsmittel-Schlupf kann durch die Ansteuerung der Dosiereinrichtung auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße vermieden werden. Insbesondere wird durch die im Rahmen des Verfahrens durchgeführte Alterungs-Adaption eine betriebspunktabhängige Begrenzung der von dem Abgasnachbehandlungssystem angeforderten Umsatzrate vorgenommen, um einen sicheren Betrieb des Systems ohne Reduktionsmittel-
- 30 Schlupf auch bei extremer Alterung sicherzustellen. Dabei ist das Verfahren einfach implementierbar und ohne Vorwissen, insbesondere ohne komplexes Alterungsmodell und ohne erheblichen Aufwand für dessen Bedatung, durchführbar. Weiterhin kann das Verfahren auf ohnehin bestehende Messgrößen im Betrieb einer Brennkraftmaschine zurückgreifen, um die Durchbrucherkennung durchzuführen und die Bestimmungsgröße zu verändern, sowie die

Dosiereinrichtung in Abhängigkeit von der veränderten Bestimmungsgröße anzusteuern. Es bedarf also keiner zusätzlichen Mess- oder Stellelemente, sodass das Verfahren besonders kostengünstig und einfach implementiert werden kann, beispielsweise in eine Steuereinrichtung einer Brennkraftmaschine.

5

Unter einem Abgasnachbehandlungssystem wird generell ein System verstanden, welches eingerichtet ist, um Abgas einer dem Abgasnachbehandlungssystem vorgeschalteten Einrichtung, insbesondere einer Maschine, insbesondere einer Brennkraftmaschine, nachzubehandeln, wobei durch die Nachbehandlung wenigstens eine Schadstoffkonzentration im

10 Abgas reduziert wird.

Unter einem SCR-Katalysator wird insbesondere eine katalytische Einrichtung verstanden, die eingerichtet ist, um eine selektive katalytische Reduktion von Stickoxiden durchzuführen, wobei insbesondere an der katalytischen Einrichtung eine Umsetzung eines Reduktionsmittels mit dem

15 Abgas erfolgt. Bevorzugt ist der SCR-Katalysator eingerichtet, um Stickoxide durch Umsetzung mit Ammoniak zu reduzieren.

Unter einer Dosiereinrichtung zum Eindosieren eines Reduktionsmittels wird eine Einrichtung verstanden, mittels der ein Reduktionsmittel oder ein Reduktionsmittelvorläuferprodukt in das

20 Abgasnachbehandlungssystem stromaufwärts des SCR-Katalysators eindosierbar ist. Dabei kann es sich beispielsweise um ein Ventil, einen Injektor und/oder eine Düse handeln.

Der Begriff „Reduktionsmittel“ umfasst sowohl ein Reduktionsmittel im engeren Sinne, welches ohne weitere chemische Veränderung direkt an dem SCR-Katalysator mit Stickoxiden zu deren

25 Reduktion umgesetzt werden kann, als auch Vorläuferprodukte für Reduktionsmittel, die zunächst mit dem Abgas zu dem eigentlichen Reduktionsmittel reagieren, wobei dieses dann an dem SCR-Katalysator mit den im Abgas enthaltenen Stickoxiden umgesetzt wird. Ein solches Reduktionsmittelvorläuferprodukt ist beispielsweise eine Harnstoff-Wasser-Lösung, die unter den im Abgasstrom herrschenden Bedingungen zu Ammoniak umgesetzt wird, wobei das

30 Ammoniak dann als eigentliches Reduktionsmittel im engeren Sinne an dem SCR-Katalysator mit den Stickoxiden umgesetzt wird.

Unter einer Bestimmungsgröße, welche die Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators beeinflusst, wird insbesondere eine Größe verstanden, von welcher die Stickoxid-

Konzentration im Abgas stromabwärts des SCR-Katalysators abhängt. Dabei kann es sich insbesondere um einen Sollwert für die Stickoxid-Konzentration handeln, welcher für eine Emissionsregelung des Abgasnachbehandlungssystems verwendet werden kann. Die Dosiereinrichtung wird dann bevorzugt abhängig von diesem Sollwert angesteuert. Dabei

5 schließt der Begriff „ansteuern“ sowohl eine Steuerung als auch eine Regelung ein. Besonders bevorzugt wird eine Regelung durchgeführt, wobei die Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators mittels eines Stickoxid-Sensors gemessen wird, und wobei die Dosiereinrichtung bevorzugt in Abhängigkeit von einer Soll-/Ist-Abweichung zwischen dem Sollwert und der durch den Stickoxid-Sensor erfassten Stickoxid-Konzentration angesteuert

10 wird.

Unter einer Durchbrucherkenennung wird ein Verfahren verstanden, mittels dem ein auftretender Reduktionsmittel-Schlupf, insbesondere ein Ammoniak-Schlupf, durch den SCR-Katalysator, oder eine erhöhte Stickoxid-Emission durch einen erhöhten Ammoniak-Umsatz in einem dem

15 SCR-Katalysator nachgeschalteten Ammoniak-Sperrkatalysator, im Betrieb erkannt werden kann. Ein Verfahren zur Durchführung einer solchen Durchbrucherkenennung, insbesondere einer dynamischen Durchbrucherkenennung, ist in der deutschen Patentschrift DE 10 2011 011 441 B3 offenbart, wobei auf die Lehre dieses Dokuments verwiesen wird. Bevorzugt wird das dort offenbarte Verfahren zur Durchbrucherkenennung im Rahmen des hier vorgeschlagenen

20 Verfahrens eingesetzt.

Dabei wird insbesondere aus einer Dosierate eines vor dem SCR-Katalysator dem Abgasstrom zugegebene Reduktionsmittels anhand eines Modells des dynamischen Verhaltens des SCR-Katalysators für mindestens eine lineare Sensorkennlinie, die den Bereich des normalen Betriebs

25 abbildet, und mindestens eine lineare Sensorkennlinie, die den Bereich des Durchbruchs oder Ammoniak-Schlupfes abbildet, jeweils ein Erwartungswert für die Umsatzrate ermittelt. Dieser Erwartungswert wird mit einer aus einem von einem stromab zum SCR-Katalysator angeordneten Stickoxid-Sensor ermittelten Messwert ermittelten realen Umsatzrate verglichen. Für jede Kennlinie wird jeweils eine Stellgröße für die Anpassung der realen Umsatzrate an den

30 Erwartungswert berechnet. Diejenige Kennlinie wird ausgewählt, für welche die kleinste Stellgröße berechnet wurde. Bevorzugt umfasst dabei die Überwachung die dynamische Erkennung eines Katalysatordurchbruchs. Zusätzlich oder alternativ umfasst bevorzugt die Überwachung die Ermittlung der maximalen Umsatzrate des SCR-Katalysators. Zusätzlich oder alternativ bilden bevorzugt mehrere verschiedene Kennlinien den Bereich des Durchbruchs ab.

Es ist bevorzugt vorgesehen, dass die verschiedenen Kennlinien verschiedenen maximalen Umsatzraten entsprechen. Zusätzlich oder alternativ ist bevorzugt vorgesehen, dass die im Modell des dynamischen Verhaltens des SCR-Katalysators verwendeten Parameter abhängig sind von einem oder mehreren Betriebsparameter(n) des SCR-Katalysators.

5

Unter einem Durchbruch wird also insbesondere ein Zustand des SCR-Katalysators verstanden, bei welchem das durch die Dosiereinrichtung eindosierte Reduktionsmittel an dem SCR-Katalysator nicht vollständig umgesetzt wird, sondern vielmehr ein Anteil des Reduktionsmittels ohne zu reagieren durch den Katalysator geschleust wird und stromabwärts des Katalysators im Abgas vorhanden ist. Das Reduktionsmittel, insbesondere Ammoniak, führt zu einem erhöhten Sensorsignal an dem Stickoxid-Sensor, weil dieser typischerweise eine Querempfindlichkeit zwischen Stickoxiden einerseits und Ammoniak andererseits aufweist. Daher ist es möglich, mithilfe des zuvor beschriebenen Verfahrens zur Durchbrucherkennung insbesondere anhand der Messwerte des Stickoxid-Sensors einen Durchbruch und insbesondere einen Ammoniak-Schlupf des SCR-Katalysators zu detektieren.

Dass die Bestimmungsgröße zu höherer Stickoxidkonzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin verändert wird, wenn ein Durchbruch erkannt wird, bedeutet insbesondere, dass die Bestimmungsgröße derart verändert wird, dass tendenziell aufgrund der veränderten Bestimmungsgröße und der grundsätzlichen Abhängigkeit der Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators von der Bestimmungsgröße ein Anstieg der Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators aufgrund der Änderung zu erwarten wäre. Dies bedeutet aber nicht notwendigerweise, dass durch die Veränderung der Bestimmungsgröße auch tatsächlich eine höhere Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators eintritt. Ist nämlich beispielsweise die Bestimmungsgröße ein Sollwert für die Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators und befindet sich der SCR-Katalysator im Durchbruch, ist in diesem Betriebszustand des SCR-Katalysators keine Regelung der Stickoxid-Konzentration mehr möglich. Dies bedingt tendenziell eine erhöhte Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators. Wird nun die Bestimmungsgröße zu höherer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin verändert, was letztlich bedeutet, dass der Sollwert für die Emissionsregelung angehoben wird, ist es möglich, dass eine stabile Regelung der Emission mit dem gealterten SCR-Katalysator wieder möglich wird. Dies liegt daran, dass mit der noch bestehenden, maximalen Umsatzrate des gealterten SCR-Katalysators eine Erfüllung des neuen, veränderten Sollwerts möglich ist, wobei eine Erfüllung des

vorhergehenden Sollwerts, vor der Veränderung der Bestimmungsgröße, nicht mehr möglich war. Es ist dann möglich, dass aufgrund der wieder stabilen Emissionsregelung die tatsächlich auftretende Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators sinkt, obwohl die Bestimmungsgröße tendenziell zu höherer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators verändert wurde.

Dass die Dosiereinrichtung zur Eindosierung des Reduktionsmittels auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße angesteuert wird, bedeutet insbesondere, dass statt der (ursprünglichen) Bestimmungsgröße nun die veränderte Bestimmungsgröße verwendet wird, um die Dosiereinrichtung anzusteuern, insbesondere zur steuern oder zu regeln.

Die Dosiereinrichtung wird bevorzugt auf der Grundlage der Bestimmungsgröße und zusätzlich auf der Grundlage eines Messsignals eines Abgassensors, insbesondere eines Stickoxid-Sensors, der stromabwärts des SCR-Katalysators angeordnet ist, angesteuert. Auf diese Weise ist es insbesondere möglich, eine Emissionsregelung für das Abgasnachbehandlungssystem und insbesondere für den SCR-Katalysator durchzuführen.

Es wird eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass der SCR-Katalysator im Betrieb permanent auf einen Durchbruch überwacht wird. Dies bedeutet insbesondere, dass der SCR-Katalysator dann, wenn Abgas durch das Abgasnachbehandlungssystem strömt, dieses sich also im Betrieb befindet, kontinuierlich oder in vorbestimmten Zeitabständen, insbesondere periodisch, auf einen Durchbruch hin überwacht wird, wobei insbesondere eine Durchbrucherkenung gemäß dem zuvor beschriebenen Verfahren bevorzugt kontinuierlich oder in vorbestimmten Zeitabständen, insbesondere periodisch, durchgeführt wird. Dies hat den Vorteil, dass eine Alterungsadaption für das Abgasnachbehandlungssystem und insbesondere für den SCR-Katalysator fortwährend und insbesondere von einer ersten Inbetriebnahme des Abgasnachbehandlungssystem an durchführbar ist. Es bedarf also insbesondere weder eines Alterungsmodells noch eines Rückgriffs auf einen Betriebsstundenzähler oder einer anderen Einrichtung zur Erfassung eines Betriebsalters des Abgasnachbehandlungssystems und/oder des SCR-Katalysators.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Bestimmungsgröße eine Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators ist. In diesem Fall bedeutet eine Veränderung der Soll-Stickoxid-Konzentration

stromabwärts des SCR-Katalysators zu einer höheren Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin insbesondere, dass die Bestimmungsgröße angehoben, also zu einem höheren Wert hin verändert wird. Die Bestimmungsgröße wird vorzugsweise durch Neuberechnung der Bestimmungsgröße auf der Grundlage einer Adaptiongröße verändert.

- 5 Dabei wird unter einer Adaptiongröße eine Größe verstanden, von welcher die Bestimmungsgröße abhängt oder welche die Bestimmungsgröße beeinflusst, oder eine Größe, welche in eine Berechnung der veränderten Bestimmungsgröße eingeht. Vorzugsweise ist die Adaptiongröße eine vorbestimmte Stickoxid-Umsatzrate des SCR-Katalysators.
- 10 Insbesondere ist vorgesehen, dass eine Veränderung der Bestimmungsgröße durch rechnerische Verknüpfung der Bestimmungsgröße mit der Adaptiongröße durchgeführt wird. Die veränderte Bestimmungsgröße wird also insbesondere aus der Adaptiongröße neu berechnet, wenn sich die Adaptiongröße ändert. Die Adaptiongröße ist vorzugsweise gleich einem vorbestimmten Inertialwert, wenn eine Ist-Stickoxid-Konzentration – die vorzugsweise von dem Abgassensor,
- 15 insbesondere dem Stickoxid-Sensor stromabwärts des SCR-Katalysators, erfasst wird – stromabwärts des SCR-Katalysators gleich der Bestimmungsgröße ist. Dabei ist ein Inertialwert insbesondere ein Wert, der in Hinblick auf die Berechnung der Bestimmungsgröße in dem Sinne neutral ist, dass sich die Bestimmungsgröße nicht ändert, wenn die Adaptiongröße den Inertialwert aufweist. Insbesondere führt eine Neuberechnung der Bestimmungsgröße auf der
- 20 Grundlage des Inertialwerts nicht zu einer Veränderung der Bestimmungsgröße. Wird als Adaptiongröße eine vorbestimmte Stickoxid-Umsatzrate des SCR-Katalysators verwendet, und wird diese vorbestimmte Umsatzrate in Prozent ausgedrückt, ist der Inertialwert beispielsweise 1 beziehungsweise 100 %. Ist die Ist-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators gleich der Bestimmungsgröße, ergibt sich kein Änderungsbedarf, sodass die Adaptiongröße
- 25 vorteilhaft mit dem Inertialwert gleichgesetzt werden kann.

- Die Adaptiongröße ist insbesondere so gewählt, dass eine Verringerung der Adaptiongröße zu einer Erhöhung der Bestimmungsgröße führt. Ist beispielsweise die Adaptiongröße eine vorbestimmte Stickoxid-Umsatzrate an dem SCR-Katalysator, so führt eine Verringerung dieser
- 30 Umsatzrate dazu, dass sich die Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysator als veränderte Bestimmungsgröße erhöht, weil an dem SCR-Katalysator eine geringere Menge an Stickoxid pro Zeiteinheit umgesetzt werden kann.

Die Adaptionen Größe wird bevorzugt verringert, wenn ein Durchbruch erkannt wird. Wird nämlich ein Durchbruch erkannt, bedeutet dies insbesondere, dass die Umsatzrate des SCR-Katalysators – insbesondere aufgrund von Alterungseffekten – gesunken ist. Dies kann insbesondere zur Folge haben, dass eine Emissionsregelung mit dem SCR-Katalysator

5 insbesondere durch Ansteuerung der Dosiereinrichtung nicht mehr möglich ist. Wird nun die Stickoxid-Umsatzrate als Adaptionen Größe im Rahmen des Verfahrens verringert, und wird die Bestimmungsgröße auf der Grundlage dieser verringerten Umsatzrate neu berechnet, führt dies zu einer Anhebung der Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators als veränderte Bestimmungsgröße, wobei die Dosiereinrichtung auf der Grundlage dieser
10 veränderten Bestimmungsgröße, also der angehobenen Soll-Stickoxid-Konzentration, angesteuert wird. Dies führt wiederum vorteilhaft dazu, dass eine Emissionsregelung mittels des SCR-Katalysators und der Dosiereinrichtung wieder möglich wird, da der SCR-Katalysator trotz Alterung mittels der neuen Ansteuerung der Dosiereinrichtung die neue Soll-Stickoxid-Konzentration erreichen kann.

15 Es ist insbesondere vorgesehen, dass die Adaptionen Größe so gewählt ist, dass eine Erhöhung der Adaptionen Größe zu einer Verringerung der Bestimmungsgröße führt. Wird beispielsweise die vorbestimmte Stickoxid-Umsatzrate des SCR-Katalysators als Adaptionen Größe erhöht, bedeutet dies letztlich, dass erwartet wird, dass der SCR-Katalysator eine größere Umsatzrate aufweist. In
20 diesem Fall sinkt die Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators als veränderte Bestimmungsgröße bevorzugt, weil eine stabile Emissionsregelung auch bei dem geringeren Sollwert möglich erscheint. Dies kann insbesondere genutzt werden, wenn die Adaptionen Größe in einem vorgelagerten Schritt des Verfahrens zu stark verringert und die Bestimmungsgröße zu stark erhöht wurde. Es kann dann eine Rückführung der Größen, nämlich
25 insbesondere eine Erhöhung der Adaptionen Größe und eine Verringerung der Bestimmungsgröße, erfolgen, damit die Stickoxid-Emissionen im Betrieb des Abgasnachbehandlungssystems nicht systematisch zu hoch ausfallen. Dieses Verhalten kann weiterhin genutzt werden, wenn der SCR-Katalysator getauscht wird, wobei dann durch Erhöhen der Adaptionen Größe und Verringern der Bestimmungsgröße eine Anpassung an den neuen, vorzugsweise neuwertigen und
30 insbesondere nicht gealterten SCR-Katalysators erfolgen kann.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Bestimmungsgröße eine Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators, insbesondere für eine Emissionsregelung des SCR-Katalysators ist, wobei eine

Veränderung der Bestimmungsgröße durch rechnerische Verknüpfung der Bestimmungsgröße mit der Adaptiongröße durchgeführt wird, wobei die Adaptiongröße bevorzugt eine vorbestimmte Differenz-Stickoxid-Konzentration ist, insbesondere ein vorbestimmter – positiver oder negativer – Additionswert zur additiven Verrechnung mit der Soll-Stickoxid-Konzentration.

- 5 Die Adaptiongröße wird also bevorzugt zur Berechnung der veränderten Bestimmungsgröße jeweils mit einem vorbestimmten und festgehaltenen Initialwert der Bestimmungsgröße additiv verknüpft, wobei eine Erhöhung der Adaptiongröße zu einer Erhöhung der veränderten Bestimmungsgröße führt, und wobei im Übrigen vorzugsweise eine Erniedrigung der Adaptiongröße zu einer Erniedrigung der veränderten Bestimmungsgröße führt. Wie bereits
- 10 zuvor beschrieben, ist die Adaptiongröße bevorzugt gleich einem vorbestimmten Inertialwert, wenn eine Ist-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators gleich der Bestimmungsgröße ist. Dabei ist der vorbestimmte Inertialwert bei additiver Verknüpfung der Adaptiongröße mit dem vorbestimmten, festgelegten und insbesondere festgehaltenen Initialwert für die Soll-Stickoxid-Konzentration als Bestimmungsgröße insbesondere gleich Null,
- 15 weil sich dann aus der additiven Verknüpfung keine Veränderung ergibt, sondern vielmehr der vorbestimmte Initialwert als Bestimmungsgröße verwendet wird. Die Adaptiongröße wird insbesondere erhöht, wenn ein Durchbruch erkannt wird. Es ist offensichtlich, dass auf diese Weise unmittelbar als Reaktion auf einen Durchbruch die Soll-Stickoxid-Konzentration als Bestimmungsgröße angehoben werden kann, sodass insbesondere wieder eine stabile
- 20 Emissionsregelung mittels des SCR-Katalysators durch Ansteuerung der Dosiereinrichtung möglich ist.

- Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Adaptiongröße während eines bestimmten Adaptionzeitraums bestimmt wird, in dem
- 25 sich der SCR-Katalysator in einem stationären Zustand befindet. Dabei bedeutet ein stationärer Zustand des SCR-Katalysators und/oder des Abgasnachbehandlungssystems insbesondere einen Zustand, in welchem sich die Abgastemperatur um nicht mehr als eine vorbestimmte Temperaturdifferenz pro Zeiteinheit ändert, beispielsweise um nicht mehr als 5 °C pro Minute, wobei der Zustand zugleich mindestens eine vorbestimmte Einregelungszeit andauert,
- 30 beispielsweise 30 Sekunden. Bevorzugt bedeutet ein stationärer Zustand des SCR-Katalysators, dass dieser eine – im zuvor erwähnten Sinne – konstante Abgastemperatur, und einen insbesondere innerhalb vorbestimmter Grenzen – vorbestimmten Abgasmassenstrom aufweist. Der bestimmte Adaptionzeitraum währt vorzugsweise solange, wie an dem SCR-Katalysator stationäre Bedingungen herrschen, dieser also in dem stationären Zustand angeordnet ist. Die

Adaptionsgröße wird also bevorzugt nur dann und nur solange bestimmt, wie stationäre Bedingungen an dem SCR-Katalysator herrschen. Befindet sich der SCR-Katalysator in einem instationären, insbesondere transienten Zustand, wird die Adaptionsgröße bevorzugt nicht bestimmt, und/oder die Bestimmung der Adaptionsgröße wird vorzugsweise abgebrochen, wenn

5 instationäre, insbesondere transiente Bedingungen an dem SCR-Katalysator auftreten. Dies ist vorteilhaft, weil letztlich nur unter stationären Bedingungen verlässliche Informationen über den Alterungszustand des SCR-Katalysators erhalten werden können. Eine Bestimmung der Adaptionsgröße auch unter nicht-stationären Bedingungen birgt dagegen das Risiko, dass die tatsächliche Alterung des SCR-Katalysators nicht genau erfasst und damit die Adaptionsgröße

10 fehlerhaft bestimmt wird.

Im Rahmen des Verfahrens ist daher bevorzugt vorgesehen, dass vor einer Bestimmung der Adaptionsgröße geprüft wird, ob sich der SCR-Katalysator in einem stationären Zustand befindet, wobei die Adaptionsgröße nur bestimmt wird, wenn sich der SCR-Katalysator in einem

15 stationären Zustand befindet. Weiter ist bevorzugt vorgesehen, dass die Bestimmung der Adaptionsgröße abgebrochen wird, wenn der stationäre Zustand für den SCR-Katalysator endet.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Adaptionsgröße in dem bestimmten Adaptionszeitraum inkrementell zu höherer

20 Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin verändert wird, wenn ein Durchbruch erkannt wird. Dabei bedeutet eine Veränderung der Adaptionsgröße zu höherer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin hier – analog zu den vorhergehenden Ausführungen zu der Bestimmungsgröße –, dass die Adaptionsgröße derart verändert wird, dass sich hieraus eine Veränderung der Bestimmungsgröße zu höherer Stickoxid-

25 Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin ergibt. Dies bedeutet – wie ebenfalls zuvor bereits ausgeführt – nicht notwendigerweise, dass tatsächlich die stromabwärts des SCR-Katalysators auftretende Stickoxid-Konzentration steigt. Vielmehr kann es aufgrund einer mit der geänderten Adaptionsgröße und der veränderten Bestimmungsgröße wieder möglichen, stabilen Regelung der Emission vorkommen, dass die tatsächliche Stickoxid-Konzentration

30 stromabwärts des SCR-Katalysators sinkt.

Dass die Adaptionsgröße inkrementell verändert wird, bedeutet insbesondere, dass diese in vorherbestimmten, insbesondere konstanten Adaptionsschritten angepasst wird, wobei vorzugsweise auf jeden erkannten Durchbruch ein Anpassungsschritt folgt. Dabei ist es möglich,

dass die Adaptionen Größe in einem Anpassungsschritt mit einem vorbestimmten Anpassungsfaktor verrechnet wird, es ist aber auch möglich, dass die Adaptionen Größe in einem Anpassungsschritt mit einem vorbestimmten Summanden verrechnet wird.

- 5 Insgesamt wird also vorzugsweise in dem bestimmten Adaptionen Zeitraum unter stationären Bedingungen des SCR-Katalysators jedes Mal dann eine inkrementelle Veränderung der Adaptionen Größe durchgeführt, wenn ein Durchbruch erkannt wird.

10 Die Veränderung der Adaptionen Größe wird vorzugsweise beendet, wenn kein Durchbruch mehr erkannt wird. Dieser Vorgehensweise liegt der Gedanke zugrunde, dass es keiner Anpassung der Adaptionen Größe und auch der Bestimmungsgröße mehr bedarf, wenn kein Durchbruch des SCR-Katalysators mehr festgestellt werden kann. Vielmehr kann dann davon ausgegangen werden, dass die Adaptionen Größe und auch die Bestimmungsgröße für einen stabilen Betrieb des SCR-Katalysators und des Abgasnachbehandlungssystems in ausreichender Weise verändert wurden.

- 15 Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass die Adaptionen Größe in dem bestimmten Adaptionen Zeitraum inkrementell zu niedrigerer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin verändert wird, wenn kein Durchbruch erkannt wird, und wenn die Adaptionen Größe nicht gleich dem vorbestimmten
- 20 Inertialwert ist. Dieser Vorgehensweise liegt der Gedanke zugrunde, dass gegebenenfalls bei einer vorhergehenden Anpassung der Adaptionen Größe zu höherer Stickoxid-Konzentration hin eine Überanpassung erfolgt ist, wodurch die Stickoxid-Emissionen des Abgasnachbehandlungssystems systematisch zu hoch ausfallen. Diese Überanpassung kann vorteilhaft rückgängig gemacht werden, wenn die Adaptionen Größe wieder rückverändert wird,
- 25 nämlich zu niedrigerer Stickoxid-Konzentration hin, wenn kein Durchbruch mehr erkannt wird, wobei eine solche Rückanpassung nur dann durchgeführt wird, wenn die Adaptionen Größe tatsächlich bereits verändert wurde, also nicht dem – bevorzugt insbesondere als Initialwert zu Beginn des Verfahrens gewählten – vorbestimmten Inertialwert entspricht. Ist nämlich die Adaptionen Größe gleich dem vorbestimmten Inertialwert, weist diese insbesondere einen Wert
- 30 auf, der angepasst ist auf einen nicht gealterten, insbesondere neuwertigen SCR-Katalysator, wobei eine Rückanpassung der Adaptionen Größe zu niedrigerer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin keinen Sinn ergibt.

Die Veränderung der Adaptionen Größe zu niedriger Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin wird bevorzugt beendet, sobald die Adaptionen Größe gleich dem vorbestimmten Inertialwert ist. Dies entspricht insbesondere einem Beenden der Veränderung dann, wenn ein initialer Ausgangswert der Adaptionen Größe wieder erreicht und quasi der Zustand
5 für einen neuwertigen SCR-Katalysator wieder hergestellt ist.

Die Veränderung der Adaptionen Größe zu niedrigerer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin wird bevorzugt alternativ oder zusätzlich beendet, wenn ein Durchbruch erkannt wird. Dieser Vorgehensweise liegt der Gedanke zugrunde, dass eine weitere
10 Veränderung der Adaptionen Größe zu niedrigerer Stickoxid-Konzentration hin nicht mehr sinnvoll ist, wenn ein Durchbruch des SCR-Katalysators vorliegt, was insbesondere bedeutet, dass keine erfolgreiche Emissionsregelung mit dem SCR-Katalysator bei dem derzeitigen Wert der veränderten Bestimmungsgröße mehr möglich ist, sodass eine weitere Anpassung der Adaptionen Größe quasi in die falsche Richtung keinen Sinn mehr ergibt. Bevorzugt wird, wenn
15 ein Durchbruch erkannt wird, ein letztes Änderungsinkrement für die Adaptionen Größe, insbesondere ein letztes Änderungsinkrement zu niedrigerer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin, wieder rückgängig gemacht. Dieser Vorgehensweise liegt der Gedanke zugrunde, dass offenbar der letzte Änderungsschritt der Adaptionen Größe zu niedrigerer Stickoxid-Konzentration hin ein Schritt zu viel war, weil sich der Katalysator wieder
20 im Durchbruch befindet. Es besteht dann die Chance, dass durch Rückgängigmachen des letzten Änderungsinkrements wieder ein Zustand erreicht wird, in welchem der SCR-Katalysator für eine erfolgreiche Emissionsregelung genutzt werden kann.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet,
25 dass in dem Fall, dass die Adaptionen Größe gleich dem vorbestimmten Inertialwert ist, die Adaptionen Größe in dem bestimmten Adaptionen Zeitraum gleich dem vorbestimmten Inertialwert gehalten wird, wenn kein Durchbruch erkannt wird. Hierdurch kann in vorteilhafter Weise eine Veränderung der Adaptionen Größe und damit auch der Bestimmungsgröße vermieden werden, wenn keine relevante Alterung des SCR-Katalysators feststellbar ist, sodass auch weiterhin eine
30 erfolgreiche Emissionsregelung mit dem SCR-Katalysator auf der Grundlage der unveränderten Bestimmungsgröße möglich erscheint.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass bei Erreichen oder Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts der Adaptionen Größe,

oder bei Erreichen oder Überschreiten eines vorbestimmten Grenzwerts der Ist-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators, ein Warnsignal erzeugt wird. Somit kann einem Betreiber des Abgasnachbehandlungssystems und insbesondere einem Betreiber einer dem Abgasnachbehandlungssystem vorgeschalteten Brennkraftmaschine signalisiert werden, dass ein kritischer Zustand des SCR-Katalysators erreicht ist, bei welchem eine Überschreitung insbesondere eines gesetzlichen Grenzwerts für die Stickoxid-Emissionen möglich ist, wobei insbesondere die Einhaltung des gesetzlichen Grenzwerts mit dem gealterten SCR-Katalysator selbst bei Anwendung des hier vorgeschlagenen Verfahrens nicht mehr möglich erscheint. Auf das Warnsignal hin kann der Betreiber insbesondere den SCR-Katalysator gegen einen neueren oder neuwertigen SCR-Katalysator tauschen.

Alternativ oder zusätzlich zu der Erzeugung des Warnsignals wird vorzugsweise eine Verringerung einer Stickoxid-Konzentration im Abgas stromaufwärts des SCR-Katalysators initiiert. Dies bedeutet insbesondere, dass eine dem Abgasnachbehandlungssystem vorgeschaltete, Abgas erzeugende Einrichtung, insbesondere eine Brennkraftmaschine, in veränderter Weise, insbesondere mit veränderten Betriebsparametern, angesteuert wird, sodass die Stickoxid-Rohemissionen der vorgeschalteten Einrichtung reduziert werden. Hierdurch kann es insbesondere möglich sein, einen gesetzlichen Grenzwert für die Stickoxidemissionen des Abgasnachbehandlungssystems trotz des gealterten SCR-Katalysators zumindest noch für einen bestimmten Zeitraum einzuhalten, bevor ein Austausch des SCR-Katalysators nötig wird.

Die sich aus dem vorbestimmten Grenzwert ergebende Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators ist bevorzugt größer oder gleich der Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators, insbesondere also bevorzugt größer oder gleich der Bestimmungsgröße. Dieser Ausgestaltung liegt der Gedanke zugrunde, dass die Bestimmungsgröße, und insbesondere die Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators, insbesondere kleiner oder höchstens gleich einem gesetzlichen Grenzwert sein soll, um zu gewährleisten, dass der gesetzliche Grenzwert im Betrieb des Abgasnachbehandlungssystems nach Möglichkeit stets eingehalten wird.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass Daten zur Bestimmung der Adaptionsgröße während eines ersten Adaptionszeitraums in einem überschreibbaren Kennfeld hinterlegt werden, wobei die Daten in einem zweiten Adaptionszeitraum bereitgestellt werden, wobei der zweite Adaptionszeitraum dem ersten

Adaptionszeitraum zeitlich nachgelagert ist. Unter dem Begriff „Daten zur Bestimmung der Adaptionsgröße“ wird insbesondere wenigstens ein Datum verstanden, aus welchem die Adaptionsgröße bestimm- oder ableitbar ist. Dabei kann es sich insbesondere auch um den momentanen Wert der Adaptionsgröße selbst handeln. Das überschreibbare Kennfeld stellt
5 insbesondere ein Lernkennfeld dar, welches im Rahmen der Adaption des Betriebs des Abgasnachbehandlungssystems angepasst wird, wobei insbesondere eine Anpassung der Daten zur Bestimmung der Adaptionsgröße an einen tatsächlichen Alterungszustand des SCR-Katalysators erfolgt. Dass die Daten in dem ersten, zeitlich vorgelagerten Adaptionszeitraum hinterlegt und in dem zweiten, zeitlich nachgelagerten Adaptionszeitraum bereitgestellt werden,
10 bedeutet insbesondere, dass – insbesondere nach Unterbrechung zwischen zwei Adaptionszeiträumen aufgrund einer Instationarität des Zustands des SCR-Katalysators – die Daten zur Bestimmung der Adaptionsgröße aus dem letzten Adaptionszeitraum in dem nachfolgenden Adaptionszeitraum weiter verwendet werden können. Es bedarf also dann in einer nächsten stationären Phase des SCR-Katalysators nach einer instationären Phase keiner
15 vollständig neuen Bestimmung der Adaptionsgröße, sondern diese kann vielmehr mit dem zuletzt erreichten Wert fortgeschrieben werden.

In dem überschreibbaren Kennfeld, insbesondere dem Lernkennfeld, werden die Daten oder die Adaptionsgröße vorzugsweise in Abhängigkeit von wenigstens einem Betriebsparameter des
20 SCR-Katalysators, insbesondere einer Temperatur des SCR-Katalysators oder einer Abgastemperatur in dem SCR-Katalysator, und/oder einem Abgasmassenstrom durch den SCR-Katalysator hinterlegt. Die Adaptionsgröße selbst ist somit vorzugsweise betriebspunktabhängig, und betriebspunktabhängig in dem Lernkennfeld hinterlegt. Das überschreibbare Kennfeld ist also bevorzugt über wenigstens einem Betriebsparameter des SCR-Katalysators aufgespannt.

25 Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass in dem überschreibbaren Kennfeld ein in dem ersten Adaptionszeitraum aktueller Wert der veränderten Bestimmungsgröße hinterlegt wird, der dann in dem zweiten Adaptionszeitraum bereitgestellt wird. Dabei kann der aktuelle Wert der veränderten Bestimmungsgröße auch als Datum zur Bestimmung der Adaptionsgröße
30 herangezogen werden, insbesondere dann, wenn jeweils der aktuelle Wert der veränderten Bestimmungsgröße aus einem vorbestimmten, festgehaltenen Initialwert der Bestimmungsgröße und der aktuellen Adaptionsgröße berechnet wird. In diesem Fall kann mittels einfacher Verrechnung der aktuellen, veränderten Bestimmungsgröße mit der vorbestimmten, festgehaltenen Bestimmungsgröße die Adaptionsgröße bestimmt werden.

Die Verwendung eines überschreibbaren Kennfelds, insbesondere eines Lernkennfelds, ermöglicht es außerdem, für die Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators als Bestimmungsgröße ein vorbestimmtes, festgehaltenes, also zeitlich konstantes, Kennfeld zu verwenden, aus welchem insbesondere betriebspunktabhängig jeweils der vorbestimmte, festgehaltene Initialwert der Bestimmungsgröße ausgelesen wird, der dann mit der Adaptionsgröße zur Berechnung der aktuellen, veränderten Bestimmungsgröße verrechnet wird. Dies hat den Vorteil, dass das Kennfeld der Initialwerte stets erhalten bleibt, wobei – insbesondere nach einem Tausch eines SCR-Katalysators – ohne weiteres wieder auf diese Initialwerte zurückgegriffen werden kann.

Bei dem vorbestimmten, festgehaltenen Initialwert der Bestimmungsgröße handelt es sich bevorzugt nicht um einen einzelnen Wert, sondern vielmehr um eine Vielzahl betriebspunktabhängiger Werte, die vorzugsweise in einem Kennfeld hinterlegt sind. Dieses Kennfeld ist bevorzugt als feststehendes, stationäres, insbesondere nicht-überschreibbares Kennfeld ausgestaltet.

Der vorbestimmte, festgehaltene Initialwert für die Bestimmungsgröße wird also vorzugsweise in einem Kennfeld abhängig von einem Betriebszustand einer dem Abgasnachbehandlungssystem vorgeschalteten Einrichtung, insbesondere einer Brennkraftmaschine, hinterlegt. Besonders bevorzugt wird der vorbestimmte, festgehaltene Initialwert in dem Kennfeld in Abhängigkeit von einer Drehzahl und einem Drehmoment der Brennkraftmaschine hinterlegt. Es kann dann stets betriebspunktabhängig ein Wert für den vorbestimmten, festgehaltenen Initialwert aus dem Kennfeld ausgelesen werden.

Es wird auch eine Ausführungsform des Verfahrens bevorzugt, die sich dadurch auszeichnet, dass das überschreibbare Kennfeld in vorbestimmten Betriebszuständen des Abgasnachbehandlungssystems, oder in vorbestimmten Betriebszuständen einer mit dem Abgasnachbehandlungssystem wirkverbundenen, insbesondere abgaserzeugenden Einrichtung, nicht mit Daten beschrieben wird.

Dies hat den Vorteil, dass das überschreibbare Kennfeld nicht bedatet wird, wenn Betriebszustände auftreten, in denen keine sinnvolle oder realistische Bestimmung des Alterungszustands des SCR-Katalysators möglich ist, selbst wenn dieser sich in einem

stationären Zustand befindet. Die vorbestimmten Betriebszustände werden bevorzugt entsprechend ausgewählt.

- Es ist möglich, dass gleichwohl auch in solchen vorbestimmten Betriebszuständen eine
- 5 Veränderung der Adaptiongröße vorgenommen wird, sofern stationäre Bedingungen an dem SCR-Katalysator vorliegen, wobei die veränderten Werte der Adaptiongröße dann aber nicht in dem überschreibbaren Kennfeld hinterlegt werden. In solchen Betriebszuständen wird dann die Dosiereinrichtung zwar auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße angesteuert, es folgt aber keine Hinterlegung, also Abspeicherung eines entsprechenden Werts, um eine
- 10 Fehlanpassung des Lernkennfelds zu verhindern.

Alternativ ist es auch möglich, dass jedenfalls in manchen solcher vorbestimmten Betriebszustände keine Anpassung der Adaptiongröße erfolgt, sodass das Abgasnachbehandlungssystem dann mit konstant gehaltener Bestimmungsgröße betrieben wird.

- 15 Ein solcher vorbestimmter Betriebszustand ist beispielsweise gegeben, wenn ein Sensor zur Erfassung eines Hochdrucks in einem gemeinsamen Hochdruckspeicher, der einer Mehrzahl von Injektoren zugeordnet ist, nämlich ein sogenannter Raildruck-Sensor, ausfällt. In diesem Fall wird die Drehmoment-Berechnung für eine Brennkraftmaschine ungenau, und die Berechnung
- 20 einer Soll-Stickoxidkonzentration auf Basis des fehlerhaft bestimmten, aktuellen Betriebszustands liefert falsche Werte. In diesem Fall erfolgt bevorzugt kein Hinterlegen von Daten in dem überschreibbaren Kennfeld. Es kann dann insbesondere auch eine Veränderung der Adaptiongröße unterbunden werden.

- 25 Ein weiterer solcher vorbestimmter Betriebszustand besteht dann, wenn ein Drehzahlsensor einer Brennkraftmaschine ausfällt. Es wird dann typischerweise auf einen Nockenwellensensor umgeschaltet, was zu Ungenauigkeiten in einer Bestimmung eines Spritzbeginns von Injektoren führt, und somit zu einer geänderten Verbrennung in Brennräumen der Brennkraftmaschine, und zu geänderten Emissionswerten. In diesem Fall wird vorzugsweise weiterhin die Adaptiongröße
- 30 verändert, jedoch werden die veränderten Werte nicht in dem überschreibbaren Kennfeld abgespeichert.

Auch dann, wenn eine Abgasrückführung für die Brennkraftmaschine wegen Übertemperatur abgeschaltet wird, was zu einer erhöhten Stickoxid-Rohemission führt, wird zwar die Adaption weiterhin durchgeführt, jedoch werden keine Daten in dem Lernkennfeld gespeichert.

- 5 Auch im Fall erhöhter Kohlenwasserstoffemissionen, beispielsweise aufgrund eines Kaltstarts einer Brennkraftmaschine oder einer aktiven Regeneration eines Partikelfilters, erfolgt bevorzugt keine Hinterlegung von Daten in dem überschreibbaren Kennfeld, da solche Betriebszustände typischerweise von einem Katalysators-Modell nicht erfasst werden.
- 10 Die Aufgabe wird auch gelöst, indem eine Steuereinrichtung für ein Abgasnachbehandlungssystem mit einem SCR-Katalysator geschaffen wird, wobei die Steuereinrichtung eingerichtet ist zur Ansteuerung einer Dosiereinrichtung zum Eindosieren eines Reduktionsmittels auf der Grundlage einer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators beeinflussenden Bestimmungsgröße, wobei die Steuereinrichtung weiter
- 15 eingerichtet ist zur Durchführung einer Durchbrucherkennung für den SCR-Katalysator, und, wenn ein Durchbruch erkannt wird, zur Veränderung der Bestimmungsgröße hin zu höherer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators. Die Steuereinrichtung ist weiter eingerichtet zur Ansteuerung der Dosiereinrichtung zur Eindosierung des Reduktionsmittels auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße. Die Steuereinrichtung ist insbesondere
- 20 eingerichtet zur Durchführung eines Verfahrens nach einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen. In Zusammenhang mit der Steuereinrichtung verwirklichen sich insbesondere die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden.

Es ist möglich, dass die Steuereinrichtung als separate Steuereinrichtung zur Ansteuerung des

25 Abgasnachbehandlungssystems ausgebildet ist.

Alternativ ist es möglich, dass als Steuereinrichtung für das Abgasnachbehandlungssystem eine Steuereinrichtung, insbesondere ein zentrales Steuergerät (Engine Control Unit – ECU) einer Brennkraftmaschine, welche mit dem Abgasnachbehandlungssystem wirkverbunden ist,

30 verwendet ist, oder dass die Steuereinrichtung als zentrales Steuergerät der Brennkraftmaschine ausgebildet ist.

Die Durchführung des Verfahrens kann fest in eine elektronische Struktur, insbesondere eine Hardware, der Steuereinrichtung implementiert sein. Alternativ oder zusätzlich ist es möglich,

dass in die Steuereinrichtung ein Computerprogrammprodukt geladen ist, welches maschinenlesbare Anweisungen aufweist, aufgrund derer eine Ausführungsform des Verfahrens durchführbar ist, wenn das Computerprogrammprodukt auf der Steuereinrichtung läuft.

- 5 Zur Erfindung gehört auch ein Computerprogrammprodukt, welches maschinenlesbare Anweisungen aufweist, aufgrund derer eine der zuvor beschriebenen Ausführungsformen des Verfahrens durchführbar ist, wenn das Computerprogrammprodukt auf einer Recheneinrichtung, insbesondere einer Steuereinrichtung für ein Abgasnachbehandlungssystem, insbesondere einem zentralen Steuergerät einer Brennkraftmaschine, läuft.

10

Zur Erfindung gehört auch ein Datenträger, welcher ein solches Computerprogrammprodukt aufweist.

- Die Steuereinrichtung weist vorzugsweise eine Schnittstelle zur Verbindung mit der
15 Dosiereinrichtung, insbesondere zur Ansteuerung der Dosiereinrichtung auf. Weiterhin weist die Steuereinrichtung vorzugsweise eine Schnittstelle zur Verbindung mit einem Abgassensor, insbesondere einem Stickoxid-Sensor auf.

- In der Steuereinrichtung ist vorzugsweise ein überschreibbares Kennfeld, insbesondere ein
20 Lernkennfeld hinterlegt, in dem Daten zur Bestimmung der Adaptiongröße gespeichert werden können. Weiterhin ist vorzugsweise in der Steuereinrichtung ein stationäres, unveränderbares Kennfeld hinterlegt, in dem vorbestimmte, festgehaltene Initialwerte für die Bestimmungsgröße – insbesondere betriebspunktabhängig – hinterlegt sind.

- 25 Die Aufgabe wird auch gelöst, indem ein Abgasnachbehandlungssystem geschaffen wird, welches einen SCR-Katalysator, eine – insbesondere stromaufwärts des SCR-Katalysators angeordnete – Dosiereinrichtung zur Eindosierung eines Reduktionsmittels, und eine Steuereinrichtung, insbesondere eine Steuereinrichtung nach einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele, aufweist. Die Steuereinrichtung ist dabei vorzugsweise mit der
30 Dosiereinrichtung zu deren Ansteuerung wirkverbunden. Weiterhin weist das Abgasnachbehandlungssystem bevorzugt einen Abgassensor, insbesondere einen Stickoxid-Sensor auf, der vorzugsweise stromabwärts des SCR-Katalysators angeordnet und eingerichtet ist, um eine Stickoxid-Konzentration im Abgas stromabwärts des SCR-Katalysators zu erfassen. Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung mit dem Abgassensor wirkverbunden. Die

Steuereinrichtung des Abgasnachbehandlungssystems ist insbesondere bevorzugt eingerichtet zur Durchführung von wenigstens einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen des Verfahrens. In Zusammenhang mit dem Abgasnachbehandlungssystem ergeben sich insbesondere die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Verfahren und der

5 Steuereinrichtung erläutert wurden.

Es wird ein Ausführungsbeispiel des Abgasnachbehandlungssystems bevorzugt, das sich dadurch auszeichnet, dass es einen dem SCR-Katalysator nachgelagerten Oxidationskatalysator, vorzugsweise zur Vermeidung eines Reduktionsmittel-Ausstoßes, insbesondere eines

10 Ammoniak-Ausstoßes, aus dem Abgasnachbehandlungssystem, aufweist. Ein solcher Oxidationskatalysator wird auch als Sperrkatalysator bezeichnet, der insbesondere vorgesehen ist, um einen Reduktionsmittelaustritt aus dem Abgasnachbehandlungssystem, also insbesondere einen Ammoniak-Schlupf aus demselben, zu vermeiden. Insbesondere dann, wenn das

Abgasnachbehandlungssystem einen solchen Sperrkatalysator aufweist, kann ein Durchbruch des

15 SCR-Katalysators durch einen stromabwärts des Oxidationskatalysators angeordneten Stickoxid-Sensor auch an einer erhöhten Stickoxid-Emission aufgrund eines erhöhten Ammoniak-Umsatzes im Sperrkatalysator erkannt werden.

Die Aufgabe wird schließlich auch gelöst, indem eine Brennkraftmaschine geschaffen wird,

20 welche eine Steuereinrichtung gemäß einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele und/oder ein Abgasnachbehandlungssystem nach einem der zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiele aufweist. In Zusammenhang mit der Brennkraftmaschine ergeben sich insbesondere die Vorteile, die bereits zuvor in Zusammenhang mit dem Verfahren, der Steuereinrichtung und dem Abgasnachbehandlungssystem erläutert wurden.

Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Hubkolbenmotor ausgebildet. Es ist möglich, dass die Brennkraftmaschine zum Antrieb eines Personenkraftwagens, eines Lastkraftwagens oder eines Nutzfahrzeugs eingerichtet ist. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dient die Brennkraftmaschine dem Antrieb insbesondere schwerer Land- oder Wasserfahrzeuge,

30 beispielsweise von Minenfahrzeugen, Zügen, wobei die Brennkraftmaschine in einer Lokomotive oder einem Triebwagen eingesetzt wird, oder von Schiffen. Auch ein Einsatz der Brennkraftmaschine zum Antrieb eines der Verteidigung dienenden Fahrzeugs, beispielsweise eines Panzers, ist möglich. Ein Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine wird vorzugsweise auch stationär, beispielsweise zur stationären Energieversorgung im Notstrombetrieb,

Dauerlastbetrieb oder Spitzenlastbetrieb eingesetzt, wobei die Brennkraftmaschine in diesem Fall vorzugsweise einen Generator antreibt. Auch eine stationäre Anwendung der Brennkraftmaschine zum Antrieb von Hilfsaggregaten, beispielsweise von Feuerlöschpumpen auf Bohrinseln, ist möglich. Weiterhin ist eine Anwendung der Brennkraftmaschine im Bereich der Förderung fossiler Roh- und insbesondere Brennstoffe, beispielsweise Öl und/oder Gas, möglich. Auch eine Verwendung der Brennkraftmaschine im industriellen Bereich oder im Konstruktionsbereich, beispielsweise in einer Konstruktions- oder Baumaschine, zum Beispiel in einem Kran oder einem Bagger, ist möglich. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Dieselmotor, als Benzinmotor, als Gasmotor zum Betrieb mit Erdgas, Biogas, Sondergas oder einem anderen geeigneten Gas, ausgebildet. Insbesondere wenn die Brennkraftmaschine als Gasmotor ausgebildet ist, ist sie für den Einsatz in einem Blockheizkraftwerk zur stationären Energieerzeugung geeignet.

Es zeigt sich insgesamt, dass mit dem Verfahren eine Alterungs-Adaption bereitgestellt wird, die dazu dient, den sicheren Betrieb des Abgasnachbehandlungssystems auch bei einer Alterung zu ermöglichen, die über die bei der Auslegung des Systems eingeplante Reserve hinausgeht. Dazu wird insbesondere in stationären Betriebspunkten eine Durchbruch-Erkennung ausgewertet. Ist ein Betriebspunkt als stationär erkannt, finden insbesondere je nach Situation folgende Aktionen statt:

Liegt keine Verschiebung der Bestimmungsgröße, insbesondere der Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators, vor, und werden keine Durchbrüche erkannt, findet keine weitere Handlung statt.

Liegt ein stationärer Betriebspunkt vor und es werden Durchbrüche erkannt, wird solange die Bestimmungsgröße verändert, insbesondere erhöht, bis das System stationär stabil betrieben werden kann.

Liegt bereits eine veränderte Bestimmungsgröße vor und wird das Abgasnachbehandlungssystem in dem zugehörigen Punkt stationär betrieben, wird geprüft, ob die Veränderung der Bestimmungsgröße, insbesondere die veränderte Adaptiongröße, zurückgenommen werden kann. Dazu wird insbesondere die Bestimmungsgröße schrittweise soweit erniedrigt, bis das Abgasnachbehandlungssystem nicht mehr stabil geregelt werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird dabei nicht direkt eine Veränderung der Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators vorgenommen, sondern es wird vielmehr eine vorbestimmte Stickoxid-Umsatzrate als Adaptiongröße verändert. Wird diese Stickoxid-Umsatzrate herabgesetzt, erhöht sich die Soll-Stickoxid-Konzentration als Bestimmungsgröße. Die Verwendung der Stickoxid-Umsatzrate als Adaptiongröße hat insbesondere gegenüber einer Verwendung einer additiven Adaptiongröße im Sinne einer Differenz-Stickoxid-Konzentration den Vorteil, dass sich möglichst selten bei Abweichungen der Roh-Emissionen einer dem Abgasnachbehandlungssystem vorgeschalteten Einrichtung von einem Auslegungsverhalten ein Eingriff ergibt.

Änderungen an einem Lernkennfeld zur Anpassung der Adaptiongröße werden bevorzugt nur dann vorgenommen, wenn ein normaler Betrieb der Brennkraftmaschine, beispielsweise ohne anliegende Sensorfehler, gegeben ist. Ansonsten wird gegebenenfalls zwar eine Veränderung der Adaptiongröße und/oder der Bestimmungsgröße vorgenommen, diese wird aber nicht in dem Lernkennfeld gespeichert.

Wird als Adaptiongröße eine Stickoxid-Umsatzrate verwendet und wird das Lernkennfeld initial nur mit dem Wert 1 bedatet, kann bei einem ersten Auftritt eines Durchbruchs als erster Adaptionswert für die Adaptiongröße ein gerechneter, prozentualer Ist-Stickoxid-Umsatz eingetragen werden.

Auf eine Adaption der maximalen Umsatzrate des Stickoxid-Katalysators, als welche die Soll-Umsatzrate als Adaptiongröße aufgefasst werden kann, kann auf verschiedene Weise reagiert werden: Es ist möglich, dass eine dem Abgasnachbehandlungssystem vorgeschaltete Brennkraftmaschine so angesteuert wird, dass sich veränderte Rohemissionen ergeben, um auch bei geringerer maximaler Umsatzrate des SCR-Katalysators die gesetzlich vorgegebenen Emissionen stromabwärts des SCR-Katalysators einhalten zu können. Zusätzlich oder alternativ kann eine Emissionswarnung, insbesondere als Hinweis an den Betreiber des Systems, ausgegeben werden, die insbesondere anzeigen kann, dass ein Tausch des SCR-Katalysators erforderlich ist.

Durch das erfindungsgemäße Verfahren zur Alterungsadaption bei SCR-Katalysatoren ergeben sich bevorzugt insbesondere folgende Vorteile: Es ist kein Alterungsmodell erforderlich, wodurch der Aufwand für die Formulierung eines solchen Modells entfällt, und wobei vor allen

- Dingen der hohe Bedatungsaufwand zur Erlangung eines genauen Modells sowie der Zeitaufwand für erforderliche Versuche eingespart werden kann. Im Rahmen des Verfahrens findet eine Adaption an das jeweilige reale System statt. Die real vorliegende Alterung wird berücksichtigt. Findet ein Tausch des SCR-Katalysators statt, wird die im vorangehenden Betrieb
- 5 gegebenenfalls erfolgte Adaption im Rahmen des Verfahrens bevorzugt schrittweise zurückgenommen, ohne dass beispielsweise ein manuelles Rücksetzen – insbesondere in einer Steuersoftware, beispielsweise durch Betätigen eines Rückstell-Tasters – vorgenommen werden muss.
- 10 Zugleich wird es durch eine Struktur, bei der insbesondere die betriebspunktabhängige, maximale Umsatzrate des SCR-Katalysators begrenzt wird, bei Abweichungen der Roh-Emissionen der Brennkraftmaschine möglichst selten zu Adaptionsschritten kommen, insbesondere im Vergleich zu einer direkten Adaption der Bestimmungsgröße durch additive Verrechnung einer Differenz-Stickoxid-Konzentration als Adaptionsgröße.
- 15 Die Beschreibung des Verfahrens einerseits sowie der Steuereinrichtung, des Abgasnachbehandlungssystems und der Brennkraftmaschine andererseits sind komplementär zueinander zu verstehen. Insbesondere sind Verfahrensschritte, die explizit oder implizit in Zusammenhang mit der Steuereinrichtung, dem Abgasnachbehandlungssystem und/oder der
- 20 Brennkraftmaschine beschrieben wurden, bevorzugt einzeln oder miteinander kombiniert Schritte einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens. Merkmale der Steuereinrichtung, des Abgasnachbehandlungssystems und/oder der Brennkraftmaschine, die explizit oder implizit in Zusammenhang mit dem Verfahren erläutert wurden, sind bevorzugt einzeln oder miteinander kombiniert Merkmale eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Steuereinrichtung, des
- 25 Abgasnachbehandlungssystems und/oder der Brennkraftmaschine. Das Verfahren zeichnet sich bevorzugt durch wenigstens einen Verfahrensschritt aus, der durch wenigstens ein Merkmal eines erfindungsgemäßen oder bevorzugten Ausführungsbeispiels der Steuereinrichtung, des Abgasnachbehandlungssystems und/oder der Brennkraftmaschine bedingt ist. Die Steuereinrichtung, das Abgasnachbehandlungssystem und/oder die Brennkraftmaschine
- 30 zeichnet/zeichnen sich bevorzugt durch wenigstens ein Merkmal aus, welches durch wenigstens einen Schritt einer erfindungsgemäßen oder bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens bedingt ist.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine mit einem Abgasnachbehandlungssystem und einer Steuereinrichtung;

5 Figur 2 eine schematische, diagrammatische Darstellung eines Alterungsverhaltens eines SCR-Katalysators sowie einer prinzipiellen Funktionsweise einer Ausführungsform des Verfahrens;

Figur 3 eine schematische Darstellung einer ersten Ausführungsform des Verfahrens;

10

Figur 4 eine schematische Darstellung eines Details einer Ausführungsform des Verfahrens, und

Figur 5 eine weitere Detaildarstellung einer Ausführungsform des Verfahrens.

15

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine 1, welche ein Abgasnachbehandlungssystem 3 aufweist. Die Brennkraftmaschine 1 weist insbesondere einen Motorblock 5 auf, wobei von dem Motorblock 5 emittiertes Abgas durch das Abgasnachbehandlungssystem 3 und weiter – wie durch einen Pfeil P dargestellt – in Richtung eines nicht dargestellten Auslasses oder Auspuffs strömen kann. Das Abgasnachbehandlungssystem 3 weist einen SCR-Katalysator 7 auf, der eingerichtet ist zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden. Ferner weist das Abgasnachbehandlungssystem 3 eine Dosiereinrichtung 9 zum Eindosieren eines Reduktionsmittels oder eines Reduktionsmittelvorläuferprodukts in einen Abgaspfad 11 des Abgasnachbehandlungssystems 3 auf, wobei die Dosiereinrichtung 9 stromaufwärts des SCR-Katalysators 7 angeordnet ist. Die Dosiereinrichtung 9 ist mit einem Reservoir 13 in Fluidverbindung, wobei aus dem Reservoir 13 ein Reduktionsmittel oder ein Reduktionsmittelvorläuferprodukt, insbesondere eine Harnstoff-Wasser-Lösung, zu der Dosiereinrichtung 9 förderbar und durch diese in den Abgaspfad 11 eindosierbar ist.

20
25
30

Stromabwärts des SCR-Katalysators 7 ist ein Abgassensor, hier insbesondere ein erster Stickoxid-Sensor 15 angeordnet, mit dem eine Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7 erfassbar ist. Der Stickoxid-Sensor weist eine Querempfindlichkeit bezüglich Ammoniak auf, sodass aus dem SCR-Katalysator austretendes Ammoniak – in grundsätzlich

gleicher Weise wie vom Abgas enthaltene Stickoxide – zu einer Erhöhung des Messwerts des Stickoxid-Sensors 15 führt.

Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine 1 und des

- 5 Abgasnachbehandlungssystems 3 ist allerdings unmittelbar stromabwärts des SCR-Katalysators 7 noch ein Oxidationskatalysator 17 als Sperrkatalysator angeordnet, welcher aus dem SCR-Katalysator austretendes Ammoniak zu Stickoxiden aufoxidiert. In diesem Fall führt das zu Stickoxiden aufoxidierte Ammoniak ohne weiteres zu einer Erhöhung des Messwerts des Stickoxidsensors 15, wenn sich der SCR-Katalysator 7 im Durchbruch befindet.

10

In dem Abgaspfad 11 ist außerdem stromaufwärts des SCR-Katalysators 7 und vorzugsweise auch stromaufwärts der Dosiereinrichtung 9 noch ein weiterer Abgassensor, hier nämlich ein zweiter Stickoxid-Sensor 19 angeordnet, der insbesondere dazu dient, Stickoxid-Rohemissionen aus dem Motorblock 5 zu erfassen.

15

Das in Figur 1 dargestellte Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine 1 sowie des Abgasnachbehandlungssystems 3 weist außerdem eine Steuereinrichtung 21 auf, die mit der Dosiereinrichtung 9 und mit dem ersten Stickoxid-Sensor 15 wirkverbunden ist. Vorzugsweise ist die Steuereinrichtung 21 außerdem mit dem zweiten Stickoxid-Sensor 19 und mit dem

20

Motorblock 5 wirkverbunden. Dabei ist die Steuereinrichtung 21 insbesondere eingerichtet zur Ansteuerung der Dosiereinrichtung 9, um das Reduktionsmittel oder

Reduktionsmittelvorläuferprodukt in Abhängigkeit von einer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators beeinflussenden Bestimmungsgröße in den Abgaspfad 11 einzudosieren, wobei die Steuereinrichtung 21 weiterhin eingerichtet ist zur Durchführung einer

25

Durchbrucherkenennung für den SCR-Katalysator, insbesondere auf der Grundlage des Messwerts des ersten Stickoxid-Sensors 15, besonders bevorzugt mittels eines Verfahrens, wie es in der deutschen Patentschrift DE 10 2011 011 441 B3 beschrieben ist. Die Steuereinrichtung 21 ist

weiterhin ausgebildet zur Veränderung der Bestimmungsgröße hin zu einer tendenziell höheren Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7, wenn ein Durchbruch für den

30

SCR-Katalysator 7 erkannt wird. Die Steuereinrichtung 21 ist außerdem eingerichtet zur Ansteuerung der Dosiereinrichtung 9 zur Eindosierung des Reduktionsmittels oder

Reduktionsmittelvorläuferprodukts auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße, wobei sie insbesondere eingerichtet ist zur Durchführung einer der zuvor beschriebenen Ausführungsformen des Verfahrens.

Dabei ist die Steuereinrichtung 21 insbesondere eingerichtet, um bei Erreichen oder Überschreiten eines Grenzwerts einer Adaptionsgröße oder der Ist-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7, welche mittels des ersten Stickoxid-Sensors 15 erfasst wird, ein Warnsignal zu erzeugen. Alternativ oder zusätzlich ist die Steuereinrichtung 21 bevorzugt eingerichtet, um im Falle eines Erreichens oder Überschreitens dieses Grenzwerts eine Verringerung einer Stickoxid-Konzentration stromaufwärts des SCR-Katalysators 7 zu initiieren. Insbesondere hierzu dient die Wirkverbindung der Steuereinrichtung 21 mit dem Motorblock 5, indem der Motorblock 5, insbesondere wenigstens ein Betriebsparameter desselben, durch die Steuereinrichtung 21 so veränderbar ist, dass die Stickoxid-Rohemissionen aus dem Motorblock 5 verringert werden. Mittels des zweiten Stickoxid-Sensors 19 kann dies überprüft werden, insbesondere da dieser mit der Steuereinrichtung 21 bevorzugt wirkverbunden ist. Dabei ist es insbesondere möglich, eine Regelung der Stickoxid-Rohemissionen des Motorblocks 5 zu implementieren.

Fig. 2 zeigt eine schematische, diagrammatische Darstellung der Funktionsweise des erfindungsgemäßen Verfahrens. Dabei ist hier auf einer vertikalen Achse des Diagramms ein Messwert S des ersten Stickoxid-Sensors 15 als Maß für eine kombinierte Stickoxid- und Ammoniak-Konzentration im Abgas stromabwärts des SCR-Katalysators 7 aufgetragen, und zwar bezogen auf die Rohemissionen an Stickoxid des Motorblocks 5, sodass der Wert 1 auf der vertikalen Achse einem Zustand entspricht, in dem die Stickoxid-Rohemissionen des Motorblocks 5 vollständig durch den SCR-Katalysator 7 durchgelassen werden. Auf der horizontalen Achse ist eine Dosierate D von Reduktionsmittel oder einem Reduktionsmittel-Vorläuferprodukt der Dosiereinrichtung 9 aufgetragen, und zwar bezogen auf einen Umsatz des Reduktionsmittels in dem SCR-Katalysator 7. Dabei entspricht hier der mit 1 gekennzeichnete Wert einem vollständigen Umsatz des insgesamt eingedüsten Reduktionsmittels an dem SCR-Katalysator 7.

Als horizontale Linie H ist in das Diagramm ein Stickoxid-Sollwert $[\text{NO}_x]_S$ eingetragen, der im Rahmen des Verfahrens als Bestimmungsgröße verwendet wird.

Eine erste, durchgezogene Kurve K1 zeigt das Verhalten eines idealen SCR-Katalysators 7. Ausgehend von einer verschwindenden Dosierate, bei welcher kein Umsatz von Stickoxiden an dem SCR-Katalysator 7 erfolgt, sinkt der Messwert S des ersten Stickoxid-Sensors 15 mit

zunehmender Dosierate, bis bei dem Wert 1 für die Dosierate, also einem vollständigen Umsatz des Reduktionsmittels an dem SCR-Katalysator 7 eine vollständige Reduktion der Stickoxide in dem SCR-Katalysator 7 gegeben ist, sodass auch das Signal des ersten Stickoxid-Sensors 15 Null wird. Wird die Dosierate über den Wert 1 hinaus erhöht, steigt das Messsignal des ersten Stickoxid-Sensors 15 wieder an, weil nun nicht umgesetztes Reduktionsmittel durch den SCR-Katalysator 7 durchgelassen wird. Es besteht also insoweit ein Durchbruch des SCR-Katalysators 7, beziehungsweise es tritt ein Reduktionsmittel- oder Ammoniak-Schlupf auf. Aufgrund der Querempfindlichkeit des ersten Stickoxid-Sensors 15 zwischen Stickoxiden einerseits und Ammoniak andererseits führt dies zu einem ansteigenden Signal S des ersten Stickoxid-Sensors 15. In einem Fall, in welchem stromabwärts des SCR-Katalysators 7 ein Oxidationskatalysator 17 vorgesehen ist, wird insbesondere nicht umgesetztes Ammoniak zu Stickoxiden aufoxidiert, sodass hier der Messwert S bei Dosieraten größer 1 deswegen ansteigt, weil an dem Stickoxid-Sensor 15 Stickoxide erfasst werden, welche von dem Oxidationskatalysator 17 aus Ammoniak erzeugt werden.

Durch eine zweite, gestrichelte Kurve K2 ist grundsätzlich die Funktionsweise eines realen, neuwertigen SCR-Katalysators 7 dargestellt. Dieser weicht vom idealen Verhalten insoweit ab, als er insbesondere eine maximal erreichbare, von 100 % verschiedene Umsatzrate auch im Neuzustand aufweist, sodass letztlich nicht alle Stickoxide im Abgas tatsächlich reduziert werden, selbst wenn das eindosierte Reduktionsmittel an dem SCR-Katalysator 7 vollständig umgesetzt wird. Daher geht die gestrichelte Kurve K2 abweichend von der das Idealverhalten beschreibenden ersten, durchgezogenen Kurve K1 bei dem Wert 1 für die Dosierate nicht zu Null.

Beiden Kurven K1, K2 ist jedoch gemeinsam, dass diese jeweils einen in einem Detail PS dargestellten Schnittpunkt mit dem Stickoxid-Sollwert $[\text{NO}_x]_s$ bei Werten der Dosierate kleiner als 1 aufweisen. Eine Regelung der Stickoxid-Emissionen erfolgt nun bevorzugt so, dass die Dosierate als Stellgröße so beeinflusst wird, dass das Messsignal des ersten Stickoxid-Sensors 15 im Bereich dieses Schnittpunkts gehalten wird.

Durch eine strichpunktierte, dritte Kurve K3 ist das Verhalten eines gealterten SCR-Katalysators 7 dargestellt, der eine deutlich reduzierte maximale Umsatzrate aufweist. Es ist dann möglich, dass der maximale Umsatz so gering ist, dass selbst bei einer Dosierate von 1 der Stickoxid-Sollwert $[\text{NO}_x]_s$ nicht erreicht wird, sodass die dritte Kurve K3 keinen Schnittpunkt mehr mit

dem Sollwert und hier insbesondere mit der horizontalen Linie H aufweist. Es ist dann keine stabile Regelung der Stickoxid-Emissionen durch Variation der Dosierrate D mehr möglich, und es ergibt sich ein Durchbruch für den SCR-Katalysator 7.

- 5 Wird nun im Rahmen des Verfahrens ein Durchbruch für den SCR-Katalysator 7 erkannt, wird die Bestimmungsgröße zu höherer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7 hin verändert, was bedeutet, dass der Sollwert $[\text{NO}_x]_s$ erhöht wird. Dies bedeutet konkret mit Bezug auf das Diagramm von Figur 2, dass die horizontale Linie H nach oben parallel verschoben wird, und zwar bevorzugt solange, bis sich wiederum ein Schnittpunkt mit der dritten
- 10 Kurve K3 einstellt. Es ist dann wieder eine stabile Regelung des SCR-Katalysators 7 möglich.

- Anhand des Diagramms gemäß Figur 2 wird auch klar, weshalb in diesem Fall die tatsächlichen Stickoxid-Emissionen der Brennkraftmaschine 1 und insbesondere die tatsächlich auftretende Stickoxid-Konzentration im Abgas stromabwärts des SCR-Katalysators 7 sinken kann, obwohl
- 15 der Sollwert erhöht wird. Dies liegt daran, dass der SCR-Katalysator 7 im Durchbruch letztlich undefinierte Stickoxid-Emissionen produziert, die keiner stabilen Emissionsregelung zugänglich sind. Wird dagegen wieder ein Schnittpunkt zwischen der horizontalen Linie H und der dritten Kurve K3 erreicht, kann wieder eine stabile Regelung erfolgen, sodass sich die Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7 bei dem Stickoxid-Sollwert $[\text{NO}_x]_s$
- 20 einstellt. Dabei kann sie insbesondere im Vergleich zu dem Betriebszustand des SCR-Katalysators 7 im Durchbruch sinken, stellt sich aber bei einem im Vergleich zu dem vorhergehenden Stickoxid-Sollwert erhöhten Wert ein.

- Wird aufgrund der nunmehr stabilen Regelung der Emissionen kein Durchbruch mehr erkannt,
- 25 kann versuchsweise der Stickoxid-Sollwert $[\text{NO}_x]_s$ wieder abgesenkt werden, insbesondere kann also die horizontale Linie H wieder nach unten verschoben werden, um zu prüfen, ob die Erhöhung möglicherweise in dem Sinne zu hoch ausgefallen ist, dass auch bei einem niedrigeren Sollwert noch eine stabile Emissionsregelung möglich ist. Diese versuchsweise Erniedrigung kann insbesondere inkrementell solange durchgeführt werden, bis wiederum ein Durchbruch des
- 30 SCR-Katalysators 7 erkannt wird. Ist dies der Fall, kann insbesondere ein letztes Änderungsinkrement rückgängig gemacht werden, sodass wiederum ein Schnittpunkt der horizontalen Linie H mit der dritten Kurve K3 gegeben und eine stabile Regelung möglich ist.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des Verfahrens. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird.

- 5 Die Steuereinrichtung 21 weist ein Emissionsregelungsmittel 23 auf, welches insbesondere zur Regelung der Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7 eingerichtet ist. Hierzu ist das Emissionsregelungsmittel 23 einerseits mit dem ersten Stickoxid-Sensor 15 und andererseits mit der Dosiereinrichtung 9 zu deren Ansteuerung wirkverbunden.
- 10 Die Steuereinrichtung 21 weist außerdem ein erstes Kennfeld 25 auf, in welchem vorbestimmte, festgehaltene Sollwerte für die Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7 insbesondere in Abhängigkeit von einer Drehzahl und einem Drehmoment der Brennkraftmaschine 1 als Initialwerte einer Bestimmungsgröße 26 hinterlegt sind. Aus dem Motorblock 5 erhält die Steuereinrichtung 21 und insbesondere das Kennfeld 25 als
- 15 Eingangsgrößen eine momentane Drehzahl sowie ein momentanes Drehmoment der Brennkraftmaschine 1, wobei abhängig von diesen Eingangsgrößen ein momentaner Sollwert für die Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7 als Bestimmungsgröße 26 aus dem ersten Kennfeld 25 ausgelesen wird.
- 20 Es ist ein Veränderungsglied 27 vorgesehen, durch welches eine veränderte Bestimmungsgröße 28 ermittelt wird. Das Veränderungsglied 27 ist zum einen mit dem ersten Kennfeld 25 verbunden, sodass dem Veränderungsglied 27 ein aktueller, vorbestimmter und festgehaltener Sollwert für die Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7 als Bestimmungsgröße 26 zuführbar ist. Das Veränderungsglied 27 ist außerdem mit einem
- 25 Berechnungsglied 29 verbunden, wobei in das Berechnungsglied 29 einerseits das Ergebnis eines Durchbrucher kennungsglieds 31 und andererseits das Ergebnis eines Stationärer kennungsglieds 33 eingehen.

Das Durchbrucher kennungsglied 31 ist mit dem ersten Stickoxid-Sensor 15 wirkverbunden und

30 eingerichtet, um einen Durchbruch des SCR-Katalysators 7 zu erkennen. Dementsprechend meldet es an das Berechnungsglied 29, ob ein Durchbruch erkannt wurde, oder nicht.

Das Stationärer kennungsglied 33 ist mit dem Motorblock 5 wirkverbunden, um zu erkennen, ob ein stationärer Betriebspunkt vorliegt. Es meldet an das Berechnungsglied 29, ob ein stationärer

Betriebspunkt vorliegt, wobei es insbesondere prüft, ob Bedingungen vorliegen, unter denen sich auch der SCR-Katalysator 7 in einem stationären Zustand befindet.

Das Berechnungsglied 29 übermittelt an das Veränderungsglied 27 das Ergebnis einer
5 Berechnung, nämlich ein Rechenergebnis 35, welches einerseits selbst eine Adaptiongröße darstellen kann, andererseits aber auch – bei einer anderen Ausführungsform des Verfahrens – aus der Adaptiongröße berechnet wird.

Es ergibt sich insbesondere Folgendes: Die Dosiereinrichtung 9 wird mittels des
10 Emissionsregelungsmittels 23 auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße 28, die initial bevorzugt gleich der Bestimmungsgröße 26 ist, angesteuert. Es wird durch das Durchbrucherkennungsglied 31 eine Durchbrucherkennung für den SCR-Katalysator durchgeführt, wobei dann, wenn ein Durchbruch erkannt wird, die Bestimmungsgröße mittels des Berechnungsglieds 29 und des Bestimmungsglieds 27 zu höherer Stickoxid-Konzentration
15 stromabwärts des SCR-Katalysators 7 hin verändert wird, wobei dann die Dosiereinrichtung 9 zur Eindosierung des Reduktionsmittels auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße 28 angesteuert wird.

Der SCR-Katalysator 7 wird im Betrieb permanent durch das Durchbrucherkennungsglied 31 auf
20 einen Durchbruch hin überwacht.

Es ist bevorzugt vorgesehen, dass die Bestimmungsgröße 26 und entsprechend die veränderte Bestimmungsgröße 28 eine Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators sind, welche als Sollwert in das Emissionsregelungsmittel 23 eingehen.

25 Bei einer Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass die Bestimmungsgröße 26 durch Neuberechnung auf der Grundlage einer Adaptiongröße verändert wird, wobei bei dieser Ausführungsform des Verfahrens insbesondere das Rechenergebnis 35 eine in dem Berechnungsglied 29 neu berechnete Bestimmungsgröße darstellt, welche durch das
30 Veränderungsglied 27 als veränderte Bestimmungsgröße 28 durchgelassen wird. Es ergibt sich dann Folgendes: Wird kein Durchbruch erkannt, und ist die Ist-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators gleich dem vorbestimmten Initialwert der Bestimmungsgröße 26, wird die Adaptiongröße in dem Berechnungsglied 29 gleich einem vorbestimmten Inertialwert gesetzt wird, was im Ergebnis dazu führt, dass als veränderte

Bestimmungsgröße 28 der vorbestimmte Initialwert der Bestimmungsgröße 26 verwendet wird. In diesem Fall ist das Veränderungsglied 27 bevorzugt als Maximum-Bestimmungsglied ausgebildet, welches aus der Bestimmungsgröße 26 einerseits und dem Rechenergebnis 35 andererseits ein Maximum bildet, und den größeren Wert, also das Maximum, als veränderte Bestimmungsgröße 28 an das Emissionsregelungsmittel 23 weitergibt. Durch die Wahl des vorbestimmten Inertialwerts für die Adaptionsgröße in dem Berechnungsglied 29 wird – was später noch ausführlicher erläutert wird – das Rechenergebnis 35 dann so gewählt, dass dieses kleiner ist als die Bestimmungsgröße 26, sodass in diesem Fall diese durch das Bestimmungsglied 27 als veränderte Bestimmungsgröße 28 an das Emissionsregelungsmittel 23 weitergegeben wird. Die Berechnung sowie die Bedeutung des Rechenergebnisses 35 wird für diese Ausführungsform des Verfahrens näher in Zusammenhang mit Figur 5 erläutert, sodass hierauf verwiesen wird.

Bei einer anderen Ausführungsform des Verfahrens ist es möglich, dass eine Veränderung der Bestimmungsgröße in dem Veränderungsglied 27 durch rechnerische Verknüpfung des Initialwerts der Bestimmungsgröße 26 mit der Adaptionsgröße durchgeführt wird, wobei hier das Rechenergebnis 35 selbst die Adaptionsgröße darstellt. Das Veränderungsglied 27 ist dabei als Additions- oder Summierglied ausgebildet. Die Adaptionsgröße ist eine vorbestimmte Differenz-Stickoxid-Konzentration, welche durch das Berechnungsglied 29 berechnet wird. Diese wird in dem Veränderungsglied 27 auf den Initialwert der Bestimmungsgröße 26 addiert, und das Ergebnis dieser Addition wird als veränderte Bestimmungsgröße 28 an das Emissionsregelungsmittel 23 weitergegeben.

Auch bei dieser Ausführungsform des Verfahrens ist die Adaptionsgröße bevorzugt gleich einem vorbestimmten Inertialwert, wenn die durch den ersten Stickoxid-Sensor 15 erfasste Ist-Stickoxidkonzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7 gleich der Bestimmungsgröße 26 ist. In diesem Fall ist der vorbestimmte Inertialwert der Adaptionsgröße bevorzugt Null, sodass dann auch das Rechenergebnis 35 Null ist, wobei dann die Bestimmungsgröße 26 in dem Veränderungsglied 27 – aufgrund der Addition von Null nicht verändert wird, wobei als veränderte Bestimmungsgröße 28 die ursprüngliche Bestimmungsgröße 26 an das Emissionsregelungsmittel 23 weitergegeben wird.

Im Folgenden wird näher erläutert, auf welche Weise in dem Berechnungsglied 29 das Rechenergebnis 35 berechnet wird.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des Verfahrens in Form eines Flussdiagramms und insbesondere eine Berechnung des Rechenergebnisses 35 in dem Berechnungsglied 29. Das Verfahren startet in einem Initialisierungsschritt S1. Anschließend wird in einem zweiten Schritt S2 geprüft, ob stationäre Bedingungen an dem SCR-Katalysator 7 vorliegen. Hierzu wird insbesondere das Ergebnis des Stationärererkennungsglieds 33 ausgewertet. Liegt kein stationärer Zustand vor, springt das Verfahren zurück in den ersten Schritt S1 und startet neu. Liegen dagegen stationäre Bedingungen für den SCR-Katalysator 7 vor, schreitet das Verfahren fort zu einem dritten Schritt S3, in dem geprüft wird, ob ein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 vorliegt. Dabei wird hier insbesondere geprüft, ob das Durchbruchererkennungsglied 31 einen Durchbruch meldet, oder nicht.

Liegt ein Durchbruch vor, schreitet das Verfahren fort zu einem vierten Schritt S4, in dem die Adaptiongröße – vorzugsweise inkrementell – verändert wird. Wie die Adaptiongröße verändert wird, hängt von der konkreten Ausführungsform des Verfahrens ab. Ist die Adaptiongröße eine vorbestimmte Stickoxid-Umsatzrate des SCR-Katalysators 7, wird die Adaptiongröße verringert, wenn ein Durchbruch erkannt wird. Ist die Adaptiongröße dagegen eine vorbestimmte Differenz-Stickoxid-Konzentration, die insbesondere in dem Veränderungsglied 27 auf die Bestimmungsgröße 26 addiert wird, wird die Adaptiongröße erhöht, wenn ein Durchbruch erkannt wird. In beiden Fällen führt letztlich die Veränderung der Adaptiongröße in dem vierten Schritt S4 dazu, dass die veränderte Bestimmungsgröße 28 zu einer höheren Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators hin verändert wird. Das Verfahren springt nun in einen fünften Schritt S5, in dem erneut geprüft wird, ob ein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 vorliegt. Ist dies der Fall, springt das Verfahren zurück in den vierten Schritt S4, und die Adaptiongröße wird erneut – vorzugsweise inkrementell, insbesondere mit konstanten Inkrementen – angepasst. Es folgt dann wieder in dem fünften Schritt S5 die Prüfung, ob weiterhin ein Durchbruch an dem SCR-Katalysator 7 vorliegt. Diese Schleife wird solange iteriert, bis kein Durchbruch an dem SCR-Katalysator 7 mehr erkannt wird. In diesem Fall vollzieht das Verfahren eine Schleife zurück in den fünften Schritt S5, sodass der SCR-Katalysator 7 permanent in Hinblick auf einen Durchbruch überwacht wird, wobei die Adaptiongröße und damit letztlich auch die Bestimmungsgröße nicht verändert wird/werden. Aus dieser Schleife gelangt das Verfahren erst dann heraus, wenn eine für alle Schritte des Verfahrens ab dem dritten Schritt S3 gegebene, globale Ausstiegsbedingung 37 erfüllt ist, wobei die globale Ausstiegsbedingung 37 vorsieht, dass kein stationärer Zustand des

SCR-Katalysators 7 mehr vorliegt. Wird insbesondere durch das Stationärererkennungsglied 33 erkannt, dass keine stationären Bedingungen mehr vorliegen, wird das Verfahren gemäß Figur 4 abgebrochen und springt zurück in den ersten Schritt S1, wo es neu startet.

- 5 Wird zwischenzeitlich in dem fünften Schritt S5 ein Durchbruch des SCR-Katalysators erkannt, erfolgt wieder ein Rücksprung in den vierten Schritt S4, wo die Adaptiongröße erneut angepasst und somit auch die Bestimmungsgröße verändert wird.

- 10 Wird in dem dritten Schritt S3 kein Durchbruch erkannt, schreitet das Verfahren fort zu einem sechsten Schritt S6, in dem geprüft wird, ob die Adaptiongröße aktuell ihren vorbestimmten Inertialwert oder bereits einen veränderten, von dem Inertialwert verschiedenen Wert aufweist. Weist die Adaptiongröße ihren vorbestimmten Inertialwert auf, springt das Verfahren in den fünften Schritt S5, und es wird geprüft, ob ein Durchbruch an dem SCR-Katalysator 7 vorliegt. Ist dies der Fall, springt das Verfahren wiederum in den vierten Schritt S4; ist dies nicht der Fall, 15 begibt sich das Verfahren in die permanente Überwachung des Durchbruchs, wobei der Schritt S5 dauerhaft wiederholt wird, nämlich solange, bis entweder ein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 erkannt wird, oder bis keine stationären Bedingungen mehr für den SCR-Katalysator 7 vorliegen, also die globale Ausstiegsbedingung 37 erfüllt ist.
- 20 Wird in dem sechsten Schritt S6 dagegen festgestellt, dass die Adaptiongröße verändert ist, also nicht mehr ihren vorbestimmten Inertialwert aufweist, schreitet das Verfahren fort zu einem siebten Schritt S7, in welchem die Adaptiongröße entgegen der Veränderungsrichtung in dem vierten Schritt S4 verändert wird, und dies vorzugsweise inkrementell, insbesondere in konstanten Inkrementen. Wird also die Adaptiongröße in dem vierten Schritt S4 erhöht, wird sie 25 in dem siebten Schritt S7 erniedrigt. Wird sie in dem vierten Schritt S4 erniedrigt, wird sie in dem siebten Schritt S7 erhöht. Dies trägt dem Gedanken Rechnung, dass in dem Fall, in welchem die Adaptiongröße bereits verändert ist, aber kein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 in dem dritten Schritt S3 erkannt wird, die Veränderung der Adaptiongröße in dem vierten Schritt S4 möglicherweise zu groß ausgefallen ist, sodass eine in Hinblick auf die Emissionen 30 der Brennkraftmaschine 1 günstigere Regelung ohne Durchbruch des SCR-Katalysators 7 gegebenenfalls möglich wäre. Daher wird die Adaptiongröße in dem siebten Schritt S7 versuchsweise inkrementell zurückgeändert, und es wird dann in einem achten Schritt S8 geprüft, ob mit der derart zurückveränderten Adaptiongröße ein Durchbruch des SCR-

Katalysators 7 vorliegt. Das Inkrement in dem siebten Schritt S7 ist bevorzugt genau gleich dem Inkrement in dem vierten Schritt S4 gewählt.

5 Wird in dem achten Schritt S8 festgestellt, dass kein Durchbruch des SCR-Katalysators vorliegt, bedeutet dies, dass eine stabile Regelung auch noch mit der um ein Inkrement zurückgesetzten Adaptiongröße möglich ist. In diesem Fall springt das Verfahren zurück in den sechsten Schritt S6, und es wird erneut geprüft, ob die nun zurückgesetzte Adaptiongröße wieder den vorbestimmten Inertialwert erreicht hat, oder ob sie noch ausgehend von dem vorbestimmten Inertialwert verändert ist. Es erfolgt dann entweder ein Fortschreiten zu dem fünften Schritt S5,
10 wenn bereits der vorbestimmte Inertialwert wieder erreicht ist, oder die Adaptiongröße wird in dem siebten Schritt S7 um ein weiteres Inkrement zurückgesetzt, wobei danach wieder in dem achten Schritt S8 geprüft wird, ob nun ein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 vorliegt.

Liegt wiederum kein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 vor, wird dieses Verfahren fortgesetzt,
15 und zwar solange, bis entweder in dem sechsten Schritt S6 festgestellt wird, dass der vorbestimmte Inertialwert erreicht wurde, oder bis in dem achten Schritt S8 ein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 erkannt wird.

Dies bedeutet, dass mit der derart zurückgesetzten Adaptiongröße, die aus dem siebten Schritt
20 S7 resultiert, keine stabile Emissionsregelung mehr möglich ist.

Daher wird nun in einem neunten Schritt S9 die letzte, in dem siebten Schritt S7 durchgeführte inkrementelle Änderung der Adaptiongröße verworfen, und damit der Wert der Adaptiongröße, den diese vor der letzten Veränderung in dem siebten Schritt S7 aufwies,
25 wieder hergestellt. Das Verfahren springt dann weiter in den fünften Schritt S5, in dem wiederum geprüft wird, ob ein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 vorliegt.

Wie bereits angedeutet, werden alle Schritte S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9 verlassen, wenn die globale Ausstiegsbedingung 37 erfüllt ist, also keine stationären Bedingungen mehr für den
30 SCR-Katalysator vorliegen. Das Verfahren wird demnach in diesem Fall abgebrochen und springt zurück in den ersten Schritt S1, von dem ausgehend es erneut durchgeführt wird.

Dabei bleibt aber der letzte Wert der Adaptiongröße, welcher in dem vierten Schritt S4 oder in dem siebten Schritt S7 ermittelt wurde, bevorzugt erhalten, sodass er bei einem nächsten Durchlauf des Verfahrens wieder zur Verfügung steht.

- 5 Insbesondere ist vorgesehen, dass Daten zur Bestimmung der Adaptiongröße während eines ersten Adaptionszeitraums, insbesondere eines ersten Durchlaufs des Verfahrens ausgehend von dem ersten Schritt S1, in einem überschreibbaren Kennfeld, nämlich einem Lernkennfeld, hinterlegt werden, wobei sie in einem zweiten Adaptionszeitraum, insbesondere nämlich in einem zweiten Durchlauf des Verfahrens ausgehend von dem ersten Schritt S1, bereitgestellt
10 werden, wobei der zweite Adaptionszeitraum dem ersten Adaptionszeitraum zeitlich nachgelagert ist. Wird das Verfahren also insbesondere aufgrund einer Instationarität an dem SCR-Katalysator 7 oder im Betrieb der Brennkraftmaschine 1 abgebrochen, steht dann bei einem nächsten Verfahrensdurchlauf wieder der zuletzt erreichte Wert der Adaptiongröße zur Verfügung.

- 15 Es ist aber bevorzugt vorgesehen, dass das überschreibbare Kennfeld, insbesondere das Lernkennfeld, in vorbestimmten Betriebszuständen des Abgasnachbehandlungssystems 3 oder damit wirkverbundener Einrichtungen, insbesondere der Brennkraftmaschine 1, nicht mit Daten beschrieben wird. Hierbei handelt es sich insbesondere um Betriebszustände, in denen aufgrund
20 ihrer Irregularität oder aufgrund von in diesen Betriebszuständen auftretenden Fehlern, eine Fehladaptation der Emissionsregelung stattfinden würde, wenn die in diesen Zuständen erreichten, angepassten Adaptiongrößen in dem Lernkennfeld hinterlegt würden.

- Es ist auch möglich, dass in bestimmten Betriebszuständen des Abgasnachbehandlungssystems 3
25 oder damit wirkverbundener Einrichtungen, insbesondere der Brennkraftmaschine 1, keine Veränderung der Adaptiongröße stattfindet, wenn dies aufgrund der spezifischen Natur solcher Betriebszustände nicht sinnvoll erscheint.

- Es ist bevorzugt vorgesehen, dass bei Erreichen oder Überschreiten eines Grenzwerts der
30 Adaptiongröße, insbesondere in dem vierten Schritt S4 und/oder in dem siebten Schritt S7, oder bei Erreichen oder Überschreiten eines Grenzwerts der Ist-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators 7, ein Warnsignal erzeugt wird. Dieses kann beispielsweise einem Betreiber des Abgasnachbehandlungssystems 3 und/oder der Brennkraftmaschine 1 anzeigen, dass der SCR-Katalysator 7 getauscht werden muss. Alternativ oder zusätzlich ist in

5 einem solchen Fall bevorzugt vorgesehen, dass eine Verringerung der Stickoxid-Konzentration stromaufwärts des SCR-Katalysators 7 initiiert wird. Hierzu wird bevorzugt der Motorblock 5 der Brennkraftmaschine 1 mit veränderten Parametern angesteuert, um eine Absenkung der Stickoxidrohmissionen zu bewirken. Es kann in diesem Fall möglich sein, auch den gealterten SCR-Katalysator 7 noch weiter zu verwenden, bevor er endgültig getauscht werden muss.

Fig. 5 zeigt eine schematische Darstellung einer Ausführungsform des Verfahrens, wobei bei dieser Ausführungsform die Adaptiongröße eine vorbestimmte Stickoxid-Umsatzrate des SCR-Katalysators ist, wobei in Figur 5 die Funktionsweise des Berechnungsglieds 29 sowie des
10 Veränderungsglieds 27 für diese Ausführungsform genauer erläutert werden.

Das Kennfeld 25 ist hier zusätzlich verbunden mit einem ersten Umrechnungsglied 39. In das Kennfeld 25 gehen – wie bereits beschrieben – eine momentane Drehzahl 41 sowie ein momentanes Drehmoment 43 der Brennkraftmaschine 1 ein. In dem Kennfeld 25 sind
15 vorzugsweise Sollwerte für die Stickoxid-Emissionen der Brennkraftmaschine 1 in Masse pro Leistung, insbesondere in Gramm pro Kilowattstunde (g/kWh) hinterlegt, welche in dem ersten Umrechnungsglied 39 in Abhängigkeit von einer momentanen Abgasmasse 45, die vorzugsweise anhand eines Modells in der Steuereinrichtung 21 der Brennkraftmaschine 1 berechnet wird, und abhängig von einer momentanen Leistung 47 der Brennkraftmaschine, die bevorzugt ebenfalls in
20 der Steuereinrichtung 21 der Brennkraftmaschine 1 berechnet wird, in eine Stickoxid-Konzentration im Abgas, vorzugsweise in ppm, umgerechnet werden. Diese Soll-Stickoxid-Konzentration, die aus dem ersten Umrechnungsglied 39 resultiert, ist vorzugsweise die Bestimmungsgröße 26, die an das Veränderungsglied 27 übergeben wird.

25 In dem Berechnungsglied 29 ist vorzugsweise ein Lernkennfeld 49 hinterlegt, in welchem eine vorbestimmte Stickoxid-Umsatzrate des SCR-Katalysators 7 als Adaptiongröße hinterlegt ist. Es ist möglich, dass das Lernkennfeld 49 zunächst mit einer vorbestimmten Stickoxid-Umsatzrate von 100 % oder 1 initialisiert ist. Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass – insbesondere in Prüfstandsversuchen – eine maximale Umsatzrate des SCR-Katalysators
30 einerseits aus den Rohmissionen der Brennkraftmaschine 1 und andererseits aus den Sollwerten der Bestimmungsgröße 26 berechnet wird, wobei das Lernkennfeld 49 dann mit diesen Werten initialisiert wird.

Die Werte für die Adaptionengröße sind in dem Lernkennfeld 49 insbesondere in Abhängigkeit von einer Temperatur 51 des SCR-Katalysators 7 sowie in Abhängigkeit von einem momentanen Abgasmassenstrom 53 hinterlegt, wobei der momentane Abgasmassenstrom 53 vorzugsweise in der Steuereinrichtung 21 der Brennkraftmaschine 1 bestimmt wird.

5

Das Berechnungsglied 29 weist außerdem ein zweites Umrechnungsglied 55 auf, in welchem die aus dem Lernkennfeld 49 betriebspunktabhängig ausgelesene Umsatzrate abhängig von den mittels des zweiten Stickoxidsensors 19 gemessenen oder in der Steuereinrichtung 21 der Brennkraftmaschine 1 berechneten Rohemissionen 57 umgerechnet wird in eine Soll-

10 Stickoxidkonzentration, vorzugsweise in ppm, die als Rechenergebnis 35 an das Veränderungsglied 27 übergeben wird.

Das Veränderungsglied 27 ist in diesem Fall ein Maximierungsglied, welches aus der Bestimmungsgröße 26 einerseits und dem Rechenergebnis 35 andererseits ein Maximum bildet, und insoweit den größeren der beiden Werte als veränderte Bestimmungsgröße 28 an das Emissionsregelungsmittel 23 übergibt.

15

Die in dem Lernkennfeld 49 hinterlegten Werte der Adaptionengröße oder die entsprechenden Daten werden insbesondere dann verändert, wenn ein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 vorliegt, oder wenn sie bereits verändert wurden und kein Durchbruch des SCR-Katalysators 7 mehr vorliegt. Insbesondere werden die Werte in dem Lernkennfeld 49 im Rahmen des in Zusammenhang mit Figur 4 erläuterten Verfahrens verändert, insbesondere dort in dem vierten Schritt S4 oder in dem siebten Schritt S7.

20

Ist die Adaptionengröße bei dieser Ausführungsform des Verfahrens gleich dem vorbestimmten Inertialwert, der beispielsweise 100 % oder 1 betragen kann, führt dies dazu, dass in jedem Fall das Rechenergebnis 35 kleiner ist als die Bestimmungsgröße 26, sodass diese durch das Veränderungsglied 27 als veränderte Bestimmungsgröße 28 an das Emissionsregelungsmittel 23 weitergegeben wird.

25
30

Insgesamt zeigt sich, dass mithilfe des Verfahrens, der Steuereinrichtung 21, des Abgasnachbehandlungssystems 3 und der Brennkraftmaschine 1 eine effiziente Alterungsadaption für einen SCR-Katalysator 7 möglich ist, sodass ohne Rückgriff auf ein

kompliziertes und zeitaufwendig zu bedatendes Alterungsmodell eine Adaption an das jeweilige reale System möglich ist.

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben eines Abgasnachbehandlungssystems (3) mit einem SCR-Katalysator (7), wobei
 - eine Dosiereinrichtung (9) zum Eindosieren eines Reduktionsmittels auf der Grundlage einer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators beeinflussenden Bestimmungsgröße (26) angesteuert wird, wobei
 - eine Durchbrucherkennung für den SCR-Katalysator (7) durchgeführt wird, wobei
 - wenn ein Durchbruch erkannt wird, die Bestimmungsgröße (26) zu höherer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7) hin verändert wird, wobei
 - die Dosiereinrichtung (9) zur Eindosierung des Reduktionsmittels auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße (28) angesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der SCR-Katalysator (7) im Betrieb permanent auf einen Durchbruch überwacht wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmungsgröße (26) eine Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators ist, wobei die Bestimmungsgröße (26) durch Neuberechnung der Bestimmungsgröße (26) auf der Grundlage einer Adaptiongröße verändert wird, wobei die Adaptiongröße eine vorbestimmte Stickoxid-Umsatzrate des SCR-Katalysators (7) ist, wobei
 - die Adaptiongröße gleich einem vorbestimmten Inertialwert ist, wenn eine Ist-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7) gleich der Bestimmungsgröße (26) ist, wobei
 - eine Verringerung der Adaptiongröße zu einer Erhöhung der Bestimmungsgröße (28) führt, wobei
 - die Adaptiongröße verringert wird, wenn ein Durchbruch erkannt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bestimmungsgröße (26) eine Soll-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7) ist, wobei

- eine Veränderung der Bestimmungsgröße (26) durch rechnerische Verknüpfung der Bestimmungsgröße (26) mit einer Adaptionsgröße durchgeführt wird, wobei
- die Adaptionsgröße eine vorbestimmte Differenz-Stickoxid-Konzentration ist, wobei
- die Adaptionsgröße gleich einem vorbestimmten Inertialwert ist, wenn eine Ist-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7) gleich der Bestimmungsgröße (26) ist, wobei
- eine Erhöhung der Adaptionsgröße zu einer Erhöhung der Bestimmungsgröße (26) führt, wobei
- die Adaptionsgröße erhöht wird, wenn ein Durchbruch erkannt wird.

10

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Adaptionsgröße während eines bestimmten Adaptionszeitraums bestimmt wird, in dem sich der SCR-Katalysator (7) in einem stationären Zustand befindet.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Adaptionsgröße in dem bestimmten Adaptionszeitraum inkrementell zu höherer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7) hin verändert wird, wenn ein Durchbruch erkannt wird, wobei die Veränderung der Adaptionsgröße beendet wird, wenn kein Durchbruch mehr erkannt wird.

20

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Adaptionsgröße in dem bestimmten Adaptionszeitraum inkrementell zu niedrigerer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7) hin verändert wird, wenn kein Durchbruch erkannt wird und die Adaptionsgröße nicht gleich dem vorbestimmten Inertialwert ist, wobei die Veränderung beendet wird, sobald die Adaptionsgröße gleich dem vorbestimmten Inertialwert ist, oder sobald ein Durchbruch erkannt wird, wobei, wenn ein Durchbruch erkannt wird, ein letztes Änderungsinkrement wieder rückgängig gemacht wird.

25

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass, wenn die Adaptionsgröße gleich dem vorbestimmten Inertialwert ist, die Adaptionsgröße in dem bestimmten Adaptionszeitraum gleich dem vorbestimmten Inertialwert gehalten wird, wenn kein Durchbruch erkannt wird.

30

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei Erreichen oder Überschreiten eines Grenzwerts der Adaptiongröße oder der Ist-Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7) ein Warnsignal erzeugt und/oder eine Verringerung einer Stickoxid-Konzentration stromaufwärts des SCR-Katalysators (7) initiiert wird.
10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass Daten zur Bestimmung der Adaptiongröße während eines ersten Adaptionszeitraums in einem überschreibbaren Kennfeld (49) hinterlegt werden, wobei die Daten in einem zweiten Adaptionszeitraum bereitgestellt werden, wobei der zweite Adaptionszeitraum dem ersten Adaptionszeitraum zeitlich nachgelagert ist.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das überschreibbare Kennfeld (49) in vorbestimmten Betriebszuständen des Abgasnachbehandlungssystems (3) oder damit wirkverbundener Einrichtungen nicht mit Daten beschrieben wird.
12. Steuereinrichtung (21) für ein Abgasnachbehandlungssystem (3) mit einem SCR-Katalysator (7), wobei
- die Steuereinrichtung (21) eingerichtet ist zur Ansteuerung einer Dosiereinrichtung (9) zum Eindosieren eines Reduktionsmittels auf der Grundlage einer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7) beeinflussenden Bestimmungsgröße (26), wobei
 - die Steuereinrichtung (21) eingerichtet ist zur Durchführung einer Durchbrucherkenennung für den SCR-Katalysator (7), und, wenn ein Durchbruch erkannt wird, zur Veränderung der Bestimmungsgröße (26) hin zu höherer Stickoxid-Konzentration stromabwärts des SCR-Katalysators (7), wobei
 - die Steuereinrichtung (21) eingerichtet ist zur Ansteuerung der Dosiereinrichtung (9) zur Eindosierung des Reduktionsmittels auf der Grundlage der veränderten Bestimmungsgröße (28), wobei
 - die Steuereinrichtung (21) insbesondere eingerichtet ist zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11.

13. Abgasnachbehandlungssystem (3), gekennzeichnet durch einen SCR-Katalysator (7), eine Dosiereinrichtung (9) und eine Steuereinrichtung (21) nach Anspruch 12.
14. Abgasnachbehandlungssystem (3) nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch einen dem
5 SCR-Katalysator (7) nachgelagerten Oxidationskatalysator (17) insbesondere zur Vermeidung eines NH_3 -Ausstoßes aus dem Abgasnachbehandlungssystem (3).
15. Brennkraftmaschine (1), gekennzeichnet durch eine Steuereinrichtung (21) nach Anspruch 12 und/oder ein Abgasnachbehandlungssystem (3) nach einem der Ansprüche 13 und 14.

1/3

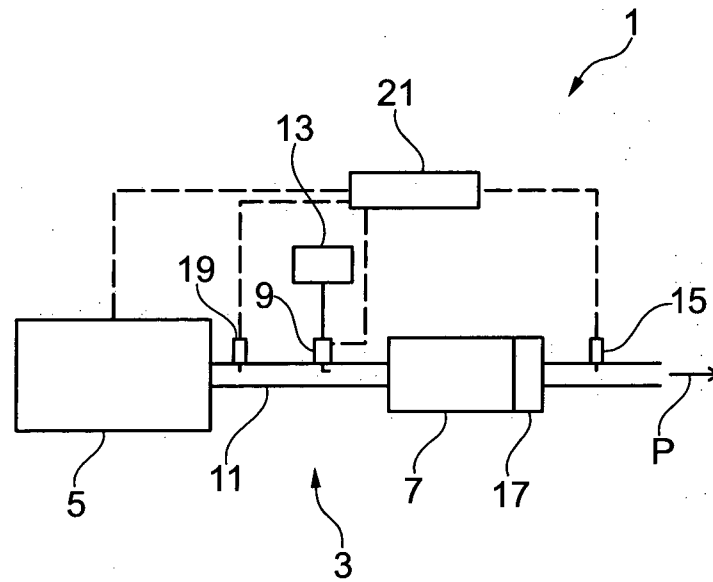


Fig. 1

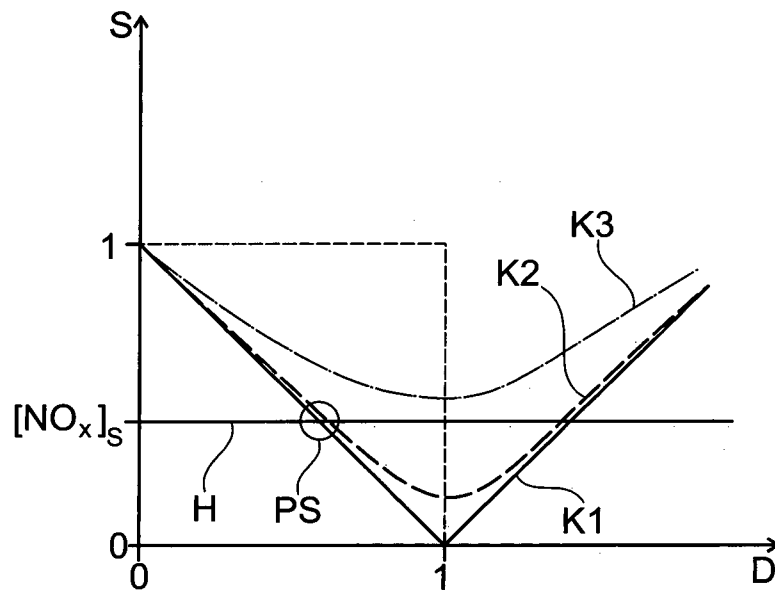


Fig. 2

2/3

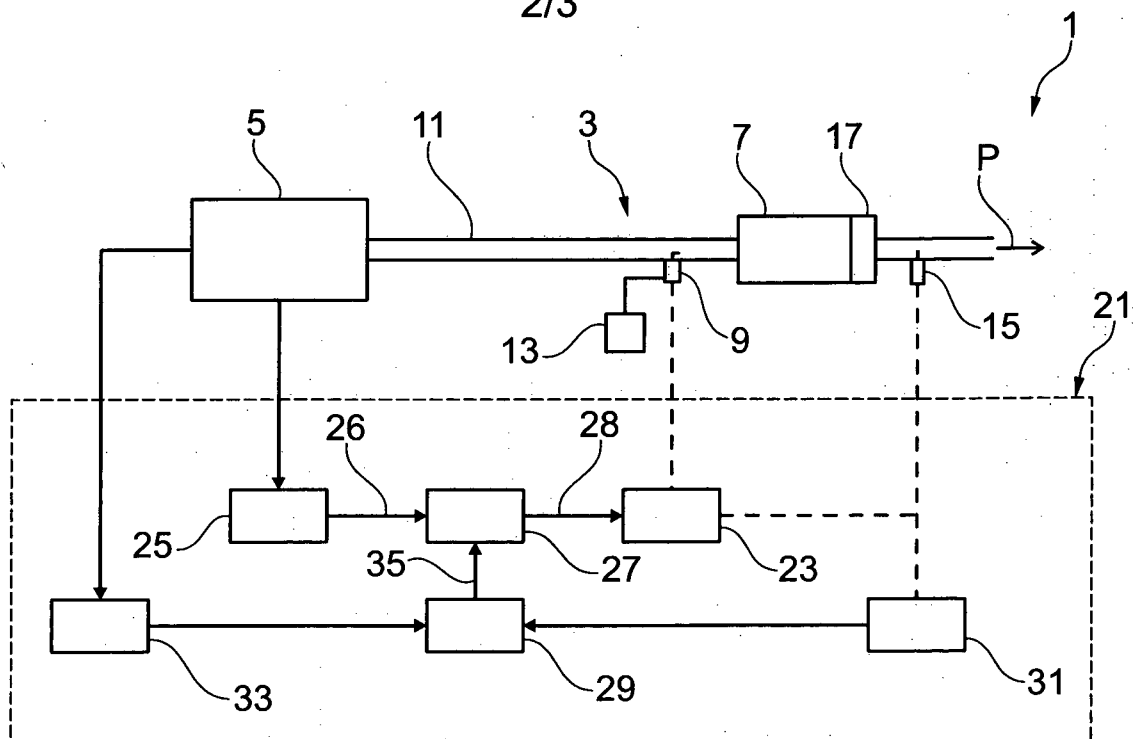


Fig. 3

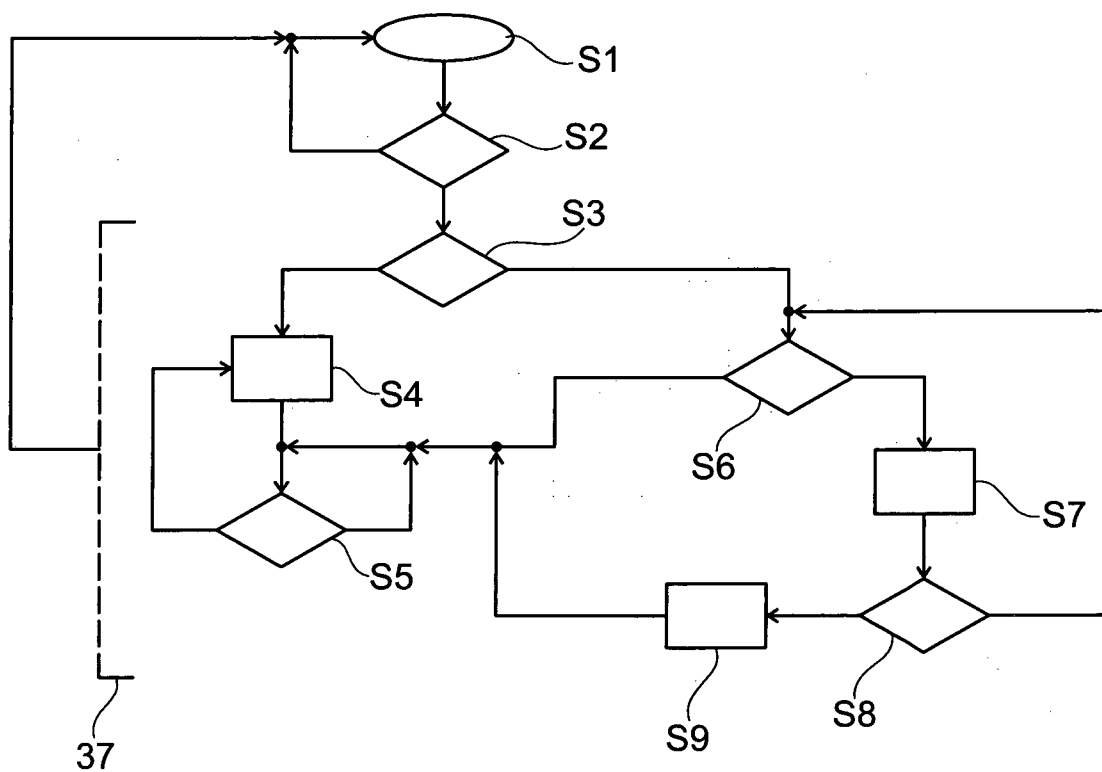


Fig. 4

3/3

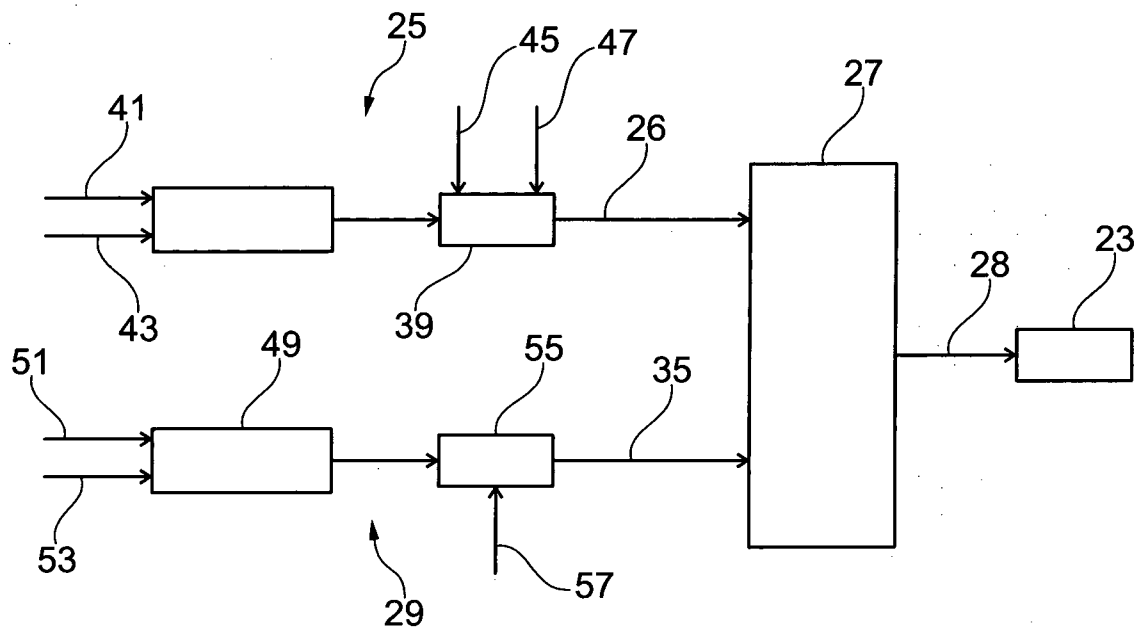


Fig. 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/001093A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01N3/20 F01N11/00
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
F01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2014 110780 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 5 February 2015 (2015-02-05) the whole document	1-15
A	DE 10 2011 011441 B3 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE]) 14 June 2012 (2012-06-14) the whole document	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

7 September 2016

Date of mailing of the international search report

30/09/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Wagner, A

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/001093

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102014110780 A1	05-02-2015	DE 102014110780 A1	05-02-2015
		US 2015033705 A1	05-02-2015

DE 102011011441 B3	14-06-2012	CN 103649481 A	19-03-2014
		DE 102011011441 B3	14-06-2012
		US 2014030810 A1	30-01-2014
		WO 2013041154 A1	28-03-2013

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F01N3/20 F01N11/00
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F01N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2014 110780 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 5. Februar 2015 (2015-02-05) das ganze Dokument	1-15
A	DE 10 2011 011441 B3 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE]) 14. Juni 2012 (2012-06-14) das ganze Dokument	1-15



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

7. September 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/09/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Wagner, A

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/001093

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014110780 A1	05-02-2015	DE 102014110780 A1	05-02-2015
		US 2015033705 A1	05-02-2015

DE 102011011441 B3	14-06-2012	CN 103649481 A	19-03-2014
		DE 102011011441 B3	14-06-2012
		US 2014030810 A1	30-01-2014
		WO 2013041154 A1	28-03-2013
