



(10) **DE 10 2020 209 154 A1** 2022.01.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2020 209 154.4**

(22) Anmeldetag: **21.07.2020**

(43) Offenlegungstag: **27.01.2022**

(51) Int Cl.: **F01N 3/28 (2006.01)**

F02B 43/10 (2006.01)

(71) Anmelder:
Vitesco Technologies GmbH, 30165 Hannover, DE

(72) Erfinder:
Zhang, Hong, Dr., 81737 München, DE

(56) Ermittelte Stand der Technik:

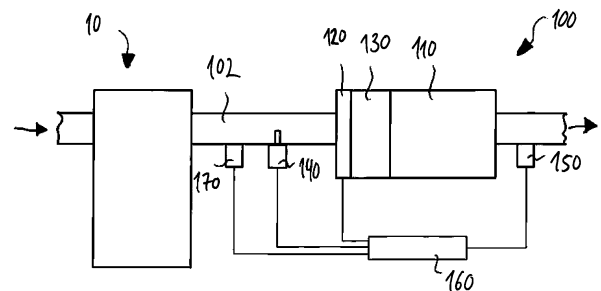
DE	10 2007 021 827	A1
JP	2007-269 227	A

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Abgasstrang für einen Wasserstoffverbrennungsmotor und Verfahren zum Betreiben eines Abgasstrangs eines Wasserstoffverbrennungsmotors**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft einen Abgasstrang (100) für einen Wasserstoffverbrennungsmotor (10) und ein Verfahren zum Betreiben eines Abgasstrangs (100) eines Wasserstoffverbrennungsmotors (10), der dazu ausgebildet ist, mit Wasserstoffgas als Kraftstoff betrieben zu werden. Das Wasserstoffgas wird in zumindest einem Verbrennungsraum mit Luft verbrannt wird. Der Abgasstrang (100) weist eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums angeordneten Katalysatorvorrichtung (110), die dazu ausgebildet ist, das aus dem zumindest einen Verbrennungsraum ausströmende Abgas zumindest teilweise nachzubehandeln, und eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums und stromaufwärts der Katalysatorvorrichtung (110) angeordnete Heizvorrichtung (120), die dazu ausgebildet ist, die Katalysatorvorrichtung (110) auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur zu erwärmen.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft einen Abgasstrang für einen Wasserstoffverbrennungsmotor und ein Verfahren zum Betreiben eines Abgasstrangs eines Wasserstoffverbrennungsmotors, insbesondere einen Abgasstrang für einen Wasserstoffverbrennungsmotor mit einer Vorrichtung zum schnellen Erwärmen der Katalysatorvorrichtung und ein entsprechendes Verfahren hierfür.

[0002] Wasserstoffverbrennungsmotoren werden im Zuge der immer strengeren Emissionsvorschriften, insbesondere im Hinblick auf die Kohlenstoffoxidemission, wichtiger. Bei einem Wasserstoffverbrennungsmotor kann es aufgrund der hohen Temperaturen und dem in der Luft vorrätigen Stickstoff auch zu Stickoxiden im Abgas kommen, die mit Hilfe einer Katalysatorvorrichtung, wie beispielsweise einer auf dem Prinzip der selektiven katalytischen Reduktion basierenden Katalysatorvorrichtung, in Kombination mit Wasserstoffgas nachbehandelt werden können, um die Stickoxidemission weitestgehend zu reduzieren. Von fossilen Verbrennungskraftmotoren ist es bekannt, dass eine Katalysatorvorrichtung, wie beispielsweise eine auf dem Prinzip der selektiven katalytischen Reduktion basierende Katalysatorvorrichtung, auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur erwärmt werden muss, damit effiziente Umsetzung der Stickoxide realisiert werden kann. Hierfür ist es bekannt, ein konventionelles Katalysatorsubstrat mit einer elektrisch beheizbaren Scheiben zu vereinen, die das Katalysatorsubstrat auf die vorbestimmte Temperatur erwärmen kann.

[0003] Ferner ist aus der DE 10 2007 021 827 A1 ein Abgasreinigungssystem für einen Wasserstoffmotor bekannt. Das darin offenbarte Abgasreinigungssystem umfasst einen Wasserstoffspeichertank zum Speichern von Wasserstoff unter Hochdruck, einen Wasserstoffmotor zum Verbrennen von Wasserstoff, der aus dem Wasserstoffspeichertank zugeführt wird, und einen Katalysator. Das Abgasreinigungssystem ist in der Lage, während des Betriebs des Wasserstoffmotors Wasserstoffgas in das Abgasrohr einzuleiten. Ferner weist das System einen stromaufwärtsseitigen Abgassensor, der in dem Abgasrohr stromaufwärts des Katalysators zum Detektieren des Abgaselements angeordnet ist, und eine auslassseitige Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung auf, die stromaufwärts des stromaufwärtsseitigen Abgassensors zum Einspritzen von Wasserstoffgas in das Abgasrohr ausgebildet ist.

[0004] Der vorliegenden Erfindung liegt zumindest teilweise die Aufgabe zugrunde, einen Abgasstrang für einen Wasserstoffverbrennungsmotor und ein Verfahren zum Betreiben eines Abgasstrangs eines Wasserstoffverbrennungsmotors bereitzustellen, mit dem jeweils die im Abgasstrang angeordnete Kataly-

satorvorrichtung möglichst frühzeitig und schnell auf ihre Betriebstemperatur zu erwärmen.

[0005] Diese Aufgabe wird mit einem Abgasstrang für einen Wasserstoffverbrennungsmotor gemäß unabhängigen Anspruch 1 und einem Verfahren zum Betreiben eines Abgasstrangs eines Wasserstoffverbrennungsmotors mit den Merkmalen gemäß unabhängigen Anspruch 9 gelöst. Bevorzugte und vorteilhafte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0006] Der vorliegenden Erfindung liegt im Wesentlichen der Gedanke zu Grunde, einen Abgasstrang mit einer Katalysatorvorrichtung und einer Heizvorrichtung für die Katalysatorvorrichtung bereitzustellen. Die Heizvorrichtung ist dazu ausgebildet, die Katalysatorvorrichtung auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur zu erwärmen. Vorzugsweise kann es sich bei der Heizvorrichtung um eine elektrisch betriebene Heizvorrichtung in Form einer Heizscheibe, die in einer Einheit mit einer weiteren Katalysatorvorrichtung vereint ist. Diese Einheit kann stromaufwärts der (Haupt-)Katalysatorvorrichtung angeordnet und dazu ausgebildet sein, die (Haupt-)Katalysatorvorrichtung auf die vorbestimmte Betriebstemperatur zu erwärmen.

[0007] Folglich ist gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Abgasstrang für einen Wasserstoffverbrennungsmotor offenbart, der dazu ausgebildet ist, mit Wasserstoffgas als Kraftstoff betrieben zu werden. Das Wasserstoffgas wird in zumindest einem Verbrennungsraum des Wasserstoffverbrennungsmotors mit Luft verbrannt. Der erfindungsgemäße Abgasstrang weist eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums angeordnete Katalysatorvorrichtung, die dazu ausgebildet ist, das aus dem zumindest einem Verbrennungsraum ausströmende Abgas zumindest teilweise nachzubehandeln, und eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums und stromaufwärts der Katalysatorvorrichtung angeordnete Heizvorrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, die Katalysatorvorrichtung auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur zu erwärmen. Bevorzugt steht die Heizvorrichtung dabei in direktem Wärmeaustauschkontakt mit der Katalysatorvorrichtung.

[0008] Vorzugsweise handelt es sich bei der Katalysatorvorrichtung um eine sogenannte SCR-Katalysatorvorrichtung, die auf dem Prinzip der selektiven katalytischen Reduktion mit Wasserstoffgas beruht. Hierbei konvertiert das eingespritzte Wasserstoffgas mit den im Abgas befindlichen Stickoxiden zu Wasser und Stickstoff.

[0009] Die Heizvorrichtung ist vorzugsweise eine mit elektrischem Strom betriebene Heizvorrichtung. Somit kann die Heizvorrichtung schon vor einem

Starten oder kurz nach einem Starten des Wasserstoffverbrennungsmotors aktiviert, um die Katalysatorvorrichtung frühestmöglich und schnellstmöglich auf die vorbestimmte Betriebstemperatur zu erwärmen.

[0010] In vorteilhafter Weise weist die Heizvorrichtung eine elektrisch betriebene Heizscheibe auf, durch die das aus dem zumindest einen Verbrennungsraum ausströmende Abgas zumindest teilweise hindurch strömen und die von der Heizscheibe elektrisch bereitgestellte Wärme aufnehmen kann. Das weiterströmende erwärmte Abgas kann dann die aufgenommene Wärme an die Katalysatorvorrichtung zum Erwärmen derselben auf die vorbestimmte Betriebstemperatur abgeben.

[0011] Vorzugsweise weist der erfindungsgemäße Abgasstrang ferner eine stromaufwärts der Katalysatorvorrichtung angeordnete weitere Katalysatorvorrichtung auf, in die die Heizvorrichtung zumindest teilweise integriert ist. Insbesondere handelt es sich bei der weiteren Katalysatorvorrichtung mit integrierter Heizvorrichtung bevorzugt um einen sogenannten elektrisch beheizbaren Katalysator (electric heated catalyst, EHC). Besonders bevorzugt handelt es sich bei der weiteren Katalysatorvorrichtung um eine sogenannte SCR-Katalysatorvorrichtung, die auf dem Prinzip der selektiven katalytischen Reduktion mit Wasserstoffgas beruht.

[0012] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung weist der erfindungsgemäße Abgasstrang ferner eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums und stromaufwärts der Heizvorrichtung angeordnete Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, Wasserstoffgas als Reduktionsmittel in den Abgasstrang einzuspritzen.

[0013] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Wasserstoffmotor offenbart, der zumindest einen Verbrennungsraum und einen stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums angeordneten erfindungsgemäßen Abgasstrang aufweist.

[0014] Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ferner ein Verfahren zum Betreiben eines Abgasstrangs eines Wasserstoffverbrennungsmotors offenbart, der dazu ausgebildet ist, mit Wasserstoffgas als Kraftstoff getrieben zu werden. Das Wasserstoffgas wird in zumindest einem Verbrennungsraum mit Luft verbrannt. Der Abgasstrang weist eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums angeordnete Katalysatorvorrichtung, die dazu ausgebildet ist, das aus dem zumindest einen Verbrennungsraum ausströmende Abgas zumindest teilweise nachzubehandeln, und eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums und stromaufwärts der Katalysatorvor-

richtung angeordnete Heizvorrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, die Katalysatorvorrichtung zu erwärmen. Das erfindungsgemäße Verfahren weist dabei ein Betreiben der Heizvorrichtung zum Erwärmen der Katalysatorvorrichtung auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur der Katalysatorvorrichtung auf.

[0015] Vorzugsweise beträgt die vorbestimmte Betriebstemperatur der Katalysatorvorrichtung ungefähr 100 °C.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens weist der Abgasstrang ferner eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums und stromaufwärts der Heizvorrichtung angeordnete Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung auf, die dazu ausgebildet ist, Wasserstoffgas als Reduktionsmittel in den Abgasstrang einzuspritzen. Das erfindungsgemäße Verfahren umfasst dabei ferner ein Einspritzen einer vorbestimmten Menge an Wasserstoffgas in den Abgasstrang mittels der Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung, wenn die Katalysatorvorrichtung auf die vorbestimmte Betriebstemperatur erwärmt worden ist.

[0017] In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung umfasst das erfindungsgemäße Verfahren ferner ein Ermitteln eines bevorstehenden oder bereits erfolgten Starts des Wasserstoffverbrennungsmotors, wobei der Schritt des Betriebens der Heizvorrichtung erfolgt, wenn ein bevorstehender oder erfolgter Start des Wasserstoffverbrennungsmotors ermittelt worden ist. Somit kann die Katalysatorvorrichtung frühestmöglich und schnellstmöglich auf ihre vorbestimmte Betriebstemperatur erwärmt werden, damit die Emissionen des Wasserstoffverbrennungsmotors möglichst niedrig gehalten werden können.

[0018] Weitere Aufgaben und Merkmale der vorliegenden Erfindung werden dem Fachmann durch Ausüben der vorliegenden Lehre und Betrachten der beiliegenden Zeichnungen ersichtlich, in denen:

Fig. 1 einen schematische Wasserstoffverbrennungsmotor mit einem erfindungsgemäßen Abgasstrang zeigt, und

Fig. 2 ein beispielhaftes Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben des Abgasstrangs der **Fig. 1** zeigt.

[0019] Die **Fig. 1** zeigt einen schematischen Wasserstoffverbrennungsmotor 10 mit einem erfindungsgemäßen Abgasstrang 100. Der Wasserstoffverbrennungsmotor 10 wird mit Wasserstoffgas als Kraftstoff betrieben und ist prinzipiell aus dem Stand der Technik bekannt. Insbesondere wird ein Wasserstoffgas-Luft-Gemisch in zumindest einem Verbrennungsraum (nicht explizit dargestellt) des Wasserstoffverbrennungsmotors 10 verbrannt und das erhaltene Abgas wird über den erfindungsgemä-

ßen Abgasstrang 100 an die Umwelt abgegeben. Der Wasserstoffverbrennungsmotor 10 ist insbesondere ein Viertaktmotor mit den Phasen Ansaugen, Verdichten, Arbeiten und Ausstoßen.

[0020] Der Abgasstrang 100 weist eine Abgasleitung 102 und eine Katalysatorvorrichtung 110 auf, die stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums in der Abgasleitung 102 vorgesehen ist. Die Katalysatorvorrichtung 110 ist vorzugsweise eine sogenannte SCR-Katalysatorvorrichtung, die auf dem Prinzip der selektiven katalytischen Reduktion basiert.

[0021] Stromaufwärts der Katalysatorvorrichtung 110 und stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums ist eine Heizvorrichtung 120 vorgesehen, die dazu ausgebildet ist, die Katalysatorvorrichtung 110 auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur, beispielsweise ungefähr 100 °C, zu erwärmen. In dem in der **Fig. 1** dargestellten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Abgasstrangs 100 ist zudem eine weitere Katalysatorvorrichtung 130 vorgesehen, die gemeinsam mit der Heizvorrichtung 120 eine Einheit bildet und stromaufwärts der Katalysatorvorrichtung 110 (kann auch als Haupt-Katalysatorvorrichtung bezeichnet werden) angeordnet ist. Die weitere Katalysatorvorrichtung 130 ist vorzugsweise eine SCR-Katalysatorvorrichtung, die auf dem Prinzip der selektiven katalytischen Reduktion basiert.

[0022] Bei der Heizvorrichtung 120 handelt es sich vorzugsweise um eine elektrisch betriebene Heizvorrichtung, die mit der weiteren Katalysatorvorrichtung 130 einen sogenannten elektrisch beheizbaren Katalysator (electric heated catalyst, EHC) bilden. Die Heizvorrichtung 120 kann beispielsweise eine Heizscheibe aufweisen, durch die das Abgas zum Aufnehmen der von der Heizscheibe elektrisch erzeugten Wärme strömen kann. Insbesondere strömt das Abgas durch die elektrisch betriebene Heizscheibe und kann die elektrisch erzeugte Wärme aufnehmen und durch die weiteren Katalysatorvorrichtung 130 und die Haupt-Katalysatorvorrichtung 110 zum Erwärmen derselben strömen.

[0023] Der Abgasstrang 100 der beispielhaften Ausgestaltung der **Fig. 1** weist ferner eine stromaufwärts der Heizvorrichtung 120 und stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums angeordnete Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung 140 auf, die dazu ausgebildet ist, Wasserstoffgas als Reduktionsmittel in die Abgasleitung 102 einzuspritzen. Alternativ kann das Wasserstoffgas von denjenigen Wasserstoffgaseinspritzvorrichtungen in die Abgasleitung 102 gelangen, die das Wasserstoffgas in den zumindest einen Verbrennungsraum des Wasserstoffmotors 10 einspritzen. Insbesondere kann das Wasserstoffgas dieser Wasserstoffgaseinspritzvor-

richtungen während einer Arbeitsphase oder/und Ausstoßphase in den zumindest einen Verbrennungsraum eingespritzt werden, das dann unverbrannt in die Abgasleitung 102 gelangt. In einer solchen alternativen Ausgestaltung kann die Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung 140 entfallen.

[0024] Zur Steuerung der mittels der Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung 140 einzuspritzenden Wasserstoffgasmenge weist der Abgasstrang 110 ferner eine Sensorvorrichtung 150, vorzugsweise ein Stickoxidsensor, auf, die dazu ausgebildet ist, im Abgas befindliche Bestandteile, vorzugsweise Stickoxide, zu detektieren, um somit die Menge an zu einspritzendem Wasserstoffgas zu steuern bzw. zu regeln.

[0025] Die Steuerung der Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung 140 und der Sensorvorrichtung 150 kann mittels einer Steuereinheit 160 erfolgen, die mit diesen beiden Vorrichtungen elektrisch verbunden ist.

[0026] Optional kann noch stromaufwärts der Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung 140 eine weitere Sensorvorrichtung 170, vorzugsweise ein Stickoxidsensor, vorgesehen sein, die dazu ausgebildet ist, die Stickoxidkonzentration des unbehandelten Abgases zu ermitteln. Die Vorsteuerung der Wasserstoffgaseinspritzmenge kann proportional zur ermittelten Stickoxidkonzentration und dem Abgasmassenstrom erfolgen.

[0027] Die Sensorvorrichtung 150 kann beispielsweise als Stickoxidsensor mit zusätzlich integrierter Mischpotentialelektrode bzw. -sensor ausgebildet sein und auf dem elektrochemischen Prinzip basieren. Vorzugsweise kann die Sensorvorrichtung 150 die im Abgas befindliche Stickoxidkonzentration und Wasserstoffkonzentration erfassen.

[0028] Unter Verweis auf die **Fig. 2** ist ein beispielhaftes Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betreiben des Abgasstrangs 100 der **Fig. 1** dargestellt.

[0029] Das Verfahren der **Fig. 2** startet beim Punkt 200 und gelangt dann zum Schritt 210, an dem ermittelt wird, ob ein Start des Wasserstoffverbrennungsmotors 10 erfolgt ist oder bevorsteht. Ein erfolgter Start kann beispielsweise mittels eines Drehzahlsensors der Kurbelwelle ermittelt werden. Ein bevorstehender Start des Wasserstoffverbrennungsmotors kann beispielsweise durch Aktivieren der Zündung des Fahrzeugs, durch Betätigen des Türgriffs, durch Erfassen einer Person auf dem Fahrersitz mittels eines Sitzbelegungssensors oder ähnlicher Ermittlungen erfolgen. Das Verfahren verbleibt solange beim Schritt 210, bis ein bereits erfolgter oder ein bevorstehender Start ermittelt worden ist.

[0030] Wird beim Schritt 210 ermittelt, dass ein Start erfolgt ist oder (unmittelbar) bevorsteht, gelangt das Verfahren zum Schritt 220, an dem die Heizvorrichtung 120 elektrisch aktiviert wird und somit die Katalysatorvorrichtung 110 zumindest teilweise erwärmt. In einem darauffolgenden Schritt 230 wird ermittelt, ob die Temperatur der Katalysatorvorrichtung 113 die vorbestimmte Betriebstemperatur von beispielsweise ungefähr 100 °C erreicht hat oder nicht. Wenn beim Schritt 230 ermittelt wird, dass die aktuelle Temperatur der Katalysatorvorrichtung 110 unterhalb der vorbestimmten Betriebstemperatur liegt, gelangt das Verfahren wieder zurück zum Schritt 220 und die Heizvorrichtung 120 wird weiterhin betrieben, um die Katalysatorvorrichtung 110 weiterhin zu erwärmen.

[0031] Wird beim Schritt 230 ermittelt, dass die Temperatur der Katalysatorvorrichtung 110 die vorbestimmte Betriebstemperatur von beispielhaft ungefähr 100 °C erreicht hat, gelangt das Verfahren zum Schritt 240, an dem die Heizvorrichtung 120 deaktiviert und in den Normalbetrieb des Abgasstrangs 100 geschaltet wird, bevor das Verfahren beim Schritt 250 endet. Am Schritt 240 bzw. kurz vor dem Schritt 240, wenn die Temperatur der Katalysatorvorrichtung 110 eine Betriebstemperatur von beispielhaft 100 °C erreicht, erfolgt ebenfalls eine Aktivierung der Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung 140 mittels der Steuereinheit 160 und es wird Wasserstoffgas in die Abgasleitung 102 als Reduktionsmittel für die SCR-Katalysatorvorrichtung 110, 130 eingespritzt. Somit kann es bevorzugt sein, dass die Wasserstoffeinspritzung erfolgt und die Katalysatorvorrichtung 110 sogar über ihr vorbestimmte Betriebstemperatur erwärmt wird. Damit kann sichergestellt werden, dass die Katalysatorvorrichtung 110 ihre Betriebstemperatur erreicht.

[0032] Mit dem vorliegenden erfindungsgemäßen Abgasstrang 100 für einen Wasserstoffverbrennungsmotor 10 und dem entsprechenden Verfahren zum Betreiben des Abgasstrangs 100 des Wasserstoffverbrennungsmotors 10 ist es möglich, die Katalysatorvorrichtung 110, insbesondere SCR-Katalysatorvorrichtung 110, schnellstmöglich und frühestmöglich auf ihre vorbestimmte Betriebstemperatur zu erwärmen, damit die Emissionen, insbesondere Stickoxidemissionen, des Wasserstoffverbrennungsmotors 10 so niedrig wie möglich gehalten werden können.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- DE 102007021827 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Abgasstrang (100) für einen Wasserstoffverbrennungsmotor (10), der dazu ausgebildet ist, mit Wasserstoffgas als Kraftstoff betrieben zu werden, wobei das Wasserstoffgas in zumindest einem Verbrennungsraum mit Luft verbrannt wird, wobei der Abgasstrang (100) aufweist:

- einer stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums angeordneten Katalysatorvorrichtung (110), die dazu ausgebildet ist, das aus dem zumindest einen Verbrennungsraum ausströmende Abgas zumindest teilweise nachzubehandeln, und
- eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums und stromaufwärts der Katalysatorvorrichtung (110) angeordnete Heizvorrichtung (120), die dazu ausgebildet ist, die Katalysatorvorrichtung (110) auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur zu erwärmen.

2. Abgasstrang (100) nach Anspruch 1, wobei die Katalysatorvorrichtung eine SCR-Katalysatorvorrichtung (110) ist, die auf dem Prinzip der selektiven katalytischen Reduktion mit Wasserstoffgas beruht.

3. Abgasstrang (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Heizvorrichtung (120) mit elektrischem Strom betrieben wird.

4. Abgasstrang (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Heizvorrichtung (120) eine elektrisch betriebene Heizscheibe aufweist, durch die das aus dem zumindest einen Verbrennungsraum ausströmende Abgas zumindest teilweise hindurch strömen kann.

5. Abgasstrang (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner mit:

- einer stromaufwärts der Katalysatorvorrichtung (110) angeordnete weitere Katalysatorvorrichtung (130), in die die Heizvorrichtung (120) zumindest teilweise integriert ist.

6. Abgasstrang (100) nach Anspruch 5, wobei die weitere Katalysatorvorrichtung eine SCR-Katalysatorvorrichtung (130) ist, die auf dem Prinzip der selektiven katalytischen Reduktion mit Wasserstoffgas beruht.

7. Abgasstrang (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, ferner mit:

- einer stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums und stromaufwärts der Heizvorrichtung (120) angeordneten Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung (140), die dazu ausgebildet ist, Wasserstoffgas als Reduktionsmittel in den Abgasstrang einzuspritzen.

8. Wasserstoffmotor (10) mit:

- zumindest einem Verbrennungsraum, und

- einem stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums angeordneten Abgasstrang (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

9. Verfahren zum Betreiben eines Abgasstrangs (100) eines Wasserstoffverbrennungsmotors, der dazu ausgebildet ist, mit Wasserstoffgas als Kraftstoff betrieben zu werden, wobei das Wasserstoffgas in zumindest einem Verbrennungsraum mit Luft verbrannt wird, wobei der Abgasstrang (100) eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums angeordnete Katalysatorvorrichtung (110), die dazu ausgebildet ist, das aus dem zumindest einen Verbrennungsraum ausströmende Abgas zumindest teilweise nachzubehandeln, und eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums und stromaufwärts der Katalysatorvorrichtung (110) angeordnete Heizvorrichtung (120) aufweist, die dazu ausgebildet ist, die Katalysatorvorrichtung (110) zu erwärmen, wobei das Verfahren aufweist:

- Betreiben der Heizvorrichtung (120) zum Erwärmen der Katalysatorvorrichtung (110) auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur der Katalysatorvorrichtung (110).

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die vorbestimmte Betriebstemperatur ungefähr 100 °C beträgt.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 und 10, wobei der Abgasstrang (10) ferner eine stromabwärts des zumindest einen Verbrennungsraums und stromaufwärts der Heizvorrichtung (120) angeordnete Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung (140) aufweist, die dazu ausgebildet ist, Wasserstoffgas als Reduktionsmittel in den Abgasstrang (100) einzuspritzen, ferner mit:

- Einspritzen einer vorbestimmten Menge an Wasserstoffgas in den Abgasstrang (100) mittels der Wasserstoffgaseinspritzvorrichtung (140), wenn die Katalysatorvorrichtung (110) auf die vorbestimmte Betriebstemperatur erwärmt ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, ferner mit:

- Ermitteln eines bevorstehenden oder erfolgten Starts des Wasserstoffverbrennungsmotors (10), wobei die Heizvorrichtung (120) betrieben wird, wenn ein bevorstehender oder erfolgter Start des Wasserstoffverbrennungsmotors (10) ermittelt wurde.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

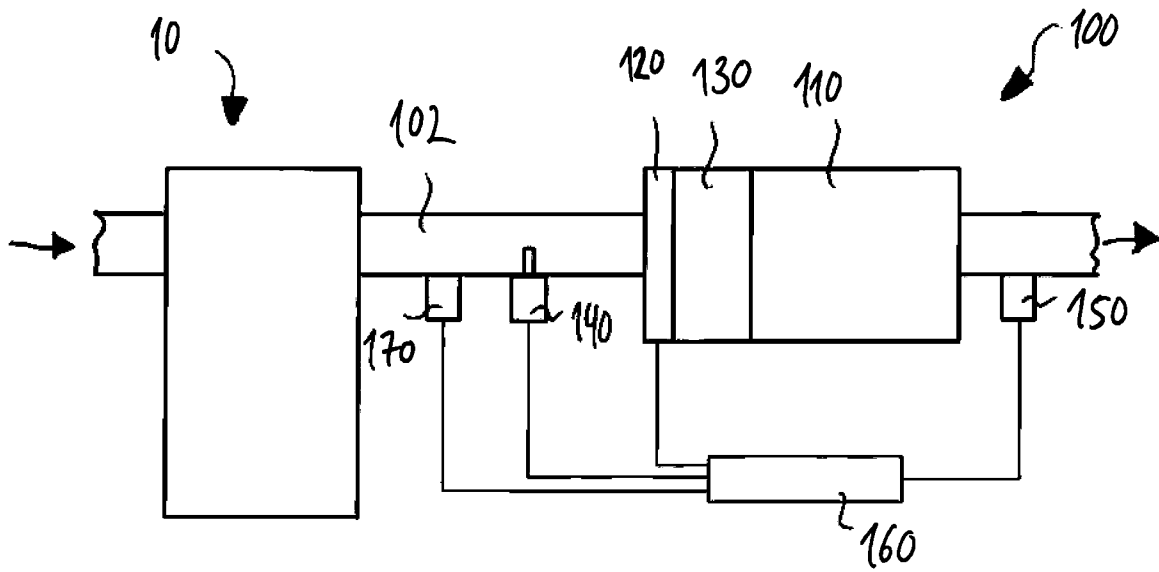


FIG 1

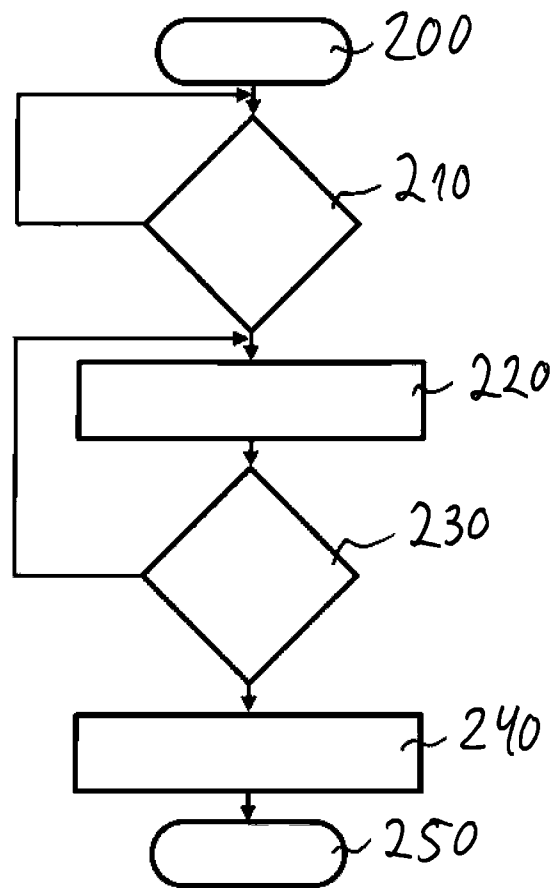


FIG 2