



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**21.09.2022 Patentblatt 2022/38**

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):  
**F01N 3/023** <sup>(2006.01)</sup> **F01N 3/027** <sup>(2006.01)</sup>  
**F01N 9/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **22160370.7**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):  
**F01N 3/023; F01N 3/027; F01N 9/002;**  
**F01N 2900/1602; F01N 2900/1606**

(22) Anmeldetag: **07.03.2022**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR**  
Benannte Erstreckungsstaaten:  
**BA ME**  
Benannte Validierungsstaaten:  
**KH MA MD TN**

(72) Erfinder:  
• **Bunkus, Johannes**  
**39393 Hötensleben OT Barneberg (DE)**  
• **Kraus, Stephan**  
**38464 Groß Twülpstedt (DE)**  
• **Sarow, André**  
**39646 Oebisfelde (DE)**

(30) Priorität: **17.03.2021 DE 102021106568**

(74) Vertreter: **Bungartz, Florian et al**  
**Van-Gogh-Strasse 3**  
**81479 München (DE)**

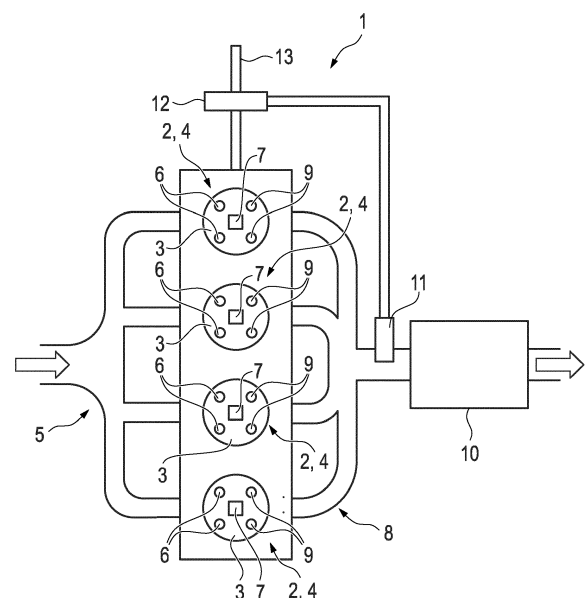
(71) Anmelder: **VOLKSWAGEN AG**  
**38440 Wolfsburg (DE)**

(54) **ABGASTEMPORABHÄNGIGE REGENERATION EINES PARTIKELFILTERS MITTELS EINER HEIZVORRICHTUNG**

(57) Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die einen Verbrennungsmotor (1) und einen Abgasstrang (8) zum Abführen von Abgas von dem Verbrennungsmotor (1) umfasst, wobei in den Abgasstrang (8) eine thermisch zu regenerierende Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) integriert ist, der eine elektrische Heizvorrichtung (11) zugeordnet ist, wobei die Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) mittels der Heizvorrichtung (11) erwärmt wird, um eine für die Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) ausreichende Temperatur zu erreichen, wobei die Heizvorrichtung (11) betrieben wird,

- wenn der Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) oberhalb eines ersten, relativ hohen Beladungsgrenzwerts liegt und der Verbrennungsmotor (1) Abgas mit einer Abgastemperatur, die innerhalb eines ersten, relativ niedrigen Temperaturbereichs liegt, erzeugt und auch

- wenn der Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) oberhalb eines zweiten, relativ niedrigen Beladungsgrenzwerts liegt und der Verbrennungsmotor (1) Abgas mit einer Abgastemperatur, die innerhalb eines zweiten, relativ hohen Temperaturbereichs liegt, erzeugt.



**Fig. 1**

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die einen Verbrennungsmotor und einen Abgasstrang zum Abführen von Abgas von dem Verbrennungsmotor umfasst, wobei in den Abgasstrang eine aktiv thermisch zu regenerierende Abgasnachbehandlungseinrichtung integriert ist. Die Brennkraftmaschine kann insbesondere Teil eines Kraftfahrzeugs sein.

**[0002]** Bei einer solchen thermisch zu regenerierenden Abgasnachbehandlungseinrichtung kann es sich insbesondere um einen Partikelfilter handeln, der der Reduzierung von Partikeln in Abgas, das bei Verbrennungsprozessen in einem Verbrennungsmotor der Brennkraftmaschine erzeugt wurde und das über den Abgasstrang in die Umgebung abgeführt werden soll, dient. Ein Partikelfilter muss üblicherweise beim Erreichen einer definierten Beladungsgrenze regeneriert werden, um dessen Funktionsfähigkeit aufrecht zu erhalten. Dazu muss dieser temporär auf eine Temperatur, die in der Regel zwischen 600°C und 650°C liegt, aufgeheizt werden, sofern nicht durch die Zugabe eines Additivs eine Verringerung der Oxidationstemperatur der Partikel realisiert wird. Unter Nutzung des CRT-Effekts muss ein entsprechender Partikelfilter auf eine Temperatur aufgeheizt werden, die mindestens 300°C beträgt.

**[0003]** Das Aufheizen einer Abgasnachbehandlungsvorrichtung auf eine für eine Regeneration erforderliche Temperatur erfolgt üblicherweise durch eine entsprechende Erhöhung der Temperatur des Abgases, wofür verschiedene, insbesondere innermotorische Maßnahmen bekannt sind. Solche innermotorischen Maßnahmen bestehen darin, den Verbrennungsmotor der Brennkraftmaschine gezielt mit einem relativ schlechten Wirkungsgrad zu betreiben, wodurch ein relativ großer Anteil der dem Verbrennungsmotor über den Kraftstoff zugeführten Energie als Wärmeenergie des Abgases für die Erzeugung von Antriebsleistung ungenutzt bleibt. Nachteilig an einem solchen Vorgehen ist demnach der relativ hohe Kraftstoffverbrauch des Verbrennungsmotors, der aus der gezielten Verschlechterung des Wirkungsgrads resultiert. Weiterhin kann ein Betrieb des Verbrennungsmotors mit dem Ziel, relativ hohe Abgastemperaturen zu erreichen, zu relativ hohen Schadstoffemissionen, insbesondere hinsichtlich unverbrannter Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxid (CO), sowie zu einer verstärkten sogenannten Ölverdünnung, d.h. dem Eintrag von Kraftstoffbestandteilen in das Schmiermittel, mit dem der Verbrennungsmotor geschmiert wird, führen. Durch eine solche Ölverdünnung können sich relativ kurze Intervalle, in denen das Schmiermittel gewechselt werden muss, ergeben. Dadurch erhöhen sich die Betriebskosten der Brennkraftmaschine.

**[0004]** Um diese Nachteile, die sich aus einem Betrieb des Verbrennungsmotors einer Brennkraftmaschine, bei dem gezielt relativ heißes Abgas erzeugt wird, ergeben, abzuschwächen kann vorgesehen sein, einen Partikel-

filter der Brennkraftmaschine für eine thermische Regeneration zusätzlich elektrisch zu beheizen, so dass dafür entsprechend weniger Wärmeenergie über das Abgas bereitgestellt werden muss.

**[0005]** Die DE 10 2007 036 257 A1 offenbart diesbezüglich einen Partikelfilter für eine Dieselbrennkraftmaschine, wobei der äußere Bereich des Partikelfilters eine elektrische Heizvorrichtung aufweist. Mittels der Heizvorrichtung kann bei Bedarf gezielt die Temperatur des den Partikelfilter durchströmenden Abgases in einem äußeren Bereich eines Filterelements des Partikelfilters angehoben und dadurch die Regeneration des Filterelements in diesem äußeren Bereich verbessert werden. Gleichzeitig oder kurz nach einer Inbetriebnahme der Heizvorrichtung kann der Verbrennungsmotor der Brennkraftmaschine gezielt so betrieben werden, dass von diesem relativ heißes Abgas erzeugt wird.

**[0006]** Die DE 10 2008 030 307 A1 beschreibt einen Abgasstrang für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei in den Abgasstrang zwei Katalysatoranordnungen integriert sind, denen jeweils eine elektrische Heizvorrichtung zugeordnet ist. Die erste Katalysatoranordnung umfasst zudem einen Partikelfilter. Mittels der Heizvorrichtung der ersten Katalysatoranordnung kann bedarfsweise das diese durchströmende Abgas erwärmt werden, was auch mit dem Ziel erfolgen kann, den Partikelfilter zu regenerieren.

**[0007]** Die DE 10 2019 204 298 A1 offenbart eine Abgasreinigungsvorrichtung für eine Brennkraftmaschine, die einen Heizkatalysator umfasst, der dazu eingerichtet ist, zugeführten Kraftstoff mit Abgas umzusetzen. Der Heizkatalysator kann dabei zusätzlich auch elektrisch beheizbar sein.

**[0008]** Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde, die thermische Regeneration einer Abgasnachbehandlungseinrichtung und insbesondere eines Partikelfilters einer Brennkraftmaschine zu verbessern.

**[0009]** Diese Aufgabe ist bei der Durchführung eines Verfahrens gemäß dem Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen dieses Verfahrens sind Gegenstände der weiteren Patentansprüche und ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung der Erfindung.

**[0010]** Erfindungsgemäß ist ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine vorgesehen, wobei die Brennkraftmaschine zumindest einen Verbrennungsmotor und einen Abgasstrang zum Abführen von Abgas von dem Verbrennungsmotor (und zur Einleitung des Abgases in die Umgebung) umfasst, wobei in den Abgasstrang eine bedarfsweise aktiv thermisch zu regenerierende Abgasnachbehandlungseinrichtung integriert ist. Bei der Abgasnachbehandlungseinrichtung kann es sich insbesondere um einen Partikelfilter handeln oder diese kann zumindest einen solchen Partikelfilter umfassen. Der Abgasnachbehandlungseinrichtung ist eine elektrische Heizvorrichtung zugeordnet. Mittels der Heizvorrichtung wird bedarfsweise und temporär die Abgasnachbehandlungseinrichtung erwärmt, um eine für die Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung

ausreichende Temperatur der Abgasnachbehandlungseinrichtung zu erreichen.

**[0011]** Eine solche Regeneration wird dabei in Abhängigkeit von dem Beladungszustand durchgeführt beziehungsweise initiiert, so dass die Abgasnachbehandlungseinrichtung erst dann regeneriert wird, wenn der Beladungszustand oberhalb eines definierten Beladungsgrenzwerts liegt. Der Beladungszustand gibt dabei eine sich aufgrund einer bereits erfolgten Nachbehandlung von Abgas mittels der Abgasnachbehandlungseinrichtung zunehmende Verschlechterung der Funktionsweise der Abgasnachbehandlungseinrichtung wieder. Bei dem vorzugsweise als Abgasnachbehandlungseinrichtung vorgesehenen Partikelfilter steigt der Beladungszustand demnach mit der Masse an Partikeln, die bereits mittels des Partikelfilters aus dem Abgas gefiltert und dadurch in diesem eingelagert wurden. Je höher der Beladungszustand ist, desto geringer kann die weitere Kapazität des Partikelfilters für die Filterung sein. Ebenso kann eine Erhöhung des Beladungszustands zu einer unerwünschten Erhöhung des Strömungswiderstands für das den Partikelfilter durchströmende Abgas führen. Der Beladungszustand für einen solchen Partikelfilter kann dementsprechend beispielsweise mittels einer Messung des Differenzdrucks des Abgases über dem Partikelfilter ermittelt werden.

**[0012]** Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass der Beladungsgrenzwert, ab dem eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung unter Zuhilfenahme der Heizvorrichtung durchgeführt wird, in Abhängigkeit davon angepasst wird, wie hoch die Temperatur des von dem Verbrennungsmotor erzeugten Abgases ist. Konkret ist dazu vorgesehen, dass die Heizvorrichtung sowohl dann für eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung betrieben wird, wenn der Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung oberhalb eines ersten, relativ (im Vergleich zu einem zweiten Beladungsgrenzwert) hohen Beladungsgrenzwerts liegt und der Verbrennungsmotor Abgas mit einer Abgastemperatur, die innerhalb eines ersten, relativ (im Vergleich zu einem zweiten Temperaturbereich) niedrigen Temperaturbereichs liegt, erzeugt. Andererseits wird die Heizvorrichtung für eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung auch dann betrieben, wenn der Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung oberhalb des zweiten, relativ niedrigen Beladungsgrenzwerts liegt und der Verbrennungsmotor Abgas mit einer Abgastemperatur, die innerhalb des zweiten, relativ hohen Temperaturbereichs liegt, erzeugt. Der zweite Beladungsgrenzwert kann dabei vorzugsweise einem Wert zwischen 30% und 50%, insbesondere 40%, des ersten Beladungsgrenzwerts entsprechen.

**[0013]** Die Abgastemperatur kann umso höher liegen, je höher die Betriebslast oder die Kombination aus Betriebsdrehzahl und Betriebslast ist, mit der der Verbrennungsmotor betrieben wird. Demnach kann ausgehend von der Betriebslast oder der Kombination aus Betriebsdrehzahl und Betriebslast auf die Abgastemperatur ge-

schlossen werden. Alternativ oder ergänzend kann die Abgastemperatur auch direkt gemessen werden.

**[0014]** Erfindungsgemäß wird die Abgasnachbehandlungseinrichtung folglich bereits schon bei einem relativ niedrigen Beladungszustand regeneriert, wenn dies funktionell zwar noch nicht erforderlich jedoch aufgrund des aktuell vorliegenden Betriebs des Verbrennungsmotors sinnvoll ist, weil durch das relativ heiße Abgas, das von dem Verbrennungsmotor erzeugt wird, die für die Durchführung oder zumindest Initiierung der Regeneration erforderliche Heizleistung, die von der Heizvorrichtung bereitgestellt werden muss, gering gehalten werden kann. Aufgrund dieses Vorgehens können Regenerationen, die aufgrund eines Überschreitens des ersten Beladungsgrenzwerts für den Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung bei einem Betrieb des Verbrennungsmotors, in dem dieser relativ kaltes Abgas erzeugt, durchgeführt werden müssen, auf ein Minimum reduziert werden. Dies kann sich im Gesamtergebnis vorteilhaft zumindest hinsichtlich des Energieverbrauchs der Heizvorrichtung und damit hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs der Brennkraftmaschine, die die für den Betrieb der Heizvorrichtung erforderliche elektrische Leistung vorzugsweise direkt oder indirekt bereitstellt, auswirken.

**[0015]** Der erste Temperaturbereich erstreckt sich von einem ersten unteren Temperaturgrenzwert zu einem ersten oberen Temperaturgrenzwert und der zweite Temperaturbereich erstreckt sich von einem zweiten unteren Temperaturgrenzwert zu einem zweiten oberen Temperaturgrenzwert. Der erste obere Temperaturgrenzwert kann dabei mit dem zweiten unteren Temperaturgrenzwert identisch sein, so dass die zwei Temperaturbereiche folglich direkt ineinander übergehen können. Möglich ist aber auch, dass der erste obere Temperaturgrenzwert kleiner oder größer als der zweite untere Temperaturgrenzwert ist.

**[0016]** Der erste untere Temperaturgrenzwert kann einem Minimalwert des Gesamttemperaturbereichs, innerhalb dessen die Abgastemperatur während eines Betriebs des Verbrennungsmotors liegen kann, entsprechend, wobei der Minimalwert der absolut gesehen kleinste Wert des Gesamttemperaturbereichs ist. Demnach kann eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung bei jeder Abgastemperatur initiiert werden, sofern der Beladungszustand oberhalb des ersten, relativ hohen Beladungsgrenzwerts liegt. Der erste untere Temperaturgrenzwert kann jedoch auch größer als der Minimalwert des Gesamttemperaturbereichs sein, so dass für eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung trotz eines oberhalb des ersten Beladungsgrenzwerts liegenden Beladungszustands gewartet werden kann, bis das Abgas zumindest eine ausreichende Mindesttemperatur aufweist.

**[0017]** Der zweite obere Temperaturgrenzwert entspricht vorzugsweise einem Maximalwert des Gesamttemperaturbereichs, wobei der Maximalwert der absolut gesehen größte Wert des Gesamttemperaturbereichs

ist.

**[0018]** Um gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung sinnvoll auch schon bei relativ geringer Beladung durchzuführen, kann es sinnvoll sein, dass die Heizvorrichtung bei einem Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung unterhalb des ersten Beladungsgrenzwerts erst dann in Betrieb genommen wird, wenn der Verbrennungsmotor bereits für einen definierten Mindestzeitraum Abgas mit einer Abgastemperatur innerhalb des zweiten Temperaturbereichs erzeugt hat. Dadurch kann mit relativ großer Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass ein entsprechender Betrieb des Verbrennungsmotors auch noch über möglichst den gesamten für die Regeneration erforderlichen Zeitraum entsprechend weiter vorliegen wird. Somit kann möglichst vermieden werden, dass die zusätzliche Heizleistung, die mittels der Heizvorrichtung für die Regeneration bereitgestellt wird, während der Regeneration erheblich erhöht werden muss, weil die Abgastemperatur nur kurzfristig innerhalb des zweiten Temperaturbereichs gelegen hat.

**[0019]** Weiterhin kann zur Vermeidung einer unnötig großen Heizleistung, die mittels der Heizvorrichtung bereitgestellt wird, vorgesehen sein, dass der Betrieb der Heizvorrichtung beendet und damit gegebenenfalls auch die Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung unterbrochen wird, wenn der Verbrennungsmotor, nach einer Erzeugung von Abgas mit einer Abgastemperatur innerhalb des zweiten, relativ hohen Temperaturbereichs, Abgas mit einer unterhalb des zweiten Temperaturbereichs (und insbesondere innerhalb des ersten Temperaturbereichs) liegenden Abgastemperatur erzeugt. Dies kann zumindest dann vorgesehen sein, wenn der Verbrennungsmotor für einen definierten Mindestzeitraum Abgas mit der unterhalb des zweiten Temperaturbereichs liegenden Abgastemperatur erzeugt.

**[0020]** Durch die Unterstützung mittels der Heizvorrichtung beim Erwärmen der Abgasnachbehandlungseinrichtung für eine Regeneration ist es möglich, dass der Verbrennungsmotor zumindest zeitweise, vorzugsweise immer während des Betriebs der Heizvorrichtung (zur Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung) ohne gezielte Anhebung der Abgastemperatur des von dem Verbrennungsmotor erzeugten Abgases betrieben wird. Die gemäß dem Stand der Technik üblichen innermotorischen Maßnahmen zur Anhebung einer Abgastemperatur, die mit den bereits beschriebenen Nachteilen verbunden sind, können dadurch vermieden werden.

**[0021]** Bei der Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Heizvorrichtung zumindest temporär aus einer elektrischen Energiespeicherquelle, beispielsweise einer Batterie, mit der für einen Betrieb erforderlichen elektrischen Energie versorgt wird. Ergänzend oder alternativ kann auch vorgesehen sein, dass die Heizvorrichtung zumindest temporär direkt (d.h. ohne Zwischenschaltung einer elek-

trischen Energiespeicherquelle) von einem mit dem Verbrennungsmotor gekoppelten Generator mit der für einen Betrieb erforderlichen elektrischen Energie versorgt wird. Diese zweite Möglichkeit weist den Vorteil auf, dass der Verbrennungsmotor zur Versorgung der Heizvorrichtung mit elektrischer Energie üblicherweise mit relativ hoher Betriebslast betrieben werden muss, wenn die Heizvorrichtung in Betrieb und eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung vorgesehen ist. Durch diese relativ hoher Betriebslast im Betrieb des Verbrennungsmotors erzeugt dieser auch eine relativ hohe Abgastemperatur, was wiederum dazu führt, dass mittels der Heizvorrichtung nur relativ wenig Wärmeenergie für die Regeneration bereitgestellt werden muss.

**[0022]** Für eine vorteilhafte Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens kann es sinnvoll sein, dass die Heizvorrichtung zumindest eine elektrische Heizleistung von 4 kW oder 5 kW oder 6 kW bereitstellt. Durch eine derart leistungsfähige Heizvorrichtung kann insbesondere erreicht werden, dass der Verbrennungsmotor während des Betriebs der Heizvorrichtung ohne gezielte Anhebung der Abgastemperatur betrieben werden kann, was sich, wie bereits beschrieben wurde, vorteilhaft auf den Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine auswirken kann.

**[0023]** Im Rahmen der Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens kann die Abgasnachbehandlungseinrichtung direkt mittels der (vorzugsweise in die Abgasnachbehandlungseinrichtung integrierten) Heizvorrichtung erwärmt werden. Ergänzend oder alternativ kann auch eine indirekte Erwärmung über das für eine Durchströmung der Abgasnachbehandlungseinrichtung vorgesehene Abgas vorgesehen sein. In diesem Fall wird mittels der Heizvorrichtung das Abgas erwärmt, das dann die Abgasnachbehandlungseinrichtung durchströmt und diese dabei erwärmt.

**[0024]** Der Verbrennungsmotor einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine kann vorzugsweise selbstzündend und insbesondere als (selbstzündender und qualitätsgeregelter) Dieselmotor ausgestaltet sein, weil ein solcher grundsätzlich relativ kaltes Abgas erzeugt, so dass eine thermische Regeneration einer dazugehörigen Abgasnachbehandlungseinrichtung im besonderen Maße einer gezielten Abgastemperaturerhöhung bedarf. Es besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass es sich bei dem Verbrennungsmotor um einen (fremdgezündeten und quantitätsgeregelten) Ottomotor oder um eine Kombination aus Diesel- und Ottomotor, d.h. z.B. um einen Verbrennungsmotor mit homogener Kompressionszündung, handelt. Der Verbrennungsmotor kann dabei sowohl mit Flüssigkraftstoff (d.h. Diesel oder Benzin) als auch mit einem gasförmigen Kraftstoff (insbesondere Erdgas, LNG oder LPG) betrieben werden.

**[0025]** Eine erfindungsgemäß betriebene Brennkraftmaschine kann insbesondere Teil eines Kraftfahrzeugs, insbesondere eines radbasierten und nicht schienengebundenen Kraftfahrzeugs (vorzugsweise ein PKW oder ein LKW) sein. Dabei kann der Verbrennungsmotor der

Brennkraftmaschine insbesondere zur (direkten oder indirekten) Bereitstellung der Fahrtriebsleistung für das Kraftfahrzeug vorgesehen sein.

**[0026]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in einer Zeichnung dargestellten Ausgestaltungsbeispiels näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: eine für die Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens geeignete Brennkraftmaschine in vereinfachter Darstellung.

**[0027]** Die in der Fig. 1 gezeigte Brennkraftmaschine umfasst einen Verbrennungsmotor 1, der beispielhaft in Form eines Hubkolbenmotors mit vier in Reihe angeordneten Zylinderöffnungen 2 ausgestaltet ist. Die Zylinderöffnungen 2 begrenzen mit darin geführten Hubkolben 3 und einem Zylinderkopf jeweils einen Brennraum 4. Diesen Brennräumen 4 wird im Betrieb des Verbrennungsmotors 1 und damit der Brennkraftmaschine Frischgas über einen Frischgasstrang 5 zugeführt, wobei die Zufuhr des Frischgases mittels Einlassventilen 6, die den einzelnen Brennräumen 4 zugeordnet sind, gesteuert wird. Bei dem Frischgas handelt es sich ausschließlich oder hauptsächlich um Luft, die aus der Umgebung angesaugt wird. Bei der Verbrennung von Gemischmengen, die aus dem Frischgas sowie aus direkt über Kraftstoffinjektoren 7 in die Brennräume 4 eingespritztem Kraftstoff bestehen, wird Abgas erzeugt. Dieses Abgas wird über einen Abgasstrang 8 der Brennkraftmaschine abgeführt, wobei das Ausbringen des Abgases aus den einzelnen Brennräumen 4 mittels Auslassventilen 9 gesteuert wird.

**[0028]** Das Abgas durchströmt eine in den Abgasstrang 8 integrierte Abgasnachbehandlungseinrichtung 10, die in Form eines Partikelfilters ausgestaltet ist. Der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 ist eine elektrische Heizvorrichtung 11 zugeordnet, die unmittelbar stromauf der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 in den Abgasstrang 8 integriert ist. Mittels der Heizvorrichtung 11 kann bedarfsweise das diese um- und/oder durchströmende Abgas bis zum Erreichen einer Abgastemperatur erwärmt werden, die eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 ermöglicht. Konkret erwärmt das mittels der Heizvorrichtung 11 erhitzte Abgas die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 auf eine Temperatur von mindestens 600°C, wodurch eine Oxidation von (Ruß-)Partikeln, die innerhalb der als Partikelfilter ausgestalteten Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 eingelagert sind, bewirkt beziehungsweise initiiert wird. Durch diese Oxidation der Partikel werden diese abgebrannt und die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 dadurch regeneriert.

**[0029]** Die für einen Betrieb der Heizvorrichtung 11 erforderliche Energie wird mittels eines Generators 12 bereitgestellt, der direkt von dem Verbrennungsmotor 1 beziehungsweise von einer Abtriebswelle (Kurbelwelle) 13 von diesem angetrieben wird. Der entsprechende Widerstand, den der Generator 12 während des Betriebs der Heizvorrichtung 11 bewirkt, erhöht in einem relevanten

Ausmaß die Betriebslast, mit der der Verbrennungsmotor 1 betrieben wird. Dadurch erzeugt der Verbrennungsmotor 1 relativ heißes Abgas, was sich vorteilhaft hinsichtlich des Ziels einer Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 auswirkt, denn für ein Erreichen einer für eine solche Regeneration ausreichend hohen Abgastemperatur ist dadurch eine nur relativ geringe Heizleistung der Heizvorrichtung 11 erforderlich.

**[0030]** Eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 wird spätestens dann initiiert, wenn diese einen Beladungszustand aufweist, der oberhalb eines ersten, relativ hohen Beladungsgrenzwerts liegt. Die Regeneration wird dann eingeleitet, auch wenn der Verbrennungsmotor 1 mit einer relativ geringen Betriebslast betrieben wird und dementsprechend Abgas mit relativ niedrigen Abgastemperaturen erzeugt. Dadurch soll die andauernde Funktionsfähigkeit der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 sichergestellt werden. Nachteilig daran ist jedoch, dass mittels der Heizvorrichtung 11 eine relativ große Heizleistung bereitgestellt werden muss. Dies gilt zumindest dann, wenn, wie dies vorzugsweise vorgesehen ist, der Verbrennungsmotor 1 auch während einer Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 in einer Normalbetriebsart betrieben werden soll. Diese Normalbetriebsart ist zudem dann vorgesehen, wenn keine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 durchgeführt wird und diese ist insbesondere hinsichtlich eines möglichst hohen Wirkungsgrads für den Betrieb des Verbrennungsmotors ausgelegt. Vorgesehen ist demnach nicht, den Verbrennungsmotor 1 während einer Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 gezielt mit einem relativ schlechten Wirkungsgrad zu betreiben, um dadurch relativ heißes Abgas zu erzeugen.

**[0031]** Um eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 bei einem Betrieb des Verbrennungsmotors 1, in dem dieser relativ kaltes Abgas erzeugt, so selten wie möglich durchführen zu müssen, ist zudem vorgesehen, die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 bereits dann zu regenerieren, wenn der Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 noch unter dem ersten Beladungsgrenzwert liegt. Gleichzeitig soll der Beladungszustand jedoch oberhalb eines zweiten, relativ niedrigen Beladungsgrenzwerts, der beispielsweise 40% des ersten Beladungsgrenzwerts entspricht, liegen, um zu gewährleisten, dass dabei auch in einem relevanten Ausmaß eine Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 erfolgt. Vorgesehen ist eine solche Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 immer dann, wenn der Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 einerseits oberhalb dieses zweiten Beladungsgrenzwerts liegt und andererseits der Verbrennungsmotor 1 Abgas mit relativ hohen Abgastemperaturen erzeugt. Erfindungsgemäß wird somit die Abgasnachbehandlungseinrichtung 10 immer dann schon "vorzeitig" regeneriert, sofern sich dies aufgrund eines oberhalb des zweiten Beladungsgrenzwerts liegenden Beladungszustands

lohnt und wenn die Bedingungen dafür aufgrund der Erzeugung relativ heißen Abgases mittels des Verbrennungsmotors 1 vorteilhaft sind, weil dann durch die Heizvorrichtung 11 lediglich noch eine relativ geringe Heizleistung bereitgestellt werden muss, um die für die Regeneration erforderliche Abgastemperatur zu erreichen.

## BEZUGSZEICHENLISTE

[0032]

- |    |                                      |  |
|----|--------------------------------------|--|
| 1  | Verbrennungsmotor                    |  |
| 2  | Zylinderöffnung                      |  |
| 3  | Hubkolben                            |  |
| 4  | Brennraum                            |  |
| 5  | Frischgasstrang                      |  |
| 6  | Einlassventil                        |  |
| 7  | Kraftstoffinjektor                   |  |
| 8  | Abgasstrang                          |  |
| 9  | Auslassventil                        |  |
| 10 | Abgasnachbehandlungseinrichtung      |  |
| 11 | Heizvorrichtung                      |  |
| 12 | Generator                            |  |
| 13 | Abtriebswelle des Verbrennungsmotors |  |

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die einen Verbrennungsmotor (1) und einen Abgasstrang (8) zum Abführen von Abgas von dem Verbrennungsmotor (1) umfasst, wobei in den Abgasstrang (8) eine thermisch zu regenerierende Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) integriert ist, der eine elektrische Heizvorrichtung (11) zugeordnet ist, wobei die Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) mittels der Heizvorrichtung (11) erwärmt wird, um eine für die Regeneration der Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) ausreichende Temperatur zu erreichen, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizvorrichtung (11) betrieben wird,

- wenn der Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) oberhalb eines ersten, relativ hohen Beladungsgrenzwerts liegt und der Verbrennungsmotor (1) Abgas mit einer Abgastemperatur, die innerhalb eines ersten, relativ niedrigen Temperaturbereichs liegt, erzeugt

und auch

- wenn der Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) oberhalb eines zweiten, relativ niedrigen Beladungsgrenzwerts liegt und der Verbrennungsmotor (1) Abgas mit einer Abgastemperatur, die innerhalb eines zweiten, relativ hohen Temperaturbereichs

liegt, erzeugt.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) ein Partikelfilter ist.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zweite Beladungsgrenzwert einem Wert zwischen 30% und 50% und insbesondere 40% des ersten Beladungsgrenzwerts entspricht.
4. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizvorrichtung (11) bei einem Beladungszustand der Abgasnachbehandlungseinrichtung (10) unterhalb des ersten Beladungsgrenzwerts erst dann in Betrieb genommen wird, wenn der Verbrennungsmotor (1) bereits für einen definierten Mindestzeitraum Abgas mit einer Abgastemperatur innerhalb des zweiten Temperaturbereichs erzeugt hat.
5. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrieb der Heizvorrichtung (11) beendet wird, wenn der Verbrennungsmotor (1), nachdem dieser Abgas mit einer Abgastemperatur innerhalb des zweiten Temperaturbereichs erzeugt hat, Abgas mit einer unterhalb des zweiten Temperaturbereichs liegenden Abgastemperatur erzeugt.
6. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Verbrennungsmotor (1) während des Betriebs der Heizvorrichtung (11) ohne gezielte Anhebung der Abgastemperatur betrieben wird.
7. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizvorrichtung (11) aus einer Energiespeicherquelle mit der für den Betrieb erforderlichen elektrischen Energie versorgt wird.
8. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizvorrichtung (11) direkt von einem mit dem Verbrennungsmotor (1) gekoppelten Generator (12) mit der für den Betrieb erforderlichen elektrischen Energie versorgt wird.
9. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Heizvorrichtung (11) eine elektrische Heizleistung von mindestens 2 kW oder mindestens 4 kW oder mindestens 6 kW bereitstellt.
10. Verfahren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ver-

brennungsmotor (1) selbstzündend ausgestaltet ist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

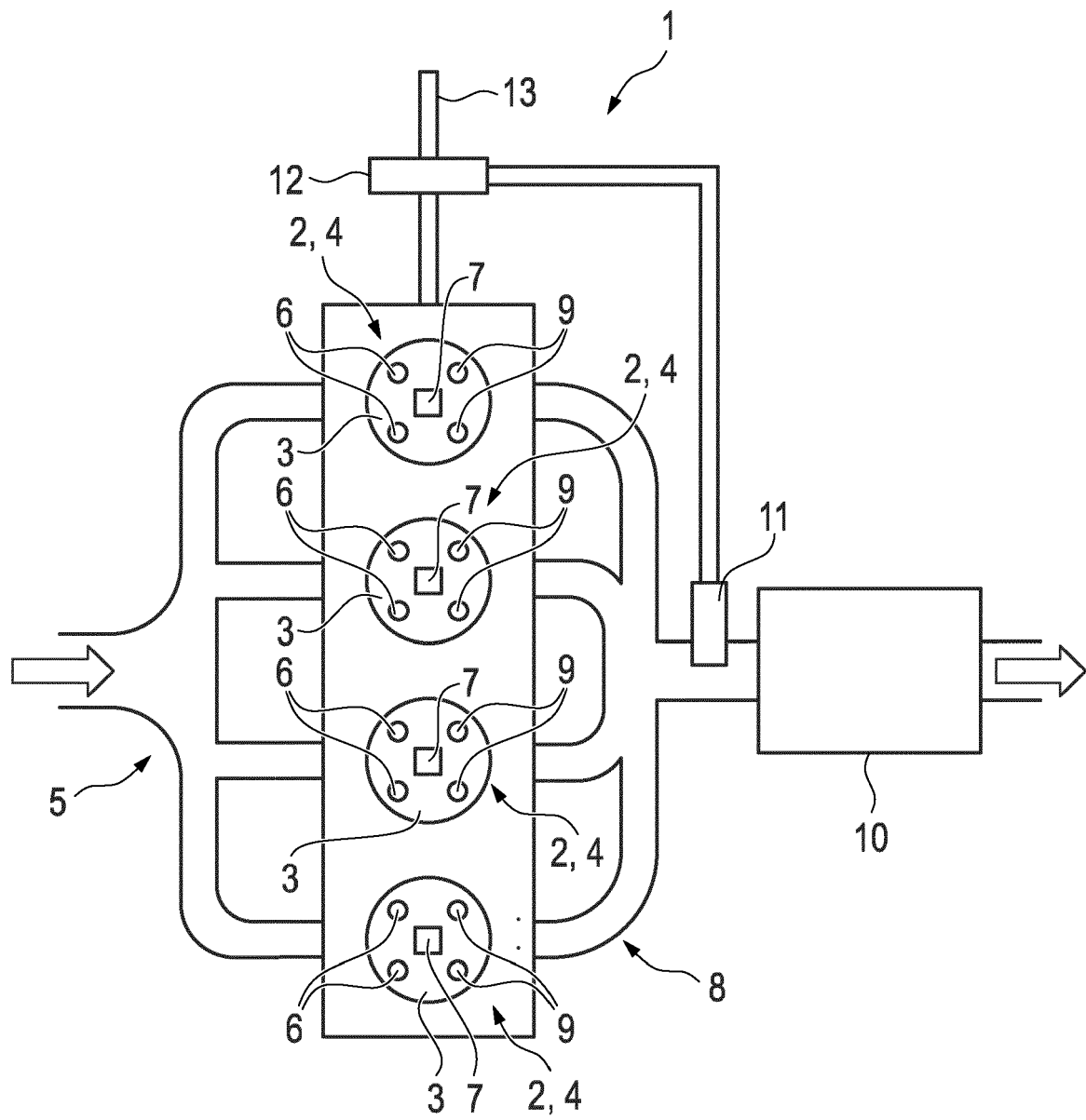


Fig. 1



## EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 0370

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (F04C03)

| EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                |                                                     |                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Kategorie                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile                                            | Betrifft Anspruch                                   | KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)          |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | DE 10 2006 033567 A1 (HJS FAHRZEUGTECHNIK GMBH & CO [DE])<br>24. Januar 2008 (2008-01-24)                                      | 1-5, 10                                             | INV.<br>F01N3/023<br>F01N3/027<br>F01N9/00  |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | * Absätze [0007], [0013], [0021];<br>Abbildungen 1, 2 *                                                                        | 6-9                                                 |                                             |
| Y                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US 2019/376432 A1 (PAUKNER STEFAN [DE] ET AL) 12. Dezember 2019 (2019-12-12)<br>* Abbildungen 1-4 *                            | 6-9                                                 |                                             |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US 2017/138235 A1 (TSUKAMOTO YOSHIHISA [JP] ET AL) 18. Mai 2017 (2017-05-18)<br>* Absatz [0067] - Absatz [0070]; Abbildung 1 * | 1, 2, 10                                            |                                             |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                |                                                     | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)<br><br>F01N |
| Recherchenort<br><b>Den Haag</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                | Abschlußdatum der Recherche<br><b>30. Juni 2022</b> | Prüfer<br><b>Morales Gonzalez, M</b>        |
| KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE<br>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet<br>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie<br>A : technologischer Hintergrund<br>O : nichtschriftliche Offenbarung<br>P : Zwischenliteratur<br>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze<br>E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument<br>L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument<br>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument |                                                                                                                                |                                                     |                                             |

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT  
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 22 16 0370

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am  
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-06-2022

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentedokument | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie | Datum der<br>Veröffentlichung |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| <b>DE 102006033567 A1</b>                           | <b>24-01-2008</b>             | <b>KEINE</b>                      |                               |
| <b>US 2019376432 A1</b>                             | <b>12-12-2019</b>             | <b>CN 110593999 A</b>             | <b>20-12-2019</b>             |
|                                                     |                               | <b>DE 102018114025 A1</b>         | <b>12-12-2019</b>             |
|                                                     |                               | <b>EP 3581771 A1</b>              | <b>18-12-2019</b>             |
|                                                     |                               | <b>US 2019376432 A1</b>           | <b>12-12-2019</b>             |
| <b>US 2017138235 A1</b>                             | <b>18-05-2017</b>             | <b>CN 106414966 A</b>             | <b>15-02-2017</b>             |
|                                                     |                               | <b>EP 3149314 A1</b>              | <b>05-04-2017</b>             |
|                                                     |                               | <b>JP 6201894 B2</b>              | <b>27-09-2017</b>             |
|                                                     |                               | <b>JP 2015224593 A</b>            | <b>14-12-2015</b>             |
|                                                     |                               | <b>US 2017138235 A1</b>           | <b>18-05-2017</b>             |
|                                                     |                               | <b>WO 2015181602 A1</b>           | <b>03-12-2015</b>             |

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 102007036257 A1 **[0005]**
- DE 102008030307 A1 **[0006]**
- DE 102019204298 A1 **[0007]**