



(10) **AT 517670 A1 2017-03-15**

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50759/2015 (51) Int. Cl.: **F01N 3/10** (2006.01)  
 (22) Anmeldetag: 04.09.2015 **F01N 3/20** (2006.01)  
 (43) Veröffentlicht am: 15.03.2017 **F01N 3/26** (2006.01)

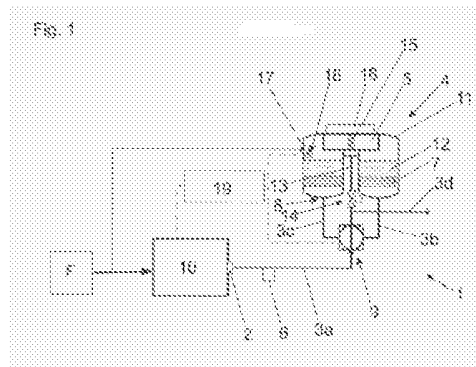
(56) Entgegenhaltungen:  
 US 5589142 A  
 US 2009130011 A1  
 DE 69220092 T2  
 EP 0161470 A1

(71) Patentanmelder:  
 GE Jenbacher GmbH & Co OG  
 6200 Jenbach (AT)

(74) Vertreter:  
 Torggler Paul Mag. Dr., Hofinger Stephan  
 Dipl.Ing. Dr., Gangl Markus Mag. Dr., Maschler  
 Christoph MMag. Dr.  
 Innsbruck

(54) **Abgasnachbehandlungsvorrichtung**

(57) Abgasnachbehandlungsvorrichtung mit einer einen Einlass (2) aufweisenden Abgasleitung (3) zur Abfuhr eines Abgasstoffstroms und einem Thermoreaktor (4), welcher an der Abgasleitung (3) angeordnet ist und eine erste, thermische Reaktionszone (5) für den Abgasstoffstrom aufweist, wobei eine Mischvorrichtung (6) zur Beimischung eines Reduktionsmittels zum Abgasstoffstrom in der Abgasleitung (3) vorgesehen ist, welche zwischen dem Einlass (2) und dem Thermoreaktor (4) angeordnet ist, und wobei der Thermoreaktor (4) zumindest eine zweite Reaktionszone (7) für eine katalytische Reaktion im Abgasstoffstrom mit Beteiligung des Reduktionsmittels aufweist.



## Zusammenfassung

Abgasnachbehandlungsvorrichtung mit einer einen Einlass (2) aufweisenden Abgasleitung (3) zur Abfuhr eines Abgasstoffstroms und einem Thermoreaktor (4), welcher an der Abgasleitung (3) angeordnet ist und eine erste, thermische Reaktionszone (5) für den Abgasstoffstrom aufweist, wobei eine Mischvorrichtung (6) zur Beimischung eines Reduktionsmittels zum Abgasstoffstrom in der Abgasleitung (3) vorgesehen ist, welche zwischen dem Einlass (2) und dem Thermoreaktor (4) angeordnet ist, und wobei der Thermoreaktor (4) zumindest eine zweite Reaktionszone (7) für eine katalytische Reaktion im Abgasstoffstrom mit Beteiligung des Reduktionsmittels aufweist.

(Fig. 1)

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Abgasnachbehandlungsvorrichtung mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Eine gattungsgemäße Abgasnachbehandlungsvorrichtung ist beispielsweise in der noch nicht veröffentlichten österreichischen Patentanmeldung A 377/2014 der Anmelderin beschrieben.

Es handelt sich dabei um eine Vorrichtung zur Durchführung der sogenannten regenerativen thermischen Oxidation (RTO), in welcher unverbrannte Kohlenwasserstoffe und andere oxidierbare Abgasbestandteile thermisch oxidiert werden.

Bei der regenerativen thermischen Oxidation wird das Abgas zunächst über einen, meist aus keramischem Schüttgut oder Wabenkörpern bestehenden, Wärmespeicher geleitet, um schließlich in die Reaktionskammer zu gelangen. In der Reaktionskammer kann das Abgas durch zusätzliche Heizeinrichtungen weiter erwärmt werden, bis eine thermische Oxidation der unerwünschten Abgasbestandteile stattfinden kann.

Anschließend strömt das Abgas durch einen weiteren Wärmespeicher zum Auspuff und wird in die Umgebung entlassen. Im Betrieb wird die Strömungsrichtung alternierend geändert, wodurch das Abgas vor Erreichen der Reaktionskammer vorgewärmt wird, wodurch sich wiederum eine Energieersparnis in der weiteren Erwärmung des Abgases einstellt.

Die Zusatzheizung kann durch Gasinjektion oder Brenner (sogenanntes Stützgas) oder eine elektrische Zusatzheizung eingerichtet sein.

Die Reaktionskammer weist meistens einen freien Strömungsquerschnitt auf, wodurch die Verweildauer des Abgases in der Reaktionskammer erhöht wird und die Oxidation in Form einer Gasphasenreaktion ablaufen kann. Besonders relevant unter den zu oxidierenden Spezies im Abgas sind Kohlenmonoxid (CO) und Methan (CH<sub>4</sub>).

Der Thermoreaktor aus der A 377/2014 ist als regenerativer Wärmetauscher aufgebaut und besteht aus zwei Speichermassen, einer Reaktionskammer sowie einem

Umschaltmechanismus. Das Abgas strömt mit einer Temperatur von etwa 400 bis 530 °C vom Motor kommend über einen Umschaltmechanismus in eine erste Speichermasse, wo es auf ungefähr 700- 850 °C aufgeheizt wird. In der Reaktionskammer reagiert das Abgas mit dem vorhandenen Sauerstoff, wobei Kohlenmonoxid und unverbrannte Kohlenwasserstoffe zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert werden. Beim Durchströmen der zweiten Speichermasse gibt das Abgas wieder Wärme ab und erreicht mit einer Temperatur von 430 bis 560 °C den Umschaltmechanismus, der es dem Kamin oder einer nachgeschalteten Abwärmerückgewinnung zuleitet.

Die regenerative thermische Oxidation bietet ein robustes Verfahren, mit dem auch große Abgasmassenströme wirtschaftlich nachbehandelt werden können.

In der erwähnten Anmeldung ist außerdem beschrieben, dass im Thermoreaktor außerdem eine Reaktionszone zur katalytischen Oxidation im Thermoreaktor vorteilhaft sein kann, um die Wirkung des Thermoreaktors zu unterstützen.

Weiterhin bekannt ist die sogenannte selektive katalytische Reduktion (Selective Catalytic Reduction, SCR), welche sich gut für die Verminderung unerwünschter Stickoxide im Abgas eignet. Bei der SCR wird dem Abgasstoffstrom zunächst ein Reduktionsmittel beigemischt, wobei es sich meist um eine wässrige Harnstofflösung handelt. Im heißen Abgasstoffstrom dissoziiert der Harnstoff zu Ammoniak. In einer für die SCR geeigneten katalytischen Reaktionszone reagiert das Ammoniak zusammen mit den im Abgasstoffstrom vorliegenden Stickoxiden über mehrere Reaktionswege zu molekularem Stickstoff und Wasser. Optimale Temperaturen des Abgasstoffstroms für die selektive katalytische Reduktion liegen im Bereich zwischen 350 °C und 500°C.

Hierzu ist zu bemerken, dass die Menge der beizumischenden Harnstofflösung relativ genau gesteuert oder geregelt werden sollte, um zu verhindern, dass nicht reagiertes Ammoniak freigesetzt wird. Außerdem ist eine genügend lange Mischstrecke notwendig, sodass der Harnstoff tatsächlich die Möglichkeit zur Dissoziation hat, bevor die entsprechende katalytische Reaktionszone erreicht wird.

Da die regenerative thermische Oxidation und die selektive katalytische Reduktion recht unterschiedliche Anforderungen an die Temperatur des Abgasstoffstroms haben, ist eine gemeinsame Nutzung schwierig.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, sowohl die regenerative thermische Oxidation als auch die selektive katalytische Reduktion in einer Abgasnachbehandlungsvorrichtung zu nutzen.

Diese Aufgabe wird durch eine Abgasnachbehandlungsvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Dies geschieht durch eine Mischvorrichtung zur Beimischung eines Reduktionsmittels zum Abgasstoffstrom in der Abgasleitung, welche zwischen dem Einlass der Abgasnachbehandlungsvorrichtung und dem Thermoreaktor angeordnet ist, wobei der Thermoreaktor zumindest eine zweite Reaktionszone für eine katalytische Reaktion im Abgasstoffstrom mit Beteiligung des Reduktionsmittels aufweist.

Die an sich gegenintuitive Idee, die beiden Reaktionszonen näher aneinander zu bringen, hat den Vorteil, dass es im Thermoreaktor mehr Möglichkeiten zur Beeinflussung der Temperatur des Abgasstoffstroms gibt.

Ein zusätzlicher Vorteil der Erfindung kann darin liegen, dass die zumindest eine zweite Reaktionszone auch als Wärmespeicher wirken kann.

Die Erfindung kann bei stationären Brennkraftmaschinen aber auch bei Marineanwendungen eingesetzt werden. Sie kann zum Beispiel bei Gasmotoren (welche einen Generator antreiben können, sog. Gensets) oder sogenannten Dual-Fuel-Maschinen eingesetzt werden. Sie kann bei Brennkraftmaschinen mit 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24 oder mehr Zylindern eingesetzt werden.

Insbesondere können die erste Reaktionszone und die zumindest eine zweite Reaktionszone in einem Gehäuse angeordnet sein.

Weitere vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Es kann vorgesehen sein, dass durch die Reaktion in der zweiten Reaktionszone Stickoxide im Abgasstoffstrom reduzierbar sind.

Das Reduktionsmittel kann bevorzugt Harnstoff und/oder Ammoniak und/oder eine Kohlenwasserstoffverbindung aufweisen. Natürlich können auch Kombinationen zum Einsatz kommen. Das Reduktionsmittel kann als wässrige Lösung, also beispielsweise als wässrige Harnstofflösung, beigemischt werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch eine wässrige Ammoniaklösung, gasförmiges Ammoniak oder eine Stickstoff-Kohlenwasserstoffkombination als Reduktionsmittel verwendet werden. Über letztere ist auch eine zusätzliche Energiequelle verfügbar, die einen Teil des Stützgases für die Oxidation bereitstellen kann.

Besonders bevorzugt kann eine Ausführungsform sein, bei der die zumindest eine zweite Reaktionszone als Oberflächenstruktur mit einer Beschichtung ausgebildet ist.

Die Oberflächenstruktur kann beispielsweise durch einen Wabenkörper, Schüttgut oder dergleichen gebildet sein.

Als Materialien für die (SCR-)Beschichtung können beispielsweise Vanadium (Beispiel  $V_2O_5$ ), Wolfram, Titan, gegebenenfalls mit weiteren Promotoren, und natürlich Kombinationen daraus verwendet werden. Es können auch Fe-Zeolithe oder Cu-Zeolithe zum Einsatz kommen.

Es kann vorgesehen sein, dass der Thermoreaktor zwei Öffnungen aufweist und die Öffnungen abhängig vom Schaltzustand eines Schaltventils wechselseitig als Eintrittsöffnung oder als Austrittsöffnung für den Abgasstoffstrom dienen. Die Möglichkeit, die Strömungsrichtung durch den Thermoreaktor zu ändern, ist ein starkes Mittel, welches zur Temperaturführung ausgenutzt werden kann.

Besonders vorteilhaft kann dabei eine Ausführungsform sein, bei der zwei zweite Reaktionszonen vorgesehen sind, wobei eine der ersten Reaktionszone vorgeschaltet

ist und eine der ersten Reaktionszone nachgeschaltet ist. Es kann vorgesehen sein, dass der Thermoreaktor in einem Gehäuse angeordnet ist, welches eine Reaktionskammer als erste Reaktionszone und die zumindest eine zweite Reaktionszone aufweist.

Zwischen der ersten Reaktionszone und den zwei zweiten Reaktionszonen kann jeweils ein Wärmespeicher angeordnet sein. Dadurch kann Wärme, welche in der ersten, thermischen Reaktionszone anfällt, gespeichert und wieder verwendet werden. Bei der gegenständlichen Erfindung kann dies besonders vorteilhaft eingesetzt werden, da außerdem der aus der zweiten Reaktionszone austretende Abgasstoffstrom mittels der Wärmespeicher erhitzt werden kann. Dadurch kann gleichzeitig die selektive katalytische Reduktion bei relativ geringer Temperatur und die thermische Oxidation bei relativ hoher Temperatur gefahren werden.

Es kann zumindest eine Umgehungsleitung vorgesehen sein, mittels welcher zumindest eine der zumindest einen zweiten Reaktionszone für den Abgasstoffstrom umgehbar ist, wobei vorzugsweise ein Absperrventil zum Absperrn der Umgehungsleitung vorgesehen ist.

Die Möglichkeit die zumindest eine zweite Reaktionszone zu umgehen, kann steuer- bzw. regelungstechnisch einen großen Vorteil bringen, da es vorkommen kann, dass zu hohe Temperaturen für die selektive katalytische Reduktion nicht vermieden werden können. Durch die Umgehung kann eine Beschädigung der zumindest einen zweiten Reaktionszone vermieden werden.

Es kann außerdem zumindest eine dritte, katalytische Reaktionszone für eine katalytische Oxidation vorgesehen sein, wobei vorzugsweise zwei dritte Reaktionszonen vorgesehen sind, wovon der ersten Reaktionszone eine vorgeschaltet und eine nachgeschaltet ist.

Durch die Maßnahme einer dritten, katalytischen Reaktionszone kann die regenerative thermische Oxidation unterstützt werden und beispielsweise Kohlenmonoxid schneller oxidiert werden. Durch das Vorsehen zwei separater dritter, katalytischer Reaktionszonen kann man bevorzugt mit einer einzigen Umgehungsleitung arbeiten.

Die dritte Reaktionszone kann auch innerhalb der ersten Reaktionszone angeordnet sein. In diesem Fall kann es vorteilhaft sein, wenn die Umgehungsleitung zweigeteilt ist und zwar insbesondere dann, wenn zumindest zwei zweite Reaktionszonen vorgesehen sind. Durch die Zweiteilung der Umgehungsleitung kann sichergestellt werden, dass zwar zumindest eine der zweiten Reaktionszonen umgangen wird, die erste, thermische Reaktionszone aber nicht umgangen wird, sodass bei Verwendung der Umgehungsleitung zwar der positive Nutzen der erfindungsgemäße Abgasnachbehandlungsvorrichtung reduziert ist, aber nicht vollständig verschwindet.

Die dritte, katalytische Reaktionszone kann ebenfalls als Oberflächenstruktur mit einer Beschichtung ausgebildet sein. Die dritte Reaktionszone kann als Oxidationskatalysator ausgebildet sein, welcher typischerweise poröse Oberflächenschichten (Washcoats) aus  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , welches seinerseits mit einem Edelmetall (wie beispielsweise Platin, Palladium oder eine Mischung) beschichtet ist, aufweist. Als Träger können auch Metalle oder Keramiken dienen. Auch Oxidationskatalysatoren aus Schüttgut sind denkbar.

Es kann vorteilhaft sein, die dritte Reaktionszone näher an der ersten Reaktionszone anzuordnen als die zweite Reaktionszone und/oder etwaige Wärmespeicher.

Es kann vorgesehen sein, dass die erste Reaktionszone – vorzugsweise mittels einer elektrischen Heizvorrichtung – beheizbar ist.

Außerdem kann vorgesehen sein, dass eine Einbringungs Vorrichtung zum Einbringen eines Treibstoffs in die ersten Reaktionszone vorgesehen ist.

Sowohl die Beheizbarkeit als auch das Einbringen von Treibstoff kann dazu dienen, dass eine genügend hohe Temperatur in der ersten, thermischen Reaktionszone vorhanden ist.

Es kann vorgesehen sein, dass eine Steuer- und/oder Regeleinheit vorgesehen ist, mittels welcher zumindest eines der folgenden Elemente steuer- und/oder regelbar ist: die Mischvorrichtung, das Schaltventil, das Absperrventil, die Heizvorrichtung. Durch

eine entsprechende Regelung kann die Temperatur des Abgasstoffstroms in den einzelnen Reaktionszonen optimiert werden.

Dabei kann es besonders vorteilhaft sein, wenn der ersten Reaktionszone vorgeschaltet und/oder nachgeschaltet zumindest ein Temperatursensor vorgesehen ist. Durch die Rückkoppelung der Temperatur mit der Steuerung und/oder Regelung der erwähnten Elemente kann die Temperaturführung weiter verbessert werden.

Schutz wird ebenfalls für eine Brennkraftmaschine mit einer erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungsvorrichtung begehrt.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich anhand der Figuren sowie der dazugehörigen Figurenbeschreibung. Dabei zeigen:

- Fig. 1        eine schematische Darstellung eines erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungsvorrichtung zusammen mit einer Brennkraftmaschine und
- Fig. 2        eine schematische Darstellung eines zweites Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Abgasnachbehandlungsvorrichtung zusammen mit einer Brennkraftmaschine.

In den Figuren 1 und 2 ist jeweils rein schematisch eine Brennkraftmaschine 10 dargestellt. Über den Einlass 2 gelangt der Abgasstoffstrom in die Abgasleitung 3, wobei für vier verschiedene Teile der Abgasleitung 3 die Bezugszeichen 3a, 3b, 3c und 3d vergeben wurden. Der Teil 3a erstreckt sich vom Einlass 2 zum Schaltventil 9. Die Teile 3b und 3c erstrecken sich vom Schaltventil 9 zu jeweils einer separaten Öffnung 8 im Thermoreaktor 4. (Nur eine der Öffnungen 8 ist mit einem Bezugszeichen versehen, was der Übersicht dient.) Der Teil 3d der Abgasleitung 3 erstreckt sich vom Schaltventil 9 zu einem Kamin oder dergleichen (nicht dargestellt), wodurch der Abgasstoffstrom ins Freie gelangt.

Der Thermoreaktor 4 ist im Wesentlichen zweigeteilt und symmetrisch aufgebaut. Dadurch ist es möglich, den Thermoreaktor 4 in zwei Richtungen durchströmen zu lassen, wobei im Wesentlichen analoge Strömungsverhältnisse herrschen.

Das Schaltventil 9 verfügt über zumindest zwei verschiedene Schaltstellungen. In einer ersten Schaltstellung wird der durch den Einlass 2 über den Teil 3a der Abgasleitung 3 zum Schaltventil 9 gelangende Abgasstoffstrom durch den Zweig 3b in den Thermoreaktor geleitet. Aus diesem tritt der Abgasstoffstrom aus und gelangt über die Leitung 3c zurück zum Schaltventil 9. Das Schaltventil 9 leitet den Abgasstoffstrom aus 3c weiter zur Teilleitung 3d, durch welche der Abgasstoffstrom ins Freie gelangt. In der zweiten Schaltstellung des Schaltventils 9 wird der Thermoreaktor 4 in der umgekehrten Richtung durchströmt. Die Abgasleitung 3 wird also in der Abfolge 3a, 3c, 3b, 3d durchströmt.

Das Schaltventil 9 kann eine oder mehrere Zwischenstellungen unterstützen, mittels welcher die beide Öffnungen 8 des Thermoreaktors 4 anteilig beaufschlagt werden. Ist eine Zwischenstellung auf etwa 50 % Anteile ausgelegt, kann der Thermoreaktor 4 durch den Abgasstoffstrom praktisch umgangen werden, was dann von Vorteil sein kann, wenn der Thermoreaktor 4 als Ganzes oder Teile davon überhitzen zu drohen oder bereits überhitzt sind. Denn während der Abgasstoffstrom den Thermoreaktor 4 umgeht und dadurch keine Wärme/Energie mehr an ihn abgibt, kann der Thermoreaktor 4 abkühlen.

Der Thermoreaktor ist in einem Gehäuse 11 angeordnet. Im in den Abbildungen oberen Teil des Thermoreaktors 4 ist jeweils die Reaktionskammer 5 angeordnet, welche die erste, thermische Reaktionszone bildet.

Es ist zu bemerken, dass der Thermoreaktor 4 nicht wie abgebildet ausgerichtet verbaut sein muss. Beispielsweise kann er auch horizontal ausgerichtet sein. Auch die schematisch dargestellte Form mit zwei Flügeln des Gehäuses 11 ist für die Erfindung nicht absolut notwendig. Der Thermoreaktor 4 kann beispielsweise in einem annähernd rohrförmigen Gehäuse 11 mit einer Trennwand oder dergleichen angeordnet sein.

Um die Reaktionskammer 5 herum sind symmetrisch Wärmespeicher 12 angeordnet, welche je nach Schaltzustand des Schaltventils 9 den Abgasstoffstrom vorheizen oder die in der Reaktionskammer 5 entstehende Wärme speichern. Ist beispielsweise der in den Abbildungen rechts dargestellte Wärmespeicher 12 so stark erhitzt, dass der

Abgasstoffstrom nicht in der Lage ist, die Temperatur des Wärmespeichers 12 weiter zu erhöhen, kann der Schaltzustand des Schaltventils 9 geändert werden. Der aufgeheizte Wärmespeicher 12 kann dann Wärme an den Abgasstoffstrom abgeben, um diesen für die Reaktion in der Reaktionskammer 5 vorzuheizen.

Gleichzeitig wird der andere Wärmespeicher 12, welcher im vorherigen Schaltzustand zum Aufheizen des Abgasstoffstroms gedient hatte, wieder aufgeladen, das heißt, geheizt.

Zusätzlich zur Aufheizung des Abgasstoffstroms durch die Wärmespeicher 12 sind in beiden Ausführungsbeispielen Einbringungsrichtungen 17 zum Einbringen von Treibstoff in die Reaktionskammer 5 vorgesehen. Der dafür benötigte Treibstoff F kann beispielsweise derselbe Treibstoff F sein, der für das Betreiben der Brennkraftmaschine 10 verwendet wird. Die Art des Reservoirs, aus dem der Treibstoff F gewonnen wird, ist dabei für die Erfindung nicht wesentlich (Beispiel: Tank).

Im Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist zusätzlich eine elektrische Heizvorrichtung 16 vorgesehen.

Außerdem verfügt der Thermoreaktor 4 über zwei zweite Reaktionszonen 7. Für die darin hervorzurufende katalytische Reaktion ist im Leitungsteil 3a der Abgasleitung 3 eine Mischvorrichtung 6 vorgesehen, mittels welcher dem Abgasstoffstrom ein Reduktionsmittel beigemischt wird. Das Reduktionsmittel ist in diesen Ausführungsbeispielen eine wässrige Harnstofflösung.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die Mischeinrichtung 6 als Mischrohr mit einem Injektor ausgebildet. Des Weiteren können Mischeinbauten vorgesehen sein, welche stromabwärts des Injektors Verwirbelungen erzeugen, welche die Durchmischung unterstützen. Solche Mischeinrichtungen können Lamellen und Finnen umfassen.

Bis der Abgasstoffstrom (mit beigemischttem Reduktionsmittel) zur ersten der beiden zweiten Reaktionszonen 7 gelangt, ist der Harnstoff zu Ammoniak dissoziiert. In der zuerst durchströmten zweiten Reaktionszone läuft dann eine katalytische Reaktion ab,

in der Stickoxide im Abgasstoffstrom zusammen mit dem Ammoniak zu molekularem Stickstoff und Wasser reagieren.

Dabei ist die Menge des beigemischten Reduktionsmittels so zu regeln oder zu steuern, dass beim Austritt aus der zuerst durchströmten zweiten Reaktionszone 7 kein Ammoniak mehr vorhanden ist. Anderenfalls würden in der thermischen, ersten Reaktionszone 5 wieder Stickoxide entstehen. Es ist zu bemerken, dass die selektive katalytische Reduktion unter Mitwirkung des Reduktionsmittels fast ausschließlich in der zuerst durchströmten zweiten Reaktionszone 7 geschieht, da – wie erwähnt – beim Durchströmen der anderen zweiten Reaktionszone 7 kein Ammoniak mehr vorhanden ist.

Durch dieses Vorgehen ergibt sich eine optimale thermische Situation sowohl für die selektive katalytische Reduktion als auch für die regenerative thermische Oxidation. Denn direkt nach dem Durchströmen der zweiten Reaktionszone 7 wird der Abgasstoffstrom in einem der Wärmespeicher 12 aufgeheizt, sodass die Temperatur des Abgasstoffstromes die höhere Temperatur, welche für die regenerative thermische Oxidation in der ersten Reaktionszone 5 notwendig ist, aufweist. Wie erwähnt, kann dies durch eine Heizvorrichtung 16 und das Eindüsen von Treibstoff mittels der Einbringungs Vorrichtung 17 unterstützt werden.

Die zweiten Reaktionszonen 7 zeichnen sich konstruktiv durch eine Wabenstruktur mit einer für die beschriebene Reaktion entsprechenden Beschichtung aus.

Beide Ausführungsbeispiele weisen zusätzlich zumindest eine dritte Reaktionszone 15 auf, wobei es sich um katalytische Oxidationszonen handelt. Auch diese zeichnen sich durch eine Wabenstruktur oder dergleichen mit entsprechender Beschichtung aus.

Die Wärmespeicher 12 können beispielsweise durch eine metallische Wabenstruktur oder keramisches Schüttgut gebildet sein.

Im Ausführungsbeispiel nach Figur 1 ist die dritte Reaktionszone 15 innerhalb der Reaktionskammer 5 angeordnet. Zur Umgehung derjenigen zweiten Reaktionszone 7, welche vom Abgasstoffstrom zuerst durchströmt wird, ist eine Umgehungsleitung 13

vorgesehen. Diese verbindet die Räume im Gehäuse 11, welche zwischen der Reaktionskammer 5 und den Wärmespeichern 12 angeordnet sind, mit dem ins Freie führenden Teil 3d der Abgasleitung 3. Außerdem ist in der Umgehungsleitung 13 ein Absperrventil 14 vorgesehen. Wird festgestellt, dass die Temperatur in einer der zweiten Reaktionszonen 7 zu hoch wird, kann das Schaltventil 9 so geschaltet werden, dass die überhitzte zweite Reaktionszone 7 vom Abgasstoffstrom als zweites durchströmt wird und das Absperrventil 14 kann geöffnet werden. Dadurch umgeht der Abgasstoffstrom die überhitzte zweite Reaktionszone 7, wodurch sich diese abkühlen kann. Es ist zu bemerken, dass ein Katalysator für die selektive katalytische Reduktion durch Überhitzung in seiner Effizienz geschädigt werden kann.

Figur 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit einer alternativen Anordnung der dritten Reaktionszonen 15 zur katalytischen Oxidation und einer entsprechend alternativen Anordnung der Umgehungsleitung 13.

In beiden Ausführungsformen ist eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung vorgesehen, welche die beschriebene Operation des Thermoreaktors 4 und weitere Elemente durchführt. Dafür ist die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 19 mit Temperatursensoren 18 verbunden, welche an verschiedenen Stellen des Thermoreaktors 4 die Temperatur des Abgasstoffstroms messen. Es ist zu bemerken, dass in den Figuren jeweils nur ein Temperatursensor 18 dargestellt ist, um die Übersichtlichkeit der Figuren nicht zu beeinträchtigen. Es ist aber tatsächlich vorgesehen, dass an entsprechenden Stellen des anderen Zweigs des Thermoreaktors 4 ebensolche Temperatursensoren 18 vorgesehen sind.

Ähnliches gilt für die Einbringungs Vorrichtung 17. Auch diese ist der Übersichtlichkeit halber nur einmal eingezeichnet, sollte aber zumindest paarweise vorliegen, sodass in jeder Durchströmungsrichtung der Reaktionskammer 5 Treibstoff F eingedüst werden kann.

Außerdem ist zu bemerken, dass verschiedene Elemente, welche paarweise symmetrisch im Thermoreaktor 4 vorliegen, nur auf einer Seite des Thermoreaktors 4 mit einem Bezugszeichen versehen wurden. Auch dies soll der Übersichtlichkeit der Figuren dienen.

Die Steuer- und/oder Regeleinheit 19 ist außer mit den Temperatursensoren 18 auch mit der Brennkraftmaschine 10, der Mischeinrichtung 6, dem Schaltventil 9, dem Absperrventil 14 und der Einbringungs Vorrichtung 17 verbunden und steuert bzw. regelt diese Elemente entsprechend. Wieder sind der Übersichtlichkeit halber nicht alle Verbindungen dargestellt.

Es ist zu bemerken, dass der sogenannte Ammoniakschlupf (ammonia slip) bei den vorliegenden Ausführungsbeispielen auf natürliche Weise kompensiert wird, da die katalytischen Oxidationszonen 15 vorgesehen sind, welche überschüssiges Ammoniak reduzieren.

Die Erfindung ist nicht auf die hier dargestellten Ausführungsbeispiele beschränkt. Beispielsweise können zweite Reaktionszonen zum Einsatz kommen, welche gezielt Ammoniakschlupf erlauben.

Innsbruck, am 4. September 2015

## Patentansprüche

1. Abgasnachbehandlungsvorrichtung mit einer einen Einlass (2) aufweisenden Abgasleitung (3) zur Abfuhr eines Abgasstoffstroms und einem Thermoreaktor (4), welcher an der Abgasleitung (3) angeordnet ist und eine erste, thermische Reaktionszone (5) für den Abgasstoffstrom aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass
  - eine Mischvorrichtung (6) zur Beimischung eines Reduktionsmittels zum Abgasstoffstrom in der Abgasleitung (3) vorgesehen ist, welche zwischen dem Einlass (2) und dem Thermoreaktor (4) angeordnet ist, und
  - dass der Thermoreaktor (4) zumindest eine zweite Reaktionszone (7) für eine katalytische Reaktion im Abgasstoffstrom mit Beteiligung des Reduktionsmittels aufweist.
2. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Reaktion in der zweiten Reaktionszone (7) Stickoxide im Abgasstoffstrom reduzierbar sind.
3. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Reduktionsmittel eine Harnstoff und/oder Ammoniak und/oder eine Kohlenwasserstoffverbindung aufweist.
4. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine zweite Reaktionszone (7) als Oberflächenstruktur mit einer Beschichtung ausgebildet ist.
5. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Thermoreaktor (4) zwei Öffnungen (8) aufweist und die Öffnungen (8) abhängig vom Schaltzustand eines Schaltventils (9) wechselseitig als Eintrittsöffnung oder als Austrittsöffnung für den Abgasstoffstrom dienen.
6. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zwei zweite Reaktionszonen (7) vorgesehen sind, wobei eine der ersten

- Reaktionszone (5) vorgeschaltet ist und eine der ersten Reaktionszone (5) nachgeschaltet ist.
7. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Thermoreaktor (4) in einem Gehäuse (11) angeordnet ist, welches eine Reaktionskammer als erste Reaktionszone (5) und die zumindest eine zweite Reaktionszone (7) aufweist.
  8. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der ersten Reaktionszone (5) und den zwei zweiten Reaktionszonen (7) jeweils ein Wärmespeicher (12) angeordnet ist.
  9. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Umgehungsleitung (13) vorgesehen ist, mittels welcher zumindest eine der zumindest einen zweiten Reaktionszone (7) für den Abgasstoffstrom umgehbar ist, wobei vorzugsweise ein Absperrventil (14) zum Absperrern der Umgehungsleitung (13) vorgesehen ist.
  10. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine dritte, katalytische Reaktionszone (15) für eine katalytische Oxidation vorgesehen ist, wobei vorzugsweise zwei dritte Reaktionszonen (15) vorgesehen sind, wovon der ersten Reaktionszone (5) eine vorgeschaltet und eine nachgeschaltet ist.
  11. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die dritte Reaktionszone (15) als Oberflächenstruktur mit einer Beschichtung ausgebildet ist.
  12. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die erste Reaktionszone (5) – vorzugsweise mittels einer elektrischen Heizvorrichtung (16) – beheizbar ist.
  13. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Einbringungsvorrichtung (17) zum Einbringen eines Treibstoffs (F) in die ersten Reaktionszone (5) vorgesehen ist.

14. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der ersten Reaktionszone (5) vorgeschaltet und/oder nachgeschaltet zumindest ein Temperatursensor (18) vorgesehen ist.
15. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1, 5, 9 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuer- und/oder Regeleinheit (19) vorgesehen ist, mittels welcher zumindest eines der folgenden Elemente steuer- und/oder regelbar ist: die Mischvorrichtung (6), das Schaltventil (9), das Absperrventil (14), die Heizvorrichtung (16).
16. Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest einen Temperatursensor (18) mit der Steuer- und/oder Regeleinheit (19) verbunden ist und zumindest eines der folgenden Elemente in Abhängigkeit zumindest einer gemessenen Temperatur steuer- und/oder regelbar ist: die Mischvorrichtung (6), das Schaltventil (9), das Absperrventil (14), die Heizvorrichtung (16).
17. Brennkraftmaschine mit einer Abgasnachbehandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 16.

Innsbruck, am 4. September 2015

Fig. 1

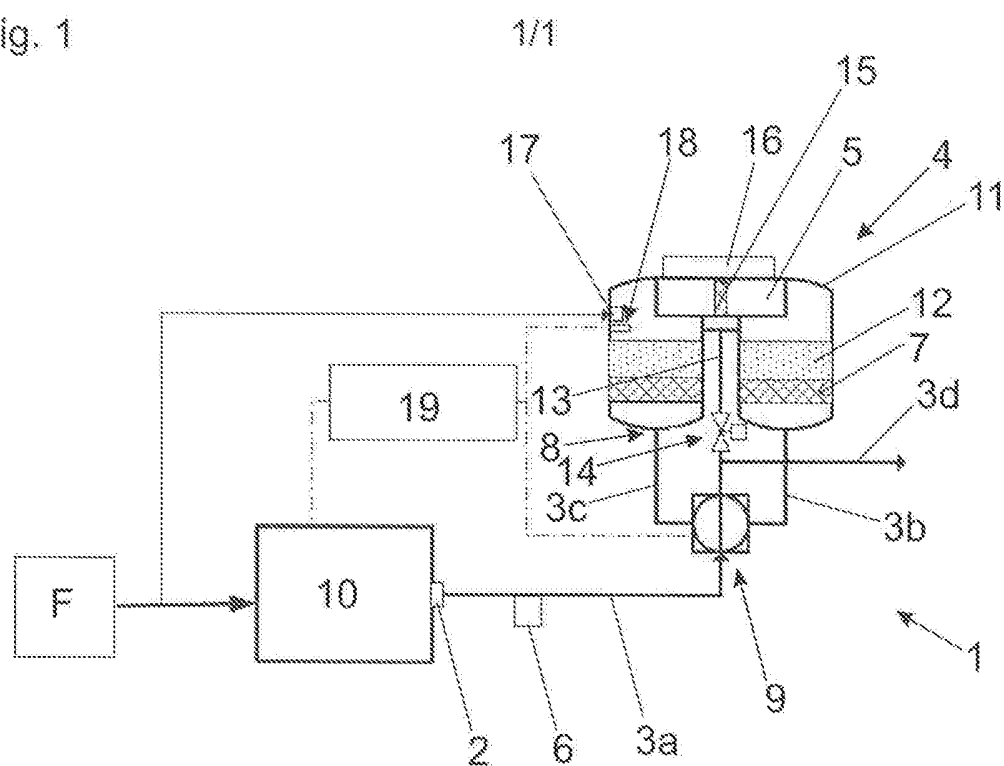
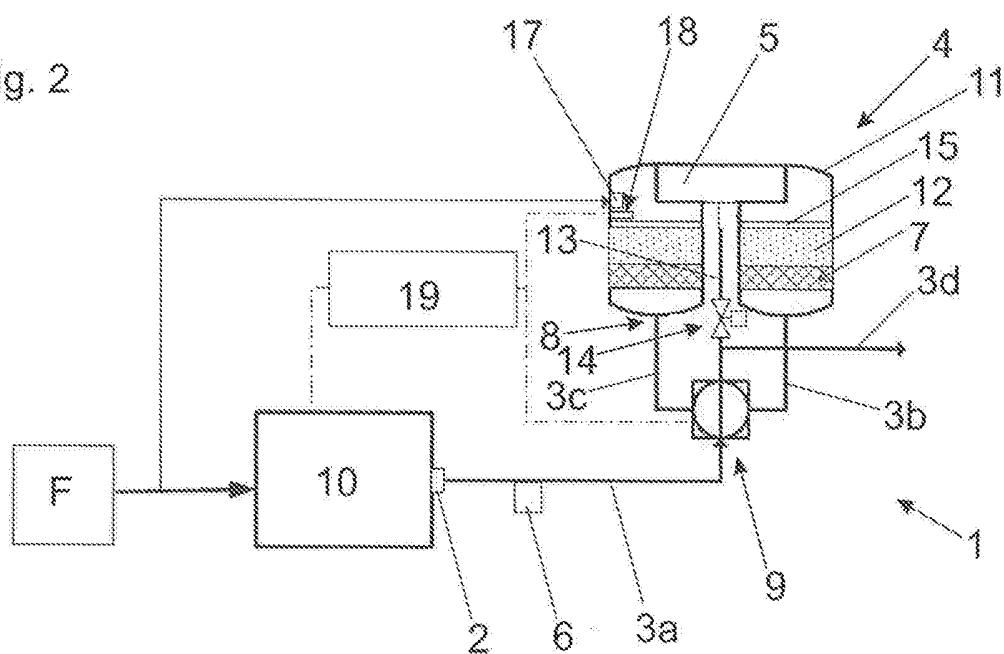


Fig. 2



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:  
**F01N 3/10** (2006.01); **F01N 3/20** (2006.01); **F01N 3/26** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:  
**F01N 3/105** (2013.01); **F01N 3/2093** (2013.01); **F01N 3/208** (2013.01); **F01N 3/26** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):  
F01N

Konsultierte Online-Datenbank:  
EPDOC, WPI, TXTnn

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **04.09.2015** eingereichten Ansprüchen **1-17** erstellt.

| Kategorie <sup>1)</sup> | Bezeichnung der Veröffentlichung:<br>Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder),<br>Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich | Betreffend<br>Anspruch |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Y                       | US 5589142 A (GRIBBON) 31. Dezember 1996 (31.12.1996)<br>gesamtes Dokument                                                                                             | 1-8, 10-17             |
| Y                       | US 2009130011 A1 (ABRAMS ET AL.) 21. Mai 2009 (21.05.2009)<br>Absätze 9-18, 145                                                                                        | 1-17                   |
| Y                       | DE 69220092 T2 (MODO CHEMETICS AB) 18. Dezember 1997<br>(18.12.1997)<br>Abstract; Fig. 1                                                                               | 9                      |
| A                       | EP 0161470 A1 (LINDE AG) 21. November 1985 (21.11.1985)<br>gesamtes Dokument                                                                                           | 1                      |

Datum der Beendigung der Recherche:  
24.06.2016

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

RODLAUER Gerhard

<sup>1)</sup> **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.