

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50278/2022
(22) Anmeldetag: 26.04.2022
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2023

(51) Int. Cl.: **F02M 25/022** (2006.01)
F02M 25/028 (2006.01)
B01D 5/00 (2006.01)
B60H 1/18 (2006.01)
F02B 41/10 (2006.01)
F01N 3/035 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102014003796 A1
CN 113266494 A
EP 3093474 A1
US 3696795 A

(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Kapus Paul Dr.
8111 Judendorf (AT)
Fürhapter Alois Dipl.-Ing.
8051 Thal (AT)
Certic Marko Dipl.-Ing.
8051 Graz (AT)
Prevedel Kurt Ing.
8041 Graz (AT)
Heindl Rene Dipl.-Ing. Dr.
8020 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.-Ing. Mag.
1080 Wien (AT)

(54) **WASSERSTOFFBETRIEBENE BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft eine wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschine (1) mit einem Einlasssystem (2) und einem Auslasssystem (3), mit zumindest einer in einem Abgaspfad angeordnete Wasserrückgewinnungseinrichtung (7) zur Rückgewinnung von Wasser aus dem Abgas des Auslasssystems (3) und zumindest einer Wassereinspritzeinrichtung (18) um das rückgewonnene Wasser der Verbrennung zuzuführen, wobei die Wasserrückgewinnungseinrichtung (7) zumindest eine Wärmetauscheranordnung (8) und zumindest einen Wasserabscheider (11) aufweist, wobei der Abgaspfad ein zu einem Hauptabgaspfad (5) strömungsmäßig parallel geführter Teilabgaspfad (6) ist, wobei sich Hauptabgaspfad (5) und Teilabgaspfad (6) von einem gemeinsamen Abgasstrang (4) verzweigen und im Hauptabgaspfad (5) oder im Teilabgaspfad (6) oder im Bereich der Verzweigung (12) zumindest eine Durchflusssteuereinrichtung (14) angeordnet ist.

Eine effiziente und einfache Abgaswärmenutzung kann erreicht werden, wenn die Wärmetauscheranordnung (8) zumindest einen ersten Wärmetauscher (9) und zumindest einen stromabwärts des ersten Wärmetauschers (9) im Teilabgaspfad (6) angeordneten zweiten Wärmetauscher (10) aufweist.

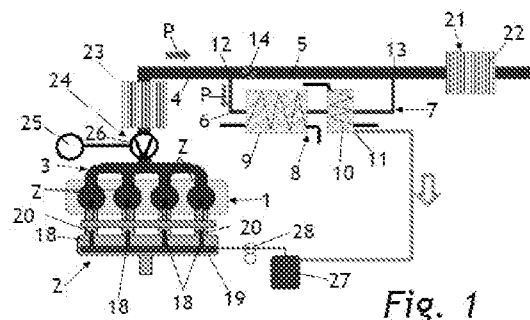


Fig. 1

Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft eine wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschine (1) mit einem Einlasssystem (2) und einem Auslasssystem (3), mit zumindest einer in einem Abgaspfad angeordnete Wasserrückgewinnungseinrichtung (7) zur Rückgewinnung von Wasser aus dem Abgas des Auslasssystems (3) und zumindest einer Wassereinspritzeinrichtung (18) um das rückgewonnene Wasser der Verbrennung zuzuführen, wobei die Wasserrückgewinnungseinrichtung (7) zumindest eine Wärmetauscheranordnung (8) und zumindest einen Wasserabscheider (11) aufweist, wobei der Abgaspfad ein zu einem Hauptabgaspfad (5) strömungsmäßig parallel geführter Teilabgaspfad (6) ist, wobei sich Hauptabgaspfad (5) und Teilabgaspfad (6) von einem gemeinsamen Abgasstrang (4) verzweigen und im Hauptabgaspfad (5) oder im Teilabgaspfad (6) oder im Bereich der Verzweigung (12) zumindest eine Durchflusssteuereinrichtung (14) angeordnet ist.

Eine effiziente und einfache Abgaswärmenutzung kann erreicht werden, wenn die Wärmetauscheranordnung (8) zumindest einen ersten Wärmetauscher (9) und zumindest einen stromabwärts des ersten Wärmetauschers (9) im Teilabgaspfad (6) angeordneten zweiten Wärmetauscher (10) aufweist.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschine mit einem Einlasssystem und einem Auslasssystem, mit zumindest einer in einem Abgaspfad angeordnete Wasserrückgewinnungseinrichtung zur Rückgewinnung von Wasser aus dem Abgas des Auslasssystems und zumindest einer Wassereinspritzeinrichtung um das rückgewonnene Wasser der Verbrennung zuzuführen, wobei die Wasserrückgewinnungseinrichtung zumindest eine Wärmetauscheranordnung und zumindest einen Wasserabscheider aufweist, wobei der Abgaspfad ein zu einem Hauptabgaspfad parallel geführter Teilabgaspfad ist, wobei sich Hauptabgaspfad und Teilabgaspfad von einem gemeinsamen Abgasstrang verzweigen und im Hauptabgaspfad oder im Teilabgaspfad oder im Bereich der Verzweigung zumindest eine Durchflusssteuereinrichtung angeordnet ist.

Unter wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschinen sind hier Brennkraftmaschinen zu verstehen, die mit Wasserstoff oder mit Gemischen aus Wasserstoff und weiteren Kraftstoffen wie beispielsweise Erdgas (CNG=compressed natural Gas) oder Methan betrieben werden.

Aus den Veröffentlichungen US 3,983,882 A, EP 1 213 464 A2 sind mit Wasserstoff als Kraftstoff betriebene Brennkraftmaschinen mit jeweils einer Wasserrückgewinnungseinrichtung zur Rückgewinnung von Wasser aus einem Vollstrom oder Teilstrom des Abgases bekannt, wobei das kondensierte Wasser in das Einlasssystem eingebracht wird.

Die WO 2005/031135 A1 und die WO 2005/012708 A1 offenbart jeweils eine wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschine, bei der zur Wirkungsgraderhöhung Wasser durch Kondensation des in dem Abgasstrom der Brennkraftmaschine enthaltenen Wasserdampfes gewonnen, in einem Speicher Zwischengespeichert und den Zylinderräumen der Brennkraftmaschine zugeführt wird. Das Abgas wird dabei in einem ersten Wärmetauscher und einem zweiten Wärmetauscher abgekühlt und in einem Wasserabscheider kondensiert.

Weiters ist aus der DE 10 2011 101 006 A1 die Herstellung einer wässrigen Harnstofflösung in einem Kraftfahrzeug aus Ammoniumgranulat und Wasser bekannt, welches als Kondensat aus dem Abgas gewonnen wurde. Auch die

WO 2008/098598 A1 beschreibt die Herstellung von Ammoniak in einem Kraftfahrzeug, wobei aus Abgas gewonnenes Kondenswasser zugegeben wird.

Bei der FR 2 926 325 A3 wird Kondenswasser aus einem Abgasnebenstrom gewonnen und der Brennkraftmaschine zugeführt.

Die DE 10 2016 002 380 A1 beschreibt einen luftgekühlten Abgaskondensator mit mehreren Kondensationsstrecken, welche vom Abgas in entgegengesetzten Zügen durchströmt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, bei einer wasserstoffbetriebenen Brennkraftmaschine zumindest bedarfsweise eine effiziente und einfache Abgaswärmenutzung zu ermöglichen.

Ausgehend von einer Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art wird dies erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Wärmetauscheranordnung zumindest einen ersten Wärmetauscher und zumindest einen stromabwärts des ersten Wärmetauschers im Teilabgaspfad angeordneten zweiten Wärmetauscher aufweist.

Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, dass zumindest ein Wärmetauscher der Wärmetauscheranordnung mit der Fahrzeugheizung verbunden ist. Somit kann zumindest ein Wärmetauscher für die Heizung des Fahrgastraumes des Fahrzeuges verwendet werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn zumindest ein Wärmetauscher der Wärmetauscheranordnung mit einer Kraftstoffleitung verbunden ist. Somit kann die Abgaswärme zur Aufbereitung des Kraftstoffes, insbesondere zum Herauslösen von H_2 aus vertankten Trägermedien wie flüssige organische Wasserstoffträger (LOHC=liquid organic hydrogen carriers) in ein entsprechendes Tanksystem genutzt werden.

Eine Ausbildung der Erfindung sieht vor, dass der zweite Wärmetauscher der Wärmetauscheranordnung durch einen Niedertemperaturkreis gekühlt wird. Der Niedertemperaturkreis kann beispielsweise einen Ladeluftkühler, Batteriekühler oder E-Motorenkühler beinhalten.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn zumindest ein Wärmetauscher als Wärmequelle für eine endotherme Reaktion fungiert, welche beispielsweise ein Herauslösen von Wasserstoff aus einem flüssigen organischen Wasserstoffträger (LOHC=liquid organic hydrogen carriers) ermöglicht. Als Zwischenspeicher für Wasserstoff können bekannte LOHC-Materialien wie beispielsweise Toluol/Methylcyclohexan, N-Ethylcarbazol, Dibenzyltoluol, Benzyltoluol oder dergleichen verwendet werden.

In einer Ausführungsvariante der Erfindung ist vorgesehen, dass zumindest eine Abgasenergierückgewinnungsstufe stromaufwärts der Wärmetauscheranordnung angeordnet ist, wobei vorzugsweise die mechanische Abgasenergierückgewinnungsstufe durch eine Abgasturbine gebildet ist, welche beispielsweise mit einem Generator antriebsverbunden ist. Günstigerweise ist die Abgasenergierückgewinnungsstufe im gemeinsamen Abgasstrang, vorzugsweise stromaufwärts eines Katalysators, besonders vorzugsweise eines NH_3 erzeugenden Katalysators, angeordnet. Dies ermöglicht eine effiziente Nutzung der Abgasenergie und einen ersten Abkühlschritt des Abgases. In dem NH_3 generierenden Katalysator wird beispielsweise NH_3 aus N_2 und H_2 katalytisch synthetisiert: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$.

Eine erfindungsgemäße Ausführungsvariante der Erfindung sieht vor, dass der erste Wärmetauscher und/oder, der zweite Wärmetauscher und/oder der Wasserabscheider in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet sind, wobei vorzugsweise der erste Wärmetauscher, der zweite Wärmetauscher und der Wasserabscheider als Kühl- und Kondensationseinheit ausgebildet sind. Dies ermöglicht eine effektive Kühlung des Abgases und eine effiziente Wasserabscheidung auf kleinstem Raum.

Eine besonders effektive Kühlung des Abgases lässt sich erzielen, wenn ein in die Wärmetauscheranordnung eintretender Abgasstrom durch einen aus der Wärmetauscheranordnung austretenden Abgasstrom im Kreuzstrom kühlbar ist, wobei der austretende Abgasstrom kühler ist als der eintretende Abgasstrom.

Eine einfache Ausführung der Erfindung sieht vor, dass zumindest eine Wassereinspritzeinrichtung in einen Einlasskanal oder einen Einlasssammler des Einlasssystems mündet. Die Wassereinspritzung kann beispielsweise mittels MPI (Multi Point Injection) in das Saugrohr der Brennkraftmaschine erfolgen.

Um die Stickoxidemissionen zu reduzieren, ist es vorteilhaft, wenn das Auslasssystem zumindest eine NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung aufweist, welche besonders vorzugsweise stromabwärts einer Einmündung des Teilabgaspfades in den Hauptabgaspfad angeordnet ist.

Die NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung weist günstiger Weise zumindest einen passiven SCR-Katalysator auf. Das Funktionsprinzip des SCR-Katalysators besteht darin, dass Ammoniak-Gas (NH_3) an geeigneten katalytischen Oberflächen mit Stickoxiden chemisch reagiert, wobei sowohl die Stickoxide als auch das Ammoniak-Gas abgebaut werden; es entstehen im Wesentlichen Stickstoff und Wasserdampf. Bei einem sogenannten passiven SCR-Katalysator wird bei einer Wasserstoff-Brennkraftmaschine als Reduktionsmittel im Abgas vorhandenes NH_3 – welches etwa durch einen NH_3 generierenden Katalysator erzeugt wird – genutzt, es ist also keine zusätzliche Verbrauchsflüssigkeit nötig.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn mit der Durchflusssteuereinrichtung die Temperatur für den passiven SCR-Katalysator steuerbar oder regelbar ist. Durch Verstellen der Durchflusssteuereinrichtung kann die Temperatur des in den SCR-Katalysator einströmenden Abgases gesteuert werden. Dadurch kann das den SCR-Katalysator passierende Abgas in dem für die Reduktion günstigen Temperaturbereich zwischen beispielsweise etwa 200° und 500° C gehalten werden.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der nicht einschränkenden Figuren näher erläutert. Darin zeigen schematisch:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer ersten Ausführungsvariante,

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine in einer zweiten Ausführungsvariante und

Fig. 3 eine rückkoppelnde Wärmetauscheranordnung 8 dieser Brennkraftmaschine.

Fig. 1 zeigt eine wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschine 1 mit einem Einlasssystem 2 und einem Auslasssystem 3. Das Auslasssystem 3 weist einen

Abgasstrang 4 auf, der sich in einen Hauptabgaspfad 5 und einen strömungsmäßig parallel geführten Teilabgaspfad 6 verzweigt.

In dem Teilabgaspfad 6 ist eine Wasserrückgewinnungseinrichtung 7 angeordnet, welche eine Wärmetauscheranordnung 8 mit einem ersten Wärmetauscher 9 und einen zweiten Wärmetauscher 10 sowie einen Wasserabscheider 11 aufweist. Stromabwärts der Wärmetauscheranordnung 8 und des Wasserabscheiders 11 sind Teilabgaspfad 6 und Hauptabgaspfad 5 wieder zusammengeführt. Der Bereich der Verzweigung ist mit Bezugszeichen 12, der Bereich der Zusammenführung mit Bezugszeichen 13 bezeichnet. Im Hauptabgaspfad 5 oder im Bereich der Verzweigung 12 ist eine Durchflusssteuereinrichtung 14 angeordnet, welche beispielsweise durch eine Klappe gebildet sein kann. Neben einer Drosselung des Hauptabgaspfades 5 zum Zweck der Durchflusssteuerung der Wasserrückgewinnungseinrichtung 7 kann die Durchflusssteuereinrichtung 14 auch so ausgebildet sein, dass sie den abzweigenden Teilabgaspfad 6 weitestgehend oder vollständig verschließt und dabei den Hauptabgaspfad 5 entsprechend freigibt.

Die Wärmetauscheranordnung 8 weist einen ersten Wärmetauscher 9 und einen stromabwärts des ersten Wärmetauschers 9 im Teilabgaspfad 6 angeordneten zweiten Wärmetauscher 10 auf. Der erste Wärmetauscher 9 der Wärmetauscheranordnung 8 ist beispielsweise mit der Fahrzeuginnenraumheizung verbunden. Ein Wärmetauscher der Wärmetauscheranordnung 8, beispielsweise der zweite Wärmetauscher 10, kann mit einer Kraftstoffleitung verbunden sein. Somit kann die Abgaswärme zur Aufbereitung des Kraftstoffes, insbesondere zum Herauslösen von H_2 aus vertankten Trägermedien wie flüssige organische Wasserstoffträger (LOHC=liquid organic hydrogen carriers) in ein entsprechendes Tanksystem genutzt werden.

In der in Fig. 1 gezeigten Ausführung sind der zweite Wärmetauscher 10 und der Wasserabscheider 11 kombiniert, also in einem gemeinsamen Gehäuse angeordnet.

Bei der Brennkraftmaschine 1 wird mit Niederdruck, zum Beispiel mit 30 bis 40 bar, Wasserstoff direkt in die Zylinder Z eingeblasen. Die Wassereinspritzung erfolgt in den Einlasssammler 19 oder die Einlasskanäle 20. Die Brennkraftmaschine 1 wird stöchiometrisch mit einem Luft-/Kraftstoffverhältnis $\lambda=1$ betrieben. Die Ansaugluft wird beispielsweise über einen nicht weiter dargestellten Abgasturbolader

aufgeladen, der Betrieb der Brennkraftmaschine 1 erfolgt nach dem Miller-Kreisprozess mit frühem Einlassschluss.

Durch die Wasserrückgewinnungseinrichtung 7 kommt es zu einer Rekondensation des Wassers aus der H_2 Verbrennung (bei $\lambda=1$: 256g/kg Abgas bzw. ca. 9kg $H_2O/kg H_2$) und aus der Wassereinspritzung (bis ca. 2kg/kg H_2). Bei einer H_2 Verbrennung mit Wassereinspritzung ergibt sich durch den hohen Wassergehalt ein relativ hoher Taupunkt im Bereich von 80°C. Daher braucht nur ein Teilstrom des Abgases für die Wasserrückgewinnung herangezogen werden.

Das rekondensierte Wasser wird in einem Tank 27 zwischengespeichert und über eine Pumpe 28 der Wassereinspritzeinrichtung 18 zugeführt.

Die Kühlleistung ergibt sich aus der Abkühlung des Abgases im Teilabgaspfad 6 unter den Taupunkt und der Kondensationsleistung für die notwendige Wassermenge und beträgt beispielsweise 10-20% der gesamten Motorleistung der Brennkraftmaschine 1. Die Kühlleistung kann durch eine im Folgenden beschriebene „rückkoppelnde“ Wärmetauscheranordnung 8 deutlich reduziert werden.

Die in Fig. 2 gezeigte Brennkraftmaschine unterscheidet sich von Fig. 1 dadurch, dass die Wärmetauscheranordnung 8 „rückkoppelnd“ ausgeführt ist.

Fig. 3 zeigt eine „rückkoppelnde“ Wärmetauscheranordnung 8 im Detail, bei der der erste Wärmetauscher 9, der zweite Wärmetauscher 10 und der Wasserabscheider 11 als Baueinheit in einem gemeinsamen Gehäuse 15 angeordnet sind und eine Kühl- und Kondensationseinheit 16 ausbilden. Die Strömung des Abgases erfolgt gemäß den Pfeilen P, wobei der in die Wärmetauscheranordnung 8 eintretende heiße Abgasstrom P durch einen aus der Wärmetauscheranordnung 8 austretenden und bereits abgekühlten Abgasstrom P im Kreuzstrom gekühlt wird.

Das Abgas tritt dabei in einem Eintrittsbereich 17 in die Kühl- und Kondensationseinheit 16 ein und durchströmt den ersten Wärmetauscher 9. Danach gelangt das Abgas in den zweiten Wärmetauscher 10, dem ein Wasserabscheider 11 nachgeschaltet ist. Das gekühlte Abgas wird wieder zurück zum Eintrittsbereich 17 geführt und kühlt hier im Kreuzstrom das eintretende heiße Abgas.

Eine als MPI (Multi Point Injection) ausgebildete Wassereinspritzeinrichtung 18 mündet in den Einlasssammler 19 oder in die zu den einzelnen Zylindern Z der Brennkraftmaschine 1 führenden Einlasskanäle 20.

Das Auslasssystem 3 weist zumindest eine NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung 21 auf, welche stromabwärts der Zusammenführung des Teilabgaspfades 6 und des Hauptabgaspfades 5 angeordnet ist. Die NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung 21 ist beispielsweise als passiver SCR-Katalysator 22 ausgebildet (SCR=selective catalytic reduction). Bei dem passiven SCR-Katalysator 22 wird bei einer Wasserstoff-Brennkraftmaschine 1 im stöchiometrischen Betrieb als Reduktionsmittel im Abgas vorhandenes NH_3 genutzt, es ist also keine zusätzliche Verbrauchsflüssigkeit nötig. Das Ammoniak-Gas im Abgas kann durch einen NH_3 generierenden Katalysator 23 erzeugt werden, welcher im gemeinsamen Abgasstrang 4 stromaufwärts der Verzweigung 12 angeordnet ist. In dem NH_3 generierenden Katalysator 23 wird beispielsweise NH_3 aus N_2 und H_2 katalytisch synthetisiert: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$.

Stromaufwärts der Wärmetauscheranordnung 8 ist im gemeinsamen Abgasstrang 4 eine Abgasenergierückgewinnungsstufe 24 angeordnet, welche sowohl ein klassischer Turbolader für die Motoraufladung als auch, wie hier dargestellt, durch eine mit einem Generator 25 antriebsverbundene Abgasturbine 26 gebildet sein kann. Die Abgasturbine 26 ist im gemeinsamen Abgasstrang 4 stromaufwärts des NH_3 erzeugenden Katalysators 23 angeordnet. Durch die Abgasenergierückgewinnungsstufe 24 wird entweder die Brennkraftmaschine 1 aufgeladen oder wie hier gezeigt Strom erzeugt. In jedem Fall erfolgt dabei eine erste Abkühlung des heißen Abgases.

Mittels der Durchflussteuereinrichtung 14 kann die Temperatur des Abgases für den passiven SCR-Katalysator 22 gesteuert oder geregelt werden. Durch Öffnen oder Schließen der Durchflussteuereinrichtung 14 kann die Temperatur des in den SCR-Katalysator 22 einströmenden Abgases abhängig vom Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 1 gesteuert und in dem für die Reduktion des NH_3 und NO_x günstigen Temperaturbereich zwischen beispielsweise etwa 200° und 500° C gehalten werden.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

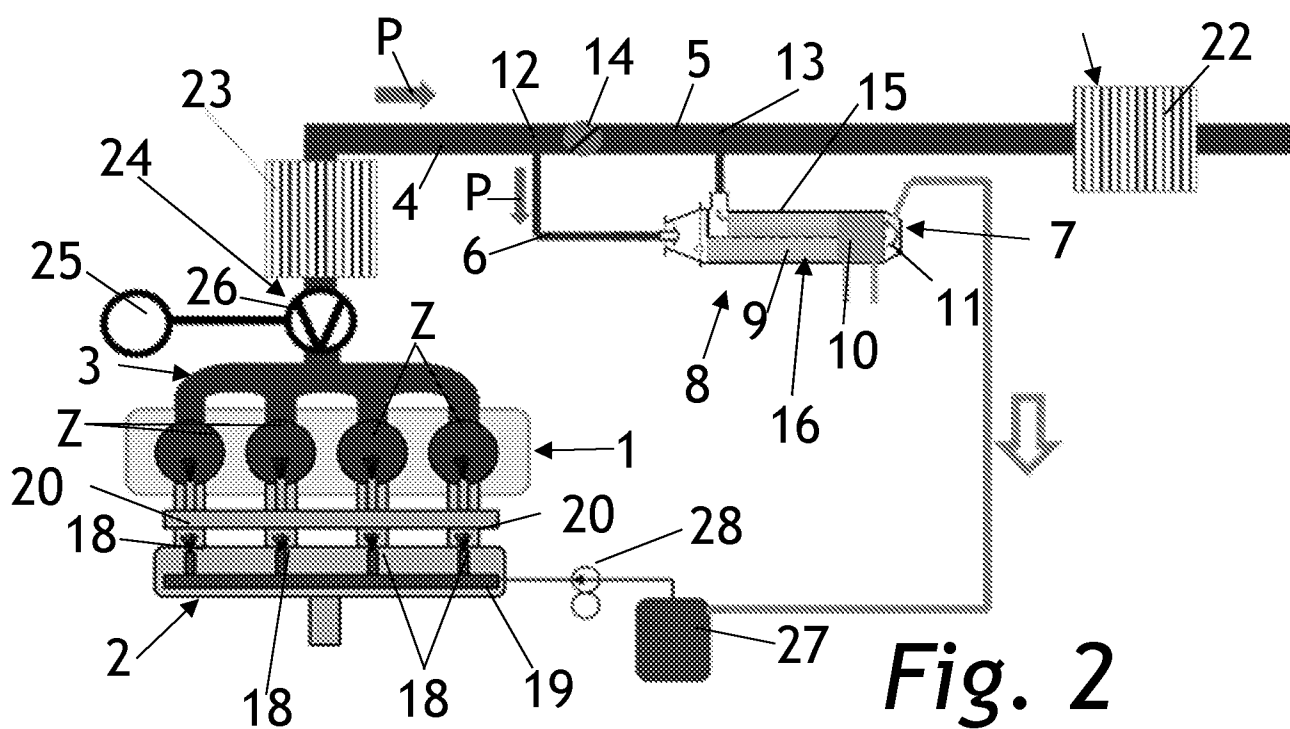
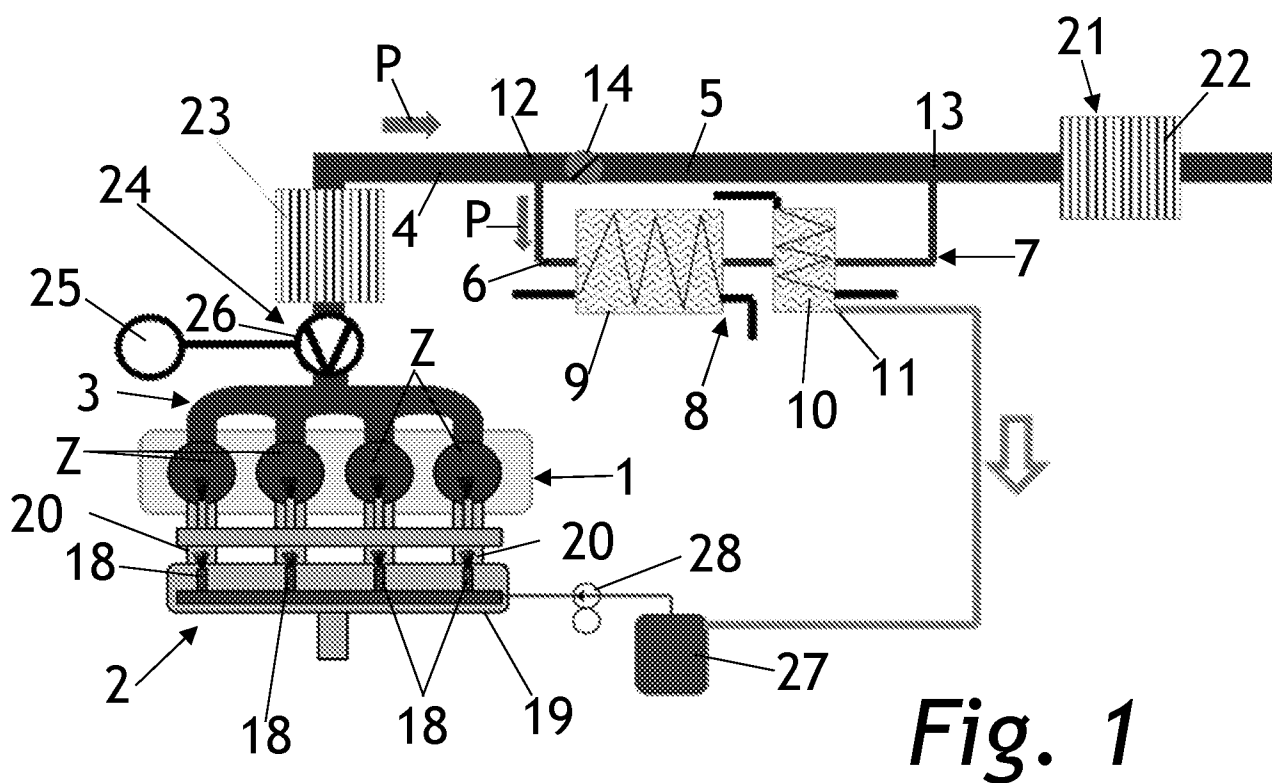
1. Wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschine (1) mit einem Einlasssystem (2) und einem Auslasssystem (3), mit zumindest einer in einem Abgaspfad angeordneten Wasserrückgewinnungseinrichtung (7) zur Rückgewinnung von Wasser aus dem Abgas des Auslasssystems (3) und zumindest einer Wassereinspritzeinrichtung (18) um das rückgewonnene Wasser der Verbrennung zuzuführen, wobei die Wasserrückgewinnungseinrichtung (7) zumindest eine Wärmetauscheranordnung (8) und zumindest einen Wasserabscheider (11) aufweist, wobei der Abgaspfad ein zu einem Hauptabgaspfad (5) strömungsmäßig parallel geführter Teilabgaspfad (6) ist, wobei sich Hauptabgaspfad (5) und Teilabgaspfad (6) von einem gemeinsamen Abgasstrang (4) verzweigen und im Hauptabgaspfad (5) oder im Teilabgaspfad (6) oder im Bereich der Verzweigung (12) zumindest eine Durchflusssteuereinrichtung (14) angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Wärmetauscheranordnung (8) zumindest einen ersten Wärmetauscher (9) und zumindest einen stromabwärts des ersten Wärmetauschers (9) im Teilabgaspfad (6) angeordneten zweiten Wärmetauscher (10) aufweist.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Wärmetauscher (9, 10) der Wärmetauscheranordnung (8) mit der Fahrzeugheizung verbunden ist.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Wärmetauscher (9, 10) der Wärmetauscheranordnung (8) mit einer Kraftstoffleitung verbunden ist.
4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Wärmetauscher (10) der Wärmetauscheranordnung (8) durch einen Niedertemperaturkreis gekühlt ist.
5. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Wärmetauscher (9, 10) als Wärmequelle für eine endotherme Reaktion dient.

6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Abgasenergieerückgewinnungsstufe (24) stromaufwärts der Wärmetauscheranordnung (8) angeordnet ist.
7. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasenergieerückgewinnungsstufe (24) durch eine Abgasturbine (26) gebildet ist, welche vorzugsweise mit einem Generator (25) antriebsverbunden ist.
8. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasenergieerückgewinnungsstufe (24) im gemeinsamen Abgasstrang (4), vorzugsweise stromaufwärts eines Katalysators, besonders vorzugsweise eines NH_3 erzeugenden Katalysators (23), angeordnet ist.
9. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Wärmetauscher (9) und/oder, der zweite Wärmetauscher (10) und/oder der Wasserabscheider (11) in einem gemeinsamen Gehäuse (15) angeordnet sind, wobei vorzugsweise der erste Wärmetauscher (9), der zweite Wärmetauscher (10) und der Wasserabscheider (11) als Kühl- und Kondensationseinheit (16) ausgebildet ist.
10. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein in die Wärmetauscheranordnung (8) eintretender Abgasstrom durch einen aus der Wärmetauscheranordnung (8) austretenden Abgasstrom im Kreuzstrom kühlbar ist, wobei der austretende Abgasstrom kühler ist als der eintretende Abgasstrom.
11. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Wassereinspritzeinrichtung (18) in einen Einlasskanal (20) oder einen Einlasssammler (19) des Einlasssystems (2) mündet.
12. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Auslasssystem (3) zumindest eine NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung (21) aufweist, welche vorzugsweise stromabwärts

einer Zusammenführung (13) des Teilabgaspfades (6) und des Hauptabgaspfades (5) angeordnet ist.

13. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung (21) zumindest einen passiven SCR-Katalysator (22) aufweist.
14. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass die NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung (21) zumindest einen NO_x Adsorber-Katalysator aufweist.
15. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Durchflusssteuereinrichtung (14) die Temperatur für die NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung (21) steuerbar oder regelbar ist.
16. Verfahren zum Betreiben einer wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur für die NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung (21) über die Durchflusssteuerungseinrichtung (14) gesteuert oder geregelt wird.

26.04.2022
FU



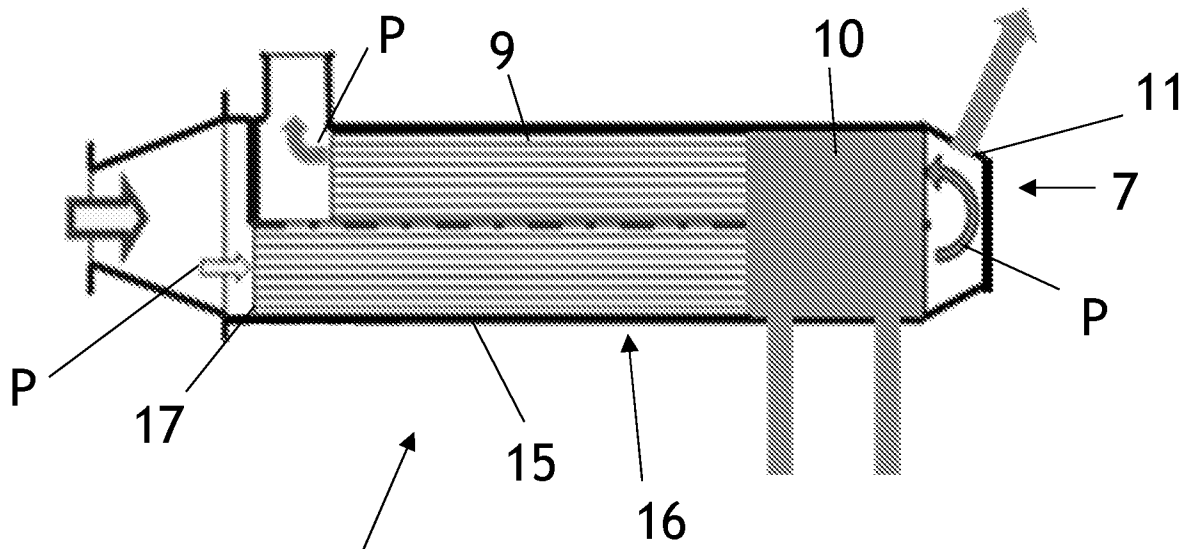


Fig. 3

(neue) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschine (1) mit einem Einlasssystem (2) und einem Auslasssystem (3), mit zumindest einer in einem Abgaspfad angeordneten Wasserrückgewinnungseinrichtung (7) zur Rückgewinnung von Wasser aus dem Abgas des Auslasssystems (3) und zumindest einer Wassereinspritzeinrichtung (18) um das rückgewonnene Wasser der Verbrennung zuzuführen, wobei die Wasserrückgewinnungseinrichtung (7) zumindest eine Wärmetauscheranordnung (8) und zumindest einen Wasserabscheider (11) aufweist, wobei der Abgaspfad ein zu einem Hauptabgaspfad (5) strömungsmäßig parallel geführter Teilabgaspfad (6) ist, wobei sich Hauptabgaspfad (5) und Teilabgaspfad (6) von einem gemeinsamen Abgasstrang (4) verzweigen und im Hauptabgaspfad (5) oder im Teilabgaspfad (6) oder im Bereich der Verzweigung (12) zumindest eine Durchflusssteuereinrichtung (14) angeordnet ist, wobei die Wärmetauscheranordnung (8) zumindest einen ersten Wärmetauscher (9) und zumindest einen stromabwärts des ersten Wärmetauschers (9) im Teilabgaspfad (6) angeordneten zweiten Wärmetauscher (10) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass das Auslasssystem (3) zumindest eine NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung (21) aufweist, welche stromabwärts einer Zusammenführung (13) des Teilabgaspfades (6) und des Hauptabgaspfades (5) angeordnet ist, und/oder welche zumindest einen passiven SCR-Katalysator (22) und/oder zumindest einen NO_x Adsorber-Katalysator aufweist, wobei mit der Durchflusssteuereinrichtung (14) die Temperatur für die NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung (21) steuerbar oder regelbar ist.
2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Wärmetauscher (9, 10) der Wärmetauscheranordnung (8) mit der Fahrzeugheizung verbunden ist.
3. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Wärmetauscher (9, 10) der Wärmetauscheranordnung (8) mit einer Kraftstoffleitung verbunden ist.

4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Wärmetauscher (10) der Wärmetauscheranordnung (8) durch einen Niedertemperaturkreis gekühlt ist.
5. Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Wärmetauscher (9, 10) als Wärmequelle für eine endotherme Reaktion dient.
6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest eine Abgasenergieerückgewinnungsstufe (24) stromaufwärts der Wärmetauscheranordnung (8) angeordnet ist.
7. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasenergieerückgewinnungsstufe (24) durch eine Abgasturbine (26) gebildet ist, welche vorzugsweise mit einem Generator (25) antriebsverbunden ist.
8. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasenergieerückgewinnungsstufe (24) im gemeinsamen Abgasstrang (4), vorzugsweise stromaufwärts eines Katalysators, besonders vorzugsweise eines NH_3 erzeugenden Katalysators (23), angeordnet ist.
9. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Wärmetauscher (9) und/oder, der zweite Wärmetauscher (10) und/oder der Wasserabscheider (11) in einem gemeinsamen Gehäuse (15) angeordnet sind, wobei vorzugsweise der erste Wärmetauscher (9), der zweite Wärmetauscher (10) und der Wasserabscheider (11) als Kühl- und Kondensationseinheit (16) ausgebildet ist.
10. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass ein in die Wärmetauscheranordnung (8) eintretender Abgasstrom durch einen aus der Wärmetauscheranordnung (8) austretenden Abgasstrom im Kreuzstrom kühlbar ist, wobei der austretende Abgasstrom kühler ist als der eintretende Abgasstrom.

11. Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Wassereinspritzeinrichtung (18) in einen Einlasskanal (20) oder einen Einlasssammler (19) des Einlasssystems (2) mündet.
12. Verfahren zum Betreiben einer wasserstoffbetriebene Brennkraftmaschine (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Temperatur für die NH_3 und NO_x reduzierende Vorrichtung (21) über die Durchflussteuerungseinrichtung (14) gesteuert oder geregelt wird.

12.05.2023
FU/iv