

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50472/2021
(22) Anmeldetag: 11.06.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.10.2022

(51) Int. Cl.: **F02M 26/36** (2016.01)
F02M 26/22 (2016.01)
F02M 25/025 (2006.01)
F02G 5/02 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
AT 522812 A1
AT 521165 A4
DE 112011101274 T5

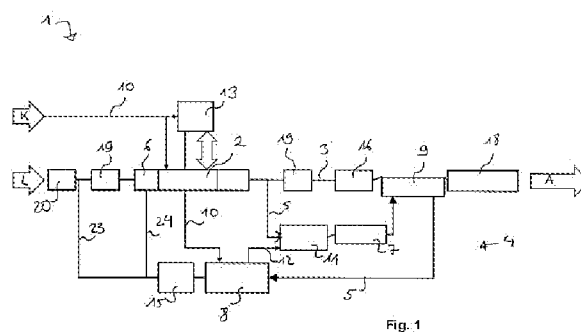
(71) Patentanmelder:
AVL List GmbH
8020 Graz (AT)

(72) Erfinder:
Certic Marko Dipl.Ing.
8051 Graz (AT)
Funk Johannes Dipl.Ing.
8010 Graz (AT)
Reiter Bernd Dipl.Ing.
8010 Kainbach bei Graz (AT)
Weissinger Frederico
12914-220 Bragança Paulista - SP (BR)
Montemor Raphael
05363-000 São Paulo, SP (BR)

(74) Vertreter:
Gamper Bettina Dr.
8020 Graz (AT)

(54) **Brennkraftsystem mit einem Verbrennungsmotor**

(57) Die Erfindung betrifft ein Brennkraftsystem (1) mit einem Verbrennungsmotor (2), einer Abgasleitung (3) und einer AGR-Anordnung (4), die AGR-Anordnung (4) aufweisend einen Rezirkulationsabschnitt (5) zum Rückführen von Abgas aus der Abgasleitung (3) insbesondere in einen Brennstoffeinlass (6) des Verbrennungsmotors (2), wobei im Rezirkulationsabschnitt (5) ein erster Reformer (7) zum Reformieren von Brennstoff in Reformat und einen Verdampfer (8) zum Verdampfen von Brennstoff angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Reformer (9) vorgesehen ist.



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Brennkraftsystem (1) mit einem Verbrennungsmotor (2), einer Abgasleitung (3) und einer AGR-Anordnung (4), die AGR-Anordnung (4) aufweisend einen Rezirkulationsabschnitt (5) zum Rückführen von Abgas aus der Abgasleitung (3) insbesondere in einen Brennstoffeinlass (6) des Verbrennungsmotors (2), wobei im Rezirkulationsabschnitt (5) ein erster Reformier (7) zum Reformieren von Brennstoff in Reformat und einen Verdampfer (8) zum Verdampfen von Brennstoff angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Reformier (9) vorgesehen ist.

Fig. 1

Brennkraftsystem mit einem Verbrennungsmotor

Die Erfindung betrifft ein Brennkraftsystem mit einem Verbrennungsmotor, einer Abgasleitung und einer AGR-Anordnung, die AGR-Anordnung aufweisend einen Rezirkulationsabschnitt zum Rückführen von Abgas aus der Abgasleitung insbesondere in einen Brennstoffeinlass des Verbrennungsmotors, wobei im Rezirkulationsabschnitt ein erster Reformer zum Reformieren von Brennstoff in Reformat und einen Verdampfer zum Verdampfen von Brennstoff angeordnet ist.

Weiter betrifft die Erfindung eine Verwendung eines solchen Brennkraftsystems.

Neben klassischen Brennstoffen wie Diesel und Benzin werden in den letzten Jahren im Rahmen der Energiewende immer häufiger alternative Brennstoffe wie Rapsöl oder Ethanol für den Betrieb von entsprechend geeigneten Verbrennungsmotoren verwendet. Ein System, bei welchem ein Verbrennungsmotor mit Ethanol betrieben wird, ist beispielsweise in der DE 11 2011 101 274 T5 beschrieben. Insbesondere wird dort ein Brennkraftsystem mit einem Reformer beschrieben, bei welchem Brennstoff wie Ethanol im Abgasstrang mit Hilfe eines Reformers in Wasserstoff und Methan reformiert werden kann. Das Reformat kann anschließend in einem Tank gespeichert und von diesem dem Verbrennungsmotor zugeführt werden.

Stromabwärts des Reformers ist eine AGR-Anordnung an eine Auslasspassage des Abgasstrangs gekoppelt, mittels welcher Stickoxide reduziert werden sollen.

Üblicherweise wird bei solchen Brennkraftsystemen ein Reformer zur Umwandlung des Kraftstoffes verwendet, um seine kalorischen Eigenschaften zu verbessern und somit durch Wärmerückgewinnung aus Abgas die Effizienz eines Verbrennungsmotors zu erhöhen.

Darüber hinaus ist es bekannt, durch die Steigerung der Konzentration von Wasserstoff im reformierten Kraftstoff eine Brenngeschwindigkeit und/oder Brenndauer und die Stabilität der Verbrennung in den Zylindern zu erhöhen und eine Dauer der Einspritzung dadurch zu reduzieren. Bei aus dem Stand der Technik bekannten Motoranordnungen bzw. Brennkraftsystemen wird der benötigte Wasserstoff durch eine katalytische Reformierung von Brennstoff gewonnen. Ein derartiger Reformer wird über warmes rückgeführtes Abgas direkt erwärmt. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass die dadurch gewonnen Wasserstoffmenge nicht ausreicht, um eine Effizienz genügend zu steigern. Durch aus dem Stand bekannten

Verfahren ist es zwar möglich durch die Reformierung von Kraftstoff den für eine Effizienzsteigerung notwendigen Wasserstoff zu erzeugen, jedoch sind AGR-Raten auf etwa 20 % bis 30 % begrenzt. Da bei bekannten Motoranordnungen von Ottomotoren sich bei höheren AGR-Raten die Verbrennung im Motorbetrieb verschlechtert, weshalb eine weitere Effizienzsteigerung nicht mehr möglich ist.

Hier setzt die Erfindung an. Aufgabe der Erfindung ist es, eine Effizienz eines Brennkraftsystms mit einem Reformer zu verbessern.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass bei einem Brennkraftsystms der eingangs genannten Art ein zweiter Reformer vorgesehen ist.

Ein damit erzielter Vorteil ist insbesondere darin zu sehen, dass durch die Anordnung des zweiten Reformers Wärmeströme im Brennkraftsystms optimal nutzbar und Druckanforderungen zugleich bestens erfüllbar sind. Durch die AGR-Anordnung kann die thermische Energie des Abgases auf effektive Weise für den Reformierungsvorgang genutzt werden. Durch die Anordnung von zwei Reformern lässt sich der Reformierungsvorgang entsprechend energiesparend durchführen. Damit kann der Gesamtwirkungsgrad dem mit der AGR-Anordnung ausgestatteten Brennkraftsystms erhöht sowie eine entsprechende Kraftstoffeinsparung erzielt werden.

Das Brennkraftsystms ist insbesondere als Otto-Motoranordnung ausgebildet, welche beispielsweise mit Benzin als Kraftstoff betrieben werden kann.

Als Brennstoff wird jedoch vorzugsweise Ethanol oder ein Ethanol-Wasser-Gemisch verwendet. Aus diesem kann durch den Reformer u. a. Wasserstoff und Methan gewonnen werden. D.h., das Reformat weist ein Wasserstoff und Methan enthaltendes Gemisch auf. Wasserstoff und Methan können bevorzugt über den Rezirkulationsabschnitt dem Verbrennungsmotor zugeführt und dort direkt verbrannt werden. Der Brennstoff oder Kraftstoff ist insbesondere flüssig. Die Begriffe Brennstoff und Kraftstoff werden hier synonym verwendet.

Unter einer AGR-Anordnung ist eine Abgasrückführanordnung zum Rückführen von Abgas aus dem Verbrennungsmotor zurück in den Verbrennungsmotor zu verstehen. Die AGR-Anordnung kann sämtliche Funktionsbauteile umfassen, die für eine gattungsgemäße Abgasrückführung erforderlich sind. Unter dem Brennkraftsystms ist insbesondere ein mobiles Brennkraftsystms für ein Kraftfahrzeug, insbesondere

ein Straßenfahrzeug, zu verstehen. Die AGR-Anordnung lässt sich jedoch auch stationär, beispielsweise in einem Kraftwerk mit geeignetem Brennkraftsystem verwenden.

Die AGR-Anordnung bzw. der Rezirkulationsabschnitt kann an zwei unterschiedlichen Orten wieder vor bzw. beim Brennstoffeinlass wieder zurückgeführt werden: Entweder stromaufwärts oder stromabwärts einer Turbine, anhängig davon, ob das rezyklierte Gas bereits einen hohen oder einen niedrigen Druck aufweist. Hierfür ist bevorzugt eine Steuereinrichtung in der AGR-Anordnung angeordnet, über welche einer der beiden Wege ansteuerbar ist.

Der erste Reformer ist für die Reformierung von einem Abgas/Brennstoff-Gemische vorzugsweise katalytisch beschichtet, insbesondere als katalytischer Reformer ausgestaltet. Der erste Reformer kann einen Plattenwärmetauscher aufweisen oder als Reformer-Plattenwärmetauscher ausgestaltet sein. Damit kann der Reformer platzsparend und zugleich großflächig zum Reformieren des Abgas/Brennstoff-Gemisches genutzt werden. Dabei sind die Platten des Reformer-Plattenwärmetauscher katalytisch beschichtet.

Grundsätzlich können der erste und der zweite Reformer auch als zwei Teile eines gemeinsamen Reformers ausgebildet sein.

Der Verdampfer ist insbesondere als Verdampfer-Wärmetauscher und zum Verdampfen von flüssigem Kraftstoff ausgebildet.

Es ist von Vorteil, wenn der zweite Reformer als Reformer-Wärmetauscher ausgebildet ist, wobei eine erste Seite des zweiten Reformers mit der Abgasleitung und eine zweite Seite des Reformers mit dem Rezirkulationsabschnitt verbunden ist. Das heißt, das heiße Abgas wärmt den Reformer-Wärmetauscher auf, sodass das rezyklierte Abgas durch diese Wärmeenergie reformiert werden kann. Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, wenn der zweite Reformer einen Plattenwärmetauscher aufweist oder als Reformer-Plattenwärmetauscher ausgestaltet ist. Damit kann der Reformer platzsparend und zugleich großflächig zum Reformieren des Abgas/Brennstoff-Gemisches genutzt werden. Dabei sind die Platten des Reformer-Plattenwärmetauscher auf einer zweiten Seite katalytisch beschichtet, um das rezyklierte Abgas zu reformieren. Die zweite Seite ist dabei vorteilhaft in der AGR-Anordnung angeordnet oder zumindest mit dieser verbunden.

Bei einem Ausführungsbeispiel kann es vorteilhaft vorgesehen sein, wenn der zweite Reformer in der Abgasleitung angeordnet ist und der Rezirkulationsabschnitt der AGR-Anordnung durch die zweite Seite des zweiten Reformers führt. Stromaufwärts des zweiten Reformers führt der Rezirkulationsabschnitt insbesondere zum Verdampfer.

Vorteilhaft ist es dabei, wenn eine erste Seite des zweiten Reformers in der Abgasleitung angeordnet ist, wobei eine zweite Seite des zweiten Reformers mit dem Rezirkulationsabschnitt verbunden ist. Der als Reformer-Wärmetauscher ausgebildete zweite Reformer ist also derart im Brennkraftsystem angeordnet, dass Wärme zwischen der AGR-Anordnung und der Abgasleitung austauschbar sind. Das Abgas in der Abgasleitung wird nach dem Reformer-Wärmetauscher nach außen abgegeben oder durchströmt ein oder mehrere weitere Abgasnachbehandlungskomponenten. Stromaufwärts des Reformer-Wärmetauschers (zweiter Reformer) ist in der Abgasleitung zum Beispiel ein Katalysator angeordnet. In der Abgasleitung stromabwärts des zweiten Reformers können vorteilhaft noch weitere Abgasnachbehandlungselemente angeordnet sein bevor das Gas nach Außen in die Umgebung abgegeben wird.

Günstig ist es, wenn der zweite Reformer im Rezirkulationsabschnitt stromabwärts des ersten Reformers angeordnet ist, wobei der zweite Reformer mit der Abgasleitung verbunden ist. Das heißt, die zweite Seite des Reformer-Wärmetauschers ist in der AGR-Anordnung angeordnet. Das rückgeführte Abgas im Rezirkulationsabschnitt durchströmt folglich zuerst den ersten und dann den zweiten Reformer und wird durch die beiden Reformer stufenweise vollständig reformiert. Hierfür sind beide Reformer auf der AGR-Seite katalytisch beschichtet.

Günstigerweise ist eine Brennstoffleitung zum Zuführen von Brennstoff zum Verbrennungsmotor und zum Verdampfer vorgesehen. Durch die Brennstoffleitung ist Kraftstoff dem Verbrennungsmotor zuführbar. Vorteilhaft kann stromaufwärts des Verbrennungsmotors eine Abzweigung aus der Brennstoffleitung vorgesehen sein, über welche flüssiger Brennstoff dem Verdampfer zuführbar ist, um diesen im Verdampfer zu verdampfen. Der Verdampfer ist hierbei als Verdampfer-Wärmetauscher ausgebildet. Die zum Verdampfen notwendige Energie wird über das reformierte Abgas geliefert, welches über eine Warme Seite des Verdampfer-

Wärmetauschers geführt wird. Der Kraftstoff wird folglich der kalten Seite des Reformers zugeführt.

Zweckmäßig ist es, wenn stromaufwärts des ersten Reformers ein Mischer angeordnet ist, wobei zwischen dem Verdampfer und dem Mischer eine Dampfleitung zum Zuführen von verdampften Brennstoff zum Mischer vorgesehen ist. Der Verdampfer ist im Rezirkulationsabschnitt stromabwärts des zweiten Reformers angeordnet, um das reformierte Abgas dem Verdampfer zuzuführen. Durch das reformierte Abgas wird dann im Verdampfer der diesem zugeführte Brennstoff verdampft. Der dann gasförmige Brennstoff wird dem Mischer, welcher stromaufwärts des ersten Reformers im Rezirkulationsabschnitt angeordnet ist, zugeführt. Im Mischer wird der gasförmige Brennstoff mit dem Abgas welches der Abgasleitung entnommen wird, vermischt und dem ersten Reformer zugeführt, um eine Dampfreformierung durchzuführen. Dadurch lässt sich die endotherme Reaktion im Katalysator mit ausreichend Energie versorgen und diese läuft stabiler ab, wodurch in weiterer Folge ein Effekt der Energierückgewinnung maximiert ist. Weiters kann die Menge an reformiertem Kraftstoff über den Reformer durch Energiezufuhr erhöht werden. Dadurch lässt sich der Wasserstoffanteil weiter erhöhen und die Effizienz der gesamten Motoranordnung wird gesteigert. Im Rahmen der Erfindung hat sich herausgestellt, dass Prozesse in einem Reformer durch eine Ausbildung und Anordnung eines Katalysators unmittelbar beeinflusst werden können. Ein besonderer Effekt dabei ist, dass durch Reformierung des Kraftstoffes die Toleranz für AGR in der Motoranordnung erhöhbar ist. Dadurch ist eine Steigerung der AGR-Rate von in etwa der derzeitigen Grenze von 30 % auf bis zu 45 % möglich. In einem besonders günstigen Verfahren beträgt daher die AGR-Rate mehr als 30 % und bis zu 45 % und vorzugsweise zwischen 40 % und 45 %. Diese Erhöhung der AGR-Rate ist direkt von einer Menge an durch Reformierung erzeugten Wasserstoff abhängig. Die erfindungsgemäße Anordnung erlaubt durch die Nutzung der Systemwärme, dass genügend Kraftstoff zur Herstellung von Wasserstoff erzeugbar ist. Der Kraftstoff, welcher dem Katalysator zugeführt wird, liegt als gasförmiger Kraftstoff bzw. dampfförmiger Kraftstoff, beispielsweise in Form von gasförmigen Benzin oder Ethanol, vor. Durch die erfindungsgemäße Ausbildung der Motoranordnung wird folglich zum einen der Kraftstoff, welcher dem Reformer zugeführt wird, durch eine Steigerung des Heizwertes aufgewertet und zum anderen eine Konzentration von Wasserstoff verbessert.

Von Vorteil ist es, wenn eine Heizeinrichtung zum Heizen des Brennstoffs vorgesehen ist. Die Heizeinrichtung ist in der Brennstoffleitung angeordnet, wobei diese bevorzugt nur in jenem Teil der Brennstoffleitung angeordnet ist, welche Brennstoff dem Verdampfer zuführt. Dadurch hat der Brennstoff bei einem Eintritt in den Verdampfer bereits eine definierte Temperatur, sodass das Verdampfen effizienter durchführbar ist. Günstig ist es dabei, dass die notwendige Heizenergie für die Heizeinrichtung dem Verbrennungsmotor entnommen wird.

Es kann vorteilhaft eine Wasserleitung zum Zuführen von Wasser zum Verbrennungsmotor und gegebenenfalls zum Verdampfer vorgesehen sein. Für die Zuführung von Wasser zum Verbrennungsmotor ist insbesondere ein Injektor vorgesehen. Durch das Wasser kann die Verbrennung, insbesondere von Ethanol, verbessert und stabilisiert werden. Soll ein Rausen im Verdampfer verhindert oder zumindest vermindert werden, ist es günstig, wenn dem Verdampfer neben Brennstoff auch Wasser zugeführt wird. Grundsätzlich kann es auch vorteilhaft sein, wenn das Brennkraftsystem mit einem Ethanol-Wasser-Gemisch betrieben wird. Dabei ist dann keine eigene Wasserleitung mehr notwendig.

Zweckmäßig ist es, wenn stromabwärts des Verdampfers ein AGR-Kühler angeordnet ist. Stromabwärts des AGR-Kühlers wird der Rezirkulationsabschnitt wieder zum Verbrennungsmotor rückgeführt.

Günstig ist es, wenn die Abgasleitung zumindest einen insbesondere als Drei-Wege-Katalysator ausgebildeten Katalysator umfasst. Der Katalysator ist dabei insbesondere stromaufwärts des zweiten Reformers angeordnet. Besonders bevorzugt sind zwei Drei-Wege-Katalysatoren vorgesehen, welche in Strömungsrichtung in der Abgasleitung bevorzugt unmittelbar aneinander anschließen. Das Abgas stromabwärts der Katalysatoren hat jedoch noch genug Wärme, um das Katalysatormaterial im zweiten Reformer zu aktivieren, d. h. auf Betriebstemperatur zu bringen.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn der zweite Reformer auf beiden Seiten beschichtet ist, wobei die Beschichtungen unterschiedlich sind, wobei die erste Seite insbesondere als Drei-Wege-Katalysator ausgebildet ist. Hierfür ist der zweite Reformer mit Vorteil als Platten-Reformer-Wärmetauscher ausgebildet. Es kann also auf zumindest einen separaten Drei-Wege-Katalysator verzichtet werden. Die erste Seite ist hierfür mit einer typischen Beschichtung für einen 3-Wege-Katalysator wie

beispielsweise einem Aluminiumoxid mit Edelmetallen beschichtet. Die erste Seite des zweiten Reformers bildet also die warme Seite des dadurch ausgebildeten Reformer-Wärmetauschers. Die zweite Seite, welche die kalte Seite bildet, ist mit einem Katalysatormaterial zur Durchführung eines Reformierungsprozesses beschichtet. Der Reformer ist hierfür bevorzugt als Plattenwärmetauscher mit beidseitiger Beschichtung ausgebildet. Vorteilhaft ist dabei, dass die Reaktion in der ersten Seite exotherm und die Reaktion in der zweiten Seite endotherm abläuft, wodurch die Energie des Abgases direkt für die Reformierung nutzbar ist.

Günstig ist es, wenn der erste Reformer auf beiden Seiten beschichtet ist, wobei die Beschichtungen unterschiedlich sind, wobei eine erste Seite in der Abgasleitung angeordnet und insbesondere als Drei-Wege-Katalysator ausgebildet ist. Dadurch ist auch der erste Reformer als Reformer-Wärmetauscher ausgebildet. Der erste Reformer entspricht nun in all seinen Teilen und Funktionsweisen dem oben beschriebenen zweiten Reformer. Der erste Seite des ersten Reformers ist bevorzugt stromaufwärts der ersten Seite des zweiten Reformers in der Abgasleitung und die zweite Seite des ersten Reformers stromabwärts der zweiten Seite des zweiten Reformers in der AGR-Anordnung angeordnet. Es kann also auf beide regulären Drei-Wege-Katalysatoren verzichtet werden.

Eine Verwendung des erfindungsgemäßen Brennkraftsystems erfolgt mit Vorteil in einem Kraftfahrzeug.

Weitere Merkmale, Vorteile und Wirkungen ergeben sich aus den nachfolgend dargestellten Ausführungsbeispielen. In den Figuren, auf die dabei Bezug genommen wird, zeigt:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Brennkraftsystems;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Brennkraftsystems;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Brennkraftsystems;

Fig. 4 eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Brennkraftsystems;

Fig. 5 eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Brennkraftsystems;

Fig. 6 eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Brennkraftsystems.

Fig. 1 zeigt ein erfindungsgemäßes Brennkraftsystem 1 mit einem Verbrennungsmotor 2 einer Abgasleitung 3 und einer AGR-Anordnung 4. Die AGR-Anordnung 4 umfasst einen Rezirkulationsabschnitt 5, in welchem ein erster Reformer 7 und ein Verdampfer 8 angeordnet sind. Der Verdampfer 8 und der erste Reformer 7 sind über eine Dampfleitung 12 mittelbar miteinander verbunden, sodass gasförmiger Brennstoff in Richtung des ersten Reformers 7 geleitet werden kann. Die Dampfleitung führt nicht unmittelbar in den ersten Reformer 7, sondern in einem Mischer 11. Im Mischer 11 wird der gasförmige Brennstoff mit rezyklierten Abgas vermischt. Das rezyklierte Abgas wird stromabwärts des Verbrennungsmotors 2 der Abgasleitung 3 entnommen und in einem ersten Teil des Rezirkulationsabschnittes 5 zum Mischer 11 geführt. Stromabwärts des Mixers 11 wird das Gemisch aus rezyklierten Abgas und gasförmigen Brennstoff im ersten Reformer 7 zumindest teilweise reformiert, wofür der erste Reformer 7 eine katalytische Beschichtung aufweist.

Es ist weiter eine Brennstoffleitung 10 vorgesehen, welche Brennstoff von einem Brennstofftank K zum Verbrennungsmotor 2 und auch zum Verdampfer 8 führt. Der Brennstoff wird im Verdampfer 8 wie oben beschrieben verdampft und weiter verarbeitet. In der Brennstoffleitung 10 ist eine Heizeinrichtung 13 angeordnet, durch welcher der Brennstoff für den Verdampfer 8 vorab erwärmbar ist. Die Heizeinrichtung 13 kann wie durch den Doppelpfeil angedeutet in wärmeübertragendem Kontakt mit dem Verbrennungsmotor 2 stehen.

Die AGR-Anordnung 4 umfasst weiter einen AGR-Kühler 15, wobei der Rezirkulationsabschnitt 5 stromabwärts des AGR-Kühlers 15 wieder zu einem Brennstoffeinlass 6 geführt ist. Die Rückführung des rezyklierten Abgases in den Brennstoffeinlass 6 kann über zwei unterschiedliche Leitungen 23, 24 erfolgen, wofür insbesondere stromabwärts des AGR-Kühlers 15 eine nicht dargestellte Steuereinrichtung vorgesehen ist. Die erste Leitung 23 ist eine Niederdruckleitung und führt das rezyklierte Abgas stromaufwärts einer Turbine 19 mittelbar zum Brennstoffeinlass wieder in Richtung des Verbrennungsmotors 2. Die zweite Leitung

24 ist eine Hochdruckleitung und führt das rezyklierte Abgas stromabwärts der Turbine 19 insbesondere unmittelbar zum Brennstoffeinlass 6 wieder in Richtung des Verbrennungsmotors 2. Stromabwärts des Verbrennungsmotors 2 ist eine weitere Turbine 19 angeordnet, wobei die beiden Turbinen 19 insbesondere mechanisch miteinander verbunden sind. Stromaufwärts der ersten Turbine 19 ist eine Regeleinrichtung 20 für einen Luftstrom vorgesehen, über welche ein Kraftstoff/Luft-Verhältnis einstellbar und regelbar ist.

Das Brennkraftsystem 1 weist weiter einen zweiten Reformer 9 auf, welcher als Reformer-Wärmetauscher, insbesondere als Platten Reformer-Wärmetauscher ausgebildet ist. Folglich weist der zweite Reformer 9 eine erste, warme Seite auf, die in der Abgasleitung 3 angeordnet ist bzw. von Abgas durchströmt wird und eine zweite, kalte Seite auf, die im Rezirkulationsabschnitt 4 abgeordnet ist. Das rezyklierte Abgas strömt vom ersten Reformer 7 in die kalte Seite des zweiten Reformers 9, welche katalytisch beschichtet ist. Diese Beschichtung wird durch die Wärme des Abgases, welches über die erste Seite des zweiten Reformers 9 strömt, aktiviert, sodass das rezyklierte Abgas insbesondere vollständig reformiert werden kann. Das reformierte rezyklierte Abgas wird stromabwärts des zweiten Reformers 9 zum Verdampfer 8 geleitet, wo durch dieses Brennstoff wie oben beschrieben verdampft wird. Schließlich wird das rezyklierte Abgas über den AGR-Kühler 15 zurück zum Verbrennungsmotor 6 geführt.

Im Brennkraftsystem 1 sind neben den zwei Turbinen 19 weiter ein Drei-Wege-Katalysator 16 und weitere Elemente 18 zur Abgasnachbehandlung angeordnet. Über die erste Turbine 19 wird Luft von einem Lufttank L dem Verbrennungsmotor 2 zugeführt. Stromabwärts der weiteren Elemente 18 wird das Abgas in der Abgasleitung 3 nach Außen A an die Umgebung abgegeben.

In Fig. 2 ist eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Brennkraftsystems 1 gezeigt, wobei dieses in den meisten Teilen jenem in Fig. 1 entspricht, weshalb auf diese Ausführungen zu Elementen mit den selben Bezugszeichen größtenteils verzichtet wird. Zusätzlich ist bei diesem Brennkraftsystem 1 eine Wasserleitung 14 vorgesehen, über welche Wasser von einem Wassertank W zum Verbrennungsmotor geführt wird, um die Verbrennung zu stabilisieren. Optional kann die Wasserleitung 14 zusätzlich auch Wasser zum

Verdampfer 8 leiten (gestrichelte Linie), um ein Russen beim Verdampfen zu verhindern.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Brennkraftsystems 1. Jene Elemente, welche bei Fig. 1 bereits beschrieben wurden, werden hier nicht weiter beschrieben. Gemäß Fig. 3 ist der zweite Reformer 9 in der AGR-Anordnung 4 angeordnet. Ein Teil des Abgases in der Abgasleitung 3 wird in Richtung des zweiten Reformers 9 geleitet und dort zum Wärmeübertrag genutzt und anschließend wieder in die Abgasleitung 3 zurückgeführt (siehe Pfeile in Fig. 3). Dieses Brennkraftsystem 1 umfasst weiter zwei Drei-Wege-Katalysatoren 16, 17, wobei das Abgas stromabwärts beider Drei-Wege-Katalysatoren 16, 17 dem zweiten Reformer 9 zugeführt wird. Um einen Teil des Abgases in Richtung des zweiten Reformers 8 zu leiten ist ein passiver oder aktiver Strömungsteiler 21 vorgesehen. Ein zweiter aktiver oder passiver Strömungsteiler 22 ist stromabwärts des zweiten Reformers 9 vorgesehen, um die Teile des Abgases wieder zusammenzuführen.

Das Brennkraftsystem 1 gemäß Fig. 4 zeigt eine Variante gemäß Fig. 3, bei welcher ein Teil des Abgases stromaufwärts eines zweiten Drei-Wege-Katalysators 17 zum Reformer geführt und stromabwärts des zweiten Drei-Wege-Katalysators 17 wieder in die Abgasleitung 3 rückgeführt wird. Hierbei ist es günstig, wenn der zweite Reformer 9 auch auf der ersten Seite beschichtet ist, wobei dies eine zweite Drei-Wege-Katalysator-Beschichtung ist, sodass der zweite Drei-Wege-Katalysator 17 entsprechend klein ausgebildet sein kann.

In Fig. 5 ist eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Brennkraftsystems 1 gezeigt, wobei Elemente mit den gleichen Bezugszeichen wie in den vorherigen Figuren wieder nicht beschrieben werden. Der zweite Reformer 9 wird hier im Unterschied zu vorher vom gesamten Abgas in der Abgasleitung 3 durchströmt, wobei diese erste Seite des Reformer-Wärmetauschers derart beschichtet ist, dass diese selbst als Drei-Wege-Katalysator ausgebildet ist. Auf den zweiten Drei-Wege-Katalysator 17 kann folglich verzichtet werden. Die zweite Seite des Reformer-Wärmetauschers ist wieder als katalytischer Reformer ausgebildet. Die Reaktion in der ersten Seite des Reformer-Wärmetauschers ist exotherm und liefert Wärme für die endotherme Reaktion in der zweiten Seite des Reformer-Wärmetauschers. Der zweite Reformer 9 ist folglich als beidseitig beschichteter

Platten-Reformer-Wärmetauscher ausgebildet, wobei die sich die beiden Beschichtungen unterscheiden.

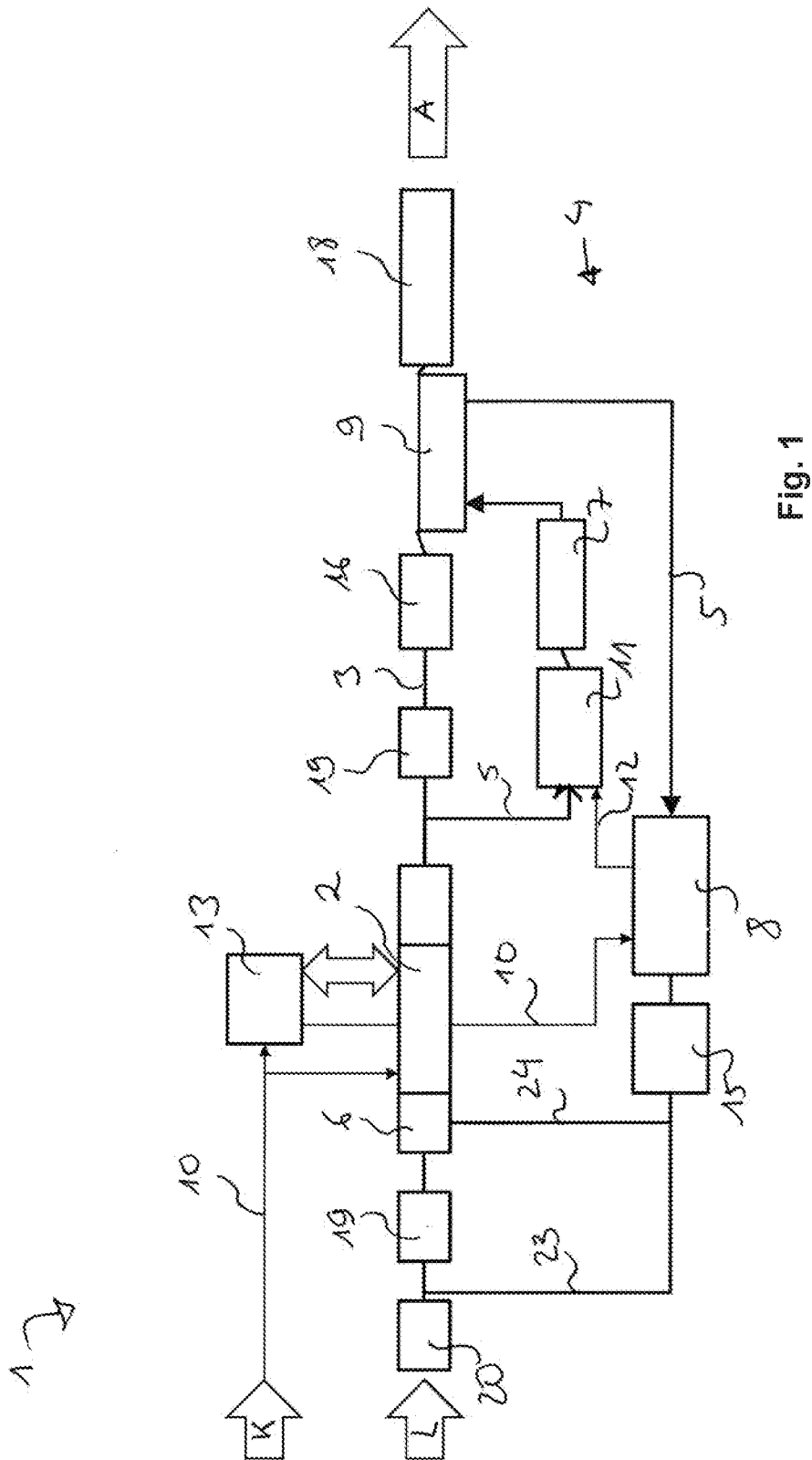
Fig. 6 zeigt eine Weiterentwicklung des Brennkraftsystems 1 gemäß Fig. 5. Hierbei ist auch der erste Reformer 7 als Reformer-Wärmetauscher ausgebildet und beidseitig beschichtet. Die erste Seite des ersten Reformers 7 wird vom Abgas durchströmt und funktioniert als Drei-Wege-Katalysator, wofür diese entsprechend beschichtet ist. Die zweite Seite des ersten Reformers 7 wird vom rezyklierten Abgas und gasförmigen Brennstoff durchströmt, welche dort reformiert werden, wofür diese Seite eine katalytische Beschichtung aufweist. Die Reaktion in der ersten Seiten des ersten Reformer-Wärmetauschers ist wieder exotherm und liefert Wärme für die endotherme Reaktion in der zweiten Seite des ersten Reformer-Wärmetauschers. Auf den zweiten Drei-Wege-Katalysator 16 kann verzichtet werden. Der erste Reformer 7 ist stromaufwärts des zweiten Reformers 9 angeordnet.

Insbesondere die beiden Ausführungen der Fig. 5 und 6 haben sich als vorteilhaft herausgestellt, weil dadurch einerseits eine Anzahl an Elementen im Brennkraftsystem 1 reduziert wird und andererseits Wärme des Brennkraftsystems 1 optimal nutzbar ist, ohne dass unterschiedlichen Druckanforderungen Schwierigkeiten verursachen.

Patentansprüche

1. Brennkraftsystem (1) mit einem Verbrennungsmotor (2), einer Abgasleitung (3) und einer AGR-Anordnung (4), die AGR-Anordnung (4) aufweisend einen Rezirkulationsabschnitt (5) zum Rückführen von Abgas aus der Abgasleitung (3) insbesondere in einen Brennstoffeinlass (6) des Verbrennungsmotors (2), wobei im Rezirkulationsabschnitt (5) ein erster Reformer (7) zum Reformieren von Brennstoff in Reformat und einen Verdampfer (8) zum Verdampfen von Brennstoff angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Reformer (9) vorgesehen ist.
2. Brennkraftsystem (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Reformer (9) als Reformer-Wärmetauscher ausgebildet ist, wobei eine erste Seite des zweiten Reformers (9) mit der Abgasleitung (3) und eine zweite Seite des Reformers (9) mit dem Rezirkulationsabschnitt (5) verbunden ist.
3. Brennkraftsystem (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Reformer (9) im Rezirkulationsabschnitt (5) stromabwärts des ersten Reformers (7) angeordnet ist, wobei der zweite Reformer (9) mit der Abgasleitung (3) verbunden ist.
4. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Brennstoffleitung (10) zum Zuführen von Brennstoff zum Verbrennungsmotor (2) und zum Verdampfer (8) vorgesehen ist.
5. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts des ersten Reformers (7) ein Mischer (11) angeordnet ist, wobei zwischen dem Verdampfer (8) und dem Mischer (11) eine Dampfleitung (12) zum Zuführen von gasförmigen Brennstoff zum Mischer (11) vorgesehen ist.
6. Brennkraftsystem (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Heizeinrichtung (13) zum Heizen des Brennstoffs vorgesehen ist.
7. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wasserleitung (14) zum Zuführen von Wasser zum Verbrennungsmotor (2) und gegebenenfalls zum Verdampfer (8) vorgesehen ist.

8. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts des Verdampfers ein AGR-Kühler (15) angeordnet ist.
9. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasleitung (3) zumindest einen insbesondere als Drei-Wege-Katalysator (16, 17) ausgebildeten Katalysator umfasst.
10. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Reformer (9) auf beiden Seiten beschichtet ist, wobei die Beschichtungen unterschiedlich sind, wobei eine erste Seite des zweiten Reformers (9) insbesondere als Drei-Wege-Katalysator (17) ausgebildet ist.
11. Brennkraftsystem (1) nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Reformer (7) auf beiden Seiten beschichtet ist, wobei die Beschichtungen unterschiedlich sind, wobei eine erste Seite des ersten Reformers (7) in der Abgasleitung (3) angeordnet und insbesondere als Drei-Wege-Katalysator (16) ausgebildet ist.
12. Verwendung eines Brennkraftsystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11 in einem Kraftfahrzeug.



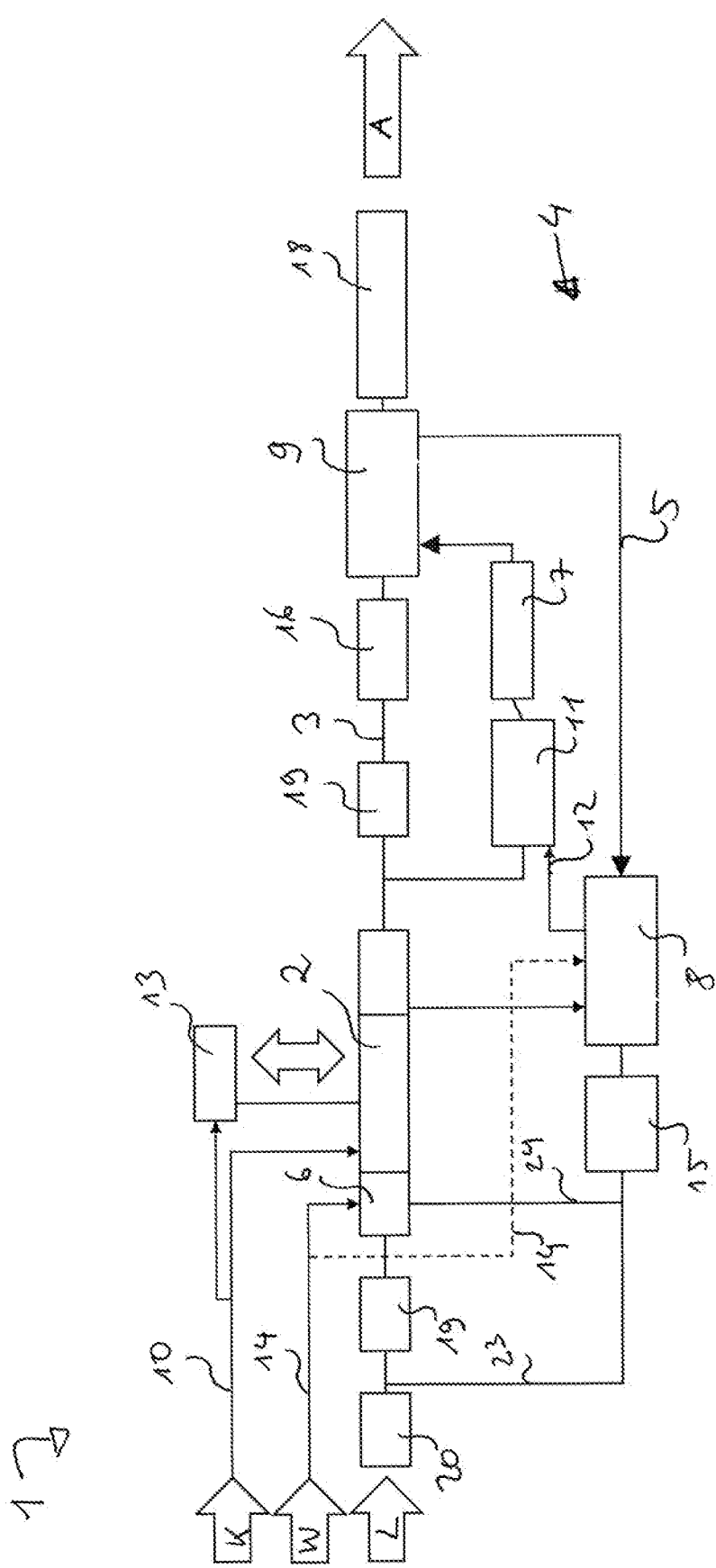


Fig. 2

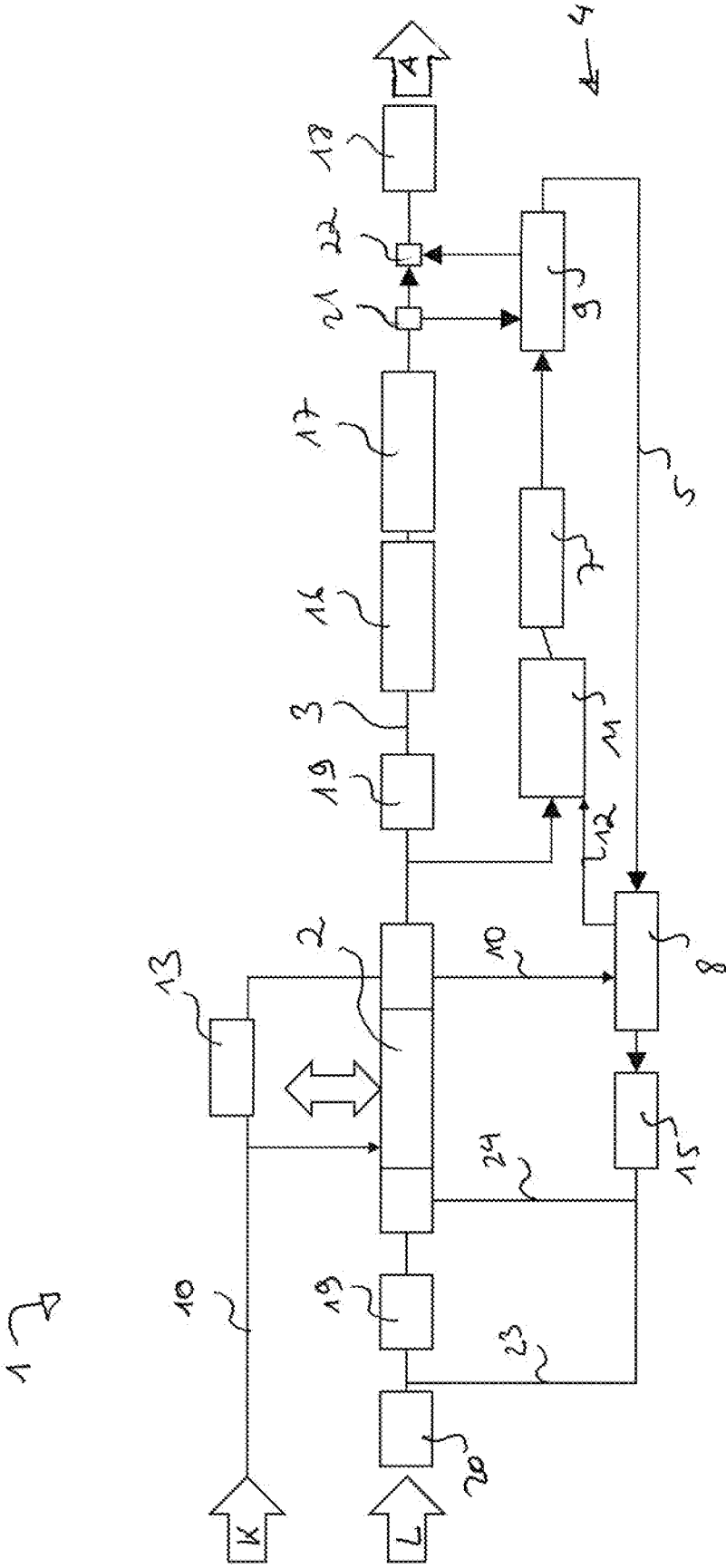
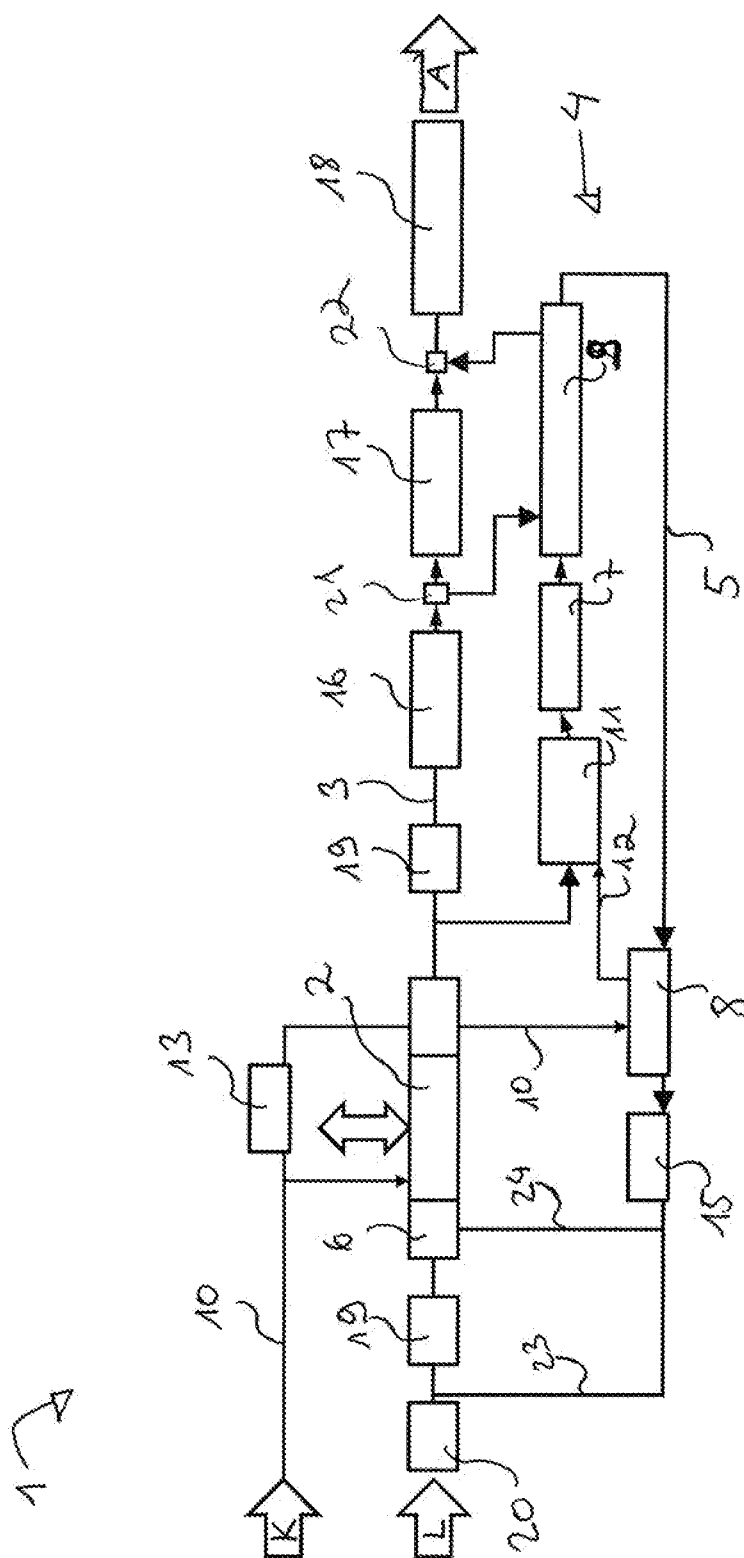


Fig. 3



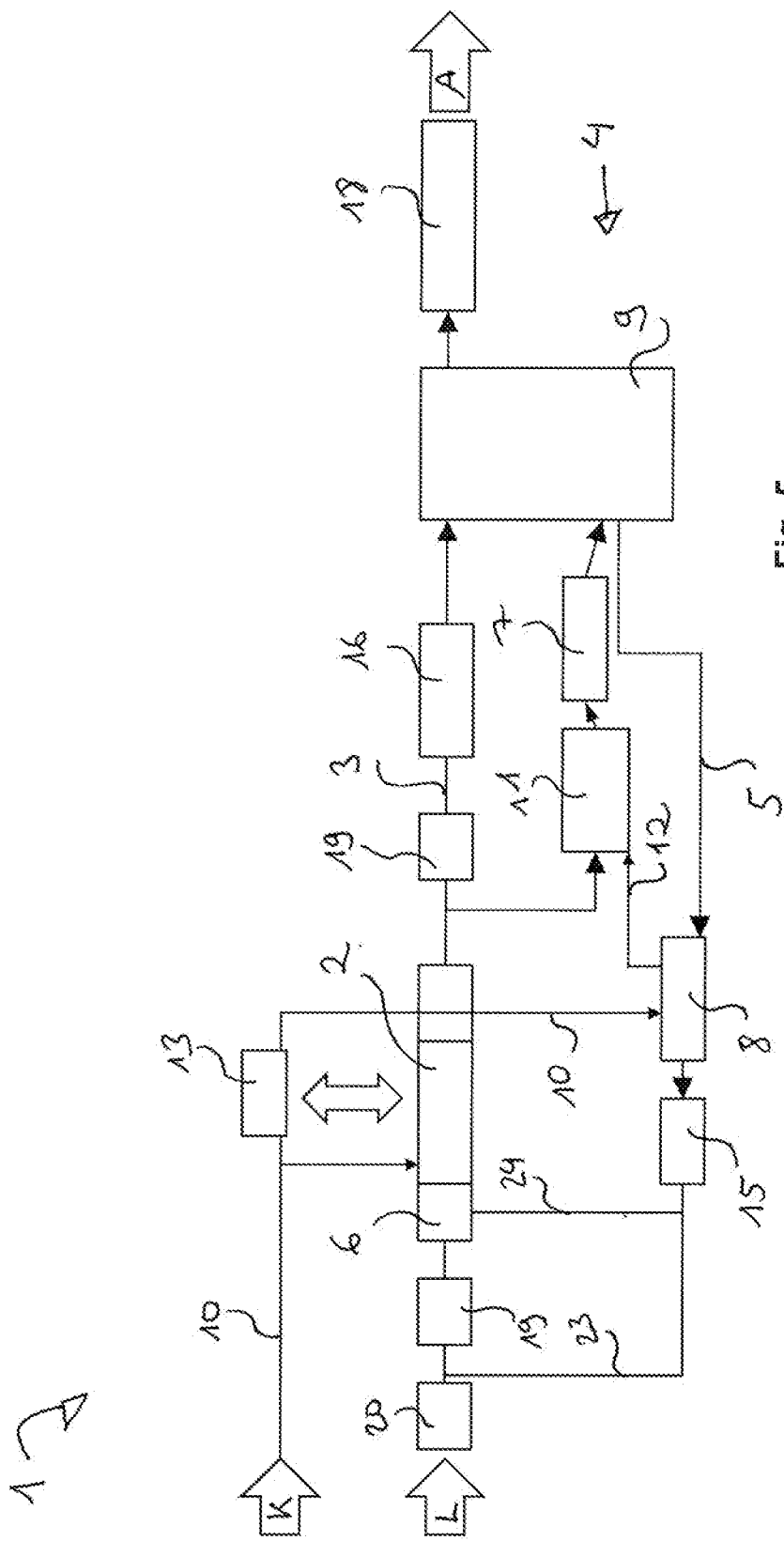


Fig. 5

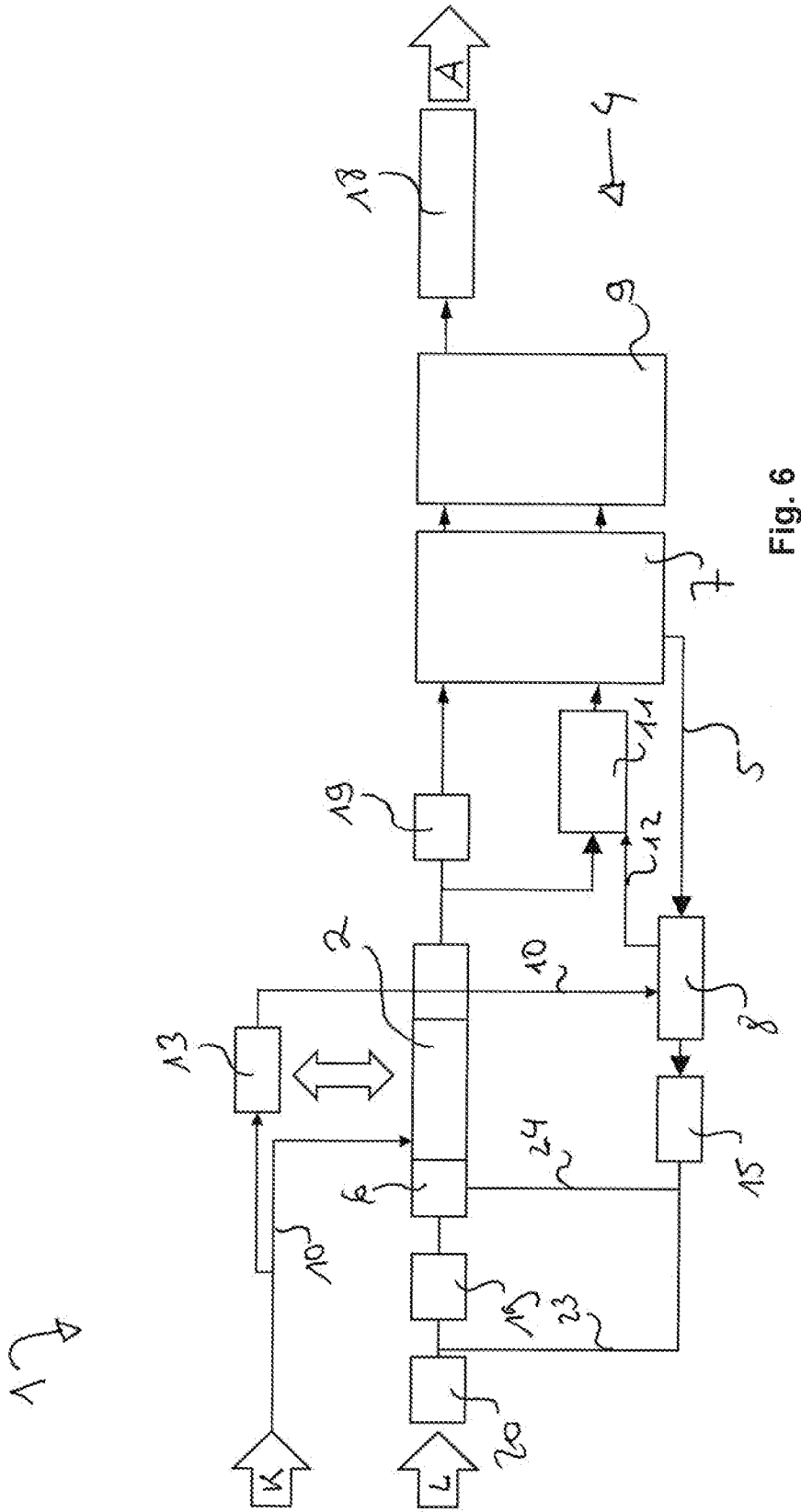


Fig. 6

Patentansprüche

1. Brennkraftsystem (1) mit einem Verbrennungsmotor (2), einer Abgasleitung (3) und einer AGR-Anordnung (4), die AGR-Anordnung (4) aufweisend einen Rezirkulationsabschnitt (5) zum Rückführen von Abgas aus der Abgasleitung (3) insbesondere in einen Brennstoffeinlass (6) des Verbrennungsmotors (2), wobei im Rezirkulationsabschnitt (5) ein erster Reformer (7) zum Reformieren von Brennstoff in Reformat und einen Verdampfer (8) zum Verdampfen von Brennstoff angeordnet ist, wobei ein zweiter Reformer (9) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Reformer (9) auf beiden Seiten beschichtet ist, wobei die Beschichtungen unterschiedlich sind, wobei eine erste Seite des zweiten Reformers (9) als Drei-Wege-Katalysator (17) ausgebildet ist.
2. Brennkraftsystem (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Reformer (9) als Reformer-Wärmetauscher ausgebildet ist, wobei eine erste Seite des zweiten Reformers (9) mit der Abgasleitung (3) und eine zweite Seite des Reformers (9) mit dem Rezirkulationsabschnitt (5) verbunden ist.
3. Brennkraftsystem (1) nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zweite Reformer (9) im Rezirkulationsabschnitt (5) stromabwärts des ersten Reformers (7) angeordnet ist, wobei der zweite Reformer (9) mit der Abgasleitung (3) verbunden ist.
4. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine Brennstoffleitung (10) zum Zuführen von Brennstoff zum Verbrennungsmotor (2) und zum Verdampfer (8) vorgesehen ist.
5. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass stromaufwärts des ersten Reformers (7) ein Mischer (11) angeordnet ist, wobei zwischen dem Verdampfer (8) und dem Mischer (11) eine Dampfleitung (12) zum Zuführen von gasförmigen Brennstoff zum Mischer (11) vorgesehen ist.
6. Brennkraftsystem (1) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass eine Heizeinrichtung (13) zum Heizen des Brennstoffs vorgesehen ist.
7. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Wasserleitung (14) zum Zuführen von Wasser zum Verbrennungsmotor (2) und gegebenenfalls zum Verdampfer (8) vorgesehen ist.

8. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass stromabwärts des Verdampfers ein AGR-Kühler (15) angeordnet ist.
9. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Abgasleitung (3) zumindest einen insbesondere als Drei-Wege-Katalysator (16, 17) ausgebildeten Katalysator umfasst.
10. Brennkraftsystem (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Reformer (7) auf beiden Seiten beschichtet ist, wobei die Beschichtungen unterschiedlich sind, wobei eine erste Seite des ersten Reformers (7) in der Abgasleitung (3) angeordnet und insbesondere als Drei-Wege-Katalysator (16) ausgebildet ist.
11. Verwendung eines Brennkraftsystems (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 in einem Kraftfahrzeug.