

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50145/2018
(22) Anmeldetag: 15.02.2018
(43) Veröffentlicht am: 15.11.2019

(51) Int. Cl.: **F02M 26/36** (2016.01)
F02M 27/02 (2006.01)
F02G 5/02 (2006.01)
F02M 25/025 (2006.01)
F02M 25/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP 2013231360 A
DE 112015005943 T5
EP 2048339 A1
WO 2009107454 A1
WO 03050402 A1
DE 202017004842 U1
WO 2007057720 A1

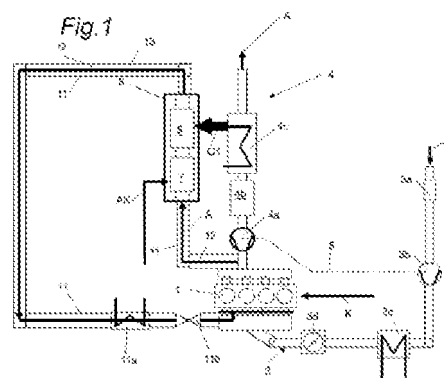
(71) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)
FCA FIAT CHRYSLER AUTOMÓVEIS BRASIL
LTDA.
CEP 32669-900 BETIM - MG (BR)

(72) Erfinder:
Certic Marko Dipl.Ing.
8051 Graz (AT)
Kapus Paul Dr.
8111 Judendorf (AT)
Reissig Michael Dipl.Ing. (FH)
8073 Seiersberg (AT)
Santos Rafael
01551-000 São Paulo (BR)
Hindi Gustavo
30360-260 Belo Horizonte (BR)

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

(54) **MOTORANORDNUNG UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN**

(57) Die Erfindung betrifft eine Motoranordnung und ein dazugehöriges Verfahren mit einem Verbrennungsmotor (1), der mit einem Einlassstrang (3) und einem Abgasstrang (4) strömungsverbunden ist, wobei eine AGR-Leitung (11) zur Rückführung von Abgas (A) in den Einlassstrang (3) vorgesehen ist, und wobei die Motoranordnung einen Reformer (6) zur Dampfreformierung mit einem Katalysator (8) und einem Verdampfer (7) aufweist, wobei der Katalysator (8) derart in der AGR-Leitung (11) angeordnet ist, dass reformierter Kraftstoff gemeinsam mit rückgeführtem Abgas in den Verbrennungsmotor (1) geleitet wird. Aufgabe der Erfindung ist es die Vorgänge im Reformer (6) zu verbessern und somit die Effizienz zu steigern. Dies wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zumindest ein Wärmetauscher (4c) vorgesehen ist, wobei zumindest der Katalysator (8) des Reformers (6) über den zumindest einen Wärmetauscher (4c) durch das Abgas (A) des Verbrennungsmotors (1) erwärmt ist.



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

Die Erfindung betrifft eine Motoranordnung und ein dazugehöriges Verfahren mit einem Verbrennungsmotor (1), der mit einem Einlassstrang (3) und einem Abgasstrang (4) strömungsverbunden ist, wobei eine AGR-Leitung (11) zur Rückführung von Abgas (A) in den Einlassstrang (3) vorgesehen ist, und wobei die Motoranordnung einen Reformer (6) zur Dampfreformierung mit einem Katalysator (8) und einem Verdampfer (7) aufweist, wobei der Katalysator (8) derart in der AGR-Leitung (11) angeordnet ist, dass reformierter Kraftstoff gemeinsam mit rückgeführtem Abgas in den Verbrennungsmotor (1) geleitet wird. Aufgabe der Erfindung ist es die Vorgänge im Reformer (6) zu verbessern und somit die Effizienz zu steigern. Dies wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zumindest ein Wärmetauscher (4c) vorgesehen ist, wobei zumindest der Katalysator (8) des Reformers (6) über den zumindest einen Wärmetauscher (4c) durch das Abgas (A) des Verbrennungsmotors (1) erwärmt ist.

Fig. 1

Die Erfindung betrifft eine Motoranordnung mit einem Verbrennungsmotor, der mit einem Einlassstrang und einem Abgasstrang strömungsverbunden ist, wobei eine AGR-Leitung zur Rückführung von Abgas in den Einlassstrang vorgesehen ist, und wobei die Motoranordnung einen Reformer zur Dampfreformierung mit einem Katalysator und einem Verdampfer aufweist, wobei der Katalysator derart in der AGR-Leitung angeordnet ist, dass reformierter Kraftstoff gemeinsam mit rückgeführtem Abgas in den Verbrennungsmotor geleitet wird.

Weiters betrifft die Erfindung ein dazugehöriges Verfahren zum Betreiben einer Motoranordnung mit einem Verbrennungsmotor, der von einem Einlassstrang versorgt wird und einen Abgasstrang zur Leitung von Abgasen aufweist, wobei Abgase von dem Abgasstrang mit einer AGR-Leitung in den Einlassstrang rückgeführt werden und Kraftstoff in einem Reformer reformiert wird und dabei dieser Kraftstoff von einem Verdampfer verdampft wird und anschließend in einem Katalysator des Reformers katalytisch reformiert wird.

Solche Verfahren und die dazugehörige Vorrichtung sind aus dem Stand der Technik bekannt. Üblicherweise wird 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 wird eine Brenngeschwindigkeit und/oder Brenndauer und die Stabilität der Verbrennung in den Zylindern zu erhöht und eine Dauer der Einspritzung wird reduziert. Bei aus dem Stand der Technik bekannten Motoranordnungen 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.

Unter AGR versteht sich in Zusammenhang mit der gegenständlichen Erfindung eine Einrichtung zur Abgasrückführung (auch EGR: Exhaust Gas Recirculation).

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es die Vorgänge im Reformer zu verbessern und somit eine Steigerung der Effizienz zu maximieren.

Diese Aufgabe wird durch eine eingangs erwähnte Motoranordnung erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zumindest ein Wärmetauscher vorgesehen ist, wobei zumindest der Katalysator des Reformers über den zumindest einen Wärmetauscher durch das Abgas des Verbrennungsmotors erwärmt ist.

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.

Vorteilhaft ist es, wenn der Abgasstrang mit dem Verdampfer und/oder zumindest dem Katalysator des Reformers zum Wärmeaustausch verbunden ist, wobei der Wärmetauscher im Abgasstrang angeordnet ist. Der zumindest eine Wärmetauscher ist insbesondere im Abgasstrang angeordnet, wobei Abgas über eine warme Seite des Wärmetauschers geführt wird. Die kalte Seite des Wärmetauschers ist mit dem Reformer bzw. Katalysator und/oder dem Verdampfer zum Wärmeübertrag auf diese Elemente verbunden. Der Reformierungsprozess im Reformer bzw. Katalysator ist endotherm, das heißt eine Temperatur sinkt in Strömungsrichtung über eine Länge des Katalysators. Dies wird erwartet und ist sogar erwünscht: je weiter die Temperatur absinkt, umso besser ist eine Effizienzsteigerung. Deshalb ist es von Vorteil, dass der stromabwärtige Teil des Katalysators durch einen Wärmeübertrag mehr geheizt wird.

Dabei ist es insbesondere von Vorteil, dass die Wärme des Abgases zum großen Teil oder nahezu vollständig genutzt wird, um zumindest die Reformierung zu optimieren. Ein typischer Katalysator funktioniert erst ab einer Temperatur im Bereich von etwa 300 °C bis 450 °C, insbesondere von 350 °C bis 400 °C, das heißt, dass auch eine Reformierung von Brennstoff erst ab einer solchen Temperatur erfolgen kann. Um Brennstoff oder ein Wasser-Brennstoff-Gemisch vollständig oder nahezu vollständig zu reformieren, sind Temperaturen von bis zu etwa 950 °C notwendig. Um den Reformierungsprozess optimieren zu können, das heißt so viel Wasserstoff wie möglich zu erzeugen, ist es folglich notwendig hohe Temperaturen im Reformer zu erzeugen. Entgegen zu aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen reicht hierzu eine Temperatur des rückgeführten Abgases jedoch nicht aus. Dieses tritt zwar mit einer Temperatur von etwa 600 °C in die AGR-Leitung ein, kühlt jedoch spätestens im Reformer auf etwa 400 °C ab. Besonders vorteilhaft ist es, wenn der im Abgasstrang angeordnete Wärmetauscher ausschließlich den Reformer mit dem Katalysator erwärmt bzw. auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur bringt.

Erfindungsgemäß kann die AGR-Leitung zwei AGR-Teilleitungen umfassen. Dabei bildet eine erste AGR-Teilleitung jenen Teil, über welchen rückgeführtes Abgas in den Verdampfer oder in den Reformer geleitet wird. Die erste AGR-Teilleitung ist stromaufwärts des Verdampfers oder des Reformers angeordnet. Eine zweite AGR-Teilleitung ist stromabwärts des Reformers angeordnet. In dieser wird sowohl rückgeführtes Abgas als auch verdampfter und reformierter Brennstoff bzw. ein

verdampftes oder reformiertes Wasser-Brennstoff-Gemisch in den Verbrennungsmotor rückgeführt. Ist der Wärmetauscher im Abgasstrang ausschließlich zur Erwärmung des Reformers bzw. Katalysators angeordnet und/oder ausgebildet, kann es günstig sein, wenn ein weiterer Wärmetauscher vorgesehen ist. Dieser kann günstigerweise mit einer warmen Seite in der zweiten AGR-Teilleitung, also stromabwärts des Reformers angeordnet sein und ist zum Wärmeübertrag auf den Verdampfer ausgebildet. Der Verdampfer benötigt nicht so hohe Betriebstemperaturen, abhängig von einem zu verdampfenden Brennstoff oder Wasser-Brennstoff-Gemisch, wie der Reformer, weshalb der Wärmeübertrag aus der AGR-Leitung ausreicht. Somit kann die gesamte Wärme aus dem Abgasstrang zum Katalysator des Reformers übertragen werden. Grundsätzlich kann es jedoch auch günstig sein, wenn sowohl der im Abgasstrang angeordnete Wärmetauscher als auch der weitere Wärmetauscher Wärme auf den Verdampfer überträgt. Durch die Nutzung der Abwärme des Abgases oder des rückgeführten Gases in der AGR-Leitung wird das aus dem Verdampfer austretende Gas – also auch am Eintritt in den Katalysator – auf einer maximal möglichen Temperatur gehalten. Dadurch ist eine Energierückgewinnung maximiert.

Erfindungsgemäß kann es auch günstig sein, wenn der Verdampfer in der AGR-Leitung stromabwärts des Katalysators angeordnet ist. Dies ist insbesondere von Vorteil, da dann der Verdampfer nicht oder nur gering beheizt werden muss, da eine Temperaturdifferenz negativ ist. Grundsätzlich kann es auch vorgesehen sein, dass rückgeführtes Abgas zu einem Teil zum Katalysator und zu einem anderen Teil zum Verdampfer geleitet wird.

Günstig ist es, wenn der Verdampfer mit einer Kraftstoffquelle strömungsverbunden ist, wobei dem Verdampfer ein Anteil eines Kraftstoffes (AK) zuführbar ist. Insbesondere werden dem Verdampfer etwa 15 % bis 35 %, bevorzugt etwa 20 % bis 30 %, besonders bevorzugt 25 % oder 30 %, einer gesamten Kraftstoffmenge zugeführt. Folglich reduziert sich die Kraftstoffmenge, welche dem Verbrennungsmotor direkt zugeführt wird, um diesen Betrag. Vorteilhaft kann es sein, wenn zumindest ein Ventil zur Steuerung einer Kraftstoffzuführung zum Verdampfer vorgesehen ist. Im Verdampfer wird der Kraftstoff insbesondere vollständig oder nahezu vollständig verdampft, sodass der Kraftstoff stromabwärts des Verdampfers gasförmig ist und dieser dem Reformer und/oder Katalysator zuführbar ist. Zusätzlich kann es vorteilhaft sein, wenn eine Temperatur des

gasförmigen Kraftstoffes vor oder im Katalysator noch weiter erhöht wird. Der gasförmige Kraftstoff wird überhitzt, wofür insbesondere ein Überhitzer angeordnet ist.

Um den Verdampfungsprozess oder eine Dampfreformierung zu optimieren, kann es vorgesehen sein, dass der Verdampfer mit einer Wasserquelle strömungsverbunden ist, sodass Wasser und Kraftstoff als Kraftstoff-Wasser-Gemisch gemeinsam verdampfbar sind. Somit ist die Dampfreformierung weiter optimiert, da dadurch mehr Dampf mit ausreichender Temperatur in der AGR-Leitung vorhanden ist, weshalb mehr Wasserstoff am Ausgang des Reformers erzeugbar ist, wodurch eine Effizienz weiter gesteigert ist. Dadurch sind auch Nachteile, welche mitunter bei einem Verdampfungsprozess und/oder Reformierungsprozess auftreten, wie insbesondere Rußbildung, vermieden. Günstig ist es, wenn Kraftstoff und Wasser in einem vorbestimmten Verhältnis und/oder zu vorbestimmten Zeitpunkten miteinander vermischt werden. Dabei kann entweder vorgesehen sein, dass der Brennstoff und das Wasser stromaufwärts miteinander vermischt werden oder dass diese getrennt voneinander in den Verdampfer eingeführt werden.

Es ist vorteilhaft, wenn der Verdampfer derart baulich getrennt vom Reformer mit dem Katalysator angeordnet ist, dass diese in unterschiedlichen Leitungen angeordnet sind. Nichtsdestotrotz ist es vorteilhaft, wenn der Verdampfer und der Katalysator in einer gemeinsamen Hülle oder Mantel angeordnet sind, was als Reformer bezeichnet wird. Dabei ist insbesondere eine Zuführleitung zum Leiten von verdampften Kraftstoff oder von verdampften Kraftstoff-Wasser-Gemisch zum Reformer vorgesehen.

Besonders vorteilhaft ist es dabei, wenn der Reformer mit dem Katalysator in der AGR-Leitung angeordnet ist, jedoch der Verdampfer nicht in der AGR-Leitung angeordnet ist. Wichtig ist jedoch, dass der Verdampfer bezüglich der Kraftstoffzuführung stromaufwärts des Reformers angeordnet ist. Stromabwärts des Verdampfers wird dann der verdampfte Kraftstoff oder das verdampfte Kraftstoff-Wasser-Gemisch in die AGR-Leitung oder unmittelbar in den in dieser AGR-Leitung angeordneten Verdampfer mit dem Katalysator eingeleitet.

Es kann jedoch auch günstig sein, wenn der Reformer mit dem Katalysator und der Verdampfer in der AGR-Leitung angeordnet sind. Dabei ist der Reformer mit dem

Katalysator stromabwärts des Verdampfers angeordnet, wobei sowohl Kraftstoff, eventuell Wasser als auch rückgeführtes Wasser sowohl den Verdampfer als auch den Reformer durchströmen. Hierfür kann es grundsätzlich auch vorgesehen sein, dass der Verdampfer und der Reformer mit dem Katalysator als ein gemeinsames Bauteil ausgebildet sind oder in einer gemeinsamen Hülle angeordnet sind, sprich der Reformer umfasst einen Katalysator und einen Verdampfer. Dabei ist es insbesondere nicht notwendig, den Verdampfer über einen eigenen Wärmeübertrag aufzuheizen. Eine Temperatur des rückgeführten Abgases in der AGR-Leitung reicht in der Regel aus, um den dem Verdampfer zugeführten Brennstoff zu verdampfen. Im Gegenteil ein Wärmetausch zwischen einem im Abgasstrang angeordneten Verdampfer und einem in der AGR-Leitung angeordneten Verdampfer würde zu einem Wärmeübertrag vom Verdampfer bzw. dem Brennstoff zum Wärmetauscher bzw. Abgasstrang führen, da das Abgas in der Regel eine geringere Temperatur aufweist als das rückgeführte Abgas.

Bei allen Ausführungsformen ist es zweckmäßig, wenn der Reformer mit dem Katalysator als katalytisch beschichteter Reformer ausgebildet ist. Dabei ist der Reformer zumindest teilweise mit einem katalytischen Material beschichtet. Es sind dadurch weniger Bauteile notwendig, wodurch Platz in der gesamten Motoranordnung einsparbar ist. Das katalytische Material ermöglicht die Reformierung des Brennstoffes oder des Wasser-Brennstoff-Gemisches.

Vorteilhaft ist es, wenn ein AGR-Kühler mit dem Verdampfer zum Wärmeaustausch verbunden ist, wobei der AGR-Kühler in der AGR-Leitung in Strömungsrichtung nach dem Reformer angeordnet und als weiterer Wärmetauscher ausgebildet ist. Dabei ist die Wärme des AGR-Kühlers insbesondere unmittelbar zum Erhitzen des Verdampfers nutzbar. Der AGR Kühler bildet dabei mit Vorteil den oben angeführten weiteren Wärmetauscher, wodurch kein eigenes Bauteil notwendig ist. Der AGR-Kühler ist in der zweiten AGR-Teilleitung angeordnet.

Es ist weiterhin von Vorteil, wenn der zumindest eine Wärmetauscher zum Wärmeaustausch mit dem Katalysator des Reformers und/oder dem Verdampfer ausgebildet und in Strömungsrichtung nach zumindest einer Vorrichtung zur Abgasreinigung im Abgasstrang angeordnet ist. Das heißt, der Wärmetauscher wird in Strömungsrichtung als letztes Element vom Abgas durchströmt. Es ist also die

gesamte Wärme des Abgases zur Erhitzung des Reformers, Katalysators oder Verdampfers nutzbar, bevor diese an die Umgebung abgegeben wird.

Günstig ist es, wenn eine Kraftstoffleitung in Strömungsrichtung nach dem Verdampfer im Reformer in die AGR-Leitung einmündet, sodass Abgas und verdampfter Kraftstoff vermischt werden. Das heißt, dass über die Kraftstoffleitung stromaufwärts des Verdampfers diesem Kraftstoff zugeführt wird und stromabwärts des Verdampfers verdampfter Kraftstoff mit rückgeführtem Abgas vermischt und dem Reformer, welcher in der AGR-Leitung angeordnet ist, zugeführt werden. Es kann jedoch auch vorgesehen sein, dass die Kraftstoffleitung und die AGR-Leitung stromaufwärts des Verdampfers zusammengeführt sind. Dabei wird das rückgeführte Abgas mit dem Kraftstoff zusammen verdampft und anschließend reformiert.

Erfindungsgemäß kann der Verbrennungsmotor als Millermotor oder Atkinsonmotor ausgeführt sein. Besonders günstig ist es, wenn dieser als Millermotor ausgeführt ist. Simulationen haben gezeigt, dass eine besondere Wirkungsgradsteigerung für die Motoranordnung erreicht werden kann, wenn der erfindungsgemäße Verbrennungsmotor nach dem Miller-Zyklus arbeitet, das heißt, dass Einlassventile des Verbrennungsmotors früh im Einlass-Takt schließen und das geometrische Verdichtungsverhältnis von Motor zwischen 11 und 14, insbesondere zwischen 12 und 13, besonders bevorzugt bei etwa 11, 5, liegt. Die erfindungsgemäße Motoranordnung ist insbesondere in einem Millermotor vorteilhaft. Bei einer Verwendung von Ethanol als Brennstoff kann das Verdichtungsverhältnis bei etwa 15 liegen. Dabei wird durch die Beimischung von Wasserstoff zum rückgeführten Abgas eine AGR-Rate besonders deutlich erhöht. Unter einem Atkinsonmotor wird im Rahmen der Erfindung ein Motor verstanden, welcher in einem Zyklus arbeitet, in welchem die Einlassventile spät schließen, wohingegen unter einem Millermotor ein Motor mit früh schließenden Einlassventilen verstanden wird. Durch die Anwendung einer erfindungsgemäßen Motoranordnung in einem Millermotor kann den Anforderungen, wonach ein Millerzyklus eine geometrische Verdichtung verlangt, entsprochen werden. Durch die Reformierung in Kombination mit einer gekühlten AGR-Leitung ist eine weitere Steigerung der Verdichtung möglich und sinnvoll.

Mit diesen Simulationen konnte auch gezeigt werden, dass es besonders günstig für den Wirkungsgrad ist, wenn der Verbrennungsmotor eine Wassereinspritzung aufweist, die als Saugrohreinspritzung, als Direkteinspritzung in einen Brennraum oder als Wassereinspritzung in die AGR-Leitung ausgeführt ist.

Um den Wirkungsgrad weiter zu steigern, ist es günstig, wenn im Abgasstrang eine Turbine angeordnet ist, die vorzugsweise vor der Vorrichtung zur Abgasreinigung angeordnet ist.

Um den Drucklevel im Abgas für den Reformer zu halten, ist es günstig, wenn die AGR-Leitung vor der Turbine vom Abgasstrang abzweigt.

Diese besondere Motoranordnung lässt sich idealerweise mit Ethanol oder Benzin als Kraftstoff umsetzen. Ein Teil davon, günstigerweise etwa 30 %, wird dann wie oben beschrieben verdampft und katalytisch reformiert.

Das weitere Ziel wird erreicht, wenn bei einem eingangs erwähnten Verfahren zumindest der Katalysator des Reformers vom Abgas des Verbrennungsmotors erwärmt wird.

Beim erfindungsgemäßen Verfahren ist es insbesondere von Vorteil, dass die Wärme des Abgases genutzt wird, um zumindest den Reformer mit Katalysator auf eine vorbestimmte Betriebstemperatur zu erhitzen. Dadurch wird nicht nur Energie, welche üblicherweise unnötigerweise an die Umgebung abgegeben wird, durch zumindest einen Wärmeübertrag genutzt. Sondern ein Reformierungsprozess wird derart optimiert, dass so viel Wasserstoff erzeugt wird, um extrem hohe AGR-Raten zu erzielen.

Alle zur Motoranordnung angeführten Effekte, Wirkungen und Vorteile treffen auch auf das erfindungsgemäße Verfahren zu, weshalb auf eine Wiederholung derselben größtenteils verzichtet wird.

Um genügend Reaktionspartner für den Kraftstoff bereitzustellen, ist es günstig, wenn der Verdampfer des Reformers mit einer Wasserquelle verbunden ist, sodass Wasser und Kraftstoff im Verdampfer gemeinsam verdampft werden und in einem dazugehörigen Verfahren anschließend gemeinsam in den Verbrennungsmotor

geleitet werden. Dadurch lässt sich der Anteil an Wasserstoff im reformierten Gas deutlich erhöhen.

Der Reformer ist in der AGR-Leitung angeordnet und im dazugehörigen Verfahren wird ein Teil des Abgases über die AGR-Leitung in den Reformer geleitet und das Abgas wird nach dem Verdampfer mit verdampftem Kraftstoff vermischt und der Katalysator des Reformers wird zu einem Teil über die Wärme des Abgases in der AGR-Leitung erwärmt. Um den Katalysator jedoch auf eine Betriebstemperatur zu bringen, bei welcher genügend Kraftstoff reformiert wird, um genügend Wasserstoff bereitzustellen, wird zumindest der Kraftstoff, welcher dem Verdampfer und dem Katalysator zugeführt wird, zumindest vor einem Eintritt in den Katalysator des Reformers über eine kalte Seite eines im Abgasstrang angeordneten Wärmetauschers geführt. Verfahrensmäßig ist folglich vorgesehen, dass das rückgeführte Abgas in der AGR-Leitung stromaufwärts des in der AGR-Leitung angeordneten katalytisch beschichteten Reformers über den im Abgasstrang angeordneten Wärmetauscher geführt wird. Dabei wird die Wärme des Abgases auf das rückgeführte Abgas übertragen, wodurch in weiterer Folge der katalytisch beschichtete Reformer auf eine notwendige Betriebstemperatur gebracht wird. Zusätzlich kann es auch günstig sein, wenn der Teil des Kraftstoffes, welcher dem Verdampfer zugeführt wird, stromaufwärts des Verdampfers ebenfalls über den Wärmetauscher geführt wird. Hierfür kann der Wärmetauscher als 3-Wege-Wärmetauscher ausgebildet sein. Der durch diese Wärme verdampfte Kraftstoff wird anschließend im warmen Katalysator reformiert. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass der Kraftstoff, welcher dem Verdampfer zugeführt wird, stromabwärts des Verdampfers über einen weiteren Wärmetauscher geführt wird. Dieser weitere Wärmetauscher ist insbesondere in der AGR-Leitung stromabwärts des Reformers angeordnet und als AGR-Kühler ausgebildet.

Ein besonderer Nebeneffekt dabei ist, dass durch Reformierung des Kraftstoffes die Toleranz für AGR in der Motoranordnung erhöht wird. Dadurch ist eine Steigerung der AGR-Rate von in etwa 30 % die zurzeit eine obere Grenze darstellen, 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 %.

Um anhaftende Wärmen von Stellen zu nutzen, an denen sie unerwünscht sind, ist es günstig, wenn ein AGR-Kühler mit dem Verdampfer des Reformers zum

Wärmeaustausch verbunden ist und in einem vorteilhaften Verfahren ein AGR-Kühler einem Gas in der AGR-Leitung Wärme entzieht und die Wärme für den Verdampfer des Reformers genutzt wird. Der gleiche Effekt lässt sich erzielen, wenn der Abgasstrang mit dem Verdampfer zum Wärmeaustausch verbunden ist und wenn der Wärmetauscher im Abgasstrang dem Abgas im Abgasstrang Wärme entzieht und diese Wärme für den Katalysator und/oder für den Verdampfer genutzt wird.

Eine günstige Anordnung – vor allem zum Wärmeaustausch, um ein möglichst hohes Temperaturniveau zu erhalten - ergibt sich, wenn der AGR-Kühler (oder der Kühler) in der AGR-Leitung nach dem Reformer angeordnet ist.

Um den Vorgang der Reformierung des Kraftstoffes zu optimieren, ist in einer besonderen Ausführung vorgesehen, dass eine Kraftstoffleitung in Strömungsrichtung nach dem Verdampfer im Reformer in die AGR-Leitung einmündet, und in einem korrespondierenden Verfahren Abgas und verdampfter Kraftstoff vermischt werden. Dadurch wird der chemische Prozess im Katalysator besonders unterstützt und die chemische Umwandlung begünstigt.

Erfindungsgemäß kann es günstig sein, wenn eine AGR-Rate, eine Dosierung von Kraftstoff zum Motor und/oder zum Reformer (Verdampfer und/oder Katalysator), eine Lage (zeitlich in Motor-Zyklus) der Einspritzung, Einstellungen an einem Turbolader (waste gate oder VTG-Stellung) und/oder eine Anwendung von Sekundärluft derart optimiert werden, dass ein schnelles Aufwärmen des Reformers sichergestellt ist. Dabei sind auch Strategien möglich, die keine Steigerung von Effizienz an sich bedeuten oder sogar eine Effizienz des Systems für die Dauer von entsprechenden Anwendung (Verbrennungskraftmaschine und Reformer) verschlechtern. Vorteil davon ist jedoch, dass eine Anwendungszeit eines solchen Spezialbetriebes mit der schlechteren Effizienz relativ kurz ist und danach ein Betrieb mit einer Effizienzsteigerung uneingeschränkt möglich ist. Ähnliche Strategien sind auch zum Erhalten einer Betriebstemperatur des Reformers anwendbar Reformer wenn der Motor schon in Betrieb ist. Grundsätzlich sind solche Strategien auch mit aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren zum Heizen eines Katalysators in einem Ottomotor kombinierbar.

Simulationen haben gezeigt, dass eine besondere Wirkungsgradsteigerung für die Motoranordnung erreicht werden kann, wenn der Verbrennungsmotor als

Millermotor ausgeführt ist und nach dem Miller-Zyklus arbeitet, das heißt, dass Einlassventile des Verbrennungsmotors früh im Einlass-Takt schließen.

Ein ähnlicher Effekt entsteht bei einer bevorzugten Ausführungsform, bei der der Verbrennungsmotor als Atkinsonmotor ausgeführt ist und nach dem Atkinson-Zyklus arbeitet und Einlassventile des Verbrennungsmotors spät im Einlass-Takt schließen.

Mit diesen Simulationen konnte auch gezeigt werden, dass es besonders günstig für den Wirkungsgrad ist, wenn der Verbrennungsmotor eine Wassereinspritzung aufweist, die als Saugrohreinspritzung, als Direkteinspritzung in einen Brennraum oder als Wassereinspritzung in die AGR-Leitung ausgeführt ist.

Diese besondere Motoranordnung und das Verfahren lassen sich idealerweise mit Ethanol oder Benzin als Kraftstoff umsetzen und diese reformiert werden.

Ein optimal ausführbares Verfahren ergibt sich, wenn ein Teil des Kraftstoffes direkt in den Verbrennungsmotor eingespritzt wird und wenn der Anteil des Kraftstoffes, der über den Reformer geleitet wird, bis zu 30 % beträgt und zumindest ein Teil des restlichen Kraftstoffes direkt in den Verbrennungsmotor eingeleitet wird.

In weiterer Folge wird die Erfindung anhand der nicht einschränkenden Figuren näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Motoranordnung in einer ersten Ausführung;

Fig. 2 eine erfindungsgemäße Motoranordnung in einer zweiten Ausführung;

Fig. 3 eine erfindungsgemäße Motoranordnung in einer dritten Ausführung;

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Motoranordnung in einer vierten Ausführung; und

Fig. 5 einen Reformer der ersten, zweiten, dritten und der vierten Ausführung in einer schematischen Darstellung.

Eine erfindungsgemäße Motoranordnung in einer ersten Ausführung, wie in Fig. 1 gezeigt, weist prinzipiell einen Verbrennungsmotor 1 auf, der mit Kraftstoff K

versorgt wird. Zur Verbrennung wird Ladeluft L über einen Einlassstrang 3 in den Verbrennungsmotor 1 befördert. Der Einlassstrang 3 weist in der gezeigten Ausführung einen Heißfilm-Luftmassenmesser 3a, einen Verdichter 3b einen Ladeluftkühler 3c und ein Ventil 3d auf, die in der genannten Reihenfolge von der Ladeluft L durchströmt werden und so zum Verbrennungsmotor 1 gelangen.

Abgas A aus dem Verbrennungsmotor 1 wird über einen Abgasstrang 4 abtransportiert. Der Abgasstrang 4 weist in der gezeigten Ausführung eine Turbine 4a, eine Vorrichtung zur Abgasreinigung 4b und eine Vorrichtung zum Wärmeaustausch 4c auf, die nacheinander von Abgas A durchströmt werden und nacheinander im Abgasstrang 4 angeordnet sind. Die Turbine 4a und der Verdichter 3b sind mechanisch miteinander verbunden durch beispielsweise eine Welle 5, die strichliert in Fig. 1 dargestellt ist. Diese Baugruppe mit Turbine 4a, Verdichter 3b und der mechanischen Verbindung durch die Welle 5 stellt einen typischen Abgasturbolader dar.

Zusätzlich zu diesen Komponenten ist ein Reformer 6 vorgesehen, der einen Verdampfer 7 und einen Katalysator 8 aufweist. Weiters ist eine AGR-Leitung 11 zur Rückführung des Abgases A von dem Abgasstrang 4 in den Einlassstrang 3 vorgesehen. In der AGR-Leitung 11 sind der Reformer 6 ein AGR-Kühler 11a und ein AGR-Ventil 11b angeordnet. Das Abgas A strömt in den Reformer 6 und durchläuft den Katalysator 8. Ein Anteil AK des Kraftstoffes 2 (mit oder vorzugsweise ohne zusätzlich beigemischtes Wasser) der bis zu 30 % des insgesamt in den Verbrennungsmotor 1 zu diesem Zeitpunkt eingespritzten Kraftstoffes, wird ebenfalls in den Reformer 6 geleitet. Dabei durchläuft dieser Anteil AK des Kraftstoffes den Verdampfer 7, verdampft hier und wird anschließend dem Abgas A der AGR-Leitung 11 beigemischt. Dieses Gemisch wird in den Katalysator 8 geführt und durchläuft eine chemische Reaktion. Das reformierte Gas G, das den reformierten Kraftstoff enthält, wird in der AGR-Leitung 11 weiter durch den AGR-Kühler 11a geführt und gekühlt und der Massenstrom des reformierten Gases G wird durch das AGR-Ventil gesteuert. Anschließend strömt das reformierte Gas G in den Einlassstrang 3 und wird der Ladeluft L beigemengt und in den Verbrennungsmotor 1 geleitet.

Diese Motoranordnung verwendet eine kombinierte Methode zur zusätzlichen Erwärmung des Katalysators 8 durch das Abgas A in der AGR-Leitung 11 und durch

die Wärme des Abgases A im Abgasstrang 4: Durch die Vorrichtung zum Wärmeaustausch 4c wird Wärme Q1 vom Abgas A auf den Katalysator 8 übertragen und eine endotherme Reaktion wird durch die zusätzliche Wärme Q1 unterstützt. Der Katalysator 8 wird somit erwärmt und eine ablaufende chemische Reaktion im Katalysator 8 mit zusätzlicher Energie versorgt.

Günstigerweise beträgt die Menge des Kraftstoffes K, der über den Reformer 6 mit oder ohne Wasser reformiert wird, bis zu 30 %. Der Anteil des Kraftstoffes K der direkt in den Verbrennungsmotor 1 eingespritzt wird ohne einer vorhergehenden Reformierung beträgt somit mehr als 70 %.

Die AGR-Leitung 11 weist eine erste AGR-Teilleitung 12 und eine zweite AGR-Teilleitung 13 auf. Über die erste AGR-Teilleitung 12 wird rückgeführtes Abgas A in den Reformer 6 geleitet. Die erste AGR-Teilleitung 12 ist stromaufwärts des Reformers 6 angeordnet. Die zweite AGR-Teilleitung 13 ist stromabwärts des Reformers 6 angeordnet. In dieser wird sowohl rückgeführtes Abgas A als auch verdampfter und reformierter Brennstoff bzw. ein verdampftes oder reformiertes Wasser-Brennstoff-Gemisch in den Verbrennungsmotor 1 rückgeführt.

In weiterer Folge werden Bauteile gleicher Funktion mit gleichen Bezugszeichen versehen und nur die Unterschiede der einzelnen Ausführungen zueinander erläutert.

In Fig. 2 ist eine zweite Ausführung der Motoranordnung zur Reformierung des Kraftstoffes K gezeigt, die eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrades erwirkt. Dabei ist wie in der ersten Ausführung eine Vorrichtung zum Wärmeaustausch 4c im Abgasstrang 4 vorgesehen. Diese ist ebenfalls nach der Vorrichtung zur Abgasreinigung 4b angeordnet. Außerdem ist in dieser Ausführung der Reformer 6 ebenfalls wie in der ersten Ausführung in der AGR-Leitung 11 angeordnet.

Dabei wird der Katalysator 8 über die Vorrichtung zum Wärmeaustausch 4c mit der zusätzlichen Wärme Q1 und über die Wärme des Abgases A in der AGR-Leitung 11 erwärmt.

Eine weitere Verbesserung kann erzielt werden, wenn auch der AGR-Kühler 11a zur Wärmezufuhr für den Reformer 6 dient. Dabei wird ein zweiter Wärmestrom Q2 vom AGR-Kühler 11a zum Verdampfer 7 geführt und die Wärme des Wärmestroms

Q2 zur Verdampfung des Kraftstoffes AK verwendet. Ein dritter Wärmestrom Q3 wird von der Vorrichtung zum Wärmeaustausch 4c ebenfalls zum Verdampfer 7 des Reformers 6 geleitet und zur Verdampfung des Kraftstoffes AK verwendet.

Es sind ebenfalls Ausführungen möglich bei denen der zweite Wärmestrom Q2 oder der dritte Wärmestrom Q3 nicht für den Verdampfer genutzt wird.

In Fig. 3 ist eine dritte Ausführung gezeigt, in denen die Massenströme aus der ersten AGR-Teilleitung 12 und der Kraftstoffleitung in anderer Weise zusammentreffen: Die erste AGR-Teilleitung 12 führt das Abgas in den Katalysator 8. Der Anteil des Kraftstoffes AK wird im Verdampfer 7 verdampft und in die erste AGR-Teilleitung 12 eingeleitet. Im Katalysator 8 werden diese beiden Stoffe gemeinsam reformiert und über die zweite AGR-Teilleitung 13 durch das EGR-Ventil 11b und anschließend über den AGR-Kühler 11a als reformiertes Gas G geführt. Das reformierte Gas G gibt Wärme Q2 im AGR-Kühler 11a an den Verdampfer 7 ab. Weiters wird der Verdampfer 7 über die Vorrichtung zum Wärmeaustausch 4c im Abgasstrang 4 mit Wärme Q2 versorgt. Dieser gibt auch Wärme Q1 an den Katalysator 8 ab.

Im Unterschied zu den ersten beiden Ausführungen sind AGR-Ventil 11b und EGR-Kühler 11a vertauscht in der EGR-Leitung 11 angeordnet.

In einer vierten Ausführung ist der Katalysator 8 zusätzlich als Wärmetauscher ausgeführt.

In Fig. 5 ist der Reformer 6 der ersten, zweiten, dritten und vierten Ausführung gezeigt. Der Reformer 6 weist den Katalysator 8 und den Verdampfer 7 auf. Der Katalysator 8 ist dabei als Wärmetauscher mit katalytischer Beschichtung ausgeführt.

Dabei führt der Abgasstrang 4 durch den Reformer 6 hindurch ohne in direkten Kontakt mit den Medien zur Reformierung zu gelangen. Es ist dabei zumindest eine Trennwand zwischen dem Abgas A im Abgasstrang 4 und den Medien zur Reformierung (dem Anteil des Kraftstoffes AK, dem Abgas A in der AGR-Leitung und dem reformierten Gas G) vorgesehen.

Das Abgas A des Abgasstranges 4 bildet die "warme Seite" des Wärmetauschers mit katalytischer Beschichtung, dem Katalysator 8 und erwärmt somit den Katalysator 8. Das Abgas A des Abgasstranges 4 strömt vom Katalysator 8 weiter in den Verdampfer 7 und die Wärme des Abgases A dient dort zur Verdampfung des Anteils AK des Kraftstoffes.

Die Anteil AK des Kraftstoffes wird von einer nicht näher gezeigten Kraftstoffquelle her in den Reformier 6 geleitet und dort im Verdampfer 7 verdampft. Nach dem Verdampfer 7 strömt verdampfter Kraftstoff VK in die AGR-Leitung 11 innerhalb des Reformers 6.

Weiters führt die AGR-Leitung 11 durch den Reformier 6 durch. Entlang der AGR-Leitung 11 innerhalb des Reformers 6 wird der verdampfte Kraftstoff VK mit dem Abgas A der AGR-Leitung 11 miteinander in einer Mischstrecke M vermischt.

Das vermischte Gas (verdampfter Kraftstoff VK mit Abgas A) strömt durch den als Wärmetauscher ausgebildeten Katalysator 8 und bildet die "kalte Seite" des Wärmetauschers und wird vom Abgas A im Abgasstrang 4 erwärmt.

Das reformierte Gas G strömt nach dem Katalysator 8 aus dem Reformier 6 aus und hat einen besseren kalorischen Wert und einen höheren Anteil an Wasserstoff und veränderte Konzentrationen der Komponenten im Vergleich zu der Zusammensetzung vor Durchströmung des Reformers 6.

Ein Reformier 6 der ersten Ausführung kann ganz ähnlich aufgebaut sein. Dabei fehlen die AGR-Leitung 11 und die Mischstrecke M und der Kraftstoff wird mit Wasser gemeinsam vom Verdampfer 7 zum Kondensator 8 geleitet, ohne vorherige Vermischung mit Abgas A.

Alle Ausführungen sind dazu vorgesehen mit Kraftstoff Benzin oder Ethanol betrieben zu werden und Wassereinspritzung ist in allen möglichen Variationen bei allen Variante möglich. Beimischung von Wasser ist in der ersten Ausführung zwingend notwendig, da sonst keine Reformierung des Kraftstoffes möglich ist. Bei den weiteren Ausführungen 2 bis 4 ist keine Beimengung von Wasser zum Kraftstoff notwendig.

Alle Ausführungen sind mit Verbrennungsmotoren mit früh schließenden Einlassventilen, als Millermotoren und mit Verbrennungsmotoren mit spät schließenden Einlassventilen, als Atkinsonmotoren verwendbar.

Durch Simulationen konnte festgestellt werden, dass bis zu 30 % des Kraftstoffes reformiert werden können. Und bei der dritten und vierten Ausführung die das kombinierte Verfahren anwenden ein Wärmerückgewinn von 13 % bis 15 % möglich ist, was zur Wirkungsgradsteigerung der Motoranordnung wesentlich beiträgt. Der an Bord eines Fahrzeuges gewonnene Wasserstoff kann bei diesen Ausführungen 0,4 kg/h erreichen, das entspricht einer Konzentration von bis zu 4,5 % im Brennraum des Verbrennungsmotors.

Zur Steigerung der Stabilität der Verbrennung kann in diesem Zusammenhang auch Extrem high tumble und Plasmazündung dienen.

Insgesamt konnte in der Simulation festgestellt werden, dass der Wirkungsgrad um 12 % gesteigert werden konnte, durch die Anwendung des kombinierten Verfahrens, wie in der dritten und vierten Ausführung beschrieben wurde.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Motoranordnung mit einem Verbrennungsmotor (1), der mit einem Einlassstrang (3) und einem Abgasstrang (4) strömungsverbunden ist, wobei eine AGR-Leitung (11) zur Rückführung von Abgas (A) in den Einlassstrang (3) vorgesehen ist, und wobei die Motoranordnung einen Reformer (6) zur Dampfreformierung mit einem Katalysator (8) und einem Verdampfer (7) aufweist, wobei der Katalysator (8) derart in der AGR-Leitung (11) angeordnet ist, dass reformierter Kraftstoff gemeinsam mit rückgeführtem Abgas in den Verbrennungsmotor (1) geleitet wird, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest ein Wärmetauscher (4c) vorgesehen ist, wobei zumindest der Katalysator (8) des Reformers (6) über den zumindest einen Wärmetauscher (4c) durch das Abgas (A) des Verbrennungsmotors (1) erwärmt ist.
2. Motoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgasstrang (4) mit dem Verdampfer (7) und/oder zumindest dem Katalysator (8) des Reformers (6) zum Wärmeaustausch verbunden ist, wobei der Wärmetauscher (4c) im Abgasstrang (4) angeordnet ist.
3. Motoranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer (7) mit einer Kraftstoffquelle strömungsverbunden ist, wobei dem Verdampfer (7) ein Anteil eines Kraftstoffes (AK) zuführbar ist.
4. Motoranordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer (7) mit einer Wasserquelle strömungsverbunden ist, sodass Wasser und Kraftstoff als Kraftstoff-Wasser-Gemisch gemeinsam verdampfbar sind.
5. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer (7) baulich getrennt vom Reformer (6) mit dem Katalysator (8) angeordnet ist, wobei insbesondere eine Zuführleitung zum Leiten von verdampften Kraftstoff oder von verdampften Kraftstoff-Wasser-Gemisch zum Reformer (6) vorgesehen ist.
6. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer (6) mit dem Katalysator (8) und der Verdampfer (7) in der AGR-Leitung (11) angeordnet sind.

7. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer (6) mit dem Katalysator (8) als katalytisch beschichteter Reformer ausgebildet ist.
8. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass ein AGR-Kühler (11b) mit dem Verdampfer (7) zum Wärmeaustausch verbunden ist, wobei der AGR-Kühler (11a) in der AGR-Leitung (11) in Strömungsrichtung nach dem Reformer (6) angeordnet und als weiterer Wärmetauscher ausgebildet ist.
9. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Wärmetauscher (4c) zum Wärmeaustausch mit dem Katalysator (8) des Reformers (6) und/oder dem Verdampfer (7) ausgebildet und in Strömungsrichtung nach zumindest einer Vorrichtung zur Abgasreinigung (4b) im Abgasstrang (4) angeordnet ist.
10. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kraftstoffleitung in Strömungsrichtung nach dem Verdampfer (7) im Reformer (6) in die AGR-Leitung (11) einmündet, sodass Abgas (A) und verdampfter Kraftstoff (VK) vermischt werden.
11. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor (1) als Millermotor oder Atkinsonmotor ausgeführt ist.
12. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor (1) eine Wassereinspritzung aufweist, die als Saugrohreinspritzung, als Direkteinspritzung in einen Brennraum oder als Wassereinspritzung in die AGR-Leitung (11) ausgeführt ist.
13. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass im Abgasstrang (4) eine Turbine (4a) angeordnet ist.
14. Motoranordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Turbine (4a) in Strömungsrichtung vor der Vorrichtung zur Abgasreinigung

- (4b) angeordnet ist, wobei insbesondere die AGR-Leitung (11) vor der Turbine (4a) vom Abgasstrang (4) abzweigt.
15. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass als Kraftstoff (K) Ethanol oder Benzin eingesetzt wird.
 16. Verfahren zum Betreiben einer Motoranordnung mit einem Verbrennungsmotor (1), der von einem Einlassstrang (3) versorgt wird und einen Abgasstrang (4) zur Leitung von Abgasen (A) aufweist, wobei Abgase (A) von dem Abgasstrang (4) mit einer AGR-Leitung (11) in den Einlassstrang (3) rückgeführt werden und Kraftstoff (K) von einem Verdampfer (7) verdampft und anschließend in einem Katalysator (8) eines Reformers (6), welcher in der AGR-Leitung angeordnet ist, katalytisch reformiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass zumindest der Katalysator (8) des Reformers (6) vom Abgas (A) des Verbrennungsmotors (1) erwärmt wird.
 17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass im Verdampfer (7) Wasser und Kraftstoff gemeinsam verdampft werden.
 18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des Abgases (A) über die AGR-Leitung (11) in den Reformer (6) geleitet wird und das Abgas (A) stromabwärts des Verdampfers (7) mit verdampftem Kraftstoff (VK) vermischt wird, wobei zumindest der Katalysator (8) des Reformers (6) über die Wärme des Abgases (A) in der AGR-Leitung (11) erwärmt wird.
 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass ein AGR-Kühler (11a) als weiterer Verdampfer ausgebildet ist und einem Gas in der AGR-Leitung (11) Wärme entzieht, wobei die Wärme zumindest für den Verdampfer (7) genutzt wird.
 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmetauscher (4c) dem Abgas (A) im Abgasstrang (4) Wärme entzieht und diese Wärme für den Katalysator (8) und/oder für den Verdampfer (7) genutzt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmeaustausch im Abgasstrang (4) stromabwärts einer Expansion durch eine Turbine (4a) und stromabwärts einer Abgasreinigung durch eine Vorrichtung zur Abgasreinigung (4b) durchgeführt wird.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kraftstoffleitung in den Verdampfer (7) geführt wird, um Kraftstoff zu verdampfen, wobei verdampfter Kraftstoff (VK) stromaufwärts des Reformers (6) in die AGR-Leitung (11) eingeleitet wird und Abgas (A) und verdampfter Kraftstoff (VK) vermischt, insbesondere zusammen reformiert, werden.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des Kraftstoffes (K) direkt in den Verbrennungsmotor (1) eingespritzt wird und dass der Anteil des Kraftstoffes (AK), der über den Reformer (6) geleitet wird, bis zu 30 % beträgt.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass im Reformer (6) als Kraftstoff (K, AK) Ethanol oder Benzin oder ein Ethanol-Wasser-Gemisch oder Benzin-Wasser-Gemisch reformiert wird.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor (1) als Millermotor nach dem Miller-Zyklus arbeitet, wobei Einlassventile des Verbrennungsmotors (1) früh schließen, oder als Atkinson-Zyklus arbeitet, wobei Einlassventile des Verbrennungsmotors (1) spät schließen.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 25, dadurch gekennzeichnet, dass in den Verbrennungsmotor (1) Wasser durch eine Wassereinspritzung eingespritzt wird, die als Saugrohreinspritzung, als Direkteinspritzung in einen Brennraum oder als Wassereinspritzung in die AGR-Leitung (11) arbeitet.
27. Verfahren nach einem der Ansprüche 16 bis 26, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des Abgases (A) in die AGR-Leitung (11) vor der Turbine (4a) vom Abgasstrang (4) geleitet wird.

Fig. 1

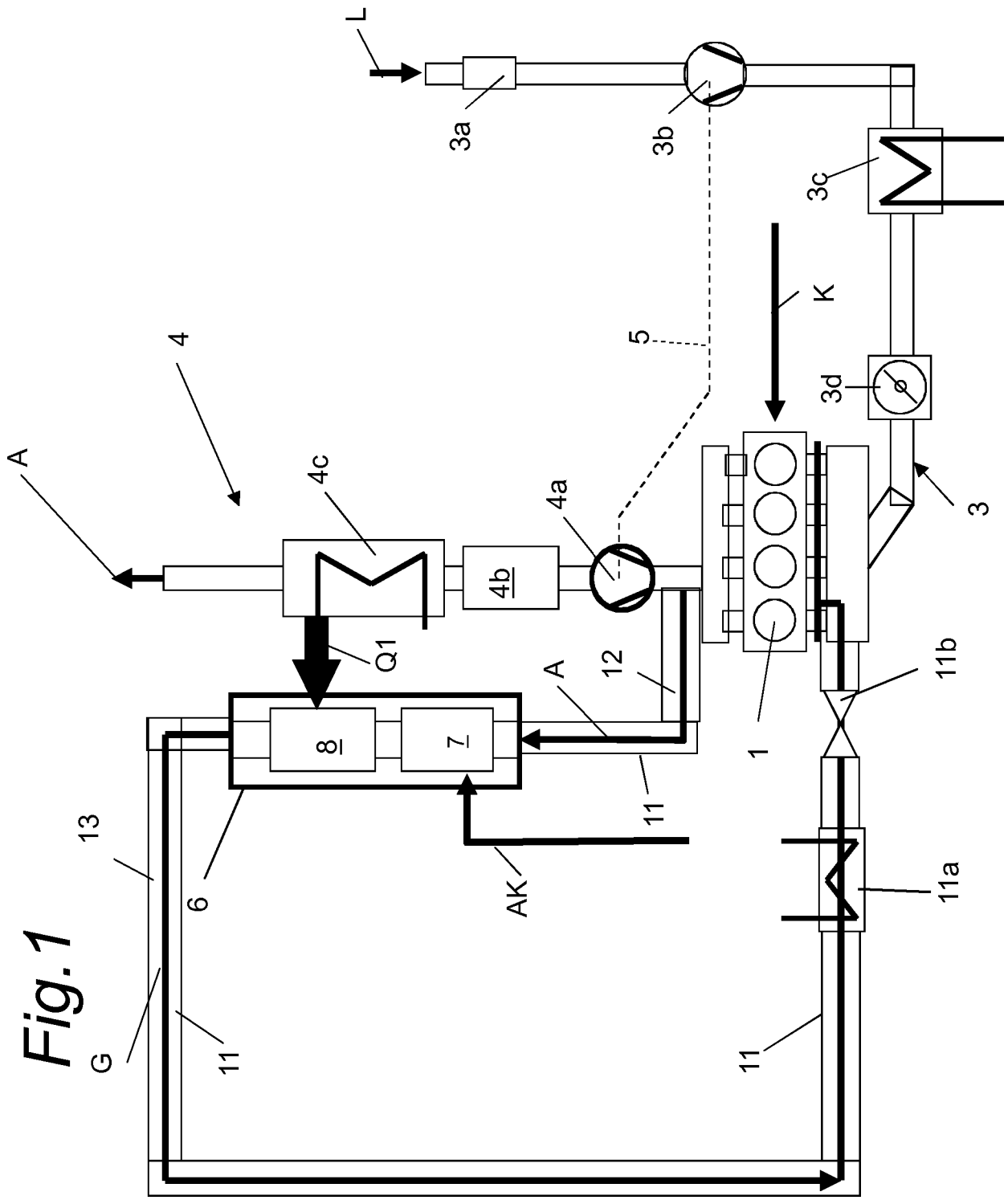


Fig. 2

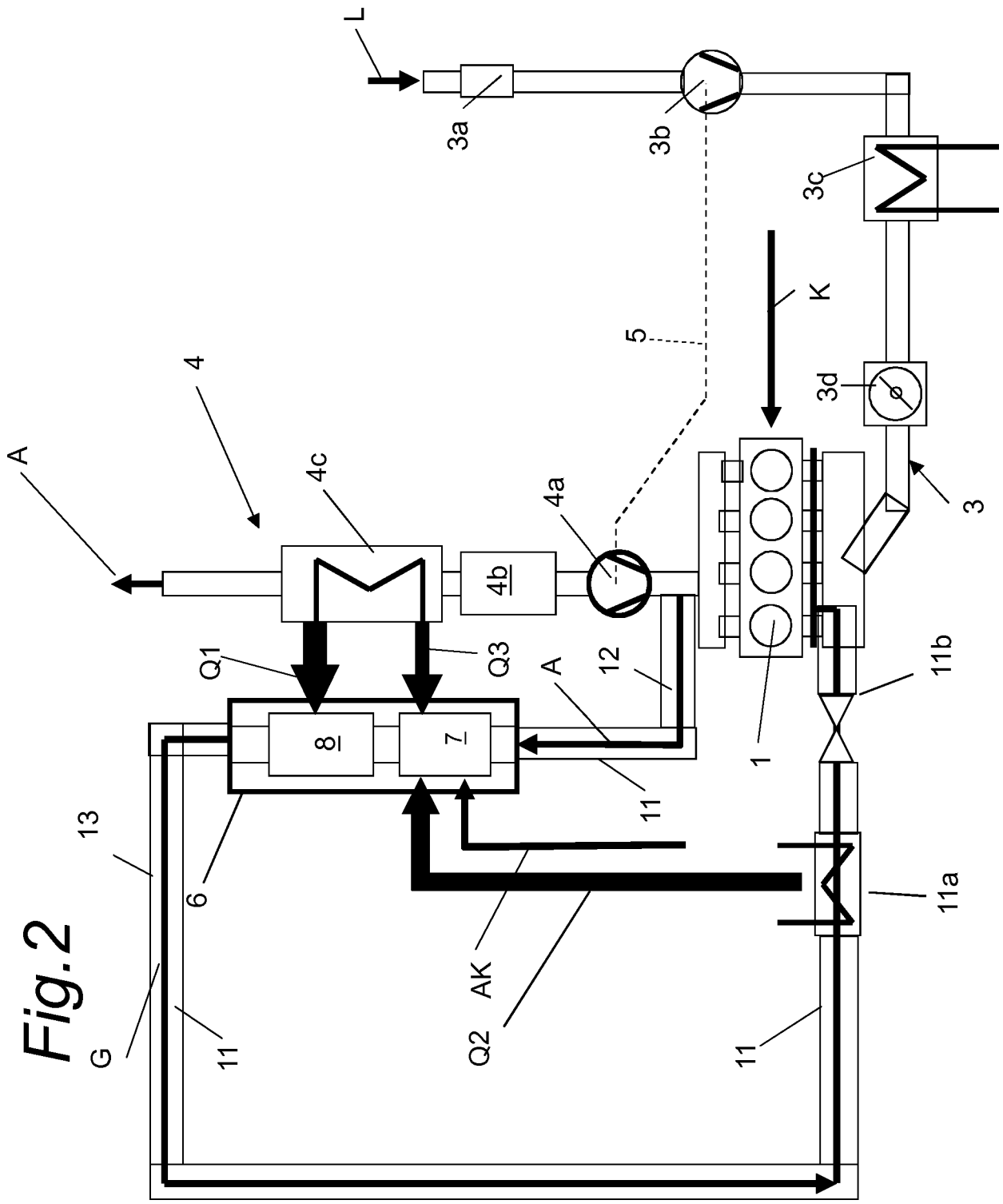


Fig. 3

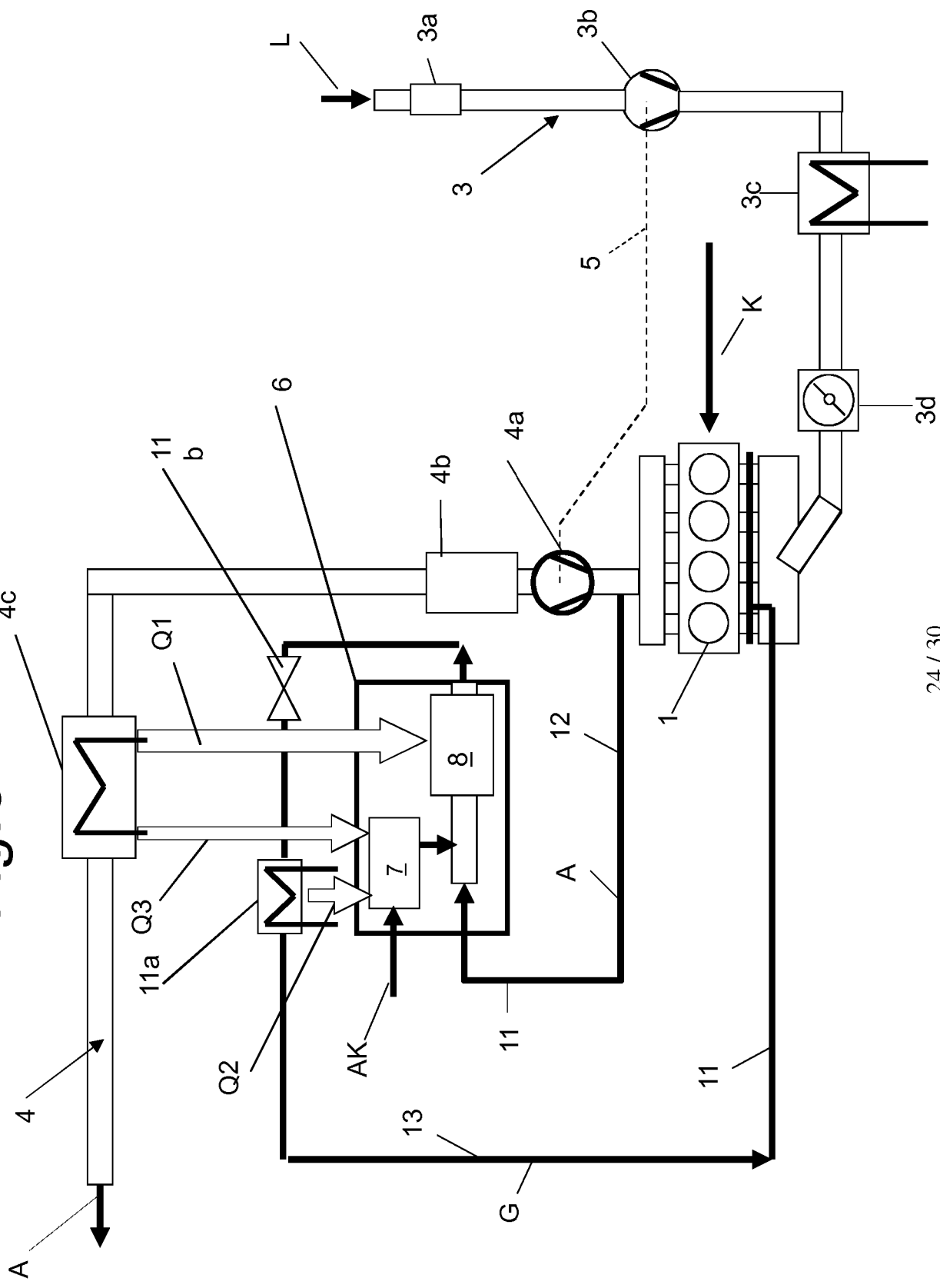


Fig.4

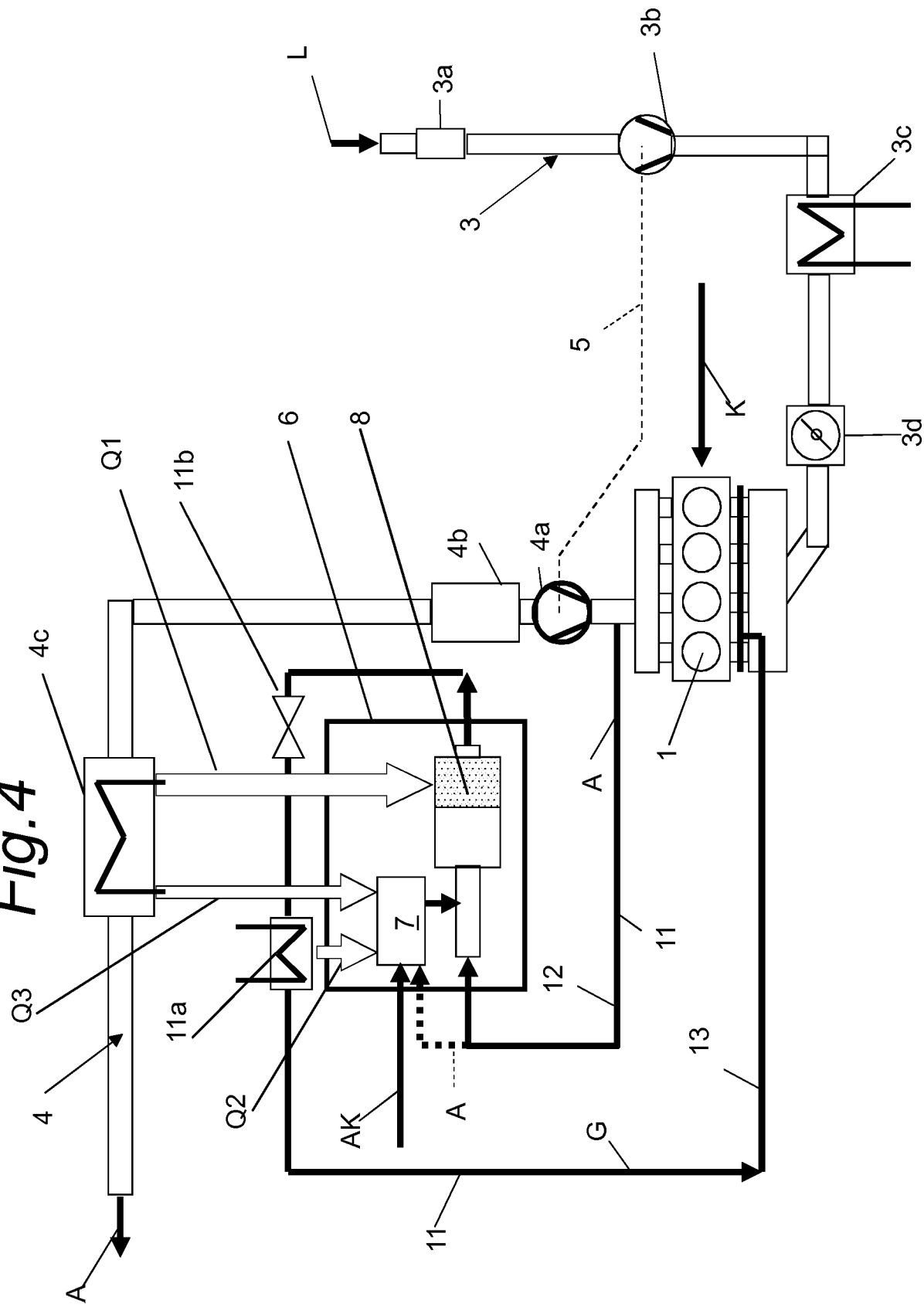
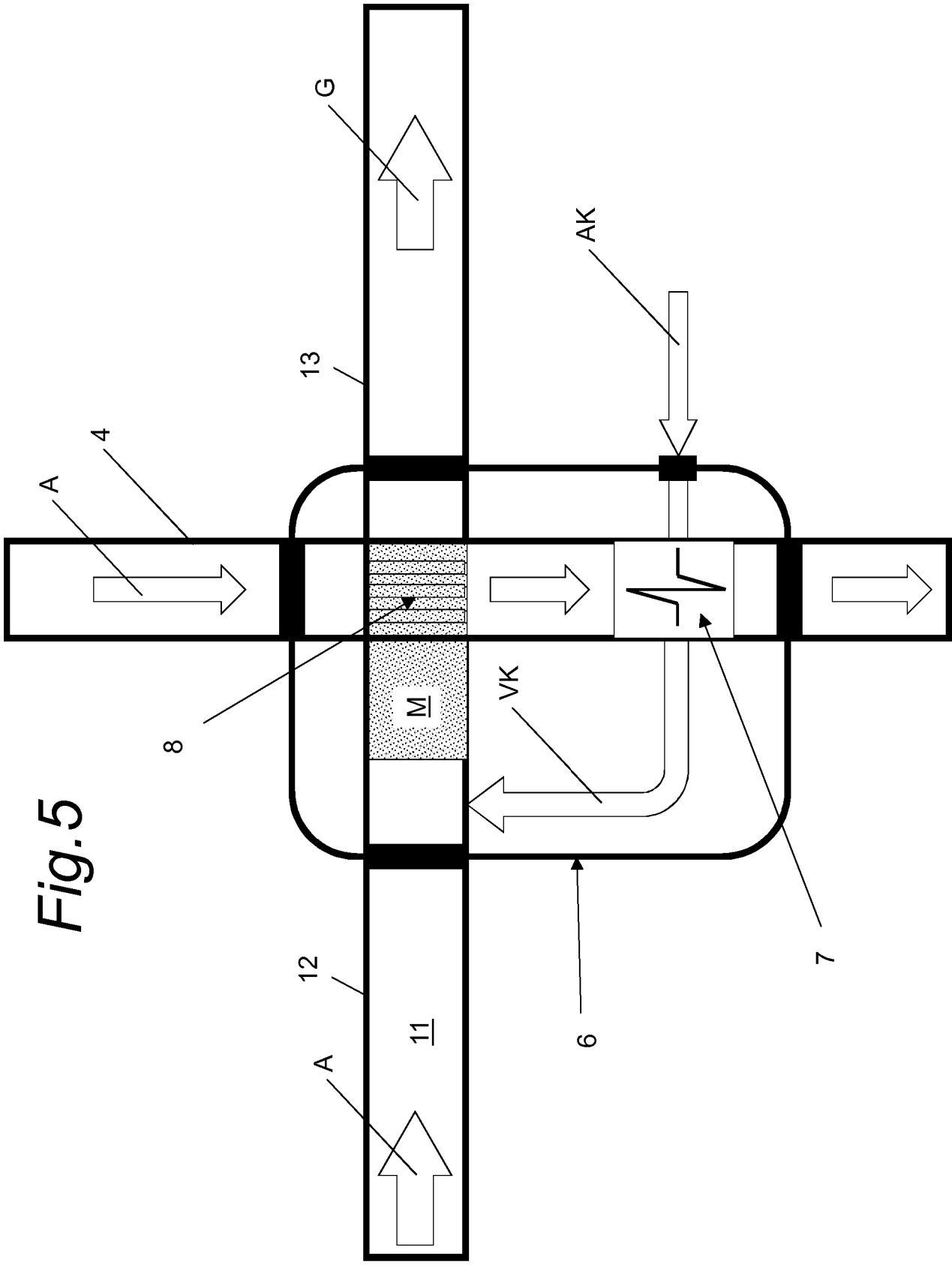


Fig. 5



(n e u e) P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Motoranordnung mit einem Verbrennungsmotor (1), der mit einem Einlassstrang (3) und einem Abgasstrang (4) strömungsverbunden ist, wobei eine AGR-Leitung (11) zur Rückführung von Abgas (A) in den Einlassstrang (3) vorgesehen ist, und wobei die Motoranordnung einen Reformer (6) zur Dampfreformierung mit einem Katalysator (8) und einem Verdampfer (7) aufweist, wobei der Katalysator (8) derart in der AGR-Leitung (11) angeordnet ist, dass reformierter Kraftstoff gemeinsam mit rückgeführtem Abgas in den Verbrennungsmotor (1) geleitet wird und zumindest ein Wärmetauscher (4c) vorgesehen ist, wobei zumindest der Katalysator (8) des Reformers (6) über den zumindest einen Wärmetauscher (4c) durch das Abgas (A) des Verbrennungsmotors (1) erwärmt ist, dadurch gekennzeichnet, dass ein AGR-Kühler (11a) mit dem Verdampfer (7) zum Wärmeaustausch verbunden ist, wobei der AGR-Kühler (11a) in der AGR-Leitung (11) in Strömungsrichtung nach dem Reformer (6) angeordnet und als weiterer Wärmetauscher ausgebildet ist.
2. Motoranordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Abgasstrang (4) mit dem Verdampfer (7) und/oder zumindest dem Katalysator (8) des Reformers (6) zum Wärmeaustausch verbunden ist, wobei der Wärmetauscher (4c) im Abgasstrang (4) angeordnet ist.
3. Motoranordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer (7) mit einer Kraftstoffquelle strömungsverbunden ist, wobei dem Verdampfer (7) ein Anteil eines Kraftstoffes (AK) zuführbar ist.
4. Motoranordnung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer (7) mit einer Wasserquelle strömungsverbunden ist, sodass Wasser und Kraftstoff als Kraftstoff-Wasser-Gemisch gemeinsam verdampfbar sind.
5. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Verdampfer (7) baulich getrennt vom Reformer (6) mit dem Katalysator (8) angeordnet ist, wobei insbesondere eine Zuführleitung zum

Leiten von verdampften Kraftstoff oder von verdampften Kraftstoff-Wasser-Gemisch zum Reformer (6) vorgesehen ist.

6. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer (6) mit dem Katalysator (8) und der Verdampfer (7) in der AGR-Leitung (11) angeordnet sind.
7. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Reformer (6) mit dem Katalysator (8) als katalytisch beschichteter Reformer ausgebildet ist.
8. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Wärmetauscher (4c) zum Wärmeaustausch mit dem Katalysator (8) des Reformers (6) und/oder dem Verdampfer (7) ausgebildet und in Strömungsrichtung nach zumindest einer Vorrichtung zur Abgasreinigung (4b) im Abgasstrang (4) angeordnet ist.
9. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kraftstoffleitung in Strömungsrichtung nach dem Verdampfer (7) im Reformer (6) in die AGR-Leitung (11) einmündet, sodass Abgas (A) und verdampfter Kraftstoff (VK) vermischt werden.
10. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor (1) als Millermotor oder Atkinsonmotor ausgeführt ist.
11. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor (1) eine Wassereinspritzung aufweist, die als Saugrohreinspritzung, als Direkteinspritzung in einen Brennraum oder als Wassereinspritzung in die AGR-Leitung (11) ausgeführt ist.
12. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass im Abgasstrang (4) eine Turbine (4a) angeordnet ist.
13. Motoranordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Turbine (4a) in Strömungsrichtung vor der Vorrichtung zur Abgasreinigung

(4b) angeordnet ist, wobei insbesondere die AGR-Leitung (11) vor der Turbine (4a) vom Abgasstrang (4) abzweigt.

14. Motoranordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass als Kraftstoff (K) Ethanol oder Benzin eingesetzt wird.
15. Verfahren zum Betreiben einer Motoranordnung mit einem Verbrennungsmotor (1), der von einem Einlassstrang (3) versorgt wird und einen Abgasstrang (4) zur Leitung von Abgasen (A) aufweist, wobei Abgase (A) von dem Abgasstrang (4) mit einer AGR-Leitung (11) in den Einlassstrang (3) rückgeführt werden und Kraftstoff (K) von einem Verdampfer (7) verdampft und anschließend in einem Katalysator (8) eines Reformers (6), welcher in der AGR-Leitung angeordnet ist, katalytisch reformiert wird, und zumindest der Katalysator (8) des Reformers (6) vom Abgas (A) des Verbrennungsmotors (1) erwärmt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des Abgases (A) über die AGR-Leitung (11) in den Reformer (6) geleitet wird und das Abgas (A) stromabwärts des Verdampfers (7) mit verdampftem Kraftstoff (VK) vermischt wird, wobei zumindest der Katalysator (8) des Reformers (6) über die Wärme des Abgases (A) in der AGR-Leitung (11) erwärmt wird.
16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass im Verdampfer (7) Wasser und Kraftstoff gemeinsam verdampft werden.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass ein AGR-Kühler (11a) als weiterer Verdampfer ausgebildet ist und einem Gas in der AGR-Leitung (11) Wärme entzieht, wobei die Wärme zumindest für den Verdampfer (7) genutzt wird.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wärmetauscher (4c) dem Abgas (A) im Abgasstrang (4) Wärme entzieht und diese Wärme für den Katalysator (8) und/oder für den Verdampfer (7) genutzt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass der Wärmeaustausch im Abgasstrang (4) stromabwärts einer Expansion durch eine Turbine (4a) und stromabwärts einer Abgasreinigung durch eine Vorrichtung zur Abgasreinigung (4b) durchgeführt wird.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass eine Kraftstoffleitung in den Verdampfer (7) geführt wird, um Kraftstoff zu verdampfen, wobei verdampfter Kraftstoff (VK) stromaufwärts des Reformers (6) in die AGR-Leitung (11) eingeleitet wird und Abgas (A) und verdampfter Kraftstoff (VK) vermischt, insbesondere zusammen reformiert, werden.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des Kraftstoffes (K) direkt in den Verbrennungsmotor (1) eingespritzt wird und dass der Anteil des Kraftstoffes (AK), der über den Reformer (6) geleitet wird, bis zu 30 % beträgt.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass im Reformer (6) als Kraftstoff (K, AK) Ethanol oder Benzin oder ein Ethanol-Wasser-Gemisch oder Benzin-Wasser-Gemisch reformiert wird.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor (1) als Millermotor nach dem Miller-Zyklus arbeitet, wobei Einlassventile des Verbrennungsmotors (1) früh schließen, oder als Atkinson-Zyklus arbeitet, wobei Einlassventile des Verbrennungsmotors (1) spät schließen.
24. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass in den Verbrennungsmotor (1) Wasser durch eine Wassereinspritzung eingespritzt wird, die als Saugrohreinspritzung, als Direkteinspritzung in einen Brennraum oder als Wassereinspritzung in die AGR-Leitung (11) arbeitet.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teil des Abgases (A) in die AGR-Leitung (11) vor der Turbine (4a) vom Abgasstrang (4) geleitet wird.

05. April 2019

WR