

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50697/2019
(22) Anmeldetag: 02.08.2019
(43) Veröffentlicht am: 15.02.2021

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

(56) Entgegenhaltungen:
 AT 521165 B1
 JP 2002098010 A
 EP 1688608 A1
 DE 112011101274 T5

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

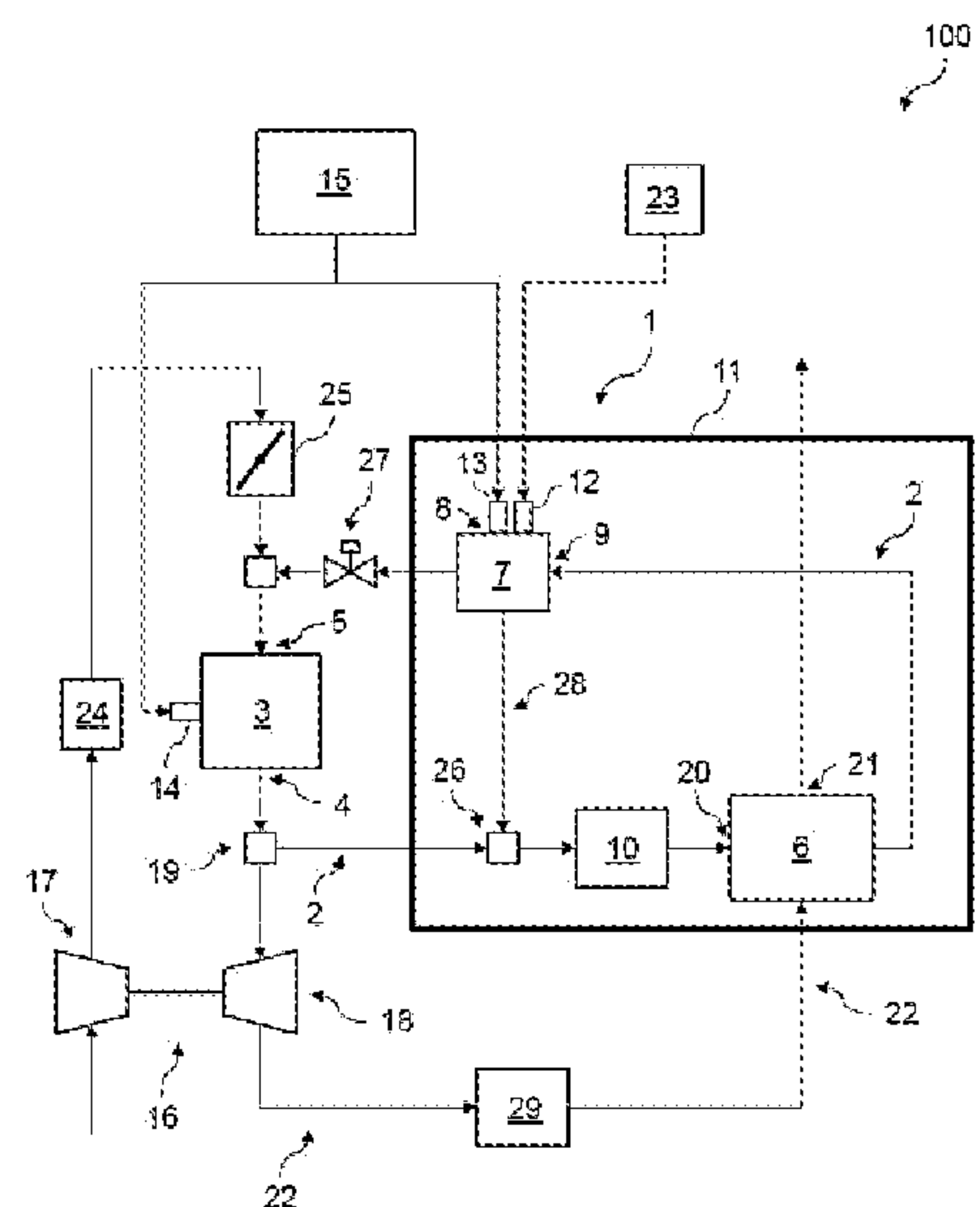
(72) Erfinder:
Reiter Bernd BSC
8010 Kainbach bei Graz (AT)
Zeiringer Ralf
8076 Vasoldsberg (AT)
Funk Johannes Dipl.Ing. BSC
8010 Graz (AT)
Certic Marko Dipl.Ing.
8051 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Kopetz Heinrich Dipl.Ing.
8020 Graz (AT)

(54) AGR-Anordnung, Brennkraftsystem und Kraftfahrzeug

(57) Die vorliegende Erfindung betrifft eine AGR-Anordnung (1) für ein Brennkraftsystem (100), aufweisend einen Rezirkulationsabschnitt (2) zum Rückführen von Abgas aus einem Abgasauslass (4) eines Verbrennungsmotors (3) des Brennkraftsystems (100) in einen Brennstoffeinlass (5) des Verbrennungsmotors (3), einen im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten Reformer (6) zum Reformieren von Brennstoff in Reformat, einen Verdampfer (7) mit einer kalten Seite (8) stromaufwärts des Reformers (6) zum Verdampfen von Brennstoff und zum Einbringen des verdampften Brennstoffs in den Rezirkulationsabschnitt (2) und einer im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten heißen Seite (9) stromabwärts des Reformers (6) zum Leiten eines Reformat/Abgas-Gemisches aus dem Reformer (6) in Richtung des Brennstoffeinlasses (5), wobei stromaufwärts der kalten Seite (8) des Verdampfers (7) eine Brennstoffzuführvorrichtung (13) zum Einbringen von zu verdampfendem Brennstoff in die kalte Seite (8) des Verdampfers (7) angeordnet ist.

Ferner betrifft die Erfindung ein Brennkraftsystem (100) mit einer erfindungsgemäßen AGR-Anordnung (1) sowie ein Kraftfahrzeug (1000) mit einem erfindungsgemäßen Brennkraftsystem (100) sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Brennkraftsystems (100).



Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine AGR-Anordnung (1) für ein Brennkraftsystem (100), aufweisend einen Rezirkulationsabschnitt (2) zum Rückführen von Abgas aus einem Abgasauslass (4) eines Verbrennungsmotors (3) des Brennkraftsystems (100) in einen Brennstoffeinlass (5) des Verbrennungsmotors (3), einen im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten Reformer (6) zum Reformieren von Brennstoff in Reformat, einen Verdampfer (7) mit einer kalten Seite (8) stromaufwärts des Reformers (6) zum Verdampfen von Brennstoff und zum Einbringen des verdampften Brennstoffs in den Rezirkulationsabschnitt (2) und einer im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten heißen Seite (9) stromabwärts des Reformers (6) zum Leiten eines Reformat/Abgas-Gemisches aus dem Reformer (6) in Richtung des Brennstoffeinlasses (5), wobei stromaufwärts der kalten Seite (8) des Verdampfers (7) eine Brennstoffzuführvorrichtung (13) zum Einbringen von zu verdampfendem Brennstoff in die kalte Seite (8) des Verdampfers (7) angeordnet ist.

Ferner betrifft die Erfindung ein Brennkraftsystem (100) mit einer erfindungsgemäßen AGR-Anordnung (1) sowie ein Kraftfahrzeug (1000) mit einem erfindungsgemäßen Brennkraftsystem (100) sowie ein Verfahren zum Betreiben eines Brennkraftsystems (100).

Fig. 1

AGR-Anordnung, Brennkraftsystem und Kraftfahrzeug

Die vorliegende Erfindung betrifft eine AGR-Anordnung für ein Brennkraftsystem. Ferner betrifft die Erfindung ein Brennkraftsystem mit einer AGR-Anordnung für ein Kraftfahrzeug sowie ein Kraftfahrzeug mit einem solchen Brennkraftsystem.

5 Im Stand der Technik sind verschiedene Systeme zur Abgasrückführung (AGR) bekannt. Eine Abgasrückführung wird in der Regel zur Minderung der Emission von Stickoxiden verwendet, welche bei der Verbrennung von Kraftstoff in Verbrennungsmotoren entstehen. Darüber hinaus kann mit Hilfe von bekannten AGR-Anordnungen eine Effizienzsteigerung des Verbrennungsmotors erreicht
10 werden.

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

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, die im Stand der Technik bekannten Systeme zu verbessern. Insbesondere ist es Aufgabe der Erfindung, ein möglichst einfach gebautes Brennkraftsystem zu schaffen, welches effizient und trotzdem
25 emissionsarm betrieben werden kann.

Die voranstehende Aufgabe wird durch die Patentansprüche gelöst. Insbesondere wird die voranstehende Aufgabe durch die AGR-Anordnung gemäß Anspruch 1, das Brennkraftsystem gemäß Anspruch 5 sowie das Kraftfahrzeug gemäß Anspruch 11 und ein Verfahren gemäß Anspruch 12 gelöst. Weitere Vorteile der Erfindung
30 ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit der AGR-Anordnung

beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit dem Brennkraftsystem, dem Kraftfahrzeug, dem Verfahren und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung zu den einzelnen Erfindungsaspekten stets wechselseitig Bezug genommen wird bzw. werden kann.

- 5 Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine AGR-Anordnung für ein Brennkraftsystem zur Verfügung gestellt. Die AGR-Anordnung weist einen Rezirkulationsabschnitt zum Rückführen von Abgas aus einem Abgasauslass eines Verbrennungsmotors des Brennkraftsystems in einen Brennstoffeinlass des Verbrennungsmotors auf. Ferner weist die AGR-Anordnung einen im
- 10 Rezirkulationsabschnitt angeordneten Reformer zum Reformieren von Brennstoff und Abgas in Reformat auf. Außerdem weist die AGR-Anordnung einen Verdampfer mit einer kalten Seite stromaufwärts des Reformers zum Verdampfen von Brennstoff und zum Leiten des verdampften Brennstoffs zu einer Brennstoffschnittstelle im Rezirkulationsabschnitt zum Vermischen des verdampften Brennstoffs mit dem
- 15 Abgas im Rezirkulationsabschnitt sowie einer im Rezirkulationsabschnitt angeordneten heißen Seite stromabwärts des Reformers zum Leiten eines Reformat/Abgas-Gemisches aus dem Reformer in Richtung des Brennstoffeinlasses auf. Stromaufwärts der kalten Seite des Verdampfers ist eine Brennstoffzuführvorrichtung zum Einbringen von zu verdampfendem Brennstoff in die
- 20 kalte Seite des Verdampfers angeordnet. Der Verdampfer ist folglich als Verdampfer-Wärmetauscher ausgebildet, welcher mit dem warmen Reformat/Abgas-Gemisch Brennstoff verdampft.

Durch die erfindungsgemäße AGR-Anordnung kann die thermische Energie des Abgases auf effektive Weise für den Reformierungsvorgang genutzt werden.

- 25 Insbesondere kann durch den erfindungsgemäß angeordneten Verdampfer der in den Rezirkulationsabschnitt einzubringende Brennstoff auf effiziente Weise erhitzt und insbesondere verdampft werden. Der Reformierungsvorgang lässt sich dadurch entsprechend energiesparend durchführen. Damit können der Gesamtwirkungsgrad eines mit der erfindungsgemäßen AGR-Anordnung ausgestatteten
- 30 Brennkraftsystems erhöht sowie eine entsprechende Kraftstoffeinsparung erzielt werden. Bei Versuchen im Rahmen der vorliegenden Erfindung hat sich gezeigt, dass durch die Verwendung einer in Rede stehenden AGR-Anordnung in einem gattungsgemäßen Brennkraftsystem der Wirkungsgrad einer Verbrennung im

Brennkraftsystem um bis zu 5 % bis 10% erhöht werden kann. D.h., mit der vorgeschlagenen AGR-Anordnung lässt sich die Energiedichte des Brennkraftsystems im Vergleich zu konventionellen Brennkraftsystemen erhöhen.

5 Als Brennstoff wird vorzugsweise Ethanol 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 über den Rezirkulationsabschnitt dem Verbrennungsmotor zugeführt und dort direkt verbrannt werden.

10 Wie bereits einleitend erwähnt, ist unter einer AGR-Anordnung 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 Brennkraftsystem ist insbesondere ein mobiles Brennkraftsystem für ein Kraftfahrzeug, insbesondere ein Straßenfahrzeug, zu
15 verstehen. Die AGR-Anordnung lässt sich jedoch auch stationär, beispielsweise in einem Kraftwerk mit geeignetem Brennkraftsystem, verwenden.

Darunter, dass ein Bauteil im Rezirkulationsabschnitt angeordnet ist, kann verstanden werden, dass das jeweilige Bauteil zumindest einen Teil des Rezirkulationsabschnitts bildet. So bildet die heiße Seite des Verdampfer-
20 Wärmetauschers einen Teilabschnitt des Rezirkulationsabschnitts bzw. eines Fluidleitabschnitt des Rezirkulationsabschnitts. Die kalte Seite des Verdampfer-Wärmetauschers umgibt diesen Fluidleitabschnitt zumindest teilweise für einen Wärmetransport zwischen der kalten Seite und der heißen Seite. Entsprechendes gilt in analoger Weise für den Reformer und/oder andere Funktionsbauteile, die
25 zumindest teilweise im Rezirkulationsabschnitt angeordnet sind.

Die heiße Seite des Verdampfers ist zum Verdampfen oder zumindest teilweisen Verdampfen von Brennstoff bereitgestellt. Der Verdampfer ist also ein Verdampfer zum Verdampfen des Brennstoffs, wobei der Brennstoff durch Wärmetausch mit dem Reformat/Abgas-Gemisch verdampft wird, weshalb der Verdampfer auch die
30 Funktion eines Wärmetauschers hat. Darunter, dass die kalte Seite des Verdampfers zum Leiten des verdampften bzw. zumindest teilweise verdampften Brennstoffs in den Rezirkulationsabschnitt ausgestaltet ist, kann verstanden werden, dass der

Brennstoff durch den Verdampfer bzw. die kalte Seite des Verdampfers in den Rezirkulationsabschnitt oder zumindest in Richtung des Rezirkulationsabschnitts geleitet werden kann, wobei dieser im Verdampfer in der Regel verdampft wird. Die kalte Seite des Verdampfers kann als eine Art Einlassöffnung für eine Zuführleitung zum Einbringen des Brennstoffs in den Rezirkulationsabschnitt verstanden werden. 5 Darunter, dass die heiße Seite des Verdampfers zum Leiten des Reformat/Abgas-Gemisches aus dem Reformer in Richtung des Brennstoffeinlasses ausgestaltet ist, kann verstanden werden, dass das Reformat/Abgas-Gemisch durch den Verdampfer bzw. die heiße Seite des Verdampfers zum Brennstoffeinlass geleitet wird, wobei das 10 Reformat/Abgas-Gemisch in der Regel Wärme auf den Brennstoff überträgt. In Fluidrichtung zwischen der heißen Seite des Verdampfers und dem Brennstoffeinlass bzw. einem Ansaugtrakt des Verbrennungsmotors ist vorzugsweise eine Ventilanordnung zum Sperren und Freigeben einer die heiße Seite des Verdampfers und den Brennstoffeinlass verbindende Fluidleitpassage ausgestaltet. Stromaufwärts 15 oder stromabwärts der Ventilanordnung kann ferner eine Kühleinheit zum Kühlen des rückgeführten Reformat/Abgas-Gemisches ausgestaltet sein.

Stromabwärts der kalten Seite des Verdampfers kann am Verdampfer ein Brennstoffzuführabschnitt zum Zuführen des verdampften Brennstoffs vom Verdampfer in den Rezirkulationsabschnitt ausgestaltet sein. Der 20 Brennstoffzuführabschnitt kann in der Brennstoffschnittstelle enden, in welcher der Brennstoffzuführabschnitt mit dem Rezirkulationsabschnitt zusammengeführt wird, um den verdampften Brennstoff mit dem Abgas aus dem Verbrennungsmotor zu mischen. D.h., vom Abgasauslass und von der kalten Seite des Verdampfers kann jeweils ein Fluidleitabschnitt zur Brennstoffschnittstelle ausgestaltet sein, um dort das 25 Abgas mit dem verdampften Brennstoff zu mischen. Von der Brennstoffschnittstelle kann ein Abgas/Brennstoff-Gemisch, also ein Gemisch aus dem Abgas und dem verdampften Brennstoff, weiter durch den Rezirkulationsabschnitt in Richtung des Reformers geleitet werden.

Der Reformer ist für die Reformierung des Abgas/Brennstoff-Gemisches 30 vorzugsweise katalytisch beschichtet, insbesondere als katalytischer Reformer-Wärmetauscher ausgestaltet. Als besonders vorteilhaft hat es sich herausgestellt, wenn der 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 katalytisch beschichtet.

- 5 Zwischen der kalten Seite und der heißen Seite des Verdampfers kann ein Wärmetransport vom heißen Reformat/Abgas-Gemisch auf der heißen Seite des Verdampfers zum Brennstoff auf der kalten Seite des Verdampfers realisiert werden. D.h., die thermische Energie des Reformat/Abgas-Gemisches auf der heißen Seite des Verdampfers wird zum Verdampfen des Brennstoffes auf der kalten Seite des Verdampfers genutzt.
- 10 Die Brennstoffzuführvorrichtung ist vorzugsweise direkt an der kalten Seite des Verdampfers, beispielsweise in Form einer Einspritzdüse oder eines Injektors, ausgestaltet. Gleichwohl kann unter der Brennstoffzuführvorrichtung auch ein offenes Leitungsende zum Leiten des Brennstoffs auf bzw. in die kalte Seite des Verdampfers verstanden werden.
- 15 Gemäß einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist es möglich, dass bei einer AGR-Anordnung im Rezirkulationsabschnitt stromaufwärts des Reformers und stromabwärts der kalten Seite des Verdampfers ein adiabatischer Vor-Reformer zum adiabatischen Vor-Reformieren des verdampften Brennstoffs, genauer gesagt eines Abgas/Brennstoff-Gemisches, angeordnet ist. Verdampfter
- 20 Brennstoff wird insbesondere stromaufwärts des Vor-Reformers mit dem Abgas zusammengeführt oder vermischt. Mit Hilfe des adiabaten Vor-Reformers kann die Temperatur des Abgas/Brennstoff-Gemisches stromaufwärts des Reformers, der in diesem Fall als Haupt-Reformer betrachtet werden kann, reduziert werden. Auf diese Weise wird die Gefahr der Verkokung durch thermisches Cracken im Reformer
- 25 reduziert und die Lebenszeit des Katalysators im Reformer kann erhöht werden. Unter einem adiabatischen Vor-Reformer kann ein Vor-Reformer mit einem adiabatischen Reaktor verstanden werden, in welchem bei niedrigen Temperaturen und an einem hochaktiven Katalysator unter Zugabe von Wasserdampf sämtliche höheren Kohlenwasserstoffe zu Methan, Kohlenmonoxid und Wasserstoff umgesetzt
- 30 werden können. Der Wasserdampf ist üblicherweise bereits Teil des Abgases und braucht somit nicht extra hinzugegeben werden, sondern ist bereits im Abgas enthalten. Der Vor-Reformer ist stromabwärts der kalten Seite und damit auch stromabwärts der Brennstoffzuführvorrichtung angeordnet. Mit Hilfe des Vor-

Reformers wird das Abgas/Brennstoff-Gemisch zumindest teilweise vorreformiert, sodass eine Temperatur des Abgas/Brennstoff-Gemisches bzw. eines Reformat/Abgas/Brennstoff-Gemisches stromabwärts des Vor-Reformers kleiner ist als stromaufwärts des Vor-Reformers. Im Reformer kann das Gemisch unter

5 Wärmeaustausch mit der Umgebung des Reformers möglichst vollständig reformiert werden.

Es ist günstig, wenn der Reformer als Reformer-Wärmetauscher ausgebildet ist, wobei der Reformer-Wärmetauscher zum Wärmeübertrag von Abgas in einem Leitabschnitt zum Abgas im Rezirkulationsabschnitt ausgebildet ist. Der Reformer-

10 Wärmetauscher weist also eine heiße Seite auf, über welche heißes Abgas aus dem Abgasausslass des Verbrennungsmotors über den Reformer-Wärmetauscher an die Umgebung abgegeben wird. Das heiße Abgas durchströmt stromaufwärts des Reformer-Wärmetauschers vorteilhaft noch weitere Komponenten wie beispielsweise einen Turbolader und einen Katalysator. Das heiße Abgas gibt im Reformer-

15 Wärmetauscher Wärme an das durch den Vor-Reformer vorreformierte Abgas/Brennstoff-Gemisch ab. Dadurch ist im Reformer-Wärmetauscher genügend Wärme vorhanden, um das katalytische Material des Reformer-Wärmetauschers auf eine gewünschte Betriebstemperatur zu bringen, sodass das Abgas/Brennstoff-Gemisch bevorzugt vollständig reformiert werden kann. Der Vor-Reformer ist folglich

20 insbesondere auch dazu angeordnet und als adiabatischer Vor-Reformer ausgebildet, um eine Temperatur des Abgas/Brennstoff-Gemisches unter eine Temperatur des Abgases zu senken, sodass der Temperaturübertrag im Reformer-Wärmetauscher vom Abgas zum Abgas/Brennstoff-Gemisch erfolgt. Dadurch ist sichergestellt, dass das Abgas/Brennstoff-Gemisch insbesondere vollständig im

25 Reformer-Wärmetauscher katalytisch reformiert wird.

Weiterhin kann eine erfindungsgemäße AGR-Anordnung ein gemeinsames Gehäuse aufweisen, in welchem der Reformer, der Verdampfer und/oder der Vor-Reformer angeordnet sind. Vorzugsweise sind alle drei genannten Funktionsbauteile im Gehäuse verbaut. Durch das Gehäuses kann verhindert werden, dass die hohe

30 Temperatur des Abgases in die Umgebung verpufft. Die Temperatur des Abgases kann damit effektiv für den gewünschten Wärmetransport zwischen Reformat/Abgas-Gemisch und zu verdampfendem Brennstoff im Verdampfer genutzt werden. Unter dem Gehäuse ist vorzugsweise ein im Wesentlichen oder zumindest überwiegend

geschlossenes Gehäuse zu verstehen. Das Gehäuse soll ferner insbesondere als ein Gehäuse mit einem Gehäusevolumen, in welchem der Reformer, der Verdampfer und/oder der Vor-Reformer gemeinsam angeordnet sind, verstanden werden. Das Gehäuse kann den Rezirkulationsabschnitt zumindest überwiegend bzw. größtenteils umfassen. D.h., der Rezirkulationsabschnitt kann größtenteils innerhalb des gemeinsamen Gehäusevolumens angeordnet sein.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Brennkraftsystem zum Umwandeln von chemischer Energie in mechanische Energie mit einem Verbrennungsmotor und einer wie vorstehend beschriebenen AGR-Anordnung mit einem Rezirkulationsabschnitt zum Rückführen von Abgas aus einem Abgasauslass des Verbrennungsmotors in einen Brennstoffeinlass des Verbrennungsmotors zur Verfügung gestellt.

Damit bringt ein erfindungsgemäßes Brennkraftsystem die gleichen Vorteile mit sich, wie sie ausführlich mit Bezug auf die erfindungsgemäße AGR-Anordnung beschrieben worden sind. Die erfindungsgemäßen Vorteile lassen sich insbesondere dadurch erzielen, dass der Verdampfer sowie der Reformer im Rezirkulationsabschnitt der AGR-Anordnung bzw. in einem Abgasrückführabschnitt des Brennkraftsystems angeordnet sind. Dadurch lässt sich die im Abgas gespeicherte thermische Energie besonders effektiv und effizient zur Verdampfung des Brennstoffs sowie zur Reformierung des verdampften Brennstoffs nutzen.

Das Brennkraftsystem weist vorzugsweise eine Brennstoffquelle, insbesondere eine separate Brennstoffquelle in Form eines Brennstofftanks, zur Bereitstellung des Brennstoffs für den Verbrennungsmotor und/oder den Verdampfer bzw. den Rezirkulationsabschnitt, auf. D.h., zwischen dem Brennstofftank und dem Verbrennungsmotor und/oder zwischen dem Brennstofftank und der kalten Seite des Verdampfers kann jeweils ein Brennstoffleitabschnitt zum Leiten des Brennstoffs von der Brennstoffquelle zum Brennstofftank und/oder zur kalten Seite des Verdampfers, insbesondere zur Brennstoffzuführvorrichtung an der kalten Seite des Verdampfers, ausgestaltet sein. Der Brennstoff wird vorzugsweise in Form von kohlenwasserstoffhaltigem Brennstoff, insbesondere in Form von Ethanol, zur Verfügung gestellt.

Bei einer weiteren Ausgestaltungsvariante eines erfindungsgemäßen Brennkraftsystems ist es möglich, dass stromaufwärts der kalten Seite des Verdampfers eine Wasserzuführvorrichtung, zum Einbringen von Wasser durch die kalte Seite des Verdampfers in den Rezirkulationsabschnitt, angeordnet bzw.

5 ausgestaltet ist. In der erfindungsgemäßen Systemanordnung kann dem Verdampfer auf einfache Weise Wasser zugeführt werden. Durch eine Wasserzufuhr in den Rezirkulationsabschnitt bzw. in die kalte Seite des Verdampfers zum Brennstoff kann Rußbildung während des Reformiervorgangs verhindert werden. Das Brennkraftsystem kann eine Wasserquelle, beispielsweise in Form eines
10 Wassertanks oder eines Wasserrückgewinnungsabschnitts zum Rückgewinnen von Wasser aus einem chemischen Prozess im Rahmen des Betriebs des Brennkraftsystems, zum Bereitstellen des Wassers für die Wasserzuführvorrichtung, aufweisen. Über die kalte Seite des Verdampfers kann das Wasser zusammen mit dem Brennstoff in den Rezirkulationsabschnitt eingebracht werden.

15 Weiterhin ist es möglich, dass bei einem Brennkraftsystem gemäß der vorliegenden Erfindung am Verbrennungsmotor ein Brennstoffinjektor zum Einspritzen von Brennstoff in den Verbrennungsmotor angeordnet ist, wobei stromaufwärts der Brennstoffzuführvorrichtung und stromaufwärts des Brennstoffinjektors eine Brennstoffquelle mit dem Brennstoff für die Brennstoffzuführvorrichtung sowie für den
20 Brennstoffinjektor angeordnet ist. D.h., die Brennstoffquelle kann sowohl für den Brennstoffinjektor am Verbrennungsmotor als auch für die Brennstoffzuführvorrichtung genutzt werden. Damit können eine kompakte Bauweise sowie eine einfache Brennstoffleitungsführung realisiert werden.

Darüber hinaus kann das Brennkraftsystem einen Turbolader mit einem Kompressor
25 auf einer Luftzuführseite des Verbrennungsmotors und einer Turbine auf einer Abgasseite des Verbrennungsmotors aufweisen, wobei stromabwärts des Abgasauslasses und stromaufwärts der Turbine ein Verzweigungsabschnitt der AGR-Anordnung zum Abzweigen von Abgas in den Rezirkulationsabschnitt ausgestaltet ist. Durch das Abgreifen des Abgases möglichst direkt stromabwärts
30 des Abgasauslasses kann die thermische Energie des Abgases effektiv genutzt werden. Der Verzweigungsabschnitt ist deshalb möglichst direkt stromabwärts des Abgasauslasses angeordnet.

Ferner kann ein erfindungsgemäßes Brennkraftsystem einen Turbolader mit einem Kompressor auf einer Luftzuführseite des Verbrennungsmotors und einer Turbine auf einer Abgasseite des Verbrennungsmotors aufweisen, wobei der Reformer einen Reformer-Wärmetauscher mit einer kalten Reformerseite zum Reformieren des verdampften Brennstoffs in Reformat und mit einer warmen Reformerseite aufweist, und wobei stromabwärts der Turbine ein Leitabschnitt zum Leiten von Abgas durch die warme Reformerseite ausgestaltet ist. Dadurch wird auf einfache und effektive Weise eine Temperaturregelung am Reformer realisiert. Durch das Zuführung von heißem Abgas zur warmen Seite des Reformer-Wärmetauschers kann die Temperatur des katalytischen Materials im Reformer-Wärmetauscher derart ausreichend erhöht werden, dass das Abgas/Brennstoff-Gemisches im Reformer-Wärmetauscher insbesondere vollständig reformiert wird. Durch die Wärme des heißen Abgases ist also die für die Reformierung notwendige Temperatur zur Verfügung gestellt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Kraftfahrzeug mit einem wie vorstehend beschriebenen Brennkraftsystem zur Verfügung gestellt. Durch das Brennkraftsystem kann zum Antreiben des Kraftfahrzeugs chemische Energie in mechanische Energie umgewandelt werden. Damit bringt ein erfindungsgemäßes Kraftfahrzeug ebenfalls die vorstehend genannten Vorteile mit sich.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird Verfahren zum Betreiben eines Brennkraftsystems mit einer AGR-Anordnung zur Verfügung gestellt, wobei ein Teil des Abgases in einen Rezirkulationsabschnitt und ein anderer Teil des Abgases in einen Leitabschnitt geleitet wird. Dabei ist vorgesehen, dass das Abgas in einem Reformer unter Wärmeübertrag vom Abgas aus dem Leitabschnitt reformiert wird.

Dabei ist es insbesondere von Vorteil, dass das Abgas aus dem Leitabschnitt zu Aufheizen des Reformers genutzt wird. Das Abgas im Rezirkulationsabschnitt wird im insbesondere katalytisch beschichteten Reformer vollständig reformiert, wodurch ein wasserstoffreiches Gas entsteht, welches anschließend wieder dem Verbrennungsmotor zugeführt wird. Dadurch wird die Effizienz des Verbrennungsmotor um 5 % bis 10 % gesteigert. Das Abgas im Leitabschnitt wird stromabwärts des Reformers an die Umgebung abgegeben.

Günstig ist es, wenn das Abgas im Rezirkulationsabschnitt stromaufwärts des Reformers in einem adiabatischen Vor-Reformer vorreformiert wird. Dabei wird die Temperatur des Abgases im Rezirkulationsabschnitt abgesenkt, sprich die Temperatur des Abgases stromabwärts des Vor-Reformers ist geringer als die Temperatur des Abgases stromaufwärts des Vor-Reformers. Dies ist insbesondere dann zweckmäßig, wenn das Abgas im Rezirkulationsabschnitt eine höhere Temperatur aufweist als das Abgas im Leitabschnitt. Folglich ist das Abgas im Rezirkulationsabschnitt sobald es in den Reformer eingeführt wird kälter als das Abgas im Leitabschnitt und der Wärmeübertrag im Reformer erfolgt vom Abgas im Leitabschnitt auf das Abgas im Rezirkulationsabschnitt, oder genauer gesagt auf das katalytische Material des Reformers.

Vorteilhaft ist es, wenn das Abgas im Rezirkulationsabschnitt stromabwärts des Reformers durch einen Verdampfer geleitet wird, wobei im Verdampfer Brennstoff, welcher über eine kalte Seite des Verdampfers geführt wird, verdampft wird, wobei der verdampfte Brennstoff stromaufwärts des Vor-Reformers dem Abgas im Rezirkulationsabschnitt zugeführt wird. Der verdampfte Brennstoff wird mit dem Abgas im Rezirkulationsabschnitt vermischt, sodass ein Abgas-Brennstoff-Gemisch entsteht, welches dem Vor-Reformer und dem Reformer zugeführt wird.

Weitere, die Erfindung verbessernde Maßnahmen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung zu verschiedenen Ausführungsbeispielen der Erfindung, welche in den Figuren schematisch dargestellt sind. Es zeigen jeweils schematisch:

Figur 1 ein Blockschaltbild eines Brennkraftsystems mit einer AGR-Anordnung gemäß einer erfindungsgemäßen Ausführungsform, und

Figur 2 Kraftfahrzeug mit einem erfindungsgemäßen Brennkraftsystem.

Elemente mit gleicher Funktion und Wirkungsweise sind in den Figuren 1 und 2 jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt ein Brennkraftsystem 100 mit einer AGR-Anordnung 1. Die AGR-Anordnung 1 weist einen Rezirkulationsabschnitt 2 zum Rückführen von Abgas aus einem Abgasauslass 4 eines Verbrennungsmotors 3 des Brennkraftsystems 100 in

einen Brennstoffeinlass 5 des Verbrennungsmotors 3 auf. Ferner weist die AGR-Anordnung 1 einen im Rezirkulationsabschnitt 2 angeordneten Reformer 6 zum Reformieren von Brennstoff in Reformat auf. Außerdem weist die AGR-Anordnung 1 einen Verdampfer 7 mit einer kalten Seite 8 stromaufwärts des Reformers 6 zum
5 Verdampfen von Brennstoff und zum Leiten des verdampften Brennstoffs zu einer Brennstoffschnittstelle 26, die im Rezirkulationsabschnitt 2 zum Vermischen des verdampften Brennstoffs mit dem Abgas im Rezirkulationsabschnitt 2 angeordnet ist, auf. Der Verdampfer 7 weist zudem eine im Rezirkulationsabschnitt 2 angeordnete heiße Seite 9 stromabwärts des Reformers 6 zum Leiten eines Reformat/Abgas-
10 Gemisches aus dem Reformer 6 in Richtung des Brennstoffeinlasses 5 auf. Stromaufwärts der kalten Seite 8 des Verdampfers 7 ist eine Brennstoffzuführvorrichtung 13 zum Einbringen von zu verdampfendem Brennstoff in die kalte Seite 8 des Verdampfers 7 angeordnet.

Im Rezirkulationsabschnitt 2 stromaufwärts des Reformers 6 und stromabwärts der
15 kalten Seite 8 des Verdampfers 7 ist ein adiabatischer Vor-Reformer 10 zum adiabatischen Vor-Reformieren des verdampften Brennstoffs bzw. eines Abgas/Brennstoff-Gemisches angeordnet. Ferner kann der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform entnommen werden, dass der Reformer 6, der Verdampfer 7 und der Vor-Reformer 10 in einem gemeinsamen Gehäuse 11 angeordnet sind.

20 Stromaufwärts der kalten Seite 8 des Verdampfers 7 ist eine Wasserzuführvorrichtung 12, zum Einbringen von Wasser durch bzw. über die kalte Seite 8 des Verdampfers 7 in den Rezirkulationsabschnitt 2, angeordnet. Stromaufwärts der Wasserzuführvorrichtung 12 ist eine Wasserquelle 23 in Form eines Wasserstanks zum Bereitstellen von Wasser für die Wasserzuführvorrichtung
25 12 angeordnet. Am Verbrennungsmotor 3 ist ein Brennstoffinjektor 14 zum Einspritzen von Brennstoff in den Verbrennungsmotor 3 angeordnet, wobei stromaufwärts der Brennstoffzuführvorrichtung 13 und stromaufwärts des Brennstoffinjektors 14 eine Brennstoffquelle 15 mit dem Brennstoff für die Brennstoffzuführvorrichtung 13 sowie den Brennstoffinjektor 14 angeordnet ist.

30 Stromabwärts der heißen Seite 9 des Verdampfers 7 ist eine Ventilanordnung 27 zum dosierten Zuführen des Reformat/Abgas-Gemisches zum Brennstoffeinlass 5 des Verbrennungsmotors 3 angeordnet.

Das in Fig. 1 dargestellte Brennkraftsystem 100 weist einen Turbolader 16 mit einem Kompressor 17 auf einer Luftzuführseite des Verbrennungsmotors 3 und einer Turbine 18 auf einer Abgasseite des Verbrennungsmotors 3 auf, wobei stromabwärts des Abgasauslasses 4 und stromaufwärts der Turbine 18 ein Verzweigungsabschnitt 19 der AGR-Anordnung 1 zum Abzweigen von Abgas bzw. eines Teils des Abgases in den Rezirkulationsabschnitt 2 ausgestaltet ist. Stromabwärts des Verzweigungsabschnitts 19 ist eine Brennstoffschnittstelle 26 angeordnet, an welcher Brennstoff vom Verdampfer 7 bzw. aus einem Brennstoffzuführabschnitt 28 und Abgas aus dem Verbrennungsmotor 3 bzw. im Rezirkulationsabschnitt 2 zusammengeführt und als Abgas/Brennstoff-Gemisch weiter zum Vor-Reformer 10 geführt werden.

Bei dem gezeigten Brennkraftsystem 100 ist der Reformer 6 in Form eines Reformer-Wärmetauschers mit einer kalten Reformerseite 20 zum Reformieren des verdampften Brennstoffs in Reformat und mit einer warmen Reformerseite 21 ausgestaltet, wobei stromabwärts der Turbine 18 ein Leitabschnitt 22 zum Leiten von Abgas aus dem Verbrennungsmotor 3 von stromabwärts der Turbine 18 durch die kalte Reformerseite 21 ausgestaltet ist. In diesem Leitabschnitt 22 ist gemäß Fig. 1 ein Katalysator 29 zur katalytischen Abgasbehandlung des Abgases, das an die Umgebung des Brennkraftsystems 100 abgegeben wird, ausgestaltet. Stromabwärts des Kompressors 17 ist ein Ladeluftkühler 24 zum Kühlen der komprimierten Ladeluft angeordnet. Stromabwärts des Ladeluftkühlers 24 und stromaufwärts des Brennstoffeinlasses 5 ist eine Drosselklappe 25 zum dosierten Zuführen von Ladeluft in den Verbrennungsmotor 3 angeordnet.

In Fig. 2 ist ein Kraftfahrzeug 1000 mit einem wie in Fig. 1 im Detail dargestellten Brennkraftsystem 100 zur Bereitstellung mechanischer Energie zum Antreiben des Kraftfahrzeugs 1000 gezeigt.

Die Erfindung lässt neben den dargestellten Ausführungsformen weitere Gestaltungsgrundsätze zu. D. h. die Erfindung soll nicht auf die mit Bezug auf die Figuren erläuterten Ausführungsbeispiele beschränkt betrachtet werden.

Bezugszeichenliste

- | | |
|------|-----------------------------|
| 1 | AGR-Anordnung |
| 2 | Rezirkulationsabschnitt |
| 3 | Verbrennungsmotor |
| 4 | Abgasauslass |
| 5 | Brennstoffeinlass |
| 6 | Reformer |
| 7 | Verdampfer |
| 8 | kalte Seite des Verdampfers |
| 9 | heiße Seite des Verdampfers |
| 10 | Vor-Reformer |
| 11 | Gehäuse |
| 12 | Wasserzuführvorrichtung |
| 13 | Brennstoffzuführvorrichtung |
| 14 | Brennstoffinjektor |
| 15 | Brennstoffquelle |
| 16 | Turbolader |
| 17 | Kompressor |
| 18 | Turbine |
| 19 | Verzweigungsabschnitt |
| 20 | kalte Reformerseite |
| 21 | warmer Reformerseite |
| 22 | Leitabschnitt |
| 23 | Wasserquelle |
| 24 | Ladeluftkühler |
| 25 | Drosselklappe |
| 26 | Brennstoffschnittstelle |
| 27 | Ventilanordnung |
| 28 | Brennstoffzuführabschnitt |
| 29 | Katalysator |
| 100 | Brennkraftsystem |
| 1000 | Kraftfahrzeug |

Patentansprüche

1. AGR-Anordnung (1) für ein Brennkraftsystem (100), aufweisend einen Rezirkulationsabschnitt (2) zum Rückführen von Abgas aus einem Abgasauslass (4) eines Verbrennungsmotors (3) des Brennkraftsystems (100) in einen Brennstoffeinlass (5) des Verbrennungsmotors (3), einen im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten Reformer (6) zum Reformieren von Brennstoff in Reformat, einen Verdampfer (7) mit einer kalten Seite (8) stromaufwärts des Reformers (6) zum Verdampfen von Brennstoff und zum Leiten des verdampften Brennstoffs zu einer Brennstoffschnittstelle (26) im Rezirkulationsabschnitt (2) zum Vermischen des verdampften Brennstoffs mit dem Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) sowie einer im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten heißen Seite (9) stromabwärts des Reformers (6) zum Leiten eines Reformat/Abgas-Gemisches aus dem Reformer (6) in Richtung des Brennstoffeinlasses (5), wobei stromaufwärts der kalten Seite (8) des Verdampfers (7) eine Brennstoffzuführvorrichtung (13) zum Einbringen von zu verdampfendem Brennstoff in die kalte Seite (8) des Verdampfers (7) angeordnet ist.
2. AGR-Anordnung (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
im Rezirkulationsabschnitt (2) stromaufwärts des Reformers (6) und stromabwärts der kalten Seite (8) des Verdampfers (7) ein adiabatischer Vor-Reformer (10) zum adiabatischen Vor-Reformieren des verdampften Brennstoffs angeordnet ist.
3. AGR-Anordnung (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Reformer (6) als Reformer-Wärmetauscher (20) ausgebildet ist, wobei der Reformer-Wärmetauscher (20) zum Wärmeübertrag von Abgas in einem Leitabschnitt (22) zum Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) ausgebildet ist.
4. AGR-Anordnung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
ein gemeinsames Gehäuse (11), in welchem der Reformer (6), der Verdampfer (7) und/oder der Vor-Reformer (10) angeordnet sind.

5. Brennkraftsystem (100) zum Umwandeln von chemischer Energie in mechanische Energie mit einem Verbrennungsmotor (3) und einer AGR-Anordnung (1), wobei die AGR-Anordnung (1) einen Rezirkulationsabschnitt (2) zum Rückführen von Abgas aus einem Abgasauslass (4) des Verbrennungsmotors (3) in einen Brennstoffeinlass (5) des Verbrennungsmotors (3), einen im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten Reformer (6) zum Reformieren eines Brennstoffs in Reformat, einen Verdampfer (7) mit einer kalten Seite (8) stromaufwärts des Reformers (6) zum Verdampfen des Brennstoffs und zum Einbringen des verdampften Brennstoffs in den Rezirkulationsabschnitt (2) stromaufwärts des Reformers (6) und einer im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten heißen Seite (9) stromabwärts des Reformers (6) zum Leiten eines Reformat/Abgas-Gemisches aus dem Reformer (6) in Richtung des Brennstoffeinlasses (5), aufweist.
6. Brennkraftsystem (100) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
die AGR-Anordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 ausgestaltet ist.
7. Brennkraftsystem (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts der kalten Seite (8) des Verdampfers (7) eine Wasserzuführvorrichtung (12), zum Einbringen von Wasser durch die kalte Seite (8) des Verdampfers (7) in den Rezirkulationsabschnitt (2), angeordnet ist.
8. Brennkraftsystem (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
am Verbrennungsmotor (3) ein Brennstoffinjektor (14) zum Einspritzen von Brennstoff in den Verbrennungsmotor (3) angeordnet ist, wobei stromaufwärts der Brennstoffzuführvorrichtung (13) und stromaufwärts des Brennstoffinjektors (14) eine Brennstoffquelle (15) mit dem Brennstoff für die Brennstoffzuführvorrichtung (13) sowie den Brennstoffinjektor (14) angeordnet ist.
9. Brennkraftsystem (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 8,
gekennzeichnet durch
einen Turbolader (16) mit einem Kompressor (17) auf einer Luftzuführseite des

Verbrennungsmotors (3) und einer Turbine (18) auf einer Abgasseite des Verbrennungsmotors (3), wobei stromabwärts des Abgasauslasses (4) und stromaufwärts der Turbine (18) ein Verzweigungsabschnitt (19) der AGR-Anordnung (1) zum Abzweigen von Abgas in den Rezirkulationsabschnitt (2) ausgestaltet ist.

10. Brennkraftsystem (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 9, **gekennzeichnet durch** einen Turbolader (16) mit einem Kompressor (17) auf einer Luftzuführseite des Verbrennungsmotors (3) und einer Turbine (18) auf einer Abgasseite des Verbrennungsmotors (3), wobei der Reformer (6) als Reformer-Wärmetauscher (20) mit einer kalten Reformerseite (20) zum Reformieren des verdampften Brennstoffs in Reformat und mit einer warmen Reformerseite (21) ausgebildet ist oder einen derartigen Reformer-Wärmetauscher (20) aufweist, und wobei stromabwärts der Turbine (18) ein Leitabschnitt (22) zum Leiten von Abgas durch die warme Reformerseite (21) ausgestaltet ist.
11. Kraftfahrzeug (1000) mit einem Brennkraftsystem (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 10 zur Bereitstellung mechanischer Energie zum Antreiben des Kraftfahrzeugs (1000).
12. Verfahren zum Betreiben eines Brennkraftsystems (100) insbesondere eines Brennkraftsystems (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 10 mit einer AGR-Anordnung (1), insbesondere mit einer AGR-Anordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein Teil des Abgases in einen Rezirkulationsabschnitt (2) und ein anderer Teil des Abgases in einen Leitabschnitt (22) geleitet wird **dadurch gekennzeichnet, dass** das Abgas in einem Reformer (6) unter Wärmeübertrag vom Abgases aus dem Leitabschnitt (22) reformiert wird.
13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) stromaufwärts des Reformers (6) in einem adiabatischen Vor-Reformer (10) vorreformiert wird.
14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass das Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) stromabwärts des Reformers (6) durch einen Verdampfer (7) geleitet wird, wobei im Verdampfer (7) Brennstoff, welcher über

eine kalte Seite des Verdampfers (8) geführt wird, verdampft wird, wobei der verdampfte Brennstoff stromaufwärts des Vor-Reformers (10) dem Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) zugeführt wird.

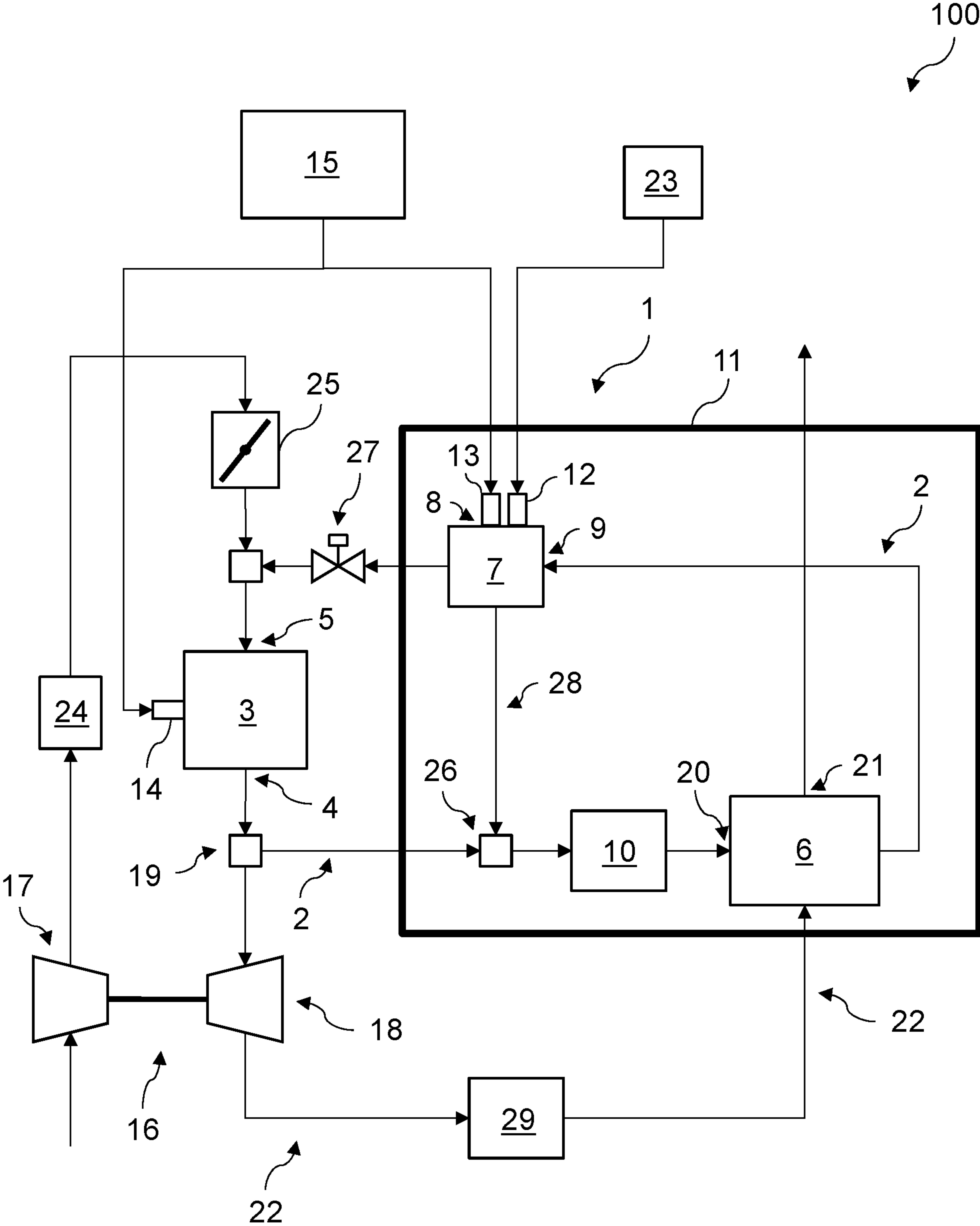


Fig. 1

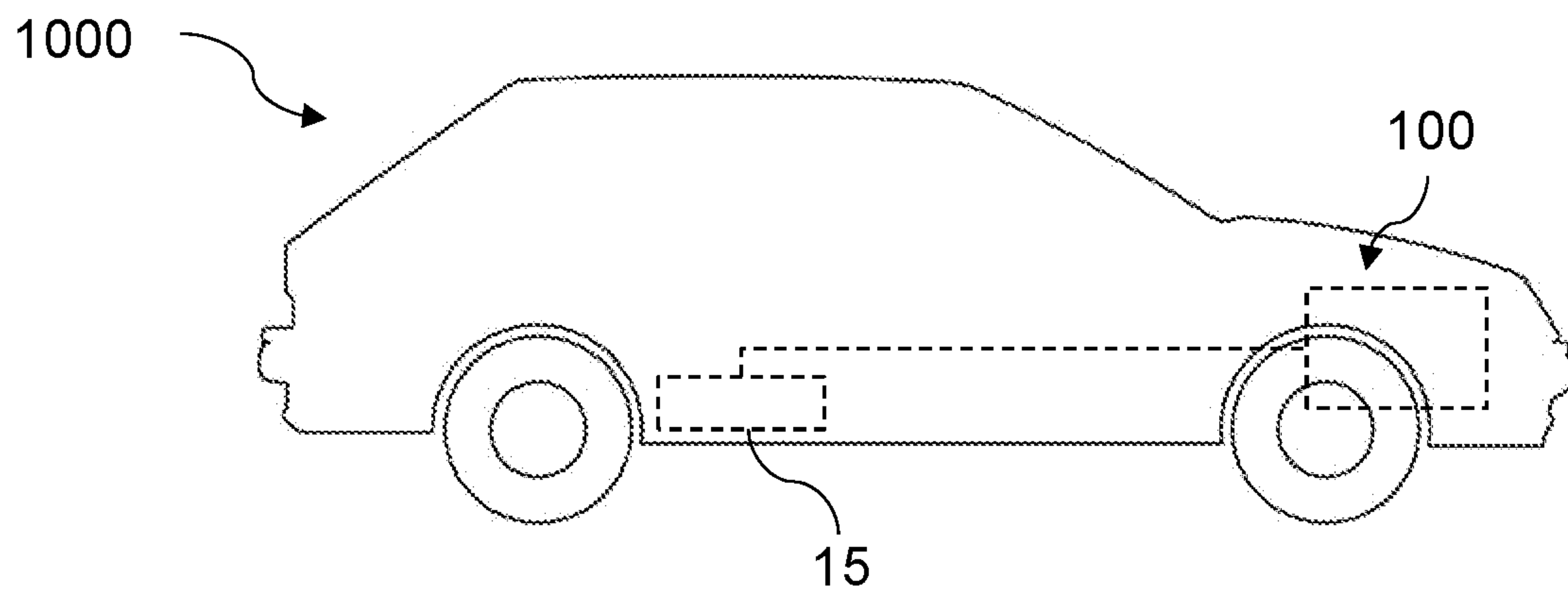


Fig. 2

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

F02M 26/36 (2016.01); **F02M 26/22** (2016.01); **F02G 5/02** (2006.01); **F02M 25/025** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

F02M 26/36 (2016.02); **F02M 26/22** (2016.02); **F02G 5/02** (2013.01); **F02M 25/025** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

F02M, F02G

Konsultierte Online-Datenbank:

EPODOC, WPI, XFULL

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 02.08.2019 eingereichten Ansprüchen 1 - 14 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
E	AT 521165 B1 (AVL LIST GMBH) 15. November 2019 (15.11.2019) Fig. 1 - 5 (insb. Bezugszeichen 6, 7, 11a, 11b); Absätze [0053] - [0075]; Ansprüche	1, 3 - 12
X	JP 2002098010 A (ISUZU CERAMICS RES INST) 05. April 2002 (05.04.2002) Fig. 1 (insb. Bezugszeichen 3, 4, 5, 41); Absätze [0026] - [0041]; Übersetzung der JP2002098010 A [online], [ermittelt am 25.02.2020]. Ermittelt auf: EPOQUE EPODOC Database.	1, 3, 5, 6, 10 - 12
Y		2, 13, 14
Y	EP 1688608 A1 (PEUGEOT CITROEN AUTOMOBILES SA) 09. August 2006 (09.08.2006) Fig. 2 (insb. Bezugszeichen 101', 130, 210, 220, 250, 260); Ansprüche	2, 13, 14

Datum der Beendigung der Recherche:

25.02.2020

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

THALHAMMER Christian

^{*)} Kategorien der angeführten Dokumente:

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

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

Patentansprüche

1. AGR-Anordnung (1) für ein Brennkraftsystem (100), aufweisend einen Rezirkulationsabschnitt (2) zum Rückführen von Abgas aus einem Abgasauslass (4) eines Verbrennungsmotors (3) des Brennkraftsystems (100) in einen Brennstoffeinlass (5) des Verbrennungsmotors (3), einen im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten Reformer (6) zum Reformieren von Brennstoff in Reformat, einen Verdampfer (7) mit einer kalten Seite (8) stromaufwärts des Reformers (6) zum Verdampfen von Brennstoff und zum Leiten des verdampften Brennstoffs zu einer Brennstoffschnittstelle (26) im Rezirkulationsabschnitt (2) zum Vermischen des verdampften Brennstoffs mit dem Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) sowie einer im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten heißen Seite (9) stromabwärts des Reformers (6) zum Leiten eines Reformat/Abgas-Gemisches aus dem Reformer (6) in Richtung des Brennstoffeinlasses (5), wobei stromaufwärts der kalten Seite (8) des Verdampfers (7) eine Brennstoffzuführvorrichtung (13) zum Einbringen von zu verdampfendem Brennstoff in die kalte Seite (8) des Verdampfers (7) angeordnet ist
dadurch gekennzeichnet, dass
stromaufwärts der kalten Seite (8) des Verdampfers (7) eine Wasserzuführvorrichtung (12) zum Einbringen von Wasser in die kalte Seite (8) des Verdampfers (7) angeordnet ist.
2. AGR-Anordnung (1) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
im Rezirkulationsabschnitt (2) stromaufwärts des Reformers (6) und stromabwärts der kalten Seite (8) des Verdampfers (7) ein adiabatischer Vor-Reformer (10) zum adiabatischen Vor-Reformieren des verdampften Brennstoffs angeordnet ist.
3. AGR-Anordnung (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Reformer (6) als Reformer-Wärmetauscher (20) ausgebildet ist, wobei der Reformer-Wärmetauscher (20) zum Wärmeübertrag von Abgas in einem Leitabschnitt (22) zum Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) ausgebildet ist.

4. AGR-Anordnung (1) nach einem der voranstehenden Ansprüche,
gekennzeichnet durch
ein gemeinsames Gehäuse (11), in welchem der Reformer (6), der Verdampfer (7) und/oder der Vor-Reformer (10) angeordnet sind.
5. Brennkraftsystem (100) zum Umwandeln von chemischer Energie in mechanische Energie mit einem Verbrennungsmotor (3) und einer AGR-Anordnung (1), wobei die AGR-Anordnung (1) einen Rezirkulationsabschnitt (2) zum Rückführen von Abgas aus einem Abgasauslass (4) des Verbrennungsmotors (3) in einen Brennstoffeinlass (5) des Verbrennungsmotors (3), einen im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten Reformer (6) zum Reformieren eines Brennstoffs in Reformat, einen Verdampfer (7) mit einer kalten Seite (8) stromaufwärts des Reformers (6) zum Verdampfen des Brennstoffs und zum Einbringen des verdampften Brennstoffs in den Rezirkulationsabschnitt (2) stromaufwärts des Reformers (6) und einer im Rezirkulationsabschnitt (2) angeordneten heißen Seite (9) stromabwärts des Reformers (6) zum Leiten eines Reformat/Abgas-Gemisches aus dem Reformer (6) in Richtung des Brennstoffeinlasses (5), aufweist
dadurch gekennzeichnet, dass
die AGR-Anordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4 ausgestaltet ist.
6. Brennkraftsystem (100) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
am Verbrennungsmotor (3) ein Brennstoffinjektor (14) zum Einspritzen von Brennstoff in den Verbrennungsmotor (3) angeordnet ist, wobei stromaufwärts der Brennstoffzufuhrvorrichtung (13) und stromaufwärts des Brennstoffinjektors (14) eine Brennstoffquelle (15) mit dem Brennstoff für die Brennstoffzufuhrvorrichtung (13) sowie den Brennstoffinjektor (14) angeordnet ist.
7. Brennkraftsystem (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 6,
gekennzeichnet durch
einen Turbolader (16) mit einem Kompressor (17) auf einer Luftzuführseite des Verbrennungsmotors (3) und einer Turbine (18) auf einer Abgasseite des Verbrennungsmotors (3), wobei stromabwärts des Abgasauslasses (4) und stromaufwärts der Turbine (18) ein Verzweigungsabschnitt (19) der AGR-

Anordnung (1) zum Abzweigen von Abgas in den Rezirkulationsabschnitt (2) ausgestaltet ist.

8. Brennkraftsystem (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,
gekennzeichnet durch
einen Turbolader (16) mit einem Kompressor (17) auf einer Luftzuführseite des Verbrennungsmotors (3) und einer Turbine (18) auf einer Abgasseite des Verbrennungsmotors (3), wobei der Reformer (6) als Reformer-Wärmetauscher (20) mit einer kalten Reformerseite (20) zum Reformieren des verdampften Brennstoffs in Reformat und mit einer warmen Reformerseite (21) ausgebildet ist oder einen derartigen Reformer-Wärmetauscher (20) aufweist, und wobei stromabwärts der Turbine (18) ein Leitabschnitt (22) zum Leiten von Abgas durch die warme Reformerseite (21) ausgestaltet ist.
9. Kraftfahrzeug (1000) mit einem Brennkraftsystem (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 8 zur Bereitstellung mechanischer Energie zum Antreiben des Kraftfahrzeugs (1000).
10. Verfahren zum Betreiben eines Brennkraftsystems (100) insbesondere eines Brennkraftsystems (100) nach einem der Ansprüche 5 bis 8 mit einer AGR-Anordnung (1), insbesondere mit einer AGR-Anordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei ein Teil des Abgases in einen Rezirkulationsabschnitt (2) und ein anderer Teil des Abgases in einen Leitabschnitt (22) geleitet wird
dadurch gekennzeichnet, dass
das Abgas in einem Reformer (6) unter Wärmeübertrag vom Abgases aus dem Leitabschnitt (22) reformiert wird.
11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) stromaufwärts des Reformers (6) in einem adiabatischen Vor-Reformer (10) vorreformiert wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) stromabwärts des Reformers (6) durch einen Verdampfer (7) geleitet wird, wobei im Verdampfer (7) Brennstoff, welcher über eine kalte Seite des Verdampfers (8) geführt wird, verdampft wird, wobei der verdampfte Brennstoff stromaufwärts des Vor-Reformers (10) dem Abgas im Rezirkulationsabschnitt (2) zugeführt wird.