

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
01. März 2018 (01.03.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/036656 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02M 26/22 (2016.01) *F01N 3/20* (2006.01)
F02M 26/02 (2016.01) *F02M 26/08* (2016.01)
F01N 3/023 (2006.01) *F02M 26/05* (2016.01)
F01N 5/02 (2006.01) *F02B 37/00* (2006.01)
F02G 5/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/001008

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. August 2017 (23.08.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 215 919.4
24. August 2016 (24.08.2016) DE

(71) Anmelder: MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH
[DE/DE]; Maybachplatz 1, 88045 Friedrichshafen (DE).

(72) Erfinder: FAST, Gerald; Spiegelbergstraße 2/4, 88677
Markdorf (DE). FIMML, Wolfgang; Backenreuter Straße
21, 6912 Hörbranz (AT). HORBACH, Tim; Kapitän-Wag-
ner-Straße 28, 88048 Friedrichshafen (DE).

(74) Anwalt: MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH; Intellec-
tual Property / TERI, Maybachplatz 1, 88045 Friedrichsha-
fen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,

(54) Title: INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING A HEAT TRANSPORT DEVICE FOR TRANSPORTING HEAT FROM
AN EXHAUST-GAS RECIRCULATION PATH INTO AN EXHAUST-GAS TRACT

(54) Bezeichnung: BERENNKRAFTMASCHINE MIT EINER WÄRMETRANSPORTEINRICHTUNG ZUM TRANSPORT VON
WÄRME AUS EINEM ABGASRÜCKFÜHRPFAD IN EINEN ABGASSTRANG

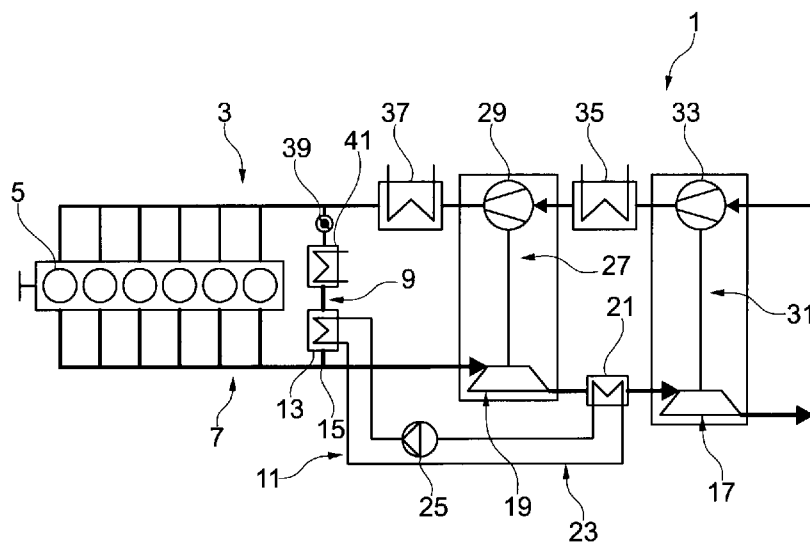


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to an internal combustion engine (1) having a supercharging path (3) designed for feeding charge air to at least one combustion chamber (5) of the internal combustion engine (3), having an exhaust-gas tract (7) designed for discharging exhaust gas from the at least one combustion chamber (5), and having an exhaust-gas recirculation path (9) which connects the exhaust-gas tract (7) outside the at least one combustion chamber (5) to the supercharging path (3), such that exhaust gas can be fed from the exhaust-gas tract (7) to the supercharging path (3). Here, a heat transport device (11) is provided which has a heat absorption device (13) which is designed and arranged to absorb heat from the exhaust-gas recirculation path (9), wherein the heat transport device (11) is designed to introduce heat extracted from the exhaust-gas recirculation path (9) into the exhaust-gas tract (7) downstream of a

MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

branching-off point (15) of the exhaust-gas recirculation path (9) from the exhaust-gas tract (7).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine (1) mit einem Ladepfad (3), eingerichtet zur Zuführung von Ladeluft zu wenigstens einem Brennraum (5) der Brennkraftmaschine (3), einem Abgasstrang (7), eingerichtet zur Abführung von Abgas aus dem wenigstens einen Brennraum (5), und mit einem Abgasrückfuhrpfad (9), der den Abgasstrang (7) außerhalb des wenigstens einen Brennraums (5) mit dem Ladepfad (3) verbindet, sodass Abgas aus dem Abgasstrang (7) dem Ladepfad (3) zuführbar ist. Dabei ist eine Wärmetransporteinrichtung (11) vorgesehen, die eine Wärmeaufnahmeinrichtung (13) aufweist, die eingerichtet und angeordnet ist, um Wärme aus dem Abgasrückfuhrpfad (9) aufzunehmen, wobei die Wärmetransporteinrichtung (11) eingerichtet ist, um dem Abgasrückfuhrpfad (9) entnommene Wärme stromabwärts einer Ausmündung (15) des Abgasrückfuhrpfads (9) aus dem Abgasstrang (7) in den Abgasstrang (7) einzubringen.

5 Brennkraftmaschine mit einer Wärmetransporteinrichtung zum Transport von Wärme aus einem Abgasrückführfad in einen Abgasstrang

Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine.

- 10 Eine solche Brennkraftmaschine weist einen Ladepfad auf, der eingerichtet ist zur Zuführung von Ladeluft zu wenigstens einem Brennraum der Brennkraftmaschine. Die Brennkraftmaschine weist einen Abgasstrang auf, der eingerichtet ist zur Abführung von Abgas aus dem wenigstens einen Brennraum. Es ist ein Abgasrückführfad vorgesehen, der den Abgasstrang außerhalb des wenigstens einen Brennraums mit dem Ladepfad verbindet, sodass Abgas aus dem Abgasstrang
15 dem Ladepfad zuführbar ist. Bei solchen Brennkraftmaschinen mit (externer) Abgasrückführung bedarf es einer Kühlung des in den Ladepfad zurückgeführten Abgases. Die dem rückgeführten Abgas entnommene Wärme wird dabei typischerweise über einen Kühlkreislauf abgeführt und geht der Brennkraftmaschine verloren. Dies wirkt sich negativ auf deren Wirkungsgrad aus. Ist eine solche Brennkraftmaschine als Gasmotor ausgebildet, der insbesondere mit einem
20 methanhaltigen Brenngas betrieben wird, muss der Betrieb der Brennkraftmaschine auf einen begrenzten, möglichst geringen Methan-Schlupf abgestimmt sein. Insbesondere zur Umsetzung unverbrannter Kohlenwasserstoffe, beispielsweise von unverbranntem Methan, aber auch für andere Zwecke der Abgasreinigung ist bevorzugt wenigstens ein Katalysator, insbesondere ein Drei-Wege-Katalysator oder Oxidations-Katalysator vorgesehen, der eine Mindesttemperatur
25 benötigt, um eine ihm zugeordnete katalytische Reaktion bestimmungsgemäß durchführen zu können. Eine solche Mindesttemperatur für einen Katalysator wird auch als „Light off-Temperatur“ bezeichnet. Diese wird insbesondere bei einem Kaltstart der Brennkraftmaschine erst spät erreicht, und es kann zu Betriebszeiten, zu denen die Brennkraftmaschine mit niedriger Last, insbesondere im Leerlaufbetrieb betrieben wird, dazu kommen, dass die
30 Abgasnachbehandlungseinrichtung auskühlt und unter ihre Mindest-Temperatur fällt. Weiterhin zeigt sich, dass das Ansprechverhalten einer solchen Brennkraftmaschine häufig durch eine Aufladung begrenzt wird. Insbesondere dann, wenn die Brennkraftmaschine als Dieselmotor ausgebildet ist, muss ein erhöhter Luftbedarf beim Lastsprung von einem Abgasturbolader bereitgestellt werden, der die hierfür notwendige Energie wiederum über eine Abgasturbine aus
35 der Abgasenthalpie entnimmt, die letztlich auf der Verbrennung in dem wenigstens einen

Brennraum beruht. Auch hierbei zeigt sich, dass insbesondere bei einem Kaltstart, bei niedrigen Drehzahlen, oder einem transienten Betrieb, insbesondere aus dem Leerlauf kommend, häufig nicht genügend Abgasenthalpie und damit letztlich Leistung in dem Abgasturbolader zur Verfügung steht, um solche Lastsprünge mit zufriedenstellender Dynamik darstellen zu können.

5

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Brennkraftmaschine zu schaffen, bei welcher die genannten Nachteile nicht auftreten.

Die Aufgabe wird gelöst, indem eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 geschaffen wird. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

10

Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine weist eine Wärmetransporteinrichtung auf, die ihrerseits eine Wärmeaufnahmeeinrichtung aufweist, die eingerichtet und angeordnet ist, um Wärme aus dem Abgasrückführfad aufzunehmen. Die Wärmetransporteinrichtung ist weiterhin eingerichtet, um dem Abgasrückführfad entnommene Wärme in den Abgasstrang stromabwärts einer Ausmündung des Abgasrückführfads aus dem Abgasstrang einzubringen. Die Brennkraftmaschine weist Vorteile im Vergleich zum Stand der Technik auf. Insbesondere ist es auf diese Weise möglich, einerseits dem zurückgeführten Abgas in dem Abgasrückführfad Wärme zu entziehen, und diese jedoch andererseits nicht zu vernichten, sondern vielmehr – stromabwärts der Ausmündung des Abgasrückführfads aus dem Abgasstrang – wiederum in den Abgasstrang einzubringen, wo die zusätzliche Wärme genutzt werden kann, um beispielsweise eine Abgasnachbehandlungseinrichtung – insbesondere über deren Mindesttemperatur hinaus – zu erwärmen, und/oder um einer Abgasturbine zusätzliche Enthalpie zuzuführen und so einen dynamischeren Lastsprung für die Brennkraftmaschine zu ermöglichen.

20
25

Unter einer Wärmetransporteinrichtung wird insbesondere eine Einrichtung verstanden, welche – vorzugsweise ausschließlich – eingerichtet ist, um Wärme zu übertragen oder zu fördern, wobei die Wärmetransporteinrichtung mithin insbesondere eine passive Einrichtung ist, welche selbst in keinerlei Weise zur Nutzung der Wärme, sondern lediglich zu deren Transport ausgebildet ist.

Eine solche Wärmetransporteinrichtung ist insbesondere nicht eingerichtet zur Durchführung eines thermodynamischen Kreisprozess, und auch nicht in anderer Weise geeignet, um die transportierte Wärme in irgendeine andere Energieform zu wandeln. Die Wärmetransporteinrichtung ist vielmehr nur ausgebildet, um Wärme an einem ersten Ort zu entnehmen und zu einem zweiten Ort zu fördern und dort abzugeben.

30

Unter dem Begriff „Ladeluft“ wird insbesondere im verallgemeinerten Sinne ein Gas oder Gasgemisch verstanden, welches einem Brennraum der Brennkraftmaschine zugeführt wird. Es kann sich hierbei um reine Verbrennungsluft handeln. Es ist aber auch möglich, dass dem
5 wenigstens einen Brennraum über den Ladepfad bereits ein – vorzugsweise verdichtetes – Verbrennungsluft-Brennstoff-Gemisch als Ladeluft zugeführt wird.

Dass der Abgasstrang außerhalb des wenigstens einen Brennraums über den Abgasrückführfad mit dem Ladepfad verbunden ist, bedeutet insbesondere, dass mit dem Abgasrückführfad keine
10 sogenannte interne Abgasrückführung, sondern vielmehr eine externe Abgasrückführung verwirklicht wird, bei welcher das zurückgeführte Abgas dem Abgasstrang stromabwärts des Brennraums entnommen und dem Ladepfad stromaufwärts des Brennraums zugeführt wird.

Die Brennkraftmaschine weist bevorzugt eine Hochdruck-Abgasrückführung auf. Der
15 Abgasrückführfad mündet in diesem Fall stromaufwärts einer einzigen Abgasturbine oder einer Hochdruck-Abgasturbine aus dem Abgasstrang aus und mündet stromabwärts eines einzigen Verdichters oder eines Hochdruck-Verdichters in den Ladepfad ein. Das Abgas wird also auf einem hohen, insbesondere dem höchsten zur Verfügung stehenden Druckniveau dem Abgasstrang entnommen und in den Ladepfad eingebracht.

20 In dem Abgasrückführfad ist vorzugsweise ein Abgasrückführ-Stellelement angeordnet, insbesondere eine sogenannte Abgasrückführ-Klappe. Mit dem Abgasrückführ-Stellelement kann in für sich genommen bekannter Weise eine Abgasrückführ-Rate für die Brennkraftmaschine eingestellt werden.

25 Die Brennkraftmaschine ist bevorzugt als Gasmotor ausgebildet, wobei sie insbesondere eingerichtet ist zum Betrieb mit einem Brenngas, vorzugsweise einem methanhaltigen Brenngas. Insbesondere ist es möglich, dass die Brennkraftmaschine eingerichtet ist zum Betrieb mit Erdgas, komprimiertem Erdgas (CNG – Compressed Natural Gas), Flüssiggas (LNG – Liquefied
30 Natural Gas) oder einem anderen geeigneten, insbesondere methanhaltigen, Gas. Dabei verwirklichen sich in besonderer Weise die bereits beschriebenen Vorteile, da insbesondere eine Mindesttemperatur für einen Oxidationskatalysator oder einen Drei-Wege-Katalysator, der eingerichtet ist, um einen Methanschlupf der Brennkraftmaschine zu reduzieren, schneller

erreicht und besser beibehalten werden kann – unabhängig vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine – als bei einer bekannten Brennkraftmaschine.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Wärmetransporteinrichtung
5 eingerichtet ist, um dem Abgasrückführpfad entnommene Wärme stromaufwärts einer Abgasturbine und/oder stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung in den Abgasstrang einzubringen. Die Einbringung der Wärme in den Abgasstrang stromaufwärts einer Abgasturbine hat den Vorteil, dass dieser zusätzliche Enthalpie zur Verfügung gestellt werden kann, wodurch insbesondere ein dynamischeres Ansprechverhalten für eine Aufladung der
10 Brennkraftmaschine verwirklicht wird. Ein Einbringen der Wärme stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung hat den Vorteil, dass diese früher eine Mindesttemperatur erreichen oder diese Mindesttemperatur besser beibehalten kann, sodass insbesondere ein Umsatz an einer als Katalysator ausgebildeten Abgasnachbehandlungseinrichtung erhöht oder überhaupt erst ermöglicht wird. Dementsprechend wirkt sich die Wärmetransporteinrichtung
15 auch günstig auf die Emissionen der Brennkraftmaschine aus.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Wärmetransporteinrichtung eingerichtet ist, um dem Abgasrückführpfad entnommene Wärme in den Abgasstrang
a) zwischen einer Hochdruck-Abgasturbine und einer Niederdruck-Abgasturbine, und/oder
20 b) zwischen einer Hochdruck-Abgasturbine und einer Mitteldruck-Abgasturbine, und/oder c) zwischen einer Mitteldruck-Abgasturbine und einer Niederdruck-Abgasturbine einzubringen. In allen diesen Fällen wird die Wärme dem Abgasstrang insbesondere stromabwärts einer Hochdruck-Abgasturbine zugeführt. Dies hat insbesondere in Verbindung mit einer Hochdruck-Abgasrückführung den Vorteil, dass die Wärme dem Abgasrückführpfad
25 auf einem ersten, höheren Temperaturniveau entnommen wird, welches stromaufwärts der Hochdruck-Abgasturbine herrscht, wobei sie dem Abgasstrang auf einem zweiten, niedrigeren Temperaturniveau stromabwärts der Hochdruck-Abgasturbine wieder zugeführt werden kann. Das Abgas kühlt sich nämlich beim Durchströmen der Hochdruck-Abgasturbine ab, sodass die danach vorherrschende Temperaturdifferenz zu der Abgastemperatur im Bereich der Hochdruck-
30 Abgasrückführung geeignet ist, um dem Abgasstrang die entnommene Wärme wieder zuzuführen. Da die Wärme in dem Abgasrückführpfad dem Abgas entnommen wird, geht der Hochdruckturbine keine Wärme verloren, vielmehr wird in rein vorteilhafter Weise zusätzliche Wärme für die Niederdruck-Abgasturbine und/oder die Mitteldruck-Abgasturbine bereitgestellt.

Es ist also insbesondere möglich, dass die Brennkraftmaschine eine zweistufige Aufladung mit einer Hochdruck-Abgasturbine und einer Niederdruck-Abgasturbine aufweist. In diesem Fall wird vorzugsweise dem rückgeführten Abgas in dem Abgasrückführpfad Wärme auf einem Temperaturniveau stromaufwärts der Hochdruck-Abgasturbine entnommen, und die Wärme wird
5 dem Abgasstrang stromabwärts der Hochdruck-Abgasturbine, jedoch stromaufwärts der Niederdruck-Abgasturbine zugeführt.

Die Brennkraftmaschine kann auch eine dreistufige Aufladung mit einer Hochdruck-Abgasturbine, einer Mitteldruck-Abgasturbine und einer Niederdruck-Abgasturbine aufweisen.

10 In diesem Fall kann die Wärme, welche dem Abgasrückführpfad entnommen wird, dem Abgasstrang stromaufwärts der Mitteldruck-Abgasturbine oder stromaufwärts der Niederdruck-Abgasturbine zugeführt werden. In beiden Fällen steht der jeweiligen Abgasturbine eine erhöhte Enthalpie zur Verfügung, wobei die hierfür vorgesehene Wärmemenge ohnehin dem rückgeführten Abgas hätte entnommen werden müssen, wobei sie bei konventioneller
15 Vorgehensweise verloren wäre.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Wärmetransporteinrichtung eine Wärmeabgabeeinrichtung aufweist, die eingerichtet und angeordnet ist, um Wärme an den Abgasstrang stromabwärts der Ausmündung des Abgasrückführpfads aus dem Abgasstrang
20 abzugeben, wobei die Wärmetransporteinrichtung weiterhin einen Wärmetransportpfad aufweist, der eingerichtet ist zum Transport von Wärme von der Wärmeaufnahmeeinrichtung zu der Wärmeabgabeeinrichtung. Auf diese Weise kann Wärme besonders definiert und prozesssicher, zugleich vorzugsweise mit hoher Wärmekapazität in dem Wärmetransportpfad, einerseits dem Abgas in dem Abgasrückführpfad entnommen und andererseits dem Abgasstrang wieder
25 zugeführt werden.

Die Wärmeabgabeeinrichtung ist vorzugsweise stromaufwärts einer Abgasturbine und/oder stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung in dem Abgasstrang angeordnet. Besonders bevorzugt ist sie zwischen einer Hochdruck-Abgasturbine und einer Niederdruck-
30 Abgasturbine, oder zwischen einer Hochdruck-Abgasturbine und einer Mitteldruck-Abgasturbine, oder zwischen einer Mitteldruck-Abgasturbine und einer Niederdruck-Abgasturbine, angeordnet.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Wärmeaufnahmeeinrichtung als Gas/Gas-Wärmeübertrager ausgebildet ist. Die Wärmeaufnahmeeinrichtung ist demnach als Wärmeübertrager ausgebildet, der von zwei fluidisch voneinander getrennten, miteinander in thermischem Kontakt stehenden Gasströmen durchströmt wird, nämlich bevorzugt einerseits von dem rückgeführten Abgas und andererseits von entlang des Abgasstrangs strömendem Abgas, welches stromabwärts der Ausmündung des Abgasrückführfads aus dem Abgasstrang durch die Wärmeaufnahmeeinrichtung strömt. Das Abgas, welches die Wärmeaufnahmeeinrichtung zur Aufnahme von Wärme von dem rückgeführten Abgas durchströmt, hat bevorzugt zuvor, stromaufwärts der Wärmeaufnahmeeinrichtung, bereits eine Hochdruck-Abgasturbine passiert und weist daher ein Temperaturniveau auf, welches niedriger ist als das Temperaturniveau des rückgeführten Abgases. Daher ist eine Wärmeübertragung in der Wärmeaufnahmeeinrichtung von dem rückgeführten Abgas auf das zusätzlich entlang des Abgasstrangs in dem Gas/Gas-Wärmeübertrager strömende Abgas möglich.

Alternativ ist die Wärmeaufnahmeeinrichtung bevorzugt als flüssigkeitsdurchströmter Wärmeübertrager ausgebildet. In diesem Fall strömt im Betrieb der Brennkraftmaschine entlang des Wärmetransportpfads bevorzugt ein flüssiges Wärmetransportmedium, welches auch die Wärmeaufnahmeeinrichtung durchströmt, um dort Wärme aufzunehmen. Ein solches flüssiges Wärmetransportmedium kann eine hohe Wärmekapazität aufweisen und daher sehr große Wärmemengen effizient fördern. Unter einem flüssigen Wärmetransportmedium wird insbesondere ein Wärmetransportmedium verstanden, welches zumindest im Betrieb der Brennkraftmaschine sowie der Wärmetransporteinrichtung in flüssiger Phase vorliegt, wobei vorzugsweise ein Wärmetransportmedium verwendet wird, welches auch unter Normalbedingungen, mithin bei 25 °C und 1.013 mbar, in flüssigem Aggregatzustand vorliegt.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass entlang des Wärmetransportpfads ein flüssiges Wärmetransportmedium förderbar ist – wie bereits zuvor ausgeführt. Damit verwirklichen sich für den Wärmetransportpfad bereits die zuvor beschriebenen Vorteile. Insbesondere in diesem Fall weist die Wärmetransporteinrichtung bevorzugt zusätzlich zu der Wärmeaufnahmeeinrichtung auch eine Wärmeabgabeinrichtung auf, wobei die Wärmeabgabeinrichtung bevorzugt als flüssigkeitsdurchströmter Wärmeübertrager ausgebildet ist. Dabei ist die Wärmeabgabeinrichtung im Betrieb durch das flüssige Wärmetransportmedium durchströmt. Selbstverständlich sind sowohl die Wärmeaufnahmeeinrichtung als auch die Wärmeabgabeinrichtung zusätzlich von Abgas

durchströmt, derart, dass Wärme zwischen dem Abgasstrom einerseits und dem Wärmetransportmedienstrom andererseits austauschbar ist. Solche Wärmeübertrager sind für sich genommen bekannt, sodass sie nicht weiter auf deren Ausgestaltung eingegangen wird.

- 5 Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass das Wärmetransportmedium eine Salzschnmelze, ein Thermalöl oder ein Thermoöl, aufweist, oder aus einer Salzschnmelze, einem Thermalöl oder einem Thermoöl besteht. Die hier genannten Materialien beziehungsweise Stoffe sind in besonderer Weise geeignet, um Wärme insbesondere bei den im Abgasstrom einer Brennkraftmaschine herrschenden Temperaturniveaus aufzunehmen oder abzugeben. Zugleich
10 werden diese Materialien oder Stoffe bei einer entsprechenden Temperatur nicht geschädigt.

- Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Wärmeaufnahmeeinrichtung von einem Teilstrang des Abgasstrangs durchsetzt ist, wobei dieser Teilstrang stromabwärts der Ausmündung des Abgasrückführfads zu der Wärmeaufnahmeeinrichtung führt, diese
15 durchläuft, und stromabwärts der Wärmeaufnahmeeinrichtung mit einer Abgasturbine und/oder einer Abgasnachbehandlungseinrichtung fluidverbunden ist. Das Abgas wird über den Teilstrang des Abgasstrangs stromabwärts der Ausmündung des Abgasrückführfads zu der Wärmeaufnahmeeinrichtung geführt, durchströmt diese, und nimmt dabei Wärme aus dem rückgeführten Abgas auf, wobei es anschließend entlang des Teilstrangs weiterströmt und
20 schließlich eine Abgasturbine und/oder eine Abgasnachbehandlungseinrichtung durchströmt, wobei der Abgasturbine und/oder der Abgasnachbehandlungseinrichtung dann die zusätzliche, dem rückgeführten Abgas entnommene Enthalpie zur Verfügung steht.

- Vorzugsweise schließt sich der Teilstrang stromabwärts einer einzigen Abgasturbine oder einer
25 Hochdruck-Abgasturbine an den vorherigen Teil des Abgasstrangs, also den Teil des Abgasstrangs bis zu der einzigen Abgasturbine oder der Hochdruck-Abgasturbine, an, sodass das entlang des Teilstrangs strömende Abgas ein aufgrund der Abgasturbine reduziertes Temperaturniveau im Vergleich zu dem rückgeführten Abgas hat und Wärme von diesem aufnehmen kann. Der Teilstrang mündet dann bevorzugt in eine Mitteldruck-Abgasturbine, in
30 eine Niederdruck-Abgasturbine, und/oder in eine Abgasnachbehandlungseinrichtung, insbesondere einen Katalysator.

Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist vorgesehen, dass die Wärmetransporteinrichtung steuerbar oder regelbar ausgebildet ist. Auf diese Weise steht ein Freiheitsgrad für ein aktives

Thermomanagement der Brennkraftmaschine zur Verfügung, insbesondere ist es möglich, betriebspunktabhängig dem rückgeführten Abgas Wärme zu entnehmen und diese wieder in den Abgasstrang einzuspeisen. Damit kann insbesondere eine bedarfsgerechte Enthalpieerhöhung stromaufwärts einer Abgasturbine dargestellt werden. Auf diese Weise kann eine

- 5 Betriebsbereichserweiterung für die Abgasturbine bereitgestellt werden. Insbesondere ist es möglich, dass die Abgasturbine größer gewählt wird, als bisher vorgesehen, wobei in niedrigeren Lastpunkten der Brennkraftmaschine, in denen bisher eine größere Turbine nicht sinnvoll betreibbar gewesen wäre, die Enthalpieerhöhung dazu beitragen kann, genügend Enthalpie zum Betrieb auch der vergrößerten Turbine bereitzustellen, wobei in hohen Lastpunkten der
- 10 Brennkraftmaschine ohne weiteres der gesamte Abgasmassenstrom über die vergrößerte Abgasturbine geleitet werden kann, sodass ein Turbinenbypass für die Abgasturbine gegebenenfalls sogar entfallen kann. Über das aktive Thermomanagement können insbesondere Wärmeströme in Zusammenhang mit der Abgasrückführung sowie der Enthalpiestrom zu der Abgasturbine und/oder der wenigstens einen Abgasnachbehandlungseinrichtung gesteuert,
- 15 vorzugsweise geregelt werden. Hierdurch ergeben sich zusätzliche Optionen für den Betrieb der Brennkraftmaschine, insbesondere in Hinblick auf eine Minimierung von Emissionen und/oder eine Optimierung des Wirkungsgrads. Eine solche Steuerbarkeit oder Regelbarkeit ist bei einem Wärmetransportpfad, in welchem ein flüssiges Wärmetransportmedium strömt, ohne weiteres darstellbar, indem insbesondere eine Fördereinrichtung, die zur Förderung des
- 20 Wärmetransportmediums entlang des Wärmetransportpfads vorgesehen ist, in geeigneter Weise angesteuert wird, insbesondere um eine Strömungsgeschwindigkeit des Wärmetransportmediums in dem Wärmetransportpfad zu variieren. Weist die Wärmetransporteinrichtung den zuvor beschriebenen Teilstrang des Abgasstrangs auf, ist bevorzugt ein Bypass vorgesehen, welcher den Teilstrang überbrückt und damit beispielsweise eine Hochdruck-Abgasturbine mit einer
- 25 Mitteldruck- oder Niederdruck-Abgasturbine kurzschließt, oder eine einzige Abgasturbine oder eine Niederdruck-Abgasturbine mit einer Abgasnachbehandlungseinrichtung kurzschließt, oder der eine andere Kurzschlusskonfiguration zur Vermeidung einer Abgasströmung entlang des Teilstrangs zu der Wärmeaufnahmeeinrichtung verwirklicht. Vorzugsweise ist/sind in dem Bypass und/oder in dem Teilstrang jeweils ein Stellelement angeordnet, durch welches eine
- 30 Abgasströmung einerseits auf den Teilstrang und andererseits auf den Bypass aufteilbar ist. Auf diese Weise kann auch hier – insbesondere durch geeignete Ansteuerung des wenigstens einen Stellelements – eine Steuerung oder Regelung der Wärmetransporteinrichtung durchgeführt werden.

- Gemäß einer Weiterbildung der Erfindung ist schließlich vorgesehen, dass die Brennkraftmaschine einen Abgasrückführ-Kühler – insbesondere stromabwärts der Wärmeaufnahmeeinrichtung – in dem Abgasrückführpfad aufweist. Die dem rückgeführten Abgas in der Wärmeaufnahmeeinrichtung entnommene Wärme reicht typischerweise nicht aus, um das rückgeführte Abgas hinreichend für eine Zuführung in den Ladepfad zu kühlen. Daher ist bevorzugt zusätzlich noch ein Abgasrückführ-Kühler in dem Abgasrückführpfad angeordnet. Dieser kann allerdings vorteilhaft kleiner dimensioniert sein, als wenn die Wärmeaufnahmeeinrichtung nicht vorgesehen wäre, da das den Abgasrückführkühler durchströmende Abgas zusätzlich durch die Wärmeaufnahmeeinrichtung gekühlt wird. Die Wärmeaufnahmeeinrichtung ist bevorzugt stromaufwärts des Abgasrückführkühlers in dem Abgasrückführpfad angeordnet, um ein möglichst hohes Abgastemperaturniveau zur Entnahme von Wärme zur Verfügung zu haben. Zugleich ergibt sich daraus in besonderer Weise der Vorteil eines kleiner dimensionierbaren Abgasrückführkühlers.
- Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Hubkolbenmotor ausgebildet. Es ist möglich, dass die Brennkraftmaschine zum Antrieb eines Personenkraftwagens, eines Lastkraftwagens oder eines Nutzfahrzeugs eingerichtet ist. Bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel dient die Brennkraftmaschine dem Antrieb insbesondere schwerer Land- oder Wasserfahrzeuge, beispielsweise von Minenfahrzeugen, Zügen, wobei die Brennkraftmaschine in einer Lokomotive oder einem Triebwagen eingesetzt wird, oder von Schiffen. Auch ein Einsatz der Brennkraftmaschine zum Antrieb eines der Verteidigung dienenden Fahrzeugs, beispielsweise eines Panzers, ist möglich. Ein Ausführungsbeispiel der Brennkraftmaschine wird vorzugsweise auch stationär, beispielsweise zur stationären Energieversorgung im Notstrombetrieb, Dauerlastbetrieb oder Spitzenlastbetrieb eingesetzt, wobei die Brennkraftmaschine in diesem Fall vorzugsweise einen Generator antreibt. Auch eine stationäre Anwendung der Brennkraftmaschine zum Antrieb von Hilfsaggregaten, beispielsweise von Feuerlöschpumpen auf Bohrinseln, ist möglich. Weiterhin ist eine Anwendung der Brennkraftmaschine im Bereich der Förderung fossiler Roh- und insbesondere Brennstoffe, beispielsweise Öl und/oder Gas, möglich. Auch eine Verwendung der Brennkraftmaschine im industriellen Bereich oder im Konstruktionsbereich, beispielsweise in einer Konstruktions- oder Baumaschine, zum Beispiel in einem Kran oder einem Bagger, ist möglich. Die Brennkraftmaschine ist vorzugsweise als Dieselmotor, als Benzinmotor, als Gasmotor zum Betrieb mit Erdgas, Biogas, Sondergas oder einem anderen geeigneten Gas, ausgebildet. Insbesondere wenn die Brennkraftmaschine als

Gasmotor ausgebildet ist, ist sie für den Einsatz in einem Blockheizkraftwerk zur stationären Energieerzeugung geeignet.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

5

Figur 1 eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine;

10

Figur 2 eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der Brennkraftmaschine;

Figur 3 eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels der Brennkraftmaschine, und

15

Figur 4 eine schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels der Brennkraftmaschine.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines ersten Ausführungsbeispiels einer Brennkraftmaschine 1 mit einem Ladepfad 3, der eingerichtet ist zur Zuführung von Ladeluft, was auch ein Verbrennungsluft-Brennstoff-Gemisch sein kann, zu wenigstens einem Brennraum 5 der Brennkraftmaschine 3. Diese weist hier eine Mehrzahl von Brennräumen 5 auf, wobei der besseren Übersichtlichkeit wegen nur einer mit einem Bezugszeichen bezeichnet ist. Die Brennkraftmaschine 1 weist außerdem einen Abgasstrang 7 auf, der eingerichtet ist zur Abführung von Abgas aus dem wenigstens einen Brennraum 5. Außerdem weist die Brennkraftmaschine 1 einen Abgasrückführpfad 9 auf, der den Abgasstrang 7 außerhalb des wenigstens einen Brennraums 5 mit dem Ladepfad 3 verbindet, sodass Abgas aus dem Abgasstrang 7 dem Ladepfad 3 zuführbar ist.

Die Brennkraftmaschine 3 weist außerdem eine Wärmetransporteinrichtung 11 auf, die eine Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 aufweist, die eingerichtet und angeordnet ist, um Wärme aus dem Abgasrückführpfad 9 aufzunehmen. Dabei ist die Wärmetransporteinrichtung 11 weiter eingerichtet, um dem Abgasrückführpfad 9 entnommene Wärme in den Abgasstrang 7 stromabwärts einer Ausmündung 15 des Abgasrückführpfads 9 aus dem Abgasstrang 7 in den Abgasstrang 7 einzubringen.

Auf diese Weise kann dem rückgeführten Abgas in dem Abgasrückführfad 9 Wärme entzogen werden, was ohnehin nötig ist, wobei diese Wärme jedoch nicht verloren geht, sondern dem Abgasstrang 7 an anderer Stelle wieder zugeführt und dort genutzt werden kann.

5

Die Wärmetransporteinrichtung 11 ist insbesondere eingerichtet um dem Abgasrückführfad 9 entnommene Wärme in den Abgasstrang 7 stromaufwärts einer Abgasturbine 17 einzubringen. Dabei kann die zusätzlich in den Abgasstrang 7 eingebrachte Wärme zur Enthalpieerhöhung des Abgases vor der Abgasturbine 17 genützt werden. Dies führt insbesondere zu einer Anhebung des Motorwirkungsgrads. Die Transientfähigkeit der Brennkraftmaschine 1 wird außerdem erhöht, weil das Ansprechverhalten der Abgasturbine 17 verbessert ist. Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Wärmetransporteinrichtung 11 insbesondere eingerichtet, um die Wärme in den Abgasstrang 7 stromabwärts einer Hochdruck-Abgasturbine 19 und stromaufwärts der hier als Niederdruck-Abgasturbine ausgebildeten Abgasturbine 17 in den Abgasstrang einzubringen. Es ist auch möglich, dass die Wärme zwischen einer Hochdruck-Abgasturbine 19 und einer Mitteldruck-Abgasturbine, oder zwischen einer Mitteldruck-Abgasturbine und einer Niederdruck-Abgasturbine in den Abgasstrang 7 eingebracht wird. Jedenfalls erfolgt die Wärmeübertragung bevorzugt stromabwärts der Hochdruck-Abgasturbine 19, da insbesondere so ein geeignetes Temperaturniveau zur Übertragung der Wärme aus dem rückgeführten Abgas in den Abgasstrang 7 vorliegt. Eine solche Ausgestaltung ist also insbesondere bei zweistufiger Aufladung vorgesehen, kann aber auch bei drei- oder mehrstufiger Aufladung vorgesehen sein.

Die Wärmetransporteinrichtung 11 weist bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel eine Wärmeabgabeeinrichtung 21 auf, die eingerichtet und angeordnet ist, um dem Abgasrückführfad 9 entnommene Wärme an den Abgasstrang 7 stromabwärts der Ausmündung 15 abzugeben, wobei die Wärmetransporteinrichtung 11 außerdem einen Wärmetransportpfad 23 aufweist, der eingerichtet ist zum Transport von Wärme von der Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 zu der Wärmeabgabeeinrichtung 21. Dabei ist entlang des Wärmetransportpfades 23 ein Wärmetransportmedium förderbar, das bevorzugt als flüssiges Wärmetransportmedium ausgebildet ist, insbesondere als Salzschnmelze oder als Thermal- oder Thermoöl. Sowohl die Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 als auch die Wärmeabgabeeinrichtung 21 sind vorzugsweise als flüssigkeitsdurchströmte Wärmeübertrager ausgebildet, welche von dem Wärmetransportmedium durchströmt sind, wobei das Wärmetransportmedium in der

Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 Wärme aus dem rückgeführten Abgas aufnimmt und in der Wärmeabgabeinrichtung 21 an das Abgas in dem Abgasstrang 7 abgibt. Beide Wärmeübertrager werden also einerseits von Abgas und andererseits von dem flüssigen Wärmetransportmedium durchströmt, wobei das Abgas einerseits und das

5 Wärmetransportmedium andererseits miteinander in thermischem Kontakt sind.

In dem Wärmetransportpfad 23 ist außerdem noch eine Fördereinrichtung 25, vorzugsweise eine Pumpe, angeordnet, die eingerichtet ist, um das Wärmetransportmedium entlang des Wärmetransportpfads 23 zu fördern. Insbesondere durch Ansteuerung der Fördereinrichtung 25

10 ist bevorzugt eine Steuerung oder Regelung der Wärmetransporteinrichtung 11 möglich, sodass ein aktives Thermomanagement für die Brennkraftmaschine 1 durchgeführt werden kann. Dabei kann die Enthalpieerhöhung vor der Abgasturbine 17 insbesondere bedarfsgerecht erfolgen. Auf diese Weise kann insbesondere der Betriebsbereich der Abgasturbine 17 erweitert werden. Insbesondere ist es möglich, diese größer auszulegen als bisher. Ein ansonsten bevorzugt

15 vorgesehener Turbinenbypass um die Abgasturbine 17 kann dann gegebenenfalls entfallen.

Anhand von Figur 1 zeigt sich noch, dass die Hochdruck-Abgasturbine 19 bevorzugt Teil eines ersten Abgasturboladers 27 ist, wobei in dem Ladepfad 3 ein Hochdruckverdichter 29 des ersten Abgasturboladers 27 angeordnet ist, der durch die Hochdruck-Abgasturbine 19 antreibbar ist.

20 Die Abgasturbine 17 ist Teil eines zweiten Abgasturboladers 31, wobei in dem Ladepfad 3 ein Niederdruckverdichter 33 des zweiten Abgasturboladers 31 angeordnet ist, welcher durch die Abgasturbine 17 antreibbar ist. Zwischen dem Niederdruckverdichter 33 und dem Hochdruckverdichter 29 ist ein Zwischenkühler 35 angeordnet. Stromabwärts des Hochdruckverdichters 33 ist ein Ladeluftkühler 37 in dem Ladepfad 3 angeordnet.

25

Es zeigt sich auch noch, dass in dem Abgasrückführpfad 9 ein Abgasrückführ-Stellelement 39 angeordnet ist, insbesondere eine Abgasrückführ-Klappe, das eingerichtet ist, um eine Abgasrückführrate einzustellen. Außerdem ist in dem Abgasrückführpfad 9 insbesondere stromabwärts der Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 – bevorzugt stromaufwärts des

30 Abgasrückführ-Stellelements 39 – ein Abgasrückführkühler 41 angeordnet. Dieser kann in vorteilhafter Weise kleiner ausfallen, als wenn die Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 nicht vorgesehen ist, da dem rückgeführten Abgas bevorzugt bereits vor Durchströmen des Abgasrückführkühlers 41 Wärme in der Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 entzogen wird.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines zweiten Ausführungsbeispiels der Brennkraftmaschine 1. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird. Das hier dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in Figur 1 dargestellten

5 Ausführungsbeispiel dadurch, dass die Wärmetransporteinrichtung 11 hier keinen Wärmetransportpfad 23 mit einem flüssigen Wärmetransportmedium aufweist, sondern dass vielmehr die Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 als Gas/Gas-Wärmeübertrager ausgebildet ist, der von einem Teilstrang 43 des Abgasstrangs 7 durchsetzt ist. Dieser Teilstrang 43 führt von einer Stelle stromabwärts der Ausmündung 15 zu der Wärmeaufnahmeeinrichtung 13, durchläuft
10 diese, und mündet stromabwärts der Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 in die Abgasturbine 17. Der Teilstrang 43 schließt sich hier insbesondere stromabwärts der Hochdruck-Abgasturbine 19 an den vorhergehenden, die Hochdruck-Abgasturbine 19 umfassenden Teil des Abgasstrangs 7 an. Das aus der Hochdruck-Abgasturbine 19 austretende und in dieser abgekühlte Abgas wird also über den Teilstrang 43 des Abgasstrangs 7 zu der Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 geführt, wo es
15 mit dem rückgeführten Abgas in dem Abgasrückführfad 9 in thermischen Kontakt kommt und Wärme von diesem rückgeführten Abgas aufnimmt, weil das rückgeführte Abgas ein höheres Temperaturniveau hat als das in dem Teilstrang 43 strömende, bereits in der Hochdruck-Abgasturbine 19 abgekühlte Abgas. Das derart in der Wärmeaufnahmeeinrichtung 13 aufgeheizte Abgas wird über den weiteren Verlauf des Teilstangs 43 schließlich der
20 Abgasturbine 17, welches eine Niederdruck-Abgasturbine ist, zugeführt, sodass dieser zusätzliche Enthalpie bereitgestellt wird, welche dem rückgeführten Abgas entnommen wurde. Dabei verwirklichen sich insbesondere auch die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit Figur 1 erläutert wurden.

25 Eine Steuerung oder Regelung der Wärmetransporteinrichtung 11 kann hier durch einen Bypass 45 erfolgen, welcher den Abgasstrang 7 zwischen der Hochdruck-Abgasturbine 19 und der Abgasturbine 17 kursorientiert und damit den Teilstrang 43 überbrückt, wobei hier zwei Stellelemente 47, 47' vorgesehen sind, über die einerseits der Anteil des entlang des Teilstrangs 43 strömenden Abgases und andererseits der Anteil des entlang des Bypasses 45 strömenden
30 Abgases eingestellt werden kann. Durch geeignete Ansteuerung der Stellelemente 47, 47' kann somit eine Steuerung oder Regelung der Wärmetransporteinrichtung 11 verwirklicht und vorzugsweise ein aktives Thermomanagement für die Brennkraftmaschine 1 zur Verfügung gestellt werden.

Der Teilstrang 43 ist hier zwischen der Hochdruck-Abgasturbine 19 und der als Niederdruck-Abgasturbine ausgebildeten Abgasturbine 17 vorgesehen. Es ist auch möglich, dass der Teilstrang 43 zwischen der Hochdruck-Abgasturbine 19 und einer Mitteldruck-Abgasturbine, oder zwischen einer Mitteldruck-Abgasturbine und einer Niederdruck-Abgasturbine vorgesehen ist. Die hier dargestellte Ausgestaltung ist also insbesondere möglich bei zweistufiger Aufladung, wie auch bei drei- oder mehrstufiger Aufladung.

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines dritten Ausführungsbeispiels der Brennkraftmaschine 1. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird. Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel ist im Unterschied zu dem ersten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 1 die Wärmeabgabereinrichtung 21 stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung 49 angeordnet, sodass der Abgasnachbehandlungseinrichtung 49 zusätzliche Wärme zugeführt werden kann. Dadurch kann insbesondere eine Mindesttemperatur für die Abgasnachbehandlungseinrichtung 49 – vorzugsweise bedarfsabhängig – gewährleistet werden. Die Ansprechzeiten für die Abgasnachbehandlungseinrichtung 49 können verkürzt werden, beispielsweise bei Kaltstart oder Lastwechsel, und es ist eine flexiblere Abstimmung der Brennkraftmaschine 1 möglich, da die Abhängigkeit von der Abgasnachbehandlungseinrichtung 49 abnimmt. Nicht zuletzt steigt dadurch auch der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine 1, und deren Verbrauch sinkt.

Die Abgasnachbehandlungseinrichtung 49 kann bevorzugt als Drei-Wege-Katalysator, als Oxidations-Katalysator, oder als andere derartige Katalysator-Einrichtung ausgebildet sein.

Der zweite Abgasturbolader 31 ist gestrichelt dargestellt, um anzudeuten, dass das hier dargestellte Ausführungsbeispiel sowohl bei einer einstufigen Aufladung als auch bei einer zweistufigen Aufladung möglich ist. Ist eine zweistufige Aufladung vorgesehen und mithin der zweite Abgasturbolader 31 vorhanden, ist die Wärmeabgabereinrichtung 21 bevorzugt stromabwärts der als Niederdruck-Abgasturbine ausgebildeten Abgasturbine 17 angeordnet. Ist eine einstufige Aufladung vorgesehen, wobei dann nur der erste Abgasturbolader 27 vorhanden ist, ist die Wärmeabgabereinrichtung 21 stromabwärts der dann als einzige Abgasturbine vorgesehenen Hochdruck-Abgasturbine 19 angeordnet. Entfällt der zweite Abgasturbolader 31, entfallen entsprechend auch der Niederdruckverdichter 33 und der Zwischenkühler 35, weshalb auch diese hier gestrichelt dargestellt sind.

Fig. 4 zeigt eine schematische Darstellung eines vierten Ausführungsbeispiels der Brennkraftmaschine 1. Gleiche und funktionsgleiche Elemente sind mit gleichen Bezugszeichen versehen, sodass insofern auf die vorangegangene Beschreibung verwiesen wird. Das hier
5 dargestellte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in Figur 2 dargestellten, zweiten Ausführungsbeispiel in analoger Weise, wie sich das in Figur 3 dargestellte dritte Ausführungsbeispiel von dem in Figur 1 dargestellten ersten Ausführungsbeispiel unterscheidet. Insbesondere ist hier der Teilstrang 43 stromaufwärts der Abgasnachbehandlungseinrichtung 49
10 angeordnet. Vorzugsweise ist er dabei zugleich stromabwärts der Abgasturbine 17 oder – falls der zweite Abgasturbolader 31 entfällt und eine nur einstufige Aufladung vorgesehen ist – stromabwärts der dann einzigen Abgasturbine, nämlich der Hochdruck-Abgasturbine 19, angeordnet. Im Übrigen verwirklichen sich insbesondere die Vorteile, die bereits in Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel gemäß Figur 3 erläutert wurden.

15 Insgesamt zeigt sich, dass mit der hier vorgestellten Brennkraftmaschine 1 eine Verbrauchssenkung möglich ist, wobei zugleich dann, wenn diese als Gasmotor ausgebildet ist, ein Methanschlupf herabgesetzt werden kann. Das Ansprechverhalten einer Aufladung und einer Abgasnachbehandlung im transienten Betrieb der Brennkraftmaschine 1 ist verbessert. Im
20 Übrigen kann auch das Problem einer zu geringen Abgastemperatur bei Teillast für ein System zur selektiven katalytischen Reduktion von Stickoxiden behoben werden. Insofern wird noch hervorgehoben, dass die Abgasnachbehandlungseinrichtung 49 auch als SCR-Katalyseeinrichtung ausgebildet sein kann.

ANSPRÜCHE

1. Brennkraftmaschine (1), mit

- 5 – einem Ladepfad (3), eingerichtet zur Zuführung von Ladeluft zu wenigstens einem Brennraum (5) der Brennkraftmaschine (3);
- einem Abgasstrang (7), eingerichtet zur Abführung von Abgas aus dem wenigstens einen Brennraum (5), und mit
- 10 – einem Abgasrückführfad (9), der den Abgasstrang (7) außerhalb des wenigstens einen Brennraums (5) mit dem Ladepfad (3) verbindet, sodass Abgas aus dem Abgasstrang (7) dem Ladepfad (3) zuführbar ist,

gekennzeichnet durch

- eine Wärmetransporteinrichtung (11), die
- 15 – eine Wärmeaufnahmeeinrichtung (13) aufweist, die eingerichtet und angeordnet ist, um Wärme aus dem Abgasrückführfad (9) aufzunehmen, wobei
- die Wärmetransporteinrichtung (11) eingerichtet ist, um dem Abgasrückführfad (9) entnommene Wärme stromabwärts einer Ausmündung (15) des Abgasrückführfads (9) aus dem Abgasstrang (7) in den Abgasstrang (7) einzubringen.

20 2. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmetransporteinrichtung (11) eingerichtet ist, um dem Abgasrückführfad (9) entnommene Wärme in den Abgasstrang (7) stromaufwärts einer Abgasturbine (17) und/oder stromaufwärts einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (49) einzubringen.

25 3. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmetransporteinrichtung (11) eingerichtet ist, um dem Abgasrückführfad (9) entnommene Wärme

 a) zwischen einer Hochdruck-Abgasturbine (19) und einer Niederdruck-Abgasturbine (17), und/oder

30 b) zwischen einer Hochdruck-Abgasturbine (19) und einer Mitteldruck-Abgasturbine, und/oder

 c) zwischen einer Mitteldruck-Abgasturbine und einer Niederdruck-Abgasturbine in den Abgasstrang (7) einzubringen.

4. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmetransporteinrichtung (11) eine Wärmeabgabeeinrichtung (21) aufweist, die eingerichtet und angeordnet ist, um dem Abgasrückführpfad (9) entnommene
- 5 Wärme an den Abgasstrang (7) stromabwärts der Ausmündung (15) abzugeben, wobei die Wärmetransporteinrichtung (11) einen Wärmetransportpfad (23) aufweist, der eingerichtet ist zum Transport von Wärme von der Wärmeaufnahmeinrichtung (13) zu der Wärmeabgabeeinrichtung (21).
- 10 5. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmeaufnahmeinrichtung (13)
- a) als Gas/Gas-Wärmeübertrager, oder
- b) als flüssigkeitsdurchströmter Wärmeübertrager
- ausgebildet ist.
- 15 6. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass entlang des Wärmetransportpfads (23) ein Wärmetransportmedium förderbar ist, das als flüssiges Wärmetransportmedium ausgebildet ist, wobei die Wärmeabgabeeinrichtung (21) vorzugsweise als flüssigkeitsdurchströmter Wärmeübertrager
- 20 ausgebildet ist.
7. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Wärmetransportmedium eine Salzschnmelze oder ein Thermalöl aufweist, oder als Salzschnmelze oder als Thermalöl ausgebildet ist.
- 25 8. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmeaufnahmeinrichtung (13) von einem Teilstrang (43) des Abgasstrangs (7) durchsetzt ist, der stromabwärts der Ausmündung (15) zu der Wärmeaufnahmeinrichtung (13) führt, diese durchläuft, und stromabwärts der
- 30 Wärmeaufnahmeinrichtung (13) mit einer Abgasturbine (17) und/oder einer Abgasnachbehandlungseinrichtung (49) fluidverbunden ist.

9. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Wärmetransporteinrichtung (11) steuerbar oder regelbar ausgebildet ist.
- 5 10. Brennkraftmaschine (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Abgasrückführkühler (41) – vorzugsweise stromabwärts der Wärmeaufnahmeinrichtung (13) – in dem Abgasrückführfad (9) angeordnet ist.

1/2

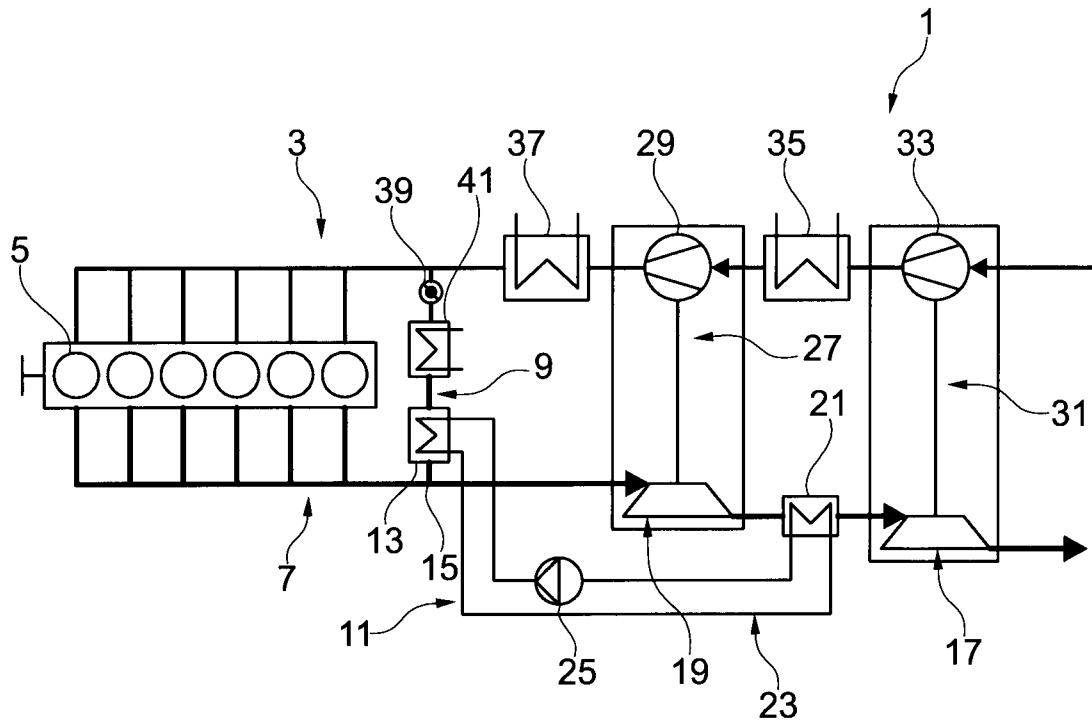


Fig. 1

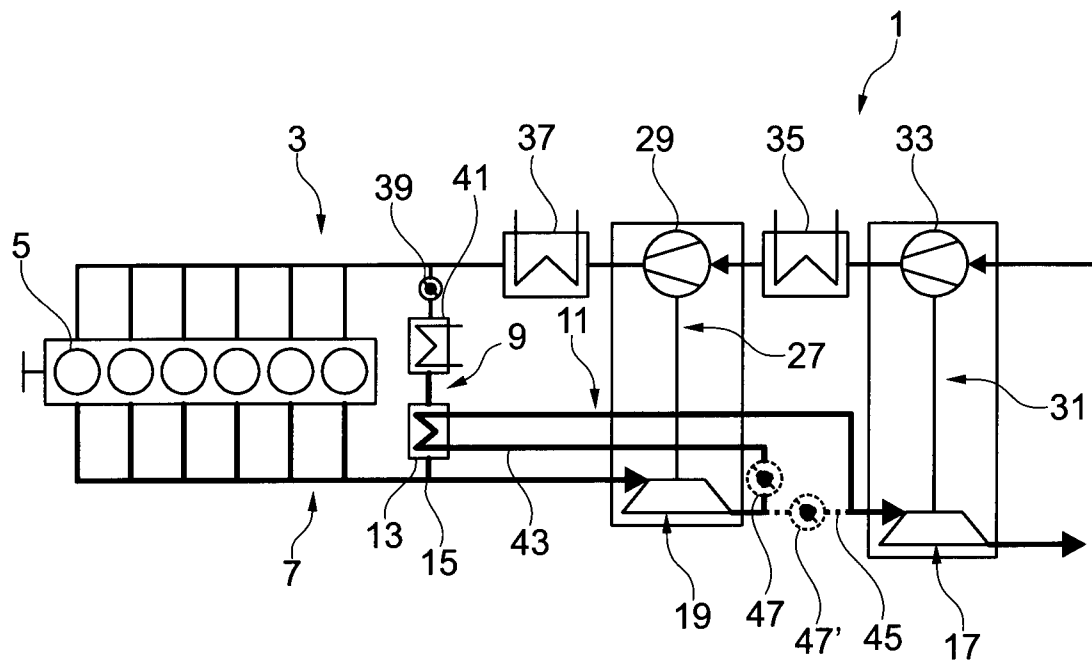


Fig. 2

2/2

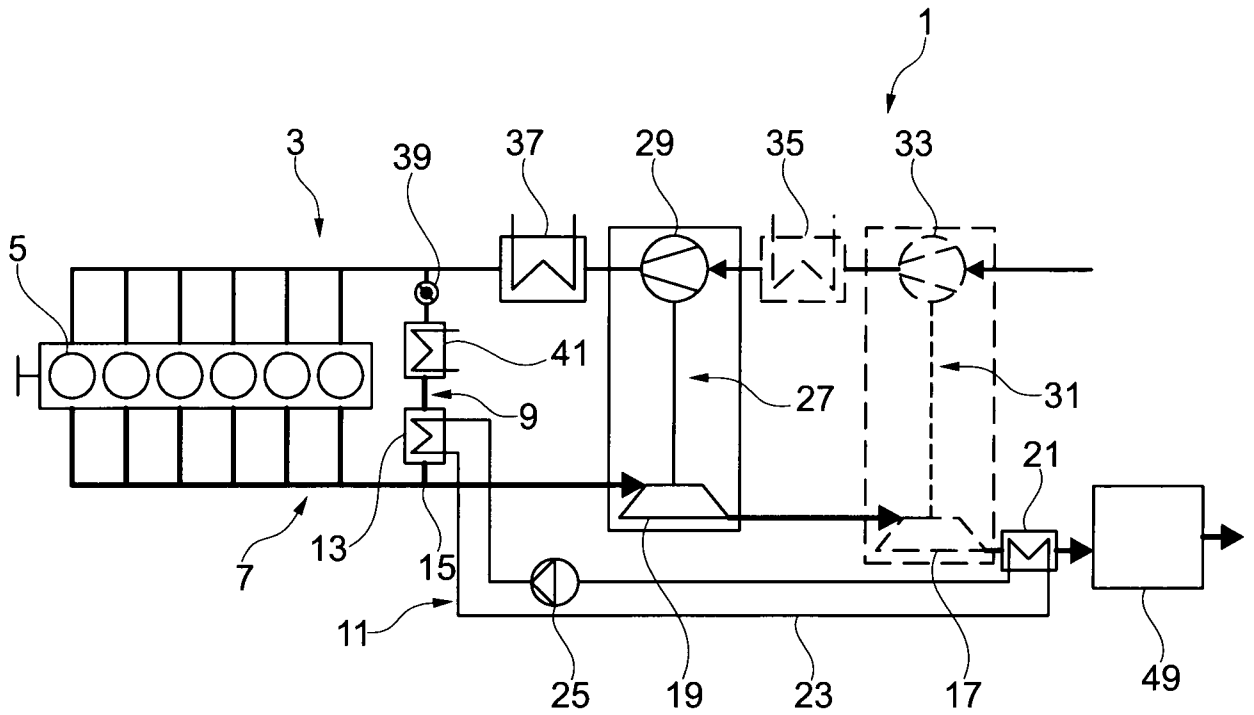


Fig. 3

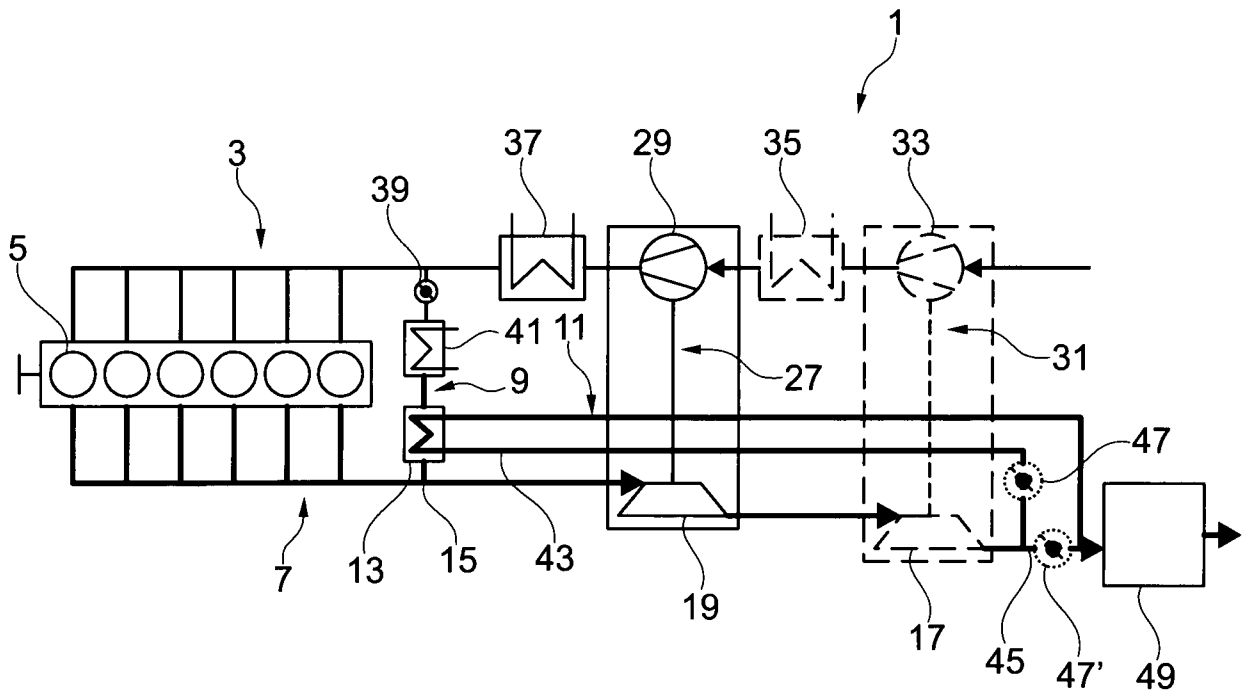


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/001008

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02M26/22 F02M26/02 F01N3/023 F01N5/02 F02G5/02
F01N3/20 F02M26/08 F02M26/05 F02B37/00

ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02M F01N F02G F02B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2013 201710 A1 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE]) 7 August 2014 (2014-08-07) abstract; figure 1 paragraph [0048] -----	1-10
A	US 2013/283784 A1 (UZKAN TEOMAN [US] ET AL) 31 October 2013 (2013-10-31) figure 1 -----	1-10
A	EP 0 913 561 A2 (VALEO THERMIQUE MOTEUR SA [FR]) 6 May 1999 (1999-05-06) figure 1 -----	1-10
A	DE 10 2009 027350 A1 (DENSO CORP [JP]) 18 February 2010 (2010-02-18) figure 1 ----- -/-	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

28 November 2017

Date of mailing of the international search report

07/12/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Seifert, Marco

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/001008

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2015 117965 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 28 April 2016 (2016-04-28) figure 1 -----	1-10
A	WO 2008/137028 A1 (MACK TRUCKS [US]; SVENSSON KENTH I [US]; ALI MOATAZ [SE]) 13 November 2008 (2008-11-13) figure 1 -----	1-10
A	DE 10 2004 052107 A1 (EBERSPAECHER J GMBH & CO [DE]) 4 May 2006 (2006-05-04) figure 1 -----	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/001008

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102013201710 A1	07-08-2014	NONE	
US 2013283784 A1	31-10-2013	NONE	
EP 0913561 A2	06-05-1999	BR 9804244 A DE 69817294 D1 DE 69817294 T2 EP 0913561 A2 FR 2770582 A1 JP H11193753 A MX PA98009109 A US 6155042 A	14-12-1999 25-09-2003 09-06-2004 06-05-1999 07-05-1999 21-07-1999 09-12-2004 05-12-2000
DE 102009027350 A1	18-02-2010	DE 102009027350 A1 JP 4715883 B2 JP 2010038072 A	18-02-2010 06-07-2011 18-02-2010
DE 102015117965 A1	28-04-2016	CN 105545534 A DE 102015117965 A1 RU 2015145137 A US 2016115910 A1 US 2017226943 A1	04-05-2016 28-04-2016 10-05-2017 28-04-2016 10-08-2017
WO 2008137028 A1	13-11-2008	CA 2713098 A1 EP 2153036 A1 JP 5458009 B2 JP 2011509366 A US 2010132342 A1 WO 2008137028 A1	13-11-2008 17-02-2010 02-04-2014 24-03-2011 03-06-2010 13-11-2008
DE 102004052107 A1	04-05-2006	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F02M26/22 F02M26/02 F01N3/023 F01N5/02 F02G5/02	
ADD.	F01N3/20 F02M26/08 F02M26/05 F02B37/00	
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F02M F01N F02G F02B		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2013 201710 A1 (MTU FRIEDRICHSHAFEN GMBH [DE]) 7. August 2014 (2014-08-07) Zusammenfassung; Abbildung 1 Absatz [0048] -----	1-10
A	US 2013/283784 A1 (UZKAN TEOMAN [US] ET AL) 31. Oktober 2013 (2013-10-31) Abbildung 1 -----	1-10
A	EP 0 913 561 A2 (VALEO THERMIQUE MOTEUR SA [FR]) 6. Mai 1999 (1999-05-06) Abbildung 1 -----	1-10
A	DE 10 2009 027350 A1 (DENSO CORP [JP]) 18. Februar 2010 (2010-02-18) Abbildung 1 ----- -/-	1-10
☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
28. November 2017		07/12/2017
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Seifert, Marco

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2015 117965 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 28. April 2016 (2016-04-28) Abbildung 1 -----	1-10
A	WO 2008/137028 A1 (MACK TRUCKS [US]; SVENSSON KENTH I [US]; ALI MOATAZ [SE]) 13. November 2008 (2008-11-13) Abbildung 1 -----	1-10
A	DE 10 2004 052107 A1 (EBERSPAECHER J GMBH & CO [DE]) 4. Mai 2006 (2006-05-04) Abbildung 1 -----	1-10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/001008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013201710 A1	07-08-2014	KEINE	
US 2013283784 A1	31-10-2013	KEINE	
EP 0913561 A2	06-05-1999	BR 9804244 A	14-12-1999
		DE 69817294 D1	25-09-2003
		DE 69817294 T2	09-06-2004
		EP 0913561 A2	06-05-1999
		FR 2770582 A1	07-05-1999
		JP H11193753 A	21-07-1999
		MX PA98009109 A	09-12-2004
		US 6155042 A	05-12-2000
DE 102009027350 A1	18-02-2010	DE 102009027350 A1	18-02-2010
		JP 4715883 B2	06-07-2011
		JP 2010038072 A	18-02-2010
DE 102015117965 A1	28-04-2016	CN 105545534 A	04-05-2016
		DE 102015117965 A1	28-04-2016
		RU 2015145137 A	10-05-2017
		US 2016115910 A1	28-04-2016
		US 2017226943 A1	10-08-2017
WO 2008137028 A1	13-11-2008	CA 2713098 A1	13-11-2008
		EP 2153036 A1	17-02-2010
		JP 5458009 B2	02-04-2014
		JP 2011509366 A	24-03-2011
		US 2010132342 A1	03-06-2010
		WO 2008137028 A1	13-11-2008
DE 102004052107 A1	04-05-2006	KEINE	