



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2022 100 177.6**

(22) Anmeldetag: **05.01.2022**

(43) Offenlegungstag: **06.07.2023**

(51) Int Cl.: **F01M 5/02 (2006.01)**

F02M 26/00 (2016.01)

F02B 47/08 (2006.01)

(71) Anmelder:
FORD Global Technologies LLC, Dearborn, MI, US

(74) Vertreter:
Wettlaufer, Frank, Dipl.-Ing., 58453 Witten, DE

(72) Erfinder:
Quix, Hans Günther, 52134 Herzogenrath, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

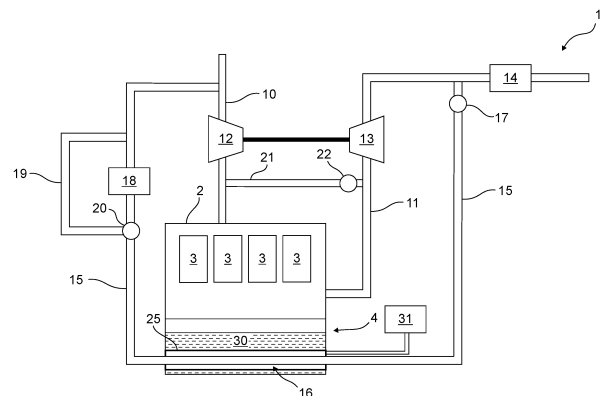
| | | |
|----|-----------------|----|
| DE | 30 02 098 | A1 |
| DE | 101 07 018 | A1 |
| DE | 10 2005 015 230 | A1 |
| DE | 10 2010 009 030 | A1 |
| DE | 10 2013 013 310 | A1 |
| CH | 710 208 | A1 |
| US | 4 458 642 | A |
| JP | 2005- 188 323 | A |

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Motorsystem**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Motorsystem (1) mit einem Verbrennungsmotor (2), der eine Ölwanne (4) aufweist, einer zum Verbrennungsmotor (2) führenden Ansaugleitung (10), einer vom Verbrennungsmotor (2) abgehenden Abgasleitung (11) sowie einer die Ansaugleitung (10) mit der Abgasleitung (11) verbindenden Rückföhrleitung (15), welche einen Tauscherabschnitt (16) aufweist, wobei eine thermische Kopplung zwischen im Tauscherabschnitt (16) geföhrtem Abgas und in der Ölwanne (4) enthaltenem Schmieröl (30) gegeben ist, die eine Wärmeübertragung vom Abgas auf das Schmieröl (30) zu ermöglicht. Um bei einem Verbrennungsmotor möglichst ökonomisch einer Verschlechterung der Schmierölqualität entgegenzuwirken, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass das Motorsystem (1) dazu eingerichtet ist, dass sich die thermische Kopplung bei steigender Öltemperatur T_O wenigstens oberhalb einer Grenztemperatur T_G verringert.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Motorsystem mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1.

[0002] Moderne Dieselmotoren benötigen ein hochentwickeltes Abgasnachbehandlungssystem, um Abgasstandards wie z.B. 6d-TEMP oder 6d zu erfüllen. Ein solches System muss in der Regel neben einem regulären Oxidationskatalysator und einem Dieselpartikelfilter (DPF) auch eine Stickoxidfalle (Lean NOx Trap; LNT) und einen SCR-Katalysator (Selective Catalytic Reduction) enthalten. Der LNT sammelt Stickoxide durch eine chemische Reaktion. Kurz vor dem Erreichen der Speicherkapazität muss der LNT regeneriert werden, damit er wieder effektiv arbeiten kann. Dies geschieht in der Regel durch eine Kraftstoffeinspritzung in der späten Verbrennungsphase, um das Abgas zu erwärmen und unverbrannten Kraftstoff zu erhalten, der im LNT reagiert. Der DPF sammelt Ruß und Partikel bis zu einem bestimmten Füllungsgrad. Bevor dieser Füllungsgrad überschritten wird, wird der DPF regeneriert, indem Ruß und Partikel im Filter verbrannt werden. Dazu wird zusätzlicher Kraftstoff benötigt, der in der späten Verbrennungsphase wieder eingespritzt wird.

[0003] Bei der beschriebenen späten Einspritzung trifft eine erhebliche Menge flüssigen Kraftstoffs auf die Zylinderlaufbuchse. Dabei ist es unvermeidlich, dass ein Teil des Kraftstoffs zwischen Kolben und Zylinderwand hindurchgelangt, also aus dem Verbrennungsraum ins Kurbelgehäuse gelangt. Dies führt schließlich dazu, dass sich Kraftstoff und Schmieröl bzw. Motoröl vermischen, d.h. das Schmieröl verdünnt wird. Derart verdünntes Schmieröl hat allerdings verminderte Schmiereigenschaften, so dass sich das Ölwechselintervall erheblich verkürzt. Dem kann man durch eine Vergrößerung des Ölolumens entgegenwirken, was allerdings zu höherem Gewicht und höheren Kosten und außerdem zu einer verlangsamten Motorerwärmung aufgrund der zusätzlichen thermischen Masse führt. Bis zu einem gewissen Grad kann der Kraftstoff im Schmieröl verdampfen, wenn das Schmieröl eine bestimmte Temperatur erreicht (z.B. wenigstens 90°C). Wenn jedoch über einen längeren Zeitraum nur kurze Strecken gefahren werden, erreicht das Schmieröl u.U. keine ausreichenden Temperaturen, die zu einer Verdampfung des im Schmieröl enthaltenen Kraftstoffs führen würden. Eine elektrische Beheizung des Schmieröls kann hier Abhilfe schaffen, sie ist allerdings im Hinblick auf den Verbrauch an elektrischer Energie unökonomisch. Ein weiteres Problem ist eine mögliche Überhitzung des Schmieröls, die dessen Qualität ebenfalls beeinträchtigen kann.

[0004] Die US 4 458 642 A offenbart ein Schmiermittelheizsystem für einen Verbrennungsmotor, der

mit einem Auspuffrohr ausgestattet ist, wobei ein Wärmetauscher mit dem Auspuffrohr verbunden ist und einen Verbindungsdurchgang aufweist, der zwischen zwei stromaufwärts und stromabwärts gelegenen, voneinander getrennten Auspuffrohrabschnitten angeschlossen ist. Eine Heizeinheit ist benachbart zu dem Verbindungsdurchgang angeordnet und steht in Kontakt mit dem Schmiermittel des Verbrennungsmotors, um das Schmiermittel mit der Wärme in dem Auspuffgas zu erwärmen, die von dem Verbindungsdurchgang übertragen wird. Die Heizeinheit weist einen wärmeabgebenden Zylinder auf, der mit dem Verbindungskanal verbunden ist, einen darin angeordneten wärmeaufnehmenden Zylinder, einen Schmiermittelverbindungskanal, der zwischen den Zylindern ausgebildet ist, um eine Ölpumpe und einen Schmiermittelbehälter, die beide in dem Kurbelgehäuse des Motors angeordnet sind, zu verbinden, und ein Umschaltventil, das in dem Verbindungsabschnitt zwischen dem Verbindungskanal und dem wärmeabstrahlenden Zylinder angeordnet ist, wobei das Umschaltventil so gesteuert wird, dass es in Abhängigkeit von der Temperatur des Schmiermittels geöffnet und geschlossen wird.

[0005] Die DE 101 07 018 A1 zeigt eine Brennkraftmaschine mit einem Motorblock mit einer Ölwanne für Motoröl, einem Abgasrohr für Verbrennungsgase sowie einem Wärmetauscher zur Erwärmung des Motoröls durch die Temperatur der Verbrennungsgase. Der Wärmetauscher kann in der Ölwanne angeordnet sein. Im Abgasrohr kann eine Abgasklappe vorgesehen sein, wobei in Austrittsrichtung der Verbrennungsgase vor der Abgasklappe ein Abzweig mit angeschlossener Rohrleitung eingesetzt ist, der die Verbrennungsgase zu dem Wärmetauscher leitet. In dem Abgasrohr kann eine Abgasrückführung vom Wärmetauscher zu einem Bereich des Abgasrohres hinter der Abgasklappe angeordnet sein.

[0006] Aus der DE 198 23 254 A1 ist eine Brennkraftmaschine bekannt, mit einem Ölkühler, der in einem Wasserkasten eines Zylinderkurbelgehäuses angeordnet ist, wobei der Wasserkasten von Kühlwasser eines Kühlwasserkreislaufs durchströmt wird, und wobei ein unmittelbar am Ölkühler gehaltenes elektrisches Heizelement vorgesehen ist, das in dem Wasserkasten angeordnet ist. Das Heizelement kann mit dem Ölkühler ein zusammenhängendes Bauteil bilden, wobei es an der den Zylindern zugewandten Bodenfläche des Ölkühlers, an diesem unmittelbar anliegend gehalten ist und innerhalb der seitlichen Umrandung der Bodenfläche des Ölkühlers liegt.

[0007] Die DE 10 2005 015 230 A1 offenbart eine Brennkraftmaschine mit einem Kurbelgehäuse, in dem eine Kurbelwelle, an der zumindest ein in

einem Zylinder bewegbarer Kolben über ein Pleuel angelenkt ist, wobei das Kurbelgehäuse zylinderseitig von einem Zylinderkopf abgedeckt und kurbelwellenseitig von einer Ölwanne verschlossen ist. In den Zylinderkopf sind mit zylinderseitigen Gaswechselventilen zusammenwirkenden Gaswechselkanäle eingelassen, die in eine außenliegende Frischgasleitung und Abgasleitung einmünden, die über eine gekühlte Abgasrückführleitung verbunden sind, wobei die Abgasrückführleitung einen durch die Ölwanne geführten Leitungsabschnitt aufweist.

[0008] Die CH 710 208 A1 zeigt eine Ölwanne mit Heizvorrichtung, wobei die Heizvorrichtung eine Heizwanne zur Aufnahme eines Wärmetransportmediums umfasst, welches von in der Ölwanne vorgesehenem Öl getrennt ist, wobei die Heizwanne in einer Position unterhalb eines Bodenbereichs der Ölwanne mit der Ölwanne koppelbar ist, und wobei ein Bodenbereich der Heizwanne und/oder der Ölwanne zumindest zum Teil oder überwiegend nicht planar ausgebildet ist.

[0009] Angesichts des aufgezeigten Standes der Technik bietet die Aufrechterhaltung der Schmierölqualität bei einem Verbrennungsmotor, insbesondere einem Dieselmotor, durchaus noch Raum für Verbesserungen.

[0010] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Verbrennungsmotor möglichst ökonomisch einer Verschlechterung der Schmierölqualität entgegenzuwirken.

[0011] Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Motorsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst, wobei die Unteransprüche vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung betreffen.

[0012] Es ist darauf hinzuweisen, dass die in der nachfolgenden Beschreibung einzeln aufgeführten Merkmale sowie Maßnahmen in beliebiger, technisch sinnvoller Weise miteinander kombiniert werden können und weitere Ausgestaltungen der Erfindung aufzeigen. Die Beschreibung charakterisiert und spezifiziert die Erfindung insbesondere im Zusammenhang mit den Figuren zusätzlich.

[0013] Durch die Erfindung wird ein Motorsystem zur Verfügung gestellt. Das Motorsystem ist normalerweise für Kraftfahrzeuge wie Lkw oder Pkw vorgesehen, allerdings wäre z.B. auch eine Anwendung für Schienen- oder Wasserfahrzeuge denkbar. Das Motorsystem weist einen Verbrennungsmotor auf, der wiederum eine Ölwanne aufweist. Der Verbrennungsmotor (nachfolgend auch: Motor) kann insbesondere ein Dieselmotor sein, allerdings sind weder die Erfindung noch ihre Vorteile hierauf beschränkt. Die Ölwanne dient zur Aufnahme von Schmieröl, wobei sich die Bezeichnung „Schmieröl“ allgemein

auf im normalen Betriebszustand flüssiges Schmiermittel bezieht, unabhängig von dessen chemischer Zusammensetzung. Das Schmieröl (bzw. Schmiermittel) ist dazu vorgesehen, die Reibung zwischen den beweglichen Teilen des Verbrennungsmotors zu minimieren sowie Wärme von besonders erhitzten Teilen abzuführen. Typischerweise ist die Ölwanne am tiefsten Punkt des Motors, dem Kurbelgehäuse, angeordnet. Von dort wird das Schmieröl durch eine Ölpumpe angesaugt und an die zu schmierenden Stellen des Motors verteilt, wonach es schließlich wieder in die Ölwanne gelangt.

[0014] Weiterhin weist das Motorsystem eine zum Verbrennungsmotor führende Ansaugleitung auf, eine vom Verbrennungsmotor abgehende Abgasleitung sowie eine die Ansaugleitung mit der Abgasleitung verbindende Rückführleitung. Jede der genannten Leitungen dient zur Führung von Gasen und ist daher zumindest weitgehend gasdicht ausgebildet. Jede der Leitungen kann ganz oder abschnittsweise unverzweigt oder verzweigt sein. Jede der Leitungen kann aus einem Teil oder aus mehreren miteinander verbundenen Teilen gebildet sein. Die Ansaugleitung dient dazu, den Verbrennungsmotor mit Frischluft zu versorgen, wobei die eigentliche Verbindung zum Motor typischerweise durch einen verzweigten Ansaugkrümmer gegeben ist, welcher als Teil der Ansaugleitung angesehen werden kann. Die Abgasleitung dient zum Abführen von Abgas aus dem Verbrennungsmotor, wobei die Verbindung zum Motor typischerweise durch einen ebenfalls verzweigten Abgaskrümmer gegeben ist, der als Teil der Abgasleitung angesehen werden kann. Statt einer Ansaugleitung bzw. Abgasleitung kann man auch allgemeiner von einem Ansaugtrakt bzw. einem Abgastrakt sprechen. Die Rückführleitung, welche auch als Abgasrückführleitung oder AGR-Leitung bezeichnet werden kann, verbindet die Abgasleitung mit der Ansaugleitung und dient dazu, einen Teil des Abgases der angesaugten Frischluft beizumengen, so dass sich diese in der Ansaugleitung bzw. spätestens im Verbrennungsmotor vermischen. Die Zielsetzung ist dabei eine Verringerung der Verbrennungstemperatur, was zu einer verringerten Bildung von Stickoxiden führt. Das Abgas in der Abgasleitung sowie in der Rückführleitung hat im Allgemeinen eine deutlich höhere Temperatur als aus der Umgebung angesaugte Frischluft. Dieser Umstand steht wiederum der beabsichtigten Verringerung der Verbrennungstemperatur entgegen, weshalb es wünschenswert sein kann, das zurückgeführte Abgas zu kühlen, bevor es der Ansaugleitung und somit dem Verbrennungsmotor zugeführt wird.

[0015] Die Rückführleitung weist einen Tauscherabschnitt auf, wobei eine thermische Kopplung zwischen im Tauscherabschnitt geführten Abgas und in der Ölwanne enthaltenem Schmieröl gegeben ist, die eine Wärmeübertragung vom Abgas auf das

Schmieröl ermöglicht. Allgemein ermöglicht der Tauscherabschnitt einen Wärmeaustausch bzw. eine Wärmeübertragung zwischen Abgas, das in ihm geführt ist, und Schmieröl, das in der Ölwanne enthalten ist. Insoweit sind das Abgas und das Schmieröl thermisch gekoppelt. Während des Betriebs des Motorsystems ist die Temperatur des Abgases meistens höher als die des Schmieröls, so dass der Wärmeübergang vom Abgas auf das Schmieröl erfolgt. Hiermit werden zwei Effekte erzielt. Zum einen wird das Abgas gekühlt, was der Zielsetzung einer möglichst geringen Verbrennungstemperatur entgegenkommt. Zum anderen erfolgt eine Erwärmung des Schmieröls in der Ölwanne, was insbesondere nach einem Kaltstart relevant sein kann, wenn wesentliche Bereiche des Verbrennungsmotors noch eine vergleichsweise niedrige Temperatur aufweisen und das in der Ölwanne enthaltene Schmieröl noch nicht bzw. noch kaum warme Motorbereiche durchlaufen hat.

[0016] Durch die zusätzliche Erwärmung wird zum einen die Viskosität des Schmieröls herabgesetzt, wodurch Reibungsverluste innerhalb des Verbrennungsmotors minimiert werden. Darüber hinaus kann das Schmieröl Verunreinigungen, insbesondere Kraftstoff, enthalten. Eine Verunreinigung durch Kraftstoff kann darauf beruhen, dass bei einer Einspritzung in einer späten Verbrennungsphase, ggf. aber auch in anderen Situationen, unverbrannter Kraftstoff und Schmieröl sich vermischen und zwischen Kolben und Zylinderwandung hindurchgelangen, also in einen unteren Bereich des Zylinder-raums und/oder in den Kurbelgehäuseraum. Aufgrund einer Umwälzung bzw. eines Kreislaufs des Schmieröls besteht dabei mit der Zeit die Gefahr einer fortschreitenden Kontamination des gesamten Schmieröls. Die genannten Verunreinigungen können wenigstens teilweise verdampft werden, wenn das Schmieröl eine ausreichende Temperatur erreicht hat. D.h., es erfolgt eine wenigstens teilweise Reinigung bzw. Regeneration des verunreinigten Schmieröls, was seine Lebensdauer verlängert. Da die hierfür benötigte Wärme aus dem Abgas entnommen wird, welches normalerweise ohnehin gekühlt werden muss, kann bspw. auf ein elektrisches Heizelement verzichtet werden und die Erwärmung erfolgt insofern ökonomisch.

[0017] Erfindungsgemäß ist das Motorsystem dazu eingerichtet, dass sich die thermische Kopplung bei steigender Öltemperatur T_O wenigstens oberhalb einer Grenztemperatur T_G verringert. Die Öltemperatur ist dabei die Temperatur des Schmieröls in der Ölwanne. D.h., die thermische Kopplung zwischen dem Abgas und dem Schmieröl ist nicht bei allen Temperaturen gleich. Wäre dies so, wäre der Wärmestrom Q' proportional zur Temperaturdifferenz ΔT zwischen Öltemperatur T_O und Abgastemperatur T_A also

$$Q' = K \cdot \Delta T$$

wobei der Faktor K als thermische Kopplung bezeichnet werden kann. Da die Temperaturdifferenz ebenso wie der Faktor K normalerweise lokal unterschiedlich sind, gilt die obige Gleichung streng genommen nur lokal, kann aber näherungsweise auch für das Abgas und das Schmieröl insgesamt als gültig angesehen werden. Erfindungsgemäß ist die thermische Kopplung aber temperaturabhängig, also $K=K(T)$, genauer gesagt, die thermische Kopplung nimmt oberhalb einer Grenztemperatur T_G mit steigender Temperatur ab. Dies kann bedeuten, dass die thermische Kopplung exakt mit Überschreiten der Grenztemperatur beginnt abzunehmen. Es schließt aber auch die Möglichkeit ein, dass die thermische Kopplung bereits unterhalb der Grenztemperatur abnimmt, ebenso wie die Möglichkeit, dass die thermische Kopplung erst bei einer über der Grenztemperatur liegenden Temperatur beginnt abzunehmen. Jedenfalls gibt es einen Temperaturbereich oberhalb der Grenztemperatur, in welchem die thermische Kopplung (bei steigender Temperatur) abnimmt. Somit wird Wärme oberhalb der Grenztemperatur zunehmend schlechter vom Abgas auf das Schmieröl übertragen. Man könnte auch sagen, das Abgas und das Schmieröl werden zunehmend thermisch voneinander isoliert. Somit wird eine Erwärmung des Schmieröls über die Grenztemperatur wenn auch nicht verhindert, so doch zumindest beschränkt. Auf diese Weise wird eine Überhitzung des Schmieröls entgegengewirkt, welche dessen Qualität mit der Zeit ebenso verschlechtern würde wie z.B. eine Kontaminierung mit Kraftstoff. Der zugrunde liegende Mechanismus beruht weder auf einer Kühlung des Schmieröls noch auf einer Kühlung des Abgases, sondern darauf, dass das Abgas aufgrund der abnehmenden thermischen Kopplung das Schmieröl umso schlechter erwärmen kann, je mehr die Öltemperatur ansteigt.

[0018] Um eine effektive Verdampfung von Kraftstoff innerhalb des Schmiermittels zu erreichen, sollte dieses zumindest auf eine Temperatur erwärmt werden, bei der eine quantitativ relevante Verdampfung des Kraftstoffs erfolgt. Daher ist es bevorzugt, dass die Grenztemperatur wenigstens einer Austragstemperatur T_{AK} entspricht, bei welcher durch Verdampfung eines im Schmieröl enthaltenen Kraftstoffs ein als signifikant angesehener Austrag des Kraftstoffs aus dem Schmieröl erfolgt. „Verdampfen“ bedeutet hier, dass zumindest ein Teil des Kraftstoffs in den gasförmigen Zustand übergeht. Die Austragstemperatur liegt dabei typischerweise unter der Siedetemperatur des Kraftstoffs, da eine zwar teilweise, aber wesentliche Verdampfung schon bei u.U. deutlich niedrigeren Temperaturen einsetzt. Welches Maß an Austrag als signifikant angesehen wird und welche Temperatur somit als Austragstemperatur definiert wird, kann im Einzelfall entschieden

werden, z.B. in Abhängigkeit von der Art des Kraftstoffs, der Art des Schmieröls und/oder den geometrischen Gegebenheiten des Verbrennungsmotors. Es kann auch eine Rolle spielen, welcher Anteil von Kraftstoff im Schmieröl zumindest kurzfristig toleriert werden kann. Die Austragtemperatur kann auch experimentell ermittelt werden. Für einen Dieselmotor kann sie beispielsweise zwischen 80°C und 100°C liegen. Auch in diesem Fall kann die thermische Kopplung bereits unterhalb der Austragstemperatur abnehmen, sofern die Abnahme nicht so stark ist, dass ein signifikanter Austrag von Kraftstoff durch Verdampfen verhindert wird.

[0019] Bevorzugt ist die thermische Kopplung wenigstens teilweise durch ein zwischen dem Tauscherabschnitt und der Ölwanne zwischengeordnetes Transfererelement gegeben, das dazu eingerichtet ist, dass sich die thermische Kopplung bei steigender Öltemperatur wenigstens oberhalb der Grenztemperatur verringert. Bezüglich des Wärmestroms ist das Transfererelement also zwischen dem Abgas im Tauscherabschnitt und dem Schmieröl in der Ölwanne zwischengeordnet, d.h. der Wärmeübergang erfolgt ganz oder teilweise über das Transfererelement. Das Transfererelement kann auch als Übertragungselement oder Wärmeübertragungselement bezeichnet werden. Man kann auch sagen, dass das Abgas und das Schmieröl wenigstens teilweise durch das Transfererelement thermisch gekoppelt sind. Das Transfererelement seinerseits ist dazu eingerichtet, dass sich die thermische Kopplung bei steigender Öltemperatur wenigstens oberhalb der Grenztemperatur verringert. Dies schließt die Möglichkeit ein, dass Teile der thermischen Kopplung nicht über das Transfererelement gegeben sind und dass diese Anteile auch oberhalb der Grenztemperatur gleich bleiben, was allerdings durch den Einfluss des Transfererelements überlagert wird.

[0020] Unter Umständen ist es für die Wärmeübertragung ausreichend, wenn der Tauscherabschnitt z.B. angrenzend an die Ölwanne angeordnet ist, also gewissermaßen an dieser entlang läuft. Für eine effektivere Wärmeübertragung ist es allerdings im Allgemeinen bevorzugt, dass der Tauscherabschnitt durch die Ölwanne hindurchgeführt ist. D.h. Der Tauscherabschnitt der Rückföhrleitung verläuft durch die Ölwanne hindurch, wobei Ein- und Austrittsstelle der Rückföhrleitung selbstverständlich abgedichtet sind, um einen Ölleckage zu vermeiden. Somit kann eine Wärmeübertragung gewissermaßen in alle Richtungen stattfinden und einen maximal mögliche Oberfläche des Tauscherabschnitts nimmt an der Wärmeübertragung teil.

[0021] Sofern vorhanden, ist es bevorzugt, dass das Transfererelement den Tauscherabschnitt wenigstens überwiegend umgibt. D.h., wenn man den Tauscherabschnitt im Querschnitt, quer zu seiner (ggf. lokal

unterschiedlichen) Verlaufsrichtung betrachtet, ist er überwiegend oder auch vollständig umlaufend vom Transfererelement umgeben. Das Transfererelement kann den Tauscherabschnitt ringförmig umlaufend umgeben, man könnte auch sagen, es kann mantelförmig um den Tauscherabschnitt angeordnet sein. Durch die Anordnung des Transfererelements wird erreicht, dass wenigstens ein überwiegender Teil der gesamten Wärmeübertragung vom Abgas auf das Schmieröl durch das Transfererelement erfolgt. Dementsprechend wird auch der Einfluss des Transfererelements auf die thermische Kopplung maximiert.

[0022] Vorteilhaft ist das Transfererelement wenigstens überwiegend innerhalb der Ölwanne angeordnet. Auch hierdurch wird der Einfluss des Transfererelements auf die Wärmeübertragung maximiert, im Vergleich z.B. zu einer Anordnung, in der ein u.U. wesentlicher Teil des Transfererelements außerhalb der Ölwanne angeordnet ist. Insbesondere kann das Transfererelement vollständig innerhalb der Ölwanne angeordnet sein. Dabei kann es den durch die Ölwanne hindurchgeführten Tauscherabschnitt mantelartig umgeben.

[0023] Es ist bevorzugt, dass das Transfererelement wenigstens teilweise eine oberhalb der Grenztemperatur abnehmende Wärmeleitfähigkeit λ aufweist. Dabei ist die Wärmeleitfähigkeit λ (bzw. der Wärmeleitkoeffizient; gemessen in $W/(m \cdot K)$) eine Stoffeigenschaft, die bekanntermaßen angibt, wie gut der betreffende Stoff Wärme leitet. In diesem Zusammenhang bedeutet „wenigstens teilweise“, dass das Transfererelement wenigstens zum Teil aus einem Stoff bzw. Material besteht, dessen Wärmeleitfähigkeit oberhalb der Grenztemperatur abnimmt. Dies kann bedeuten, dass die Wärmeleitfähigkeit exakt mit Überschreiten der Grenztemperatur beginnt, abzunehmen. Es schließt aber auch die Möglichkeit ein, dass die Wärmeleitfähigkeit bereits unterhalb der Grenztemperatur abnimmt, ebenso wie die Möglichkeit, dass die Wärmeleitfähigkeit erst bei einer über der Grenztemperatur liegenden Temperatur beginnt, abzunehmen. Jedenfalls gibt es einen Temperaturbereich oberhalb der Grenztemperatur, in welchem die Wärmeleitfähigkeit (bei steigender Temperatur) abnimmt. Andere Teile des Transfererelements können z.B. eine konstante Wärmeleitfähigkeit aufweisen.

[0024] Besonders bevorzugt weist das Transfererelement einen sowohl vom Tauscherabschnitt als auch von der Ölwanne getrennten Innenraum auf, welcher mit einem Transfermedium gefüllt ist, dessen Siedetemperatur T_{ST} um höchstens 5°C von der Grenztemperatur T_G abweicht. Der Innenraum bildet einen Teil des Transfererelements und kann gegenüber der Ölwanne durch eine äußere Wandung begrenzt sein, die sowohl für Schmieröl als auch für das enthaltene Transfermedium undurchlässig ist,

um eine wechselseitige Kontamination zu verhindern. Gegenüber dem Tauscherabschnitt kann er durch eine innere Wandung begrenzt sein, die sowohl für Abgas als auch für das enthaltene Transfermedium undurchlässig ist und die mit der Wandung der Rückführleitung identisch sein kann. Das Transfermedium ist in aller Regel bei Raumtemperatur (20°C) flüssig. Vorteilhaft ist es auch bei niedrigeren Temperaturen flüssig, welchen das Motorsystem üblicherweise ausgesetzt sein kann (z.B. oberhalb von -30°C). Die Siedetemperatur des Transfermediums ist so gewählt, dass sie um höchstens 5°C, ggf. auch höchstens 2°C (oder K), von der Grenztemperatur abweicht. Sie kann dieser auch exakt entsprechen. Sofern das Transfermedium eine Gemisch von Stoffen ist, kann statt einer Siedetemperatur auch ein Siedebereich gegeben sein. In diesem Fall weicht wenigstens eine Temperatur innerhalb des Siedebereichs, insbesondere die untere und/oder die obere Grenze des Siedebereichs, um höchstens 5°C bzw. 5K von der Grenztemperatur ab. Insbesondere kann das Transfermedium ein Wasser-Glykol-Gemisch sein (z.B. im Verhältnis 50:50). In aller Regel ist die Wärmeleitfähigkeit eines Stoffes in gasförmigem Zustand wesentlich geringer als in flüssigem Zustand. Bei genanntem Wasser-Glykol-Gemisch beträgt sie in flüssigem Zustand 0,42 W/mK, in gasförmigem Zustand nur 0,022 W/mK. Durch das Sieden des Transfermediums sinkt also dessen Wärmeleitfähigkeit wesentlich, typischerweise um eine Größenordnung. Eine weitere Aufheizung des Schmieröls ist somit kaum noch möglich, wenn das Transfermedium ganz oder teilweise in den gasförmigen Zustand übergegangen ist.

[0025] Vorteilhaft weist das Motorsystem einen Ausgleichsbehälter zur Aufnahme von Transfermedium auf, welcher mit dem Innenraum in Verbindung steht. Hierdurch kann insbesondere gasförmiges Transfermedium aus dem Innenraum des Transfermediums, das beim Verdampfen freigesetzt wird, im Ausgleichsbehälter aufgenommen werden. Dies ermöglicht eine kompakte Ausgestaltung des Transfermediums, ohne dass die Expansion des verdampfenden Transfermediums zu einer übermäßigen Druckerhöhung führen würde, die wiederum die weitere Verdampfung behindern würde. Der Ausgleichsbehälter ist in aller Regel außerhalb der Ölwanne angeordnet.

[0026] Normalerweise lässt sich durch die Wärmeübertragung vom Abgas auf das Schmieröl zwar eine ausreichende Erwärmung des Letzteren erreichen, allerdings ist die Kühlung des zurückgeführten Abgases im Hinblick auf die gewünschte Herabsetzung der Verbrennungstemperatur unter Umständen unzureichend. Dies gilt insbesondere dann, wenn das Schmieröl bereits die Grenztemperatur überschritten hat und somit nur noch ein verminderter

Wärmeübergang vom Abgas auf das Schmieröl möglich ist. Vorteilhaft durchläuft die Rückführleitung daher stromabwärts des Tauscherabschnitts einen Abgasrückführkühler. Der Abgasrückführkühler kann in unterschiedlicher Weise ausgebildet sein, bspw. kann der Wärmeaustausch dort mit einem Kühlmittelkreislauf des Kraftfahrzeugs, der ein Kühlmittel wie ein Wasser-Glykol-Gemisch führt, erfolgen.

[0027] Um die durch den Abgasrückführkühler bewirkte Kühlung regulieren zu können, ist es bevorzugt, dass eine den Abgasrückführkühler umgehende Umgehungsleitung von der Rückführleitung abzweigt und wieder in diese einmündet, wobei wenigstens ein Umgehungsventil dazu eingerichtet ist, einen durch die Umgehungsleitung strömenden Anteil des Abgasstroms zu beeinflussen. Derjenige Teil des Abgases, der durch die Umgehungsleitung strömt, erfährt keine zusätzliche Kühlung durch den Abgasrückführkühler. Je nach Ausbildung und Ansteuerung des Umgehungsventils kann dabei zeitweise sämtliches Abgas durch die Umgehungsleitung geführt werden oder auch nur ein Teil. In letzterem Fall vermischt sich das ungekühlte Abgas aus der Umgehungsleitung wiederum mit dem gekühlten Abgas, welches den Abgasrückführkühler durchlaufen hat, so dass sich insgesamt eine Mischtemperatur einstellt.

[0028] Allgemein lässt sich das erfindungsgemäße Motorsystem für unterschiedliche Arten von Abgasrückführung einsetzen, bspw. für eine Niederdruck-Abgasrückführung und/oder Hochdruck-Abgasrückführung. Gemäß einer Ausgestaltung ist in der Ansaugleitung ein Kompressor angeordnet und eine an diesen gekoppelte Turbine ist in der Abgasleitung angeordnet, wobei die Rückführleitung als Niederdruck-Rückführleitung stromabwärts der Turbine von der Abgasleitung abzweigt und stromaufwärts des Kompressors in die Ansaugleitung einmündet, während eine Hochdruck-Rückführleitung stromaufwärts der Turbine von der Abgasleitung abzweigt und stromabwärts des Kompressors in die Ansaugleitung einmündet. Der Verbrennungsmotor ist hier also als aufgeladener Motor ausgebildet, wobei ein Kompressor in der Ansaugleitung angeordnet ist, der durch eine Turbine in der Abgasleitung angetrieben wird. Die Rückführleitung zweigt stromabwärts der Turbine von der Abgasleitung ab, also in einem Bereich, in dem das Abgas bereits Energie an die Turbine abgegeben hat und somit einen geringeren Druck aufweist. Sie mündet stromaufwärts des Kompressors in die Ansaugleitung ein, also in einem Bereich, in dem der Kompressor noch keinen (positiven) Überdruck aufgebaut hat. Es handelt sich somit um eine Niederdruck-Rückführleitung. Dem gegenüber zweigt eine Hochdruck-Rückführleitung stromaufwärts der Turbine von der Abgasleitung ab (also in einem Hochdruckbereich) und mündet stromab-

wärts des Kompressors in die Ansaugleitung ein (also ebenfalls in einem Hochdruckbereich). Über entsprechende Ventile können dabei die Hochdruck-Rückführleitung und die Niederdruck-Rückführleitung wahlweise geöffnet oder geschlossen werden. Es kann z.B. sinnvoll sein, eine Hochdruck-Rückführleitung, die keinerlei Kühler aufweist, während der ersten Phase eines Kaltstarts zu öffnen, um eine möglichst schnelle Erhöhung der Abgastemperatur zu erreichen. Wenn die erste Phase des Kaltstarts beendet ist, kann stattdessen die Niederdruck-Rückführungsleitung mit dem Tauscher Abschnitt geöffnet werden.

[0029] Alternativ zu der geschilderten Ausgestaltung könnte auch die Hochdruck-Rückführleitung entfallen oder die Rückführleitung mit dem Tauscherabschnitt könnte als Hochdruck-Rückführleitung ausgebildet sein, wobei optional zusätzlich eine Niederdruck-Rückführleitung vorgesehen sein kann.

[0030] Weitere vorteilhafte Einzelheiten und Wirkungen der Erfindung sind im Folgenden anhand eines in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische teilweise Darstellung eines erfindungsgemäßen Motorsystems; sowie

Fig. 2 eine Schnittdarstellung eines Teils des Motorsystems aus **Fig. 1**; sowie

Fig. 3 eine diagrammatische Darstellung der Abhängigkeit eines Wärmestroms von einer Öltemperatur.

[0031] In den unterschiedlichen Figuren sind gleiche Teile stets mit denselben Bezugszeichen versehen, weswegen diese in der Regel auch nur einmal beschrieben werden.

[0032] **Fig. 1 - Fig. 2** zeigen eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Motorsystems 1, das in diesem Ausführungsbeispiel zum Antrieb eines Pkws gehört. Schematisch dargestellt ist ein Verbrennungsmotor 2, in diesem Fall ein Dieselmotor mit mehreren Zylindern 3 sowie einer unterseitig angeordneten Ölwanne 4, in der Schmieröl 30 enthalten ist. Der Verbrennungsmotor 2 ist mit einer Ansaugleitung 10 verbunden, in der ein Kompressor 12 angeordnet ist, sowie mit einer Abgasleitung 11, in der eine Turbine 13 angeordnet ist, die an den Kompressor 12 gekoppelt ist. Weiterhin weist die Abgasleitung 11 eine Abgasnachbehandlungsvorrichtung 14 für Abgas auf, wobei selbstverständlich eine Mehrzahl von Abgasnachbehandlungsvorrichtungen hintereinander sowie an geeigneten Positionen im Abgasstrang angeordnet sein könnten.

[0033] Eine Niederdruck-Rückführleitung 15 zweigt stromabwärts der Turbine 13 von der Abgasleitung 11 ab und mündet stromaufwärts des Kompressors

12 in die Ansaugleitung 10 ein. Sie dient dazu, Abgas aus der Abgasleitung 11 zur Ansaugleitung 10 zurückzuführen. Durch diese Maßnahme kann die Verbrennungstemperatur in den Zylindern 3 verringert und eine Bildung von Stickoxiden reduziert werden. Durch ein Niederdruck-Rückführventil 17 kann die Menge des Abgases, welches die Niederdruck-Rückführleitung 15 durchströmt, verändert werden. Weiter stromabwärts durchläuft ein Tauscherabschnitt 16 der Niederdruck-Rückführleitung 15 die Ölwanne 4, wobei er umlaufend von einem Transfererelement 25 umgeben ist, dessen Struktur in der Schnittdarstellung in **Fig. 2** genauer dargestellt ist.

[0034] Der Tauscherabschnitt 16 weist einen kreisförmigen Querschnitt auf. Er ist nach außen durch eine innere Wandung 27 begrenzt, die gleichzeitig das Transfererelement 25 nach innen begrenzt, welches den Tauscherabschnitt 16 ringförmig umgibt. Zwischen der inneren Wandung 27 und einer äußeren Wandung 28 ist ein Innenraum 26 des Transfererelements 25 ausgebildet, der mit einem Transfermedium 29 gefüllt ist, welches in diesem Fall ein Wasser-Glykol-Gemisch im (Volumen-)Verhältnis 50:50 ist. Das Transfererelement 25 ist vollständig innerhalb der Ölwanne 4 angeordnet und (bei normalem Ölstand) vollständig von Schmieröl 30 umgeben. Der Innenraum 26 des Transfererelements 25 ist mit einem Ausgleichsbehälter 31 außerhalb der Ölwanne 4 verbunden, dessen Funktion nachfolgend noch erläutert wird.

[0035] Im Weiteren durchläuft die Niederdruck-Rückführleitung 15 einen Abgasrückführkühler 18. Eine Umgehungsleitung 19 zweigt an einem Umgehungsventil 20 von der Niederdruck-Rückführleitung 15 ab und umgeht den Abgasrückführkühler 18. Durch Einstellen des Umgehungsventils 20 kann das Verhältnis von Abgas, welches im Abgasrückführkühler 18 gekühlt wird, zu Abgas, welches ungekühlt durch die Umgehungsleitung 20 strömt, angepasst werden.

[0036] Eine Hochdruck-Rückführleitung 21 zweigt stromaufwärts der Turbine 13 von der Abgasleitung 11 ab und mündet stromabwärts des Kompressors 12 in die Ansaugleitung 10 ein. Über ein Hochdruck-Rückführventil 22 ist die Menge des Abgases, welche durch die Hochdruck-Rückführleitung 21 strömt, veränderbar.

[0037] Bei einem Kaltstart des Verbrennungsmotors 2 kann zunächst das Niederdruck-Rückführventil 17 geschlossen werden, so dass keine Abgasrückführung durch die Niederdruck-Rückführleitung 15 erfolgt, während das Hochdruck-Rückführventil 22 geöffnet wird. Die Abgasrückführung erfolgt zunächst also ausschließlich durch die Hochdruck-Rückführleitung 21, in welcher das Abgas allenfalls

unwesentlich gekühlt wird. Dies ist in der ersten Phase des Kaltstarts angemessen, da eine Abgastemperatur T_A zunächst vergleichsweise niedrig ist. Nachdem eine gewisse Aufwärmung des Verbrennungsmotors 2 erfolgt ist, kann das Hochdruck-Rückführventil 22 ganz oder teilweise geschlossen werden und das Niederdruck-Rückführventil 17 wird geöffnet. Das Umgehungsventil 20 kann bspw. so eingestellt werden, dass die Abgase ganz oder überwiegend durch die Umgehungsleitung 19 geführt werden, so dass keine oder nur eine geringfügige Kühlung durch den Abgasrückführkühler 18 erfolgt.

[0038] Allerdings durchläuft das Abgas stromaufwärts des Umgehungsventils 20 zunächst den Tauscherabschnitt 16. Dieser ist von dem Transferelement 25 umgeben, das wiederum in das Schmieröl 30 eintaucht, welches nach einem Kaltstart zunächst eine vergleichsweise niedrige Öltemperatur T_O hat, die je nach Umgebungstemperatur sowie Zeitpunkt nach dem Kaltstart bspw. im Bereich zwischen 20 und 50 °C liegen könnte. Eine Transferelementtemperatur T_T des Transfermediums 29 entspricht zumindest in den äußeren Bereichen des Innenraums 26 ungefähr der Öltemperatur T_O . Die Abgastemperatur T_A liegt allerdings deutlich höher, bspw. über 200 °C. Es erfolgt daher primär eine Erwärmung des Transferelements 25 und insbesondere des Transfermediums 29 sowie sekundär eine Erwärmung des Schmieröls 30. Anders ausgedrückt, die Abgase und das Schmieröl 30 sind durch das Transferelement 25 thermisch gekoppelt, wodurch eine Wärmeübertragung erfolgt, d.h. es fließt ein Wärmestrom Q' von den Abgasen zum Schmieröl 30. Dies bedingt oder unterstützt zumindest eine Erwärmung des Schmieröls 30, wodurch die Öltemperatur T_O ansteigt. Parallel hierzu erfolgt eine Erwärmung des Transfermediums 29. Da eine Temperaturdifferenz ΔT zwischen dem Schmieröl 30 und den Abgasen abnimmt, wenn das Schmieröl 30 erwärmt wird, nimmt der Wärmestrom Q' mit zunehmender Öltemperatur T_O zunächst geringfügig ab, wie in **Fig. 3** erkennbar ist. Die zugrundeliegende Abhängigkeit kann näherungsweise durch folgende Gleichung repräsentiert werden:

$$Q' = K \cdot \Delta T$$

wobei der Faktor K als thermische Kopplung bezeichnet werden kann. In diesem Bereich ist die Wärmeleitfähigkeit λ des Transfermediums 29 sowie des Transferelements 25 insgesamt näherungsweise temperaturunabhängig. Dies ändert sich, wenn die Öltemperatur T_O eine Grenztemperatur T_G überschreitet, die in etwa der Siedetemperatur T_{ST} des Transfermediums 29 entspricht. Zu diesem Zeitpunkt beginnen wenigstens Teile des Transfermediums 29 in einen gasförmigen Zustand überzugehen, wobei die hiermit verbundene Volumenänderung dadurch ermöglicht wird, dass insbesondere

gasförmige Teile des Transfermediums 29 im Ausgleichsbehälter 17 aufgenommen werden.

[0039] Dabei sinkt die Wärmeleitfähigkeit λ des Transfermediums 29 wesentlich von ca. 0,42 W/mK in flüssigem Zustand auf ca. 0,022 W/mK in gasförmigem Zustand. Dies wiederum führt zu einer deutlichen Reduzierung der thermischen Kopplung K und einem schnellen Rückgang des Wärmestroms Q' , wie aus **Fig. 3** erkennbar ist. Auf diese Weise wird verhindert, dass das Schmieröl 30 durch Wärmeübertragung von den Abgasen überhitzt wird. Allerdings ist die Grenztemperatur T_G so gewählt, dass sie oberhalb einer Austragstemperatur T_{AK} liegt, bei welcher ein signifikanter Austrag des Kraftstoffs, mit welchem der Verbrennungsmotor 2 angetrieben wird, aus dem Schmieröl 30 erfolgt. Ein signifikanter Austrag durch Verdampfen kann schon unterhalb der Siedetemperatur des Kraftstoffs erreicht werden. Im Falle von Dieselkraftstoff kann z.B. eine Austragstemperatur T_{AK} zwischen 80°C und 100°C als realistisch angesehen werden, während die Grenztemperatur T_G , aufgrund der Siedetemperatur T_{ST} des Transfermediums 29 von ca. 108°C, höher liegt. Daher können eventuell im Schmieröl 30 vorhandene Anteile von Kraftstoff wenigstens teilweise verdampfen, so dass die Qualität des Schmieröls 30 länger aufrechterhalten werden kann.

Bezugszeichenliste

| | |
|----|---------------------------------|
| 1 | Motorsystem |
| 2 | Verbrennungsmotor |
| 3 | Zylinder |
| 4 | Ölwanne |
| 10 | Ansaugleitung |
| 11 | Abgasleitung |
| 12 | Kompressor |
| 13 | Kühlkanal |
| 14 | Abgasnachbehandlungsvorrichtung |
| 15 | Niederdruck-Rückführleitung |
| 16 | Tauscherabschnitt |
| 17 | Niederdruck-Rückführventil |
| 18 | Rückführkühler |
| 19 | Umgehungsleitung |
| 20 | Umgehungsventil |
| 21 | Hochdruck-Rückführleitung |
| 22 | Hochdruck-Rückführventil |
| 25 | Transferelement |
| 26 | Innenraum |
| 27 | innere Wandung |

| | |
|-------|--------------------|
| 28 | äußere Wandung |
| 29 | Transfermedium |
| 30 | Schmieröl |
| 31 | Ausgleichsbehälter |
| T_A | Abgastemperatur |
| T_G | Grenztemperatur |
| T_O | Öltemperatur |
| T_T | Transfertemperatur |
| Q' | Wärmestrom |

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- US 4458642 A [0004]
- DE 10107018 A1 [0005]
- DE 19823254 A1 [0006]
- DE 102005015230 A1 [0007]
- CH 710208 A1 [0008]

Patentansprüche

1. Motorsystem (1) mit einem Verbrennungsmotor (2), der eine Ölwanne (4) aufweist, einer zum Verbrennungsmotor (2) führenden Ansaugleitung (10), einer vom Verbrennungsmotor (2) abgehenden Abgasleitung (11) sowie einer die Ansaugleitung (10) mit der Abgasleitung (11) verbindenden Rückführleitung (15), welche einen Tauscherabschnitt (16) aufweist, wobei eine thermische Kopplung zwischen im Tauscherabschnitt (16) geführtem Abgas und in der Ölwanne (4) enthaltenem Schmieröl (30) gegeben ist, die eine Wärmeübertragung vom Abgas auf das Schmieröl (30) ermöglicht, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich die thermische Kopplung bei steigender Öltemperatur T_O wenigstens oberhalb einer Grenztemperatur T_G verringert.

2. Motorsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Grenztemperatur T_G wenigstens einer Austragstemperatur T_{AK} entspricht, bei welcher durch Verdampfung eines im Schmieröl (30) enthaltenen Kraftstoffs des Verbrennungsmotors (2) ein als signifikant angesehener Austrag des Kraftstoffs aus dem Schmieröl (30) erfolgt.

3. Motorsystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die thermische Kopplung wenigstens teilweise durch ein zwischen dem Tauscherabschnitt (16) und der Ölwanne (4) zwischengeordnetes Transferelement (25) gegeben ist, das dazu eingerichtet ist, dass sich die thermische Kopplung bei steigender Öltemperatur T_O wenigstens oberhalb der Grenztemperatur T_G verringert.

4. Motorsystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Tauscherabschnitt (16) durch die Ölwanne (4) hindurchgeführt ist.

5. Motorsystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Transferelement (25) den Tauscherabschnitt (16) wenigstens überwiegend umgibt.

6. Motorsystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Transferelement (25) wenigstens überwiegend innerhalb der Ölwanne (4) angeordnet ist.

7. Motorsystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Transferelement (25) wenigstens teilweise eine oberhalb der Grenztemperatur T_G abnehmende Wärmeleitfähigkeit λ aufweist.

8. Motorsystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass das

Transferelement (25) einen sowohl vom Tauscherabschnitt (16) als auch von der Ölwanne (4) getrennten Innenraum (26) aufweist, welcher mit einem Transfermedium (29) gefüllt ist, dessen Siedetemperatur T_{ST} um höchstens 5°C von der Grenztemperatur T_G abweicht.

9. Motorsystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass dieses einen Ausgleichsbehälter (31) zur Aufnahme von Transfermedium (29) aufweist, welcher mit dem Innenraum (26) in Verbindung steht.

10. Motorsystem nach einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in der Ansaugleitung (10) ein Kompressor (12) angeordnet ist und eine an diesen gekoppelte Turbine (13) in der Abgasleitung (11) angeordnet ist, wobei die Rückführleitung (15) als Niederdruck-Rückführleitung stromabwärts der Turbine (13) von der Abgasleitung (11) abzweigt und stromaufwärts des Kompressors (12) in die Ansaugleitung (10) einmündet, während eine Hochdruck-Rückführleitung (21) stromaufwärts der Turbine (13) von der Abgasleitung (11) abzweigt und stromabwärts des Kompressors (12) in die Ansaugleitung (10) einmündet.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

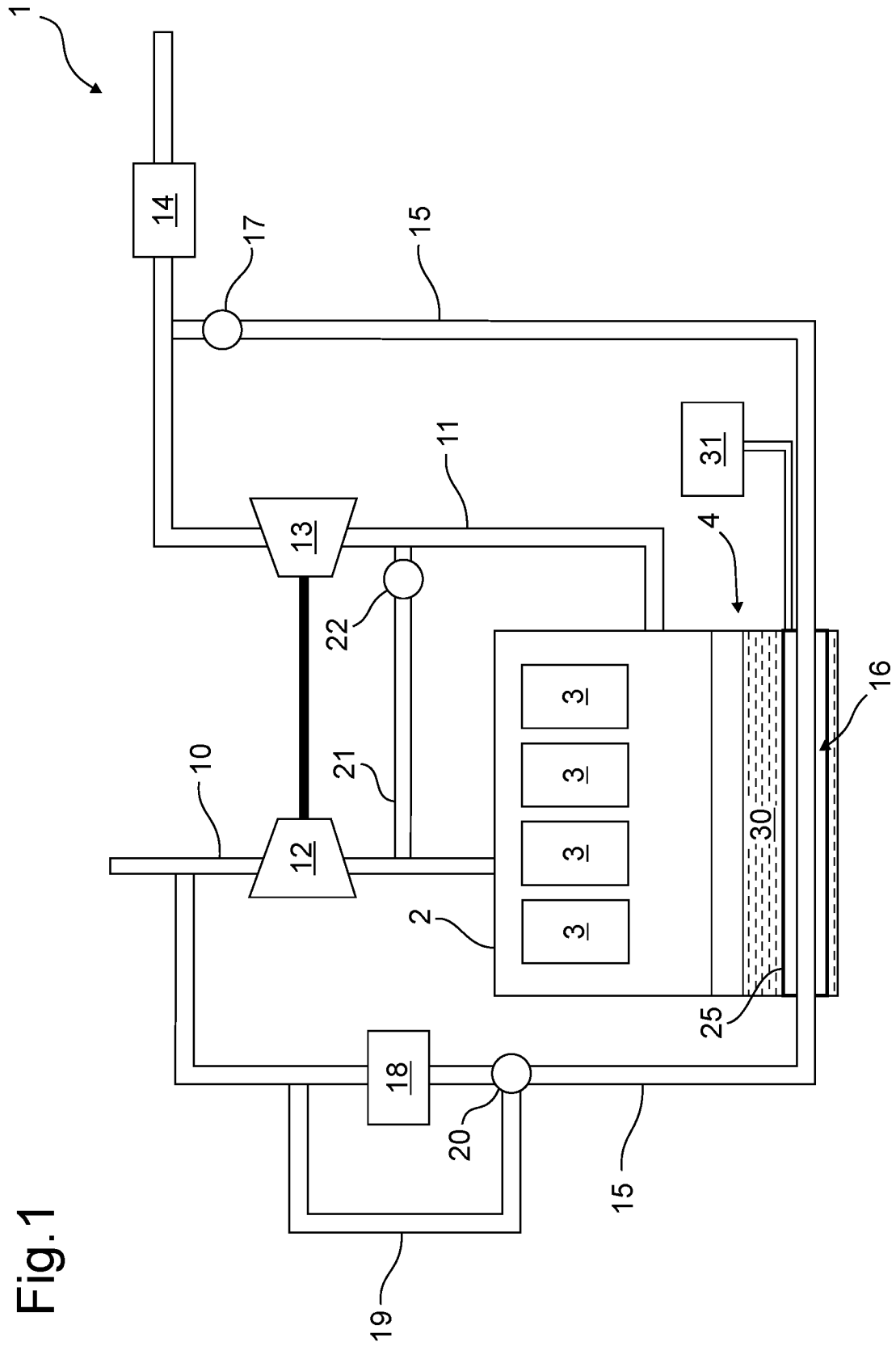


Fig.1

Fig.3

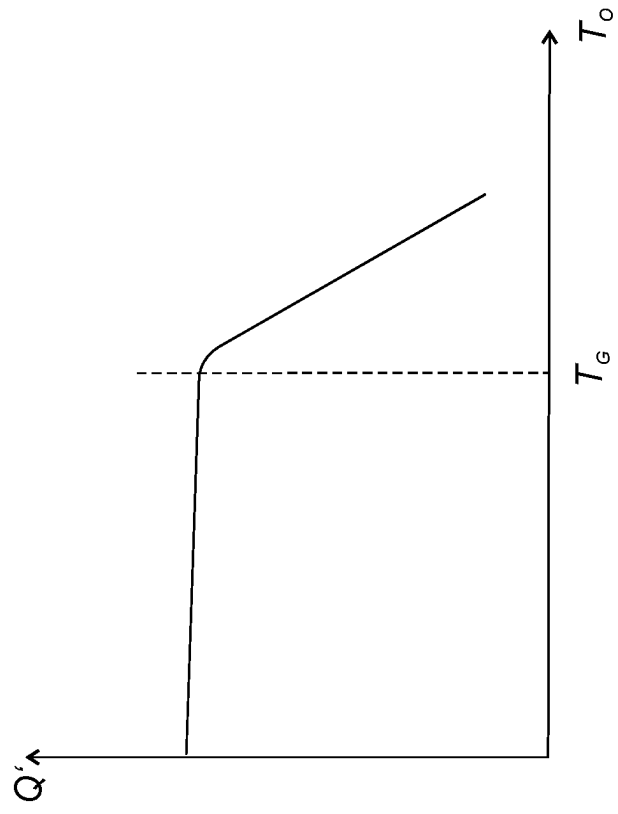


Fig.2

