



(11)

EP 2 562 378 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
27.02.2013 Patentblatt 2013/09

(51) Int Cl.:
F01P 7/14 (2006.01)
F01P 3/02 (2006.01)

F01P 7/16 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **11178430.2**

(22) Anmeldetag: **23.08.2011**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

(71) Anmelder: **Ford Global Technologies, LLC
Dearborn, MI 48126 (US)**

(72) Erfinder:

- Brinkmann, Bernd
41539 Dormagen (DE)
- Mehring, Jan
50668 Köln (DE)
- Quix, Hans Günther
52134 Herzogenrath (DE)

(74) Vertreter: **Drömer, Hans-Carsten
Henry-Ford Str. 1
50735 Köln (DE)**

(54) Strategie zum Betreiben eines getrennten Kühlmittelkreislaufs

(57) Die Erfindung betrifft eine Strategie zum Betreiben eines getrennten Kühlmittelkreislaufs (1) eines Verbrennungsmotors, wobei ein Zylinderkopfwassermantel (2) und ein Motorblockwassermantel (3) vorgesehen ist, wobei der getrennte Kühlmittelkreislauf (1) eine Pumpe (4), einen Kühler (6), ein Steuerelement (7), ein Auslaßgehäuse (8) und eine Heizung (9) aufweist, und wobei in dem getrennten Kühlmittelkreislauf (1) ein Kühlmittel zirkuliert.

Die Strategie zeichnet sich dadurch aus, dass das Steuerelement (7) aus einem Thermostaten (12) und einem davon getrennten Proportionalventil (13) gebildet

ist, welche an dem Auslaßgehäuse (8) parallel geschaltet angeordnet sind, wobei Kühlmittel das Proportionalventil (13) passierend über eine Blockwasserleitung (14) zum Motorblockwassermantel (3), über eine Heizungsleitung (16) zur Heizung (9) und über eine Kühlleitungen (17) zum Kühler (6) geleitet wird, wobei Kühlmittel das Thermostat (12) passierend über eine Verbindungsleitung (18) zum Kühler (6) geleitet wird, wobei das Thermostat (12) und das Proportionalventil (13) unabhängig voneinander aber abhängig von Betriebsarten (31, 32, 33, 34) eines Verbrennungsmotors eine Kühlmittelströmung durch die jeweilige Leitung (14, 16, 17, 18) bewirken.

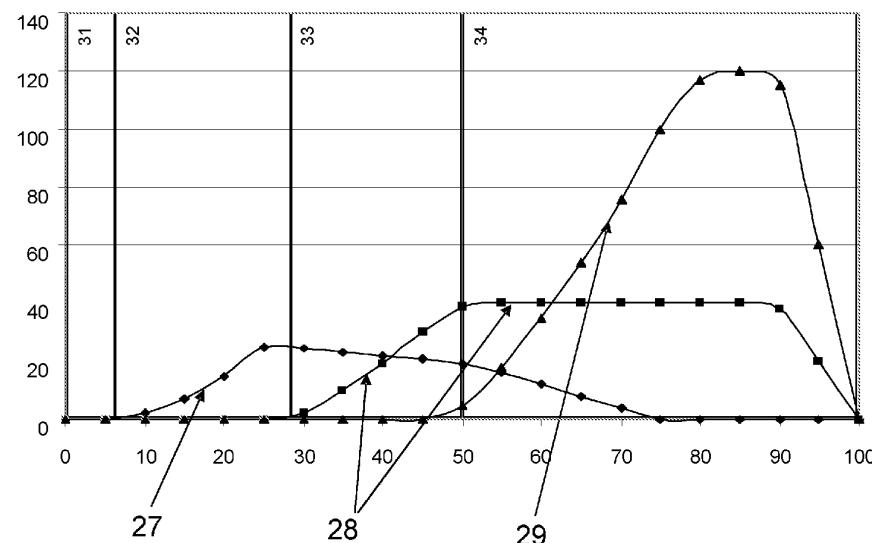


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Strategie zum Betreiben eines getrennten Kühlmittelkreislaufs eines Verbrennungsmotors, wobei ein Zylinderkopfwassermantel und ein Motorblockwassermantel vorgesehen ist, wobei der getrennte Kühlmittelkreislauf zumindest eine Pumpe, zumindest einen Kühler, zumindest ein Steuerelement, zumindest ein Kühlmittelauslaßgehäuse und zumindest eine Heizung aufweist, und wobei in dem getrennten Kühlmittelkreislauf ein Kühlmittel zirkuliert.

[0002] Bekannt ist, daß es zweckmäßig ist, den Motorblock und den Zylinderkopf des Verbrennungsmotors jeweils getrennt oder wenigstens überwiegend getrennt voneinander mit einem Kühlmittel eines Kühlmittelkreislaufs durchströmen zu lassen. Auf diese Weise können der Zylinderkopf, der thermisch vor allem mit der Brennraumwand, der Ansaugluftführung und der Abgasabführung gekoppelt ist und der Motorblock, der thermisch vor allem mit den Reibstellen gekoppelt ist, unterschiedlich gekühlt werden. Durch dieses so genannte "Split-Cooling-System" (getrennter Kühlmittelkreislauf) soll erreicht werden, daß in der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors der Zylinderkopf gekühlt wird, wobei der Motorblock zunächst noch nicht gekühlt werden soll, so daß der Motorblock schneller auf die erforderliche Betriebstemperatur geführt werden kann, d. h. unter getrenntem Kühlkreislauf sind nicht zwei Kühlkreisläufe zu verstehen, sondern es ist ein Kühlkreislauf für eine Brennkraftmaschine gemeint, bei der der Wassermantel des Zylinderkopfes von dem Wassermantel des Zylinderblocks durch geeignete Mittel separiert ist. Bei manchen Konstruktionsformen können allerdings auch kleine Leckagen vom Zylinderkopfwassermantel zum Zylinderblockwassermantel vorgesehen sein, wobei die Leckagemengen so gering sind, daß man trotzdem von einem getrennten Kühlkreislauf sprechen kann.

[0003] Die FR 2 860 833 A1 offenbart einen Kühlkreislauf eines Verbrennungsmotors mit mindestens einem Zylinderkopf und einem Zylindergehäuse bestehend aus mindestens drei Kühl durchlässen. Der Kreislauf weist Wärme austauschmittel, ein Antriebsmittel für ein Wärme austauschmedium und mindestens ein Steuermittel für den Durchfluß des Wärme austauschmediums durch den Zylinderkopf, das Zylinder gehäuse oder die Wärme austauschmittel auf. Der Kühlkreislauf hat mindestens drei unabhängige Durchlässe für die Motorkühlung, wobei der erste und der zweite Durchlaß im Zylinderkopf angeordnet sind und der dritte Durchlaß im Zylinder gehäuse angeordnet ist und wobei die Durchlässe voneinander unabhängig sind und mindestens einen Einlaß und einen Auslaß umfassen, so dass sie einen unabhängigen Durchfluß des Wärme austauschmediums durch jeden der Durchlässe des Zylinderkopfs und des Zylinder gehäuses ermöglichen. Die FR 2 860 833 A1 offenbart, dass drei Steuermittel vorgesehen sind, um verschiedene Umwälzungen des Wärme austauschmediums regeln zu können. Von den Steuermitteln ist jeweils eines Ein-

laßseitig und eines Auslaßseitig angeordnet. Das dritte Steuermittel ist mit den jeweils anderen beiden Steuermitteln verbunden.

[0004] Die US 5,385,123 offenbart einen getrennten Kühlmittelkreislauf mit einem einzigen Thermostat, das in einer Ausgestaltung in einer Auslaßleitung der Auslaßseite eines Zylinderkopfes zu einer Pumpe angeordnet ist, deren Leitung einlaßseitig im Zylinderkopf mündet. Von der Auslaßleitung zweigen ein Bypass und eine Blockleitung ab, die im Zylinderblock mündet. Der Bypass führt zur Pumpe. Das Thermostat ist bei dieser Ausgestaltung im Abzweig der drei Leitungen angeordnet. Während der Aufwärmphase verschließt das Thermostat die Blockleitung, wobei der Bypass vollständig geöffnet ist. Das Kühlmittel strömt bei geschlossenem Thermostat durch den Bypass zur Pumpe und von dort in den Zylinderkopf. Mit ansteigender Kühlmitteltemperatur schließt das Thermostat sukzessive den Bypass, so dass die direkte Strömung in Richtung zur Pumpe fortlaufend reduziert wird, und bei vollständig geschlossenem Bypass vollständig unterbrochen ist. Das Kühlmittel strömt dann aus dem Zylinderkopf durch die Auslaßleitung und die Blockleitung in den Zylinderblock der mit einem Kühler verbunden ist und von dort zur Pumpe.

[0005] Die EP 1 900 919 B1 befaßt sich ebenfalls mit einem Split-Cooling-System.

[0006] In der DE 103 42 935 A1 z. B. ist eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Kühlkreislauf mit wenigstens einem ersten Kühlmittelkanal und wenigstens einem zweiten Kühlmittelkanal offenbart, der parallel mit dem ersten Kühlmittelkanal verbunden ist. Weiter weist die Verbrennungskraftmaschine den Kühlmittelkanälen zugeordnete Drosselungsmittel für die Beeinflussung des die Kühlmittelkanäle passierenden Kühlmittelstroms auf, sowie eine mechanisch antreibbare Kühlmittelpumpe für die Umwälzung des Kühlmittels durch die Kühlmittelkanäle. Es sind Steuermittel vorgesehen, die Stellgrößen für die individuelle Steuerung der Drosselungsmittel bereitstellen.

[0007] Die DE 195 24 424 A1 betrifft eine Flüssigkeits kühlung einer Brennkraftmaschine mit einem Kühlflüssigkeitsstrom durch einen Kühlflüssigkeitskreislauf, in dem ein von der Kühlflüssigkeit durchströmter Kühlraum der Brennkraftmaschine, ein Kühler für die Kühlflüssigkeit, eine die Kühlflüssigkeit umwälzende Pumpe und ein thermostatisch kontrolliertes Ventil vorgesehen ist, das bei einer niedrigen Kühlflüssigkeitstemperatur den Kühlflüssigkeitsstrom durch den Kühlraum der Brennkraftmaschine bei einer niedrigen Kühlflüssigkeitstemperatur den Kühlflüssigkeitsstrom durch den Kühler unterhalb des Wertes des Kühlflüssigkeitsstroms durch den Kühlraum der Brennkraftmaschine reduziert. Es kann aber auch ein Lastsensor der Brennkraftmaschine vorgesehen sein, der bei einer hohen Last der Brennkraftmaschine der Reduzierung des Kühlflüssigkeitsstroms durch den Kühlraum der Brennkraftmaschine entgegenwirkt. Zudem können ein mit dem Kühlflüssigkeitskreislauf verbundener Heizungswärmetauscher und ein Stellmittel

vorgesehen sein, das bei einer in Betriebnahme und/oder Steigerung einer Betriebsamkeit des Heizungswärmetauschers der Reduzierung des Kühlflüssigkeitsstromes durch den Kühler entgegenwirkt.

[0008] Die DE 102 61 070 A1 offenbart eine Wasserummantelungsstruktur für einen Zylinderkopf und einen Zylinderblock eines Motors mit einem darin angepaßten, geteilten Kühlsystem. Die Wasserummantelungen für den Zylinderkopf und den Zylinderblock sind jeweils und unabhängig voneinander geformt, wobei ein Einlaß zwischen dem Zylinderkopf und dem Zylinderblock geteilt ist. Dessen Querschnittsfläche ist nach innen gelangend reduziert, wobei Positionen von zwei Auslässen zu dem Zylinderkopf verschoben sind.

[0009] Auch in der KR 1020040033579 A ist ein Split-Cooling-System offenbart, wobei ein Thermostatgehäuse als einzelner Gegenstand ausgestaltet ist und an einem hinteren

[0010] Ende des Verbrennungsmotors angeordnet ist. In der DE 101 27 219 A1 ist eine Kühlanlage für einen Verbrennungsmotor mit wenigstens zwei Zylinderreihen, insbesondere für einen V-Motor offenbart.

[0011] Die DE 102 19 481 A1 beschäftigt sich mit einem Verbrennungsmotor mit einem Zylinderkurbelgehäuse und einem Zylinderkopf, mit einem Kühlwasserkreislauf mit einem im Zylinderkopf zwischen einer Zutrittsöffnung und einer Austrittsöffnung erstreckend ausgebildeten ersten Kühlwassermantel und mit einem hier-von getrennt in Zylinderkurbelgehäuse zwischen einer Zutrittsöffnung und einer Austrittsöffnung erstreckend ausgebildeten zweiten Kühlwasserkanal und mit einer im Kühlwasserkreislauf angeordneten, gemeinsamen Kühlwasserpumpe. Ein dritter Kühlwasserkanal verbindet die Austrittsöffnung des ersten im Zylinderkopf ausgebildeten Kühlwasserkanals mit der Zutrittsöffnung der Kühlwasserpumpe. Ein vierter Kühlwasserkanal verbindet die Austrittsöffnung der Kühlwasserpumpe mit der Zutrittsöffnung des zweiten im Zylinderkurbelgehäuse ausgebildeten Kühlwasserkanals zur Weiterleitung des Kühlwassers aus dem ersten in den zweiten Kühlwasserkanal.

[0012] Auch die DE 196 28 542 A1 beschäftigt sich mit einem Split-Cooling-System, wobei der Zylinderkopf bzw. die Zylinderköpfe durch einen Kühlwasserkreislauf gekühlt sind, der nur durch den Zylinderkopf verläuft und in dem eine Kühlwasserpumpe eingefügt ist.

[0013] Ebenso beschäftigt sich die DE 34 40 504 C2 mit dem Split-Cooling-System bzw. getrennten Kühlmittekreisläufen für einen Zylinderblock und den Motorblock.

[0014] Die EP 0 816 651 B1 beschäftigt sich mit dem Problem, eine Vorrichtung anzugeben, welche die Aufheizzeit einer Auspuffleitung verringern und gleichzeitig die Temperatur der Wände des Motorblocks bei geringer Last auf einen ausreichenden Wert schnell ansteigen lassen und halten kann, wobei jedenfalls die Betriebsbedingungen des Motors in allen Betriebszuständen verbessert werden sollen. Zu diesem Zweck offenbart die EP 0

816 651 B1 eine Vorrichtung für den Verbrennungsmotor, welcher einen Zylinderblock und einen Zylinderkopf aufweist, deren Wände zum Begrenzen eines ersten Teils und eines zweiten, davon unterschiedlichen Teils, und desselben durch diese Wände getrennten Kühlkreislauf gestaltet sind.

[0015] Die EP 1 239 129 A2 beschäftigt sich mit einem einfachen Kühlsystem zur Kühlung des Verbrennungsmotors.

[0016] Im Stand der Technik sind die Vorteile und Ausgestaltungskonzepte von getrennten Kühlkreisläufen (Split-Cooling-System) im Vergleich zu einem konventionellen Kühlmittelkreislauf seit langer Zeit bekannt. Nachteilig ist, dass die Kühlmittelströmungsaufteilung zwischen dem Zylinderkopf und dem Motorblockwassermantel in beiden Phasen (Thermostat geschlossen unterhalb 90°C, Thermostat geöffnet oberhalb 90°C) fixiert ist, was zu einer unnötigen hohen Wärmeabgabe und einer geringen Aufwärmung des Motorblocks und des Ölfilms entlang der Laufbuchsen führt. Bekannt ist auch, dass aus dem Thermostaten ein Bypass abzweigt, welcher den Kühler bzw. den Hauptkühler umgeht, so dass Kühlmittel an den Kühler vorbei strömen kann, so dass dieses nicht unnötig gekühlt wird, was in der Warmlaufphase vorteilhaft ist. Für den Bypass muß jedoch Bau Raum belegt werden, welcher im Motorraum äußerst gering bemessen ist.

[0017] Von daher liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine Strategie zum Betreiben eines getrennten Kühlmittelkreislaufs der eingangs genannten Art mit einfachen Mitteln zu verbessern.

[0018] Erfindungsgemäß gelingt die Lösung der Aufgabe durch eine Strategie mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

[0019] Zweckmäßig ist, wenn das an dem Auslaßgehäuse angeordnete Steuerelement aus einem Thermostaten und einem davon getrennten Proportionalventil gebildet ist, wobei das Thermostat strömungstechnisch parallel zum Proportionalventil geschaltet ist, und wobei das Proportionalventil eine Blockwasserleitung zum Blockwassermantel, eine Heizungsleitung zur Heizung und eine Kühlerleitung zu dem Kühler aufweist, und wobei das Thermostat eine Verbindungsleitung zum Kühler aufweist.

[0020] Vorteilhaft ist, dass das Kühlmittel aus dem Zylinderkopfwassermantel direkt in den Blockwassermantel geleitet werden kann, wobei auf eine bisher übliche Bypassleitung verzichtet wird. Der Motorblockwassermantel übernimmt so die Funktion der bisherigen

Bypassleitung, nämlich das Umgehen des Kühlers, so dass das Kühlmittel z. B. in der Warmlaufphase des Verbrennungsmotors nicht unnötig gekühlt wird. Dies führt zu höheren Werkstoff- als auch Öltemperaturen, wodurch die Reibung und die thermischen Verluste reduziert werden. Die vorteilhafte Ausführung des erfindungsgemäßen Kühlmittelkreislaufs kombiniert die Vorteile des getrennten Kühlmittelkreislaufs (schnelles Aufwärmen), wodurch der Kraftstoffverbrauch und die Entste-

hung schädlicher Emissionen erheblich verringert werden, wodurch aber auch die Lebensdauer des Verbrennungsmotors verlängert bzw. erhöht wird.

[0021] Der Kühlmittelkreislauf weist vorteilhaft eine gegenläufige Kühlmittelströmung in den beiden getrennten Kühlbereichen (Zylinderkopfwassermantel/Blockwassermantel) auf. In dem Zylinderkopfwassermantel strömt das Kühlmittel von der Einlaßseite zur Auslaßseite, was an sich bekannt ist. Dem Blockwassermantel dagegen wird das Kühlmittel an der Seite zugeführt, welcher der Auslaßseite des Zylinderkopfwassermantels entspricht. Das Kühlmittel strömt im Blockwassermantel, bezogen auf die Strömungsrichtung im Zylinderkopfwassermantel also quasi umgekehrt von der Auslaßseite zur Einlaßseite. Selbstverständlich hat der Blockwassermantel keinen Strömungskontakt, bzw. Kühlmittelübergang zum Zylinderkopfwassermantel, wobei natürlich kleine Leckagemengen nicht ausgeschlossen werden können, wie einleitend erwähnt. Das bedeutet im Sinne der Erfindung, dass Kühlmittel aus dem Blockwassermantel nicht direkt in den Zylinderkopfwassermantel tritt, und beide Wassermantel quasi in Reihe geschaltet sind, aber gegenläufig durchströmt werden.

[0022] Zweckmäßig im Sinne der Erfindung ist, wenn eine Pumpenleitung die Pumpe mit der Eingangseite des Zylinderkopfwassermantels verbindet. Das Kühlmittel kann so aus dem Zylinderkopfwassermantel in das Auslaßgehäuse gelangen. Aus dem Proportionalventil zweigt die Heizungsleitung ab, welche zur Heizung führt. Der Heizungsrücklauf mündet vor der Pumpe in einem Kühlerrücklauf, welcher in der Pumpe mündet. Die aus dem Blockwassermantel führende Rückwasserleitung mündet ebenso in dem Kühlerrücklauf ebenfalls stromauf der Pumpe. Die aus dem Thermostaten führende Verbindungsleitung mündet dagegen vorteilhaft in der Zylinderkopfwaterleitung stromauf des Kühlers. Weitere Komponenten des Kühlmittelkreislaufes können vorgesehen werden. Beispielsweise kann eine Entlüftungseinrichtung vorgesehen werden, welche mit der Heizungsleitung und dem Kühler in Verbindung steht, und deren Rücklaufleitung ebenfalls stromauf der Pumpe in dem Kühlerrücklauf mündet.

[0023] Zweckmäßigerweise ist das Thermostat, welches als Teillastthermostat fungiert, über die Verbindungsleitung mit dem Kühler verbunden, wobei die Verbindungsleitung bevorzugt stromauf des Kühlers aber stromab des Proportionalventils in der Kühlerleitung mündet, wobei der Motorblockwassermantel günstigerweise den Kühler umlaufend direkt in dem Kühlerrücklauf mündet.

[0024] Zielführend ist, wenn das Steuerelement, also das Proportionalventil und das Thermostat abhängig Betriebsarten des Verbrennungsmotors wie z. B. von einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors und einem "warmen" Verbrennungsmotor schaltbar sind, wobei die beiden Komponenten noch abhängig von dem Vorliegen einer Teillast oder einer Hochlast des Verbrennungsmotors schaltbar sind. Insofern ergeben sich quasi vier Be-

triebsarten, welche die Steuercharakteristik beeinflussen.

[0025] Bei einer Warmlaufphase des in Teillast betriebenen Verbrennungsmotors sind alle Pfade des Proportionalventils, also der Pfad zur Blockwasserleitung, der Pfad zur Heizungsleitung und der Pfad zur Kühlerleitung des Proportionalventils als auch das Thermostat zur Verbindungsleitung geschlossen. In diesem Zustand weist der getrennte Kühlmittelkreislauf quasi einen Null-Strömungsbetrag, sowohl im Blockwassermantel als auch im Kopfwassermantel auf. Die Kühlmitteltemperatur hat einen Betrag von weniger als 60°C.

[0026] Weist die Kühlmitteltemperatur einen Betrag von mehr als 60°C und weniger als 75°C auf, öffnet der Pfad des Proportionalventils zur Heizungsleitung stufenlos, bis dieser vollständig geöffnet ist. Die no-flow Strategie des Zylinderkopfwassermantels ist aufgegeben, ein Teilstrom des Kühlmittels strömt aus dem Auslaßgehäuse über das Proportionalventil in die Heizungsleitung.

[0027] Der Pfad zur Blockwasserleitung ist immer noch verschlossen, so dass die Kühlmittelströmung im Blockwassermantel einen Betrag von Null aufweist. Durch den Zylinderkopfwassermantel strömt lediglich der Betrag, welcher auch durch die Heizungsleitung strömen kann. Insofern ist die Kühlmittelströmung im Zylinderkopfwassermantel eher gering, was einem verbesserten Warmlaufverhalten zugute kommt. Gleichwohl kann die Heizung die Fahrzeugkabine genügend erwärmen.

[0028] Weist die Kühlmitteltemperatur einen Betrag von 75°C und weniger als 85°C auf, ist der Pfad zur Heizungsleitung vollständig geöffnet, wobei der Pfad zur Blockwasserleitung stufenlos öffnet. Im Blockwassermantel wird nun, unter Aufgabe der now-flow-Strategie eine geringe Kühlmittelströmung ermöglicht. Der Pfad zur Kühlerleitung ist noch verschlossen.

[0029] Weist die Kühlmitteltemperatur einen Betrag von mehr als 85°C und weniger als 100°C auf, ist der Pfad zur Heizungsleitung nach wie vor vollständig geöffnet. Der Pfad zur Blockwasserleitung dagegen wird über das Proportionalventil so gesteuert, dass die Blocktemperatur auf einen hohen Betrag, beispielsweise auf über 105°C, bevorzugt auf ca. 115°C einregelbar ist. Das Thermostat verschließt weiterhin den Pfad zur Verbindungsleitung, wenn die Kühlmitteltemperatur im Auslaßgehäuse bzw. im Zylinderkopfwassermantel unterhalb von z. B. 100°C bzw. bevorzugt unterhalb 105°C liegt.

[0030] Ist die Warmlaufphase beendet können die Steuerkomponenten nunmehr abhängig von dem Betriebszustand "betriebswarmer Motor und Teillast" gesteuert werden.

[0031] Bei dieser Betriebsart, also bei einem warmen, unter Teillast betriebenen Verbrennungsmotors ist der Pfad zur Heizungsleitung geöffnet, der Pfad zur Blockwasserleitung wird geregelt, so dass die Blockwassertemperatur auf einen hohen Betrag von z. B. 115°C einregelbar ist. Weist das Kühlmittel im Zylinderkopfwassermantel bzw. im Auslaßgehäuse einen Betrag von mehr

als 100°C auf, öffnet das Thermostat zur Verbindungsleitung. Die Kühlmittelströmung im Zylinderkopfwassermantel wird so weiter erhöht. Dadurch, dass nun ein zusätzlicher Teil der Zylinderkopfkühlmittelströmung über den Hauptkühler geführt wird, ist die Temperatur im Zylinderkopfwassermantel leicht, bevorzugt unter die Öffnungstemperatur regelbar. Die Kühlmittelströmung wird vorteilhaft mittels des Thermostaten (Öffnungstemperatur z. B. 100°C) zusammen mit dem Proportionalventil gesteuert, wenn der Verbrennungsmotor seine Betriebstemperatur aufweist und in Teillast betrieben wird. Das Thermostat ist also bevorzugt als Teillastthermostat ausgeführt, und öffnet nur im Teillastbetrieb wenn die Temperatur im Zylinderkopfwassermantel bzw. im Auslaßgehäuse einen Betrag oberhalb dessen Öffnungstemperatur aufweist.

[0031] Im Teillastbetrieb kann der Verbrennungsmotor also in beiden Bereichen unabhängig mit erhöhter Temperatur betrieben werden.

[0032] Selbstverständlich kann der Pfad des Proportionalventils zur Kühlerleitung bei Bedarf geöffnet werden, wenn z. B. der Verbrennungsmotor mit höherer Last betrieben wird. Dazu öffnet das Proportionalventil die Leitung zum Hauptkühler, um die Temperatur des Zylinderkopfwassermantels auf z. B. 85°C zu regeln. Das Teillastthermostat ist dann geschlossen, da die Öffnungs temperatur nicht erreicht wird. Der Abzweig zum Blockwassermantel ist dann voll geöffnet. Bevorzugt ist vorgesehen, den Pfad so zu regeln, dass die Kühlmitteltemperatur im Blockwassermantel gering ist, beispielsweise auf einen Betrag von 90°C geregelt wird, da der Zylinderblock bei höherer Last des Verbrennungsmotors einen höheren Kühlungsbedarf hat.

[0033] Im Falle einer Funktionsstörung des Proportionalventils und damit einer nicht ausreichenden Kühlmittelströmung zum Hauptkühler, hat das Teillastthermostat auch eine Schutzfunktion. In diesem Fall würde das Teillastthermostat bei einer Erhöhung der Kühlmitteltemperatur oberhalb der Öffnungstemperatur öffnen und Kühl mittel zum Hauptkühler leiten. Das Teillastthermostat kann somit auch als Sicherheitsthermostat fungieren, da eine überhöhte Überhitzung durch Öffnen zum Kühler vermieden wird.

[0034] Ein weiterer Betriebszustand bzw. Betriebsart liegt vor, wenn der Verbrennungsmotor in der Warmlaufphase mit hoher Last betrieben wird. Bei dieser Betriebsart ist vorteilhaft vorgesehen, dass der Pfad zur Heizungsleitung vollständig geöffnet ist, wobei auch der Pfad zur Blockwasserleitung über das Proportionalventil regelbar ist. Bevorzugt ist vorgesehen, den Pfad so zu regeln, dass die Kühlmitteltemperatur im Blockwassermantel gering ist, beispielsweise auf einen Betrag von 90°C geregelt wird, da der Zylinderblock bei Vollast des Verbrennungsmotors hoher Kühlung bedarf. Die Kühlmittelströmung im Zylinderkopfwassermantel wird über das Proportionalventil geregelt, wobei im Zylinderkopfwassermantel eine Temperatur von 85°C einregelbar ist.

[0035] Eine weitere Betriebsart liegt vor, wenn der Ver

brennungsmotor seine Betriebstemperatur aufweist und unter hoher Last bzw. Vollast betrieben wird. Bei dieser Betriebsart kann der Pfad zur Heizungsleitung geschlossen werden. Dies ist dann sinnvoll, wenn z. B. bei hohen

5 Außentemperaturen die größte Kühlleistung generiert werden soll. Der Pfad zur Blockwasserleitung ist über das Proportionalventil regelbar. Bevorzugt ist vorgesehen, den Pfad so zu regeln, dass die Kühlmitteltemperatur im Blockwassermantel gering ist, beispielsweise auf einen Betrag von 90°C geregelt wird, da der Zylinderblock bei hoher Last bzw. bei Vollast des Verbrennungsmotors hoher Kühlung bedarf. Die Kühlmittelströmung im Zylinderkopfwassermantel wird über das Proportionalventil geregelt, wobei im Zylinderkopfwassermantel eine Temperatur von 85°C einregelbar ist. Das Teillastthermostat wird demnach gar nicht öffnen, da die Temperatur unterhalb seiner Öffnungstemperatur liegt. Sollte die Temperatur dennoch über die Öffnungstemperatur steigen, öffnet das Thermostat selbstverständlich und übernimmt seine Schutzfunktion, indem Kühl mittel zusätzlich zum Kühler geleitet wird.

[0036] Zielführend im Sinne der Erfindung ist also, wenn das Steuerelement bzw. die beiden Komponenten Proportionalventil und Teillastthermostat abhängig von der Betriebsart gesteuert werden, was bezüglich des Proportionalventils mittels eines Steuergerätes denkbar ist. Selbstverständlich kann die Steuerstrategie auch in dem zentralen Steuergerät des Verbrennungsmotors bzw. des Kraftfahrzeugs abgelegt sein.

[0037] Mit dem erfindungsgemäßen Kühlmittelkreislauf kann so der gesamte Verbrennungsmotor, also der Blockwassermantel aber auch der Kopfwassermantel, wenn auch nur kurzzeitig, so doch ausreichend lange mit der no-flow-Strategie betrieben werden. Trotz der Trennung der beiden Kühlmittelmäntel voneinander, kann die Kabinenheizung versorgt werden, indem der entsprechende Pfad des Proportionalventils geöffnet wird. Die no-flow-Strategie des Kopfwassermantels wird dabei aufgegeben, im Blockwassermantel aber vorteilhaft aufrechterhalten.

[0038] Die Kühlmitteleingangstemperatur zum Block wird zudem um ca. 3 bis 5 K angehoben, da die Speisung vom Ausgang des Zylinderkopfkreislaufs erfolgt. Weiter kann die Blocktemperatur, also die Materialtemperatur selbst ebenfalls angehoben werden, da die Temperatur mittels des Teillastthermostaten gesteuert wird, und eine reduzierte Kühlmittelströmung durch den Blockwassermantel generierbar ist. Zielführend ist auch, dass im Zylinderkopfwassermantel eine variable Betriebstemperatur je nach den oben genannten Betriebsarten einstellbar ist. Die Temperatur kann bei Teillast sogar auf bis zu 115°C angehoben werden, wobei bei überschreiten dieser Temperatur das Teillastthermostat öffnet, und so die Kühlmittelströmung vom Betrag her erhöht und einen Teil davon über den Kühler führt. Auch die Kühlmittelströmung durch die Heizung ist während der Warmlaufphase variabel. Insbesondere zielführend ist, dass die Kühlmittelströmung im Blockwassermantel gegenläufig zur

Kühlmittelströmung im Zylinderkopfwassermantel ist. Auch die Tatsache, dass aus dem Zylinderkopf austretendes, quasi aufgewärmtes Kühlmittel dem Blockwassermantel zugeführt wird ist vorteilhaft hinsichtlich des Wärmemanagements des Zylinderblocks, da unter anderem Reibungsverluste reduzierbar sind.

[0039] Zweckmäßig im Sinne der Erfindung ist allerdings auch, dass lediglich ein Teilstrom des den Zylinderkopfwassermantels durchströmenden Kühlmittels über das Proportionalventil in den Blockwassermantel strömt. Dies ist vorteilhaft, da die notwendige Kühlleistung des Zylinderblocks nur etwa 30 bis 50% der Kühlleistung des Zylinderkopfes entspricht. Durch eine Regelung des Kühlmittelstromes kann so die Zylinderblocktemperatur variiert werden. Die Tatsache, dass nicht der gesamte Kühlmittelstrom über den Kühler geleitet wird, kann kompensiert werden, indem der Heizungskreislauf geschlossen wird, da die maximale Kühlleistung am Fahrzeughüller nur bei hohen Außentemperaturen bereitgestellt werden muß. Die Kabinenheizung ist dann inaktiv. Dies führt zu einer Änderung der Druckverhältnisse und damit zu höherer Strömung durch den Hauptkühler.

[0040] Durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung des getrennten Kühlmittelkreislaufes, bei dem das Thermostat den Kühlmittelfluß durch den Kühler nur bei Teillast des Verbrennungsmotors oder zu Schutzzwecken ermöglicht kann das Thermostat vorteilhaft als einfach wirkendes Thermostat ausgeführt sein, welches bei relativ hohen Temperaturen öffnet, um so erhöhte Kühlmitteltemperaturen insbesondere im Zylinderkopfwassermantel zu ermöglichen, wobei in anderen davon abweichenden Betriebsarten die Zylinderkopfkühlmitteltemperatur reduzierbar, also variabel ist.

[0041] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen und der folgenden Figurenbeschreibung offenbart. Es zeigen

Fig.1 1 eine Prinzipskizze eines getrennten Kühlmittelkreislaufes gemäß der Erfindung, und

Fig. 2 ein Diagramm zur beispielhaften Steuerung des Steuerelementes.

[0042] Ein getrennter Kühlmittelkreislauf 1 ist in der Figur 1 dargestellt. Der getrennte Kühlmittelkreislauf 1 weist sowohl einen Zylinderkopfwassermantel 2 und einen Motorblockwassermantel 3, eine Pumpe 4, einen Kühler 6, ein Steuerelement 7, ein Kühlmittelauslaßgehäuse 8 und eine Heizung 9 auf. Weiter kann der Kühlmittelkreislauf 1 eine Entgasungsvorrichtung 11 aufweisen.

[0043] Der Zylinderkopfwassermantel 2 ist von dem Blockwassermantel 3 getrennt, so dass ein getrennter Kühlmittelkreislauf 1 vorliegt, in welchem ein Kühlmittel zirkuliert. Die Strömungsrichtung des Kühlmittels ist mit entsprechenden Pfeilen gekennzeichnet.

[0044] Das an den Auslaßgehäuse 8 angeordnete

Steuerelement 7 ist aus einem Thermostaten 12 und einem davon getrennten Proportionalventil 13 gebildet, wobei das Thermostat 12 parallel zum Proportionalventil 13 angeordnet ist, und wobei das Proportionalventil eine Blockwasserleitung 14 zum Blockwassermantel 3, eine Heizungsleitung 16 zur Heizung 9 und eine Kühlerleitung 17 zu dem Kühler 6 aufweist, und wobei das Thermostat 12 eine Verbindungsleitung 18 zum Kühler aufweist.

[0045] Eine Pumpenleitung 19 verbindet die Pumpe 4 mit der Eingangseite 21 des Zylinderkopfwassermantels 2. Das Kühlmittel kann so aus dem Zylinderkopfwassermantel 2 in das Auslaßgehäuse 8 gelangen. Der Heizungsrücklauf 22 mündet vor der Pumpe 4 in einem Kühlerrücklauf 23, welcher in der Pumpe 4 mündet. Die aus dem Blockwassermantel 3 führende Rückwasserleitung 24 mündet ebenso in dem Kühlerrücklauf 23 ebenfalls stromauf der Pumpe 4. Die aus dem Thermostaten 12 führende Verbindungsleitung 18 mündet dagegen vorteilhaft in der Kühlerleitung 17 stromauf des Kühlers 6. Die Entlüftungseinrichtung steht mit der Heizungsleitung 16 und dem Kühler 6 in Verbindung, wobei deren Rücklaufleitung 26 ebenfalls stromauf der Pumpe 4 in dem Kühlerrücklauf 23 mündet.

[0046] Zielführend bei der Erfindung ist, dass auf eine Bypassleitung verzichtet werden kann. Die Funktion der Bypassleitung übernimmt quasi der Motorblockwassermantel 3. Diesem wird Kühlmittel, abhängig von Betriebsarten des Verbrennungsmotors, aus dem Zylinderkopfwassermantel 2 ausströmend zugeleitet. Ersichtlich ist, dass die Kühlmittelströmung im Blockwassermantel 3 gegenläufig zur Kühlmittelströmung im Zylinderkopfwassermantel 2 ist.

[0047] Das Kühlmittel wird dem Blockwassermantel 3, bezogen auf die Strömungsrichtung in Zylinderkopfwassermantel 2 auslaßseitig zugeführt. Das Kühlmittel durchströmt den Blockwassermantel 3 gegenläufig zur Strömungsrichtung im Zylinderkopfwassermantel 2 und tritt, bezogen auf die Kühlmittelströmung im Zylinderkopfwassermantel 2 einlaßseitig aus, und mündet in dem Kühlerrücklauf 23.

[0048] Die Kühlmitteltemperatur ist so mittels des Proportionalventils abhängig von Betriebsarten regelbar bzw. steuerbar. Bei Teillastbetrieb des Verbrennungsmotors wird die Kühlmitteltemperatur im Zylinderkopfwassermantel 2 mittels des Thermostaten 12 geregelt. Beispielsweise kann das Thermostat 12 eine Öffnungs temperatur von 100°C oder gar von 115°C bzw. einen Betrag dazwischen haben, so dass die Kühlmitteltemperatur im Zylinderkopfwassermantel auf diesen erhöhten Betrag einstellbar ist. Bei Vollast des Verbrennungsmotors ist es vorteilhafter, die Kühlmitteltemperatur im Zylinderkopfwassermantel auf ca. 85°C, und im Blockwassermantel eine geringe Temperatur von ca. 90°C einzustellen. Das Thermostat öffnet bei diesen geringen Temperaturen gar nicht, so dass die Kühlmitteltemperatur einzig über das Proportionalventil gesteuert wird. Die Betriebsarten und die Temperatursteuerung sind bereits oben beschrieben, und werden vollumfänglich zum be-

vorzugten Ausführungsbeispiel.

[0049] Figur 2 zeigt lediglich beispielhaft ein Diagramm bei welchem die Kühlmittelströmungen durch die Heizung (Linie 27), durch den Motorblockwassermantel (Linie 28) und durch den Kühler (Linie 29) dargestellt sind. Auf der Hochachse ist die Strömungsrate in l/min aufgetragen. Auf der horizontalen ist die Öffnung des Proportionalventils 13 in % aufgetragen.

[0050] In einer ersten Phase 31 weist die Strömungsrate in allen Leitungen und den beiden Wassermänteln 2 und 3 einen Betrag von Null auf (no-flow-Strategie).

[0051] In einer zweiten Phase 32 strömt zunehmend Kühlmittel zur Heizung 9. Die Kühlmittelströmungen im Motorblockwassermantel 3 und im Kühler 6 sind NULL (No-flow-Strategie im Block). Im Zylinderkopfwassermantel ist eine geringe Kühlmittelströmung vorhanden. Das Proportionalventil 13 öffnet die Heizungsleitung stufenlos bis der Pfad vollständig geöffnet ist. Dies entspricht einem Gesamtöffnungsgrad von bis zu 30 % des Proportionalventils 13.

[0052] In einer dritten Phase 33 ist die no-flow Strategie auch im Blockwassermantel aufgegeben. Das Proportionalventil öffnet diesen Pfad stufenlos. Der Pfad zum Kühler 6 ist nach vor verschlossen. Dies ist im Teillastbetrieb möglich, so dass die Temperatursteuerung im Zylinderkopfwassermantel einzigt über das Teillastthermostat 12 erfolgt.

[0053] Wie erkennbar steigt die Strömungsrate im Motorblockwassermantel 3 von 0 auf bis zu 40 l/min an, wobei in dieser Phase die Strömung durch die Heizung von 25 l/min auf etwa 20 l/min abnimmt. Am Ende der dritten Phase ist das Proportionalventil ca. 50% geöffnet, also der Pfad zum Blockwassermantel und zur Heizung ist geöffnet. Im Teillastbetrieb ist es völlig ausreichend, die Temperatur im Zylinderkopfwassermantel einzigt über das Teillastthermostat zu regeln und auf einen hohen Betrag einzuregeln. Ist diese "Grenztemperatur" erreicht, öffnet das Teillastthermostat zum Kühler.

[0054] Wird nun erkannt, dass keine Teillast des Verbrennungsmotors mehr vorliegt, sondern Volllast, wird die Zylinderkopfkühlmitteltemperatur in einer vierten Phase 34 auf einen Betrag von ca. 85°C geregelt. Das Proportionalventil 13 öffnet den Pfad zum Kühler stufenlos, so dass dieser mit bis zu 120/min durchströmt wird. Der Pfad zur Heizung kann geschlossen werden.

[0055] Die genannten Werte für die Grenztemperaturen und für die Kühlmittelströmungsraten des Proportionalventils sind natürlich lediglich exemplarisch zu verstehen und dienen lediglich als beispielhafte Richtwerte welche keinesfalls einschränkend sein sollen. Vielmehr sollten diese Werte während der Motorentwicklung ermittelt aber nicht endgültig festgelegt werden.

[0056] Der Ausdruck "im Wesentlichen" bzw. "etwa" oder "ca." bedeutet im Sinne der Erfindung Abweichungen vom jeweils exakten Wert um +/- 10%, bevorzugt um +/- 5% und/oder Abweichungen in Form von für die Funktion unbedeutenden Änderungen. Die technischen Begriffe "Teillast" und "Vollast" sind in der Fachwelt eben-

so einschlägig bekannt wie die Begriffe "Warmlaufphase" und "betriebswarm".

5 Patentansprüche

1. Strategie zum Betreiben eines getrennten Kühlmittelkreislaufs (1) eines Verbrennungsmotors, wobei ein Zylinderkopfwassermantel (2) und ein Motorblockwassermantel (3) vorgesehen ist, wobei der getrennte Kühlmittelkreislauf (1) eine Pumpe (4), einen Kühler (6), ein Steuerelement (7), ein Auslaßgehäuse (8) und eine Heizung (9) aufweist, und wobei in dem getrennten Kühlmittelkreislauf (1) ein Kühlmittel zirkuliert,

wobei

das Steuerelement (7) aus einem Thermostaten (12) und einem davon getrennten Proportionalventil (13) gebildet ist, welche an dem Auslaßgehäuse (8) parallel geschaltet angeordnet sind, wobei Kühlmittel das Proportionalventil (13) passierend über eine Blockwasserleitung (14) zum Motorblockwassermantel (3), über eine Heizungsleitung (16) zur Heizung (9) und über eine Kühlerleitung (17) zum Kühler (6) geleitet wird, wobei Kühlmittel das Thermostat (12) passierend über eine Verbindungsleitung (18) zum Kühler (6) geleitet wird, wobei das Thermostat (12) und das Proportionalventil (13) unabhängig voneinander aber abhängig von Betriebsarten (31, 32, 33, 34) eines Verbrennungsmotors eine Kühlmittelströmung durch die jeweilige Leitung (14, 16, 17, 18) bewirken.

2. Strategie nach Anspruch 1,

umfassend

das Feststellen einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors unter Teillast desselben, wobei zunächst alle Pfade des Proportionalventils (13) aber auch des Thermostaten (12) geschlossen sind, so dass sowohl im Blockwassermantel als auch im Zylinderkopfwassermantel eine Kühlmittelströmung mit dem Betrag NULL vorliegt.

3. Strategie nach Anspruch 1 oder 2,

umfassend

das Feststellen einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors unter Teillast desselben, wobei der Pfad des Proportionalventils (13) zur Heizungsleitung (16) öffnet, die anderen Pfade des Proportionalventils (13) aber auch des Thermostaten (12) geschlossen sind, so dass im Blockwassermantel eine Kühlmittelströmung mit dem Betrag NULL, und im Zylinderkopfwassermantel (2) eine Kühlmittelströmung vorliegt.

4. Strategie nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
umfassend

das Feststellen einer Warmlaufphase des Verbrennungsmotors unter Teillast desselben, wobei der Pfad des Proportionalventils (13) zur Heizungsleitung (16) geöffnet ist, und der Pfad zur Blockwasserleitung (14) öffnet, so dass Kühlmittel aus dem Zylinderkopf austretend in den Blockwassermantel (3) eintritt, wobei der andere Pfad des Proportionalventils (13) aber auch des Thermostaten (12) geschlossen ist, so dass sowohl im Blockwassermantel (3) als auch im Zylinderkopfwassermantel (2) eine Kühlmittelströmung vorliegt.

5. Strategie nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

umfassend

das Feststellen eines betriebswarmen Verbrennungsmotors, welcher unter Teillast betrieben wird, wobei der Pfad zur Heizungsleitung geöffnet ist, und der Pfad zur Blockwasserleitung (14) so geregelt wird, dass im Blockwassermantel (3) eine erhöhte Temperatur von etwa 115°C eingeregelt wird, wobei das Thermostat (12) öffnet wenn seine Grenztemperatur von beispielsweise 100°C überschritten wird, so dass die Kühlmittelströmung im Zylinderkopfwassermantel (2) so erhöht wird, das Kühlmittel aber auch durch den Kühler (6) strömt.

6. Strategie nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

umfassend

das Feststellen eines warmlaufenden Verbrennungsmotors, welcher unter Vollast betrieben wird, wobei der Pfad zur Heizungsleitung (16) vollständig geöffnet ist, und der Pfad zur Blockwasserleitung (14) so geregelt wird, dass im Blockwassermantel (3) eine Temperatur von etwa 90°C eingeregelt wird.

7. Strategie nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, daß

das Feststellen eines betriebswarmen Verbrennungsmotors, welcher unter Vollast betrieben wird, wobei der Pfad zur Heizungsleitung (16) geschlossen ist, und wobei der Pfad zur Blockwasserleitung (14) in seiner Strömungsrate über das Proportionalventil (13) so regelbar ist, dass im Blockwassermantel (3) eine Temperatur von etwa 90°C eingeregelt wird, wobei im Zylinderkopfwassermantel (2) eine Temperatur von etwa 85°C einregelbar ist.

50

55

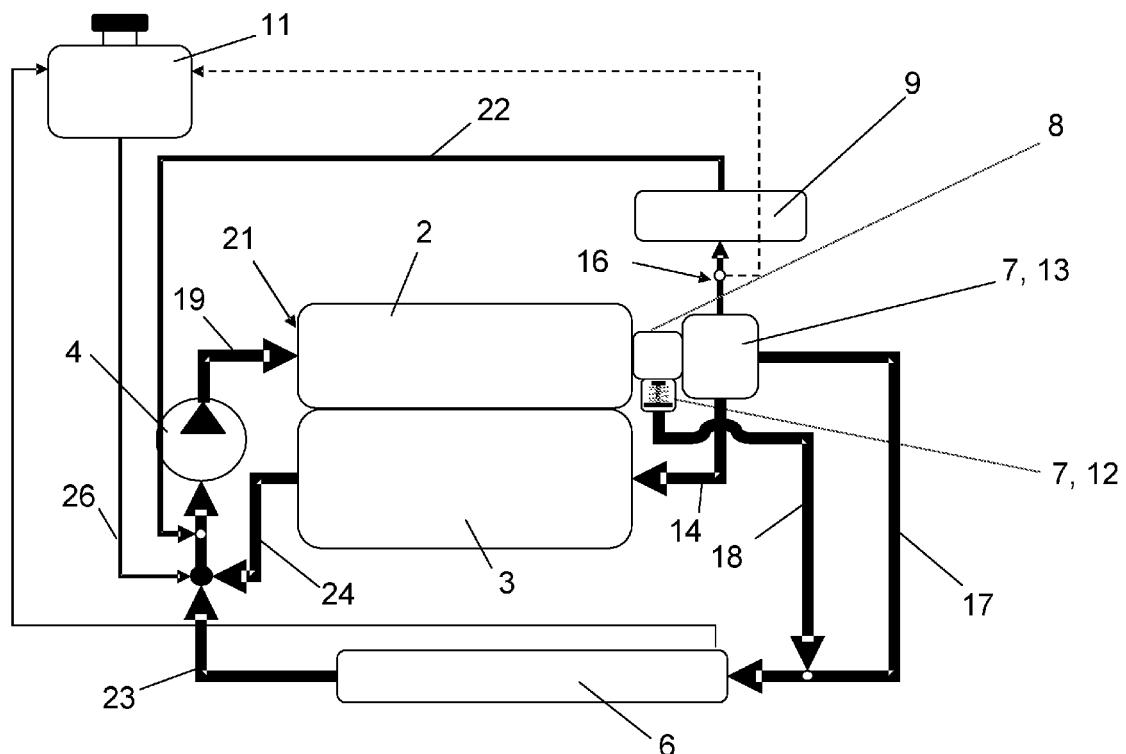


Fig. 1

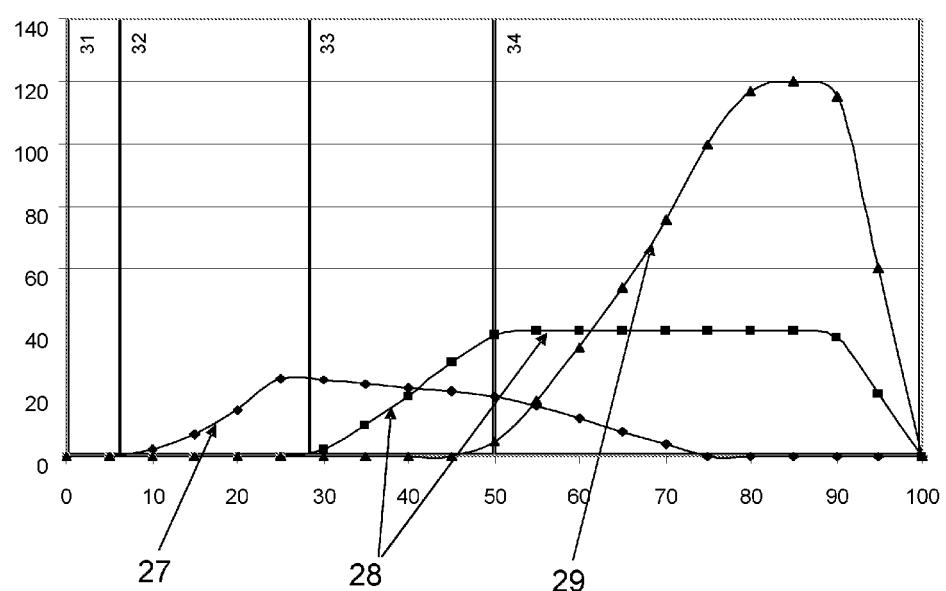


Fig. 2



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 11 17 8430

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	JP 57 176317 A (TOYOTA MOTOR CO LTD) 29. Oktober 1982 (1982-10-29) * Zusammenfassung * * Abbildungen * -----	1	INV. F01P7/14 F01P7/16 ADD.
A	DE 87 02 564 U1 (FIAT AUTO SPA [IT]) 25. Juni 1987 (1987-06-25) * Zusammenfassung * * Abbildungen * -----	1	F01P3/02
A	EP 1 405 991 A1 (MARK IV SYSTEMES MOTEURS SA [FR]) 7. April 2004 (2004-04-07) * Zusammenfassung; Abbildungen * -----	1	
RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)			
F01P			
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
1	Recherchenort Den Haag	Abschlußdatum der Recherche 13. Januar 2012	Prüfer Matray, J
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 11 17 8430

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patendifikumente angegeben.

Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13-01-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 57176317	A	29-10-1982		KEINE		
DE 8702564	U1	25-06-1987	BR DE ES FR IT	6700175 U 8702564 U1 1001737 U 2594484 A1 1187952 B		15-12-1987 25-06-1987 16-05-1988 21-08-1987 23-12-1987
EP 1405991	A1	07-04-2004	AT EP	417191 T 1405991 A1		15-12-2008 07-04-2004

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- FR 2860833 A1 [0003]
- US 5385123 A [0004]
- EP 1900919 B1 [0005]
- DE 10342935 A1 [0006]
- DE 19524424 A1 [0007]
- DE 10261070 A1 [0008]
- KR 1020040033579 A [0009]
- DE 10127219 A1 [0010]
- DE 10219481 A1 [0011]
- DE 19628542 A1 [0012]
- DE 3440504 C2 [0013]
- EP 0816651 B1 [0014]
- EP 1239129 A2 [0015]