

(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
07. Juni 2018 (07.06.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/099862 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02M 51/00 (2006.01) F02M 55/02 (2006.01)
F02M 53/02 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/080525

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. November 2017 (27.11.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 223 716.0
29. November 2016 (29.11.2016) DE

(71) Anmelder: MAHLE INTERNATIONAL GMBH
[DE/DE]; Pragstraße 26-46, 70376 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: AMARAL, Tadeu Miguel Malago; Rua Amaral
Gama, 139, Ed Armando Ross, apto 21, 02018-000 Sao Pau-
lo/SP (BR). DE AZEVEDO JUNIOR, Edson Valdomiro;
Rua Robartino Martho, 255, bloco B, apto 34, 13216-291
Jundiai, Sao Paulo, (BR). MOREIRA, Fabio; Alameda dos
Mognos, 48, 13280-000 Vinhedo-SP (BR). JUN YOSHI-

NO, Fernando; Avendia Prof. Clarismundo Fornari 1601,
casa E27, 13214-660 Jundiai, Sao Paulo (BR).

(74) Anwalt: BRP RENAUD UND PARTNER MBB; König-
straße 28, 70173 Stuttgart (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, DE, 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, 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,

(54) Title: OPERATING METHOD FOR AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: BETRIEBSVERFAHREN FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE

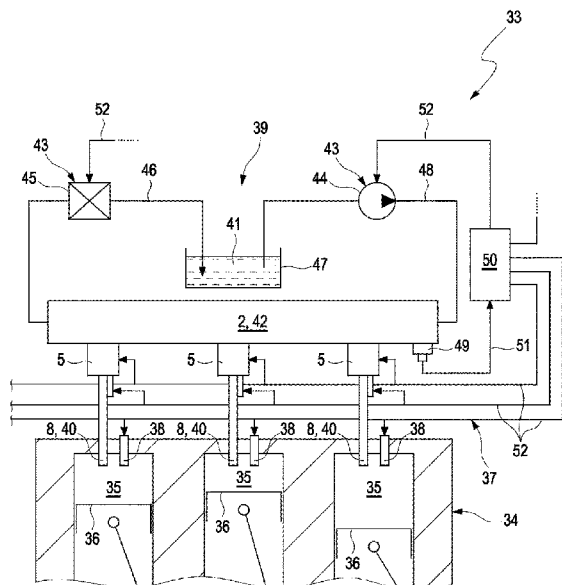


Fig. 21

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine (33), in which in the event the temperature of the fuel falls below a predetermined temperature limit of the liquid, the liquid fuel (41) is injected at a fuel pressure and at a fuel temperature for generating a combustion mixture in the respective cylinder (35), which is thus selected so that the fuel spontaneously boils during injection.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (33), bei dem für den Fall, dass die Kraftstofftemperatur unterhalb einer vorbestimmten Grenztemperatur liegt, der flüssige Kraftstoff (41) bei einem Kraftstoffdruck und bei einer Kraftstofftemperatur zur Erzeugung eines Verbrennungsgemisches in den jeweiligen Zylinder (35) eingespritzt wird, die so gewählt sind, dass der Kraftstoff beim Einspritzen spontan siedet.

WO 2018/099862 A1

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)

BETRIEBSVERFAHREN FÜR EINE BRENNKRAFTMASCHINE

Anwendungsbereich

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine. Die Erfindung betrifft außerdem eine Brennkraftmaschine, die nach diesem Verfahren betrieben werden kann. Von besonderem Interesse sind dabei Brennkraftmaschinen mit einer Kraftstoffeinspritzanlage, die für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine eine Kraftstoffheizeinrichtung aufweist, die, zum Beispiel für den Kaltstart und/oder den regulären Betrieb, eine bessere Fahrbarkeit, verringerte Treibhausgasemissionen und für andere Anwendungen in Kraftfahrzeugen eingesetzt werden kann. Dementsprechend betrifft die vorliegende Erfindung auch eine solche Kraftstoffeinspritzanlage.

Hintergründe der Erfindung

Eine Brennkraftmaschine umfasst üblicherweise wenigstens einen Zylinder, in dem ein Kolben hubverstellbar angeordnet ist. Es handelt sich somit um einen Kolbenmotor. Die Brennkraftmaschine umfasst ferner eine Zündanlage, die für jeden Zylinder eine separate Zündkerze aufweist, mit der ein Verbrennungsgemisch im jeweiligen Zylinder gezündet werden kann. Es handelt sich somit um eine fremdgezündete Brennkraftmaschine, insbesondere um einen Ottomotor. Ferner weist die Brennkraftmaschine eine Kraftstoffeinspritzanlage auf, die für jeden Zylinder eine separate Einspritzdüse zum Einspritzen von flüssigem Kraftstoff in den jeweiligen Zylinder aufweist. Die Kraftstoffeinspritzanlage weist ferner zumindest eine Kraftstoffverteilerleiste und eine Druckerzeugungseinrichtung auf, die mit der Kraftstoffverteilerleiste fluidisch verbunden ist und die zum Erzeugen eines Kraftstoffdrucks in der Kraftstoffverteilerleiste dient. Sofern an diese Kraftstoffverteilerleiste mehrere Einspritzdüsen angeschlossen sind, handelt es sich dabei um eine sogenannte "Common-Rail". Die Druckerzeugungseinrichtung kann eine Kraftstoffpumpe und optional ein

Druckregelventil aufweisen. Zur Verbesserung der Zündeigenschaft des Kraftstoffs kann die Kraftstoffeinspritzanlage außerdem für jeden Zylinder eine Kraftstoffheizeinrichtung aufweisen, die insbesondere für einen Kaltstart zum Aufheizen des flüssigen Kraftstoffs dient und die fluidisch zwischen der Kraftstoffverteilerleiste und der jeweiligen Einspritzdüse angeordnet ist. Ferner geht die Erfindung von einem Vier-Takt-Motor aus, bei dem sich ein Ansaughub oder Beladungstakt, ein Kompressionshub oder Verdichtungstakt, ein Expansionshub oder Arbeitstakt und ein Ausstoßhub oder Entleerungstakt aneinander reihen und wiederholen.

Kaltstartsysteme bzw. Kaltstart geeignete Kraftstoffeinspritzanlagen, die mit wenigstens einer solchen Kraftstoffheizeinrichtung ausgestattet sind, werden derzeit in der Automobilindustrie eingesetzt, insbesondere bei Fahrzeugen, die Kraftstoffe geringer Volatilität, wie Ethanol, Methanol oder eine Dual-Kraftstoff-Technologie, verwenden. Derartige Kraftstoffe zünden bei niedrigen Umgebungstemperaturen vergleichsweise schlecht, was insbesondere den Start der jeweiligen Brennkraftmaschine erschwert. Auch während des laufenden Betriebs der Brennkraftmaschine kann ein Vorheizen des Kraftstoffs vorteilhaft sein, z.B. im Hinblick auf verbesserte Emissions- und Verbrauchswerte. Entsprechende Probleme können insbesondere auch bei Bio-Kraftstoffen und bei Kraftstoffgemischen aus fossilem Kraftstoff und Bio-Kraftstoff auftreten. Wie unter Fachleuten bekannt ist, hängt die angemessene Verbrennung des Alkohols von der Temperatur ab. Früher war es durchaus üblich, dass Fahrer Schwierigkeiten hatten, ihre mit Alkohol betriebenen Fahrzeuge an kälteren Tagen zu starten. Die allgemein bekannte Technologie des „Benzintanks“, deren Grundlage die zusätzliche Benzineinspritzung ist, um die Volatilität des Kraftstoffgemisches zu erhöhen, war ein riesiger Durchbruch und ist heute in den meisten Flexible-Fuel-Fahrzeugen Brasiliens vertreten, die den Kaltstart an kühleren Tagen beschleunigt, obwohl sie jedoch noch verschiedene Nachteile aufweist, wie beispielsweise den hohen Treibhausgasausstoß, hohe Sicherheitsrisiken und Lecks, sowie den Nachteil, dass der Verbraucher nicht vergessen darf, den „Benzintank“ an

kalten Tagen aufzutanken, um den Kaltstart des Fahrzeugs zu ermöglichen.

Dieser Realität bewusst, entwickelten Unternehmen und Forscher somit elektrische Heizungslösungen, damit der Kraftstoff minimal über seinen Flammpunkt erhitzt wird. Damit sollte erreicht werden, dass der Motor auch an kalten Tagen gestartet wird und keine zusätzliche Benzininjektion oder der allgemein bekannte „Benzintank für den Kaltstart“ notwendig sind. Ein Beispiel für die verwendete Heizungstechnik ist das als „Glühkerze“ bekannte Heizelement. Die Art von Heizeinrichtung stammt aus den Dieselfahrzeuganwendungen, besitzt eine Metallstabform und ist in die Kraftstoffverteilerleiste eingebaut und erhitzt den Kraftstoff, der dort verläuft, bevor dieser in den Motor oder in den Motoreinlass eingespritzt wird.

Trotz der Entwicklung gegenüber dem „Benzintank“ nutzt diese Heiztechnik eine Hochtemperaturheizeinrichtung für eine schnelle Erwärmung und erhöht somit die Risiken des Kraftstoffsiedevorgangs (in diesem Fall wird Dampf anstelle von flüssigem Kraftstoff eingespritzt, der Motorschäden bewirkt), die Überhitzung, eine Innendruckerhöhung in den Komponenten, Lecks und im Extremfall sogar Brand oder das Schmelzen von Kunststoffteilen. Es wurden andere Kraftstoffheiztechniken für den Kaltstart geschaffen, wenngleich in unterschiedlichen geometrischen Konstruktionen und Positionen als die der „Glühkerze“, wobei beispielsweise einige Kraftstoffheiztechniken in die Kraftstoffdüse eingebaut wurden. Bisher weisen alle eine niedrige Wärmetauschkfläche mit dem Kraftstoff auf und arbeiten bei hohen Temperaturen, obwohl jedoch Überhitzungs- und Sicherheitsrisiken der Heizeinrichtung vom Typ „Glühkerze“ bestehen.

Um das Überhitzungsrisiko des Kraftstoffs zu umgehen, arbeiten Kraftstoffheizeinrichtungen in Verbindung mit einer Heizungsregelungseinheit, das heißt, mit einer elektronischen „Hardware“, die die Erwärmung jeder Heizeinrichtung überwacht und diese im Falle

einer Überhitzung abschaltet, wobei diese in Echtzeit innerhalb eines geschlossenen Regelkreises arbeitet. Aufgrund der präzisen elektronischen „Überwachungshardware“ ist diese Technologie teuer, komplex umzusetzen und erfordert einen zusätzlichen zeitlichen Aufwand, um das Fahrzeug zu kalibrieren und die Vorerwärmungszeiten anzupassen und zu programmieren und zudem sollte beachtet werden, dass, wenn eine elektronische Komponente des Systems beschädigt wird oder ihre Verbindung nach jahrelangem Gebrauch versagt, dies aufgrund der hohen Temperaturen, welche die Heizeinrichtungen in Kontakt mit Kraftstoff erreichen können, zu einer Katastrophe führen kann.

Um die Nachteile und Unannehmlichkeiten dieses Kaltstartsystems zu lösen, entwickelte die Anmelderin ein neues System, bei dem die üblichen Heizeinrichtungen durch ein Hezelement vom Typ „PTC-Thermistor“ (Thermistor mit positivem Temperaturkoeffizienten) zusammen mit einem hoch effizienten Wärmetauscher ersetzt wurden. Somit tritt der Kraftstoff aufgrund seiner Positionierung zwischen dem Einlass und Auslass der Heizeinrichtung in Kontakt mit dem Wärmetauscher, der die empfangene Wärme von innen mittels dem „Thermistor“ zuführt. Durch dieses System wird der Kraftstoff schnell erhitzt, wobei dieser auf den PTC-Thermistor mit einer niedrigen Oberflächentemperatur zurückgreift und sich selbst durch die Dotierung von Halbleitern steuert bzw. regelt, wobei das System verhindert, dass der Kraftstoff eine bestimmte Temperatur übersteigt, die in der Dotierung und im Herstellungsverfahren ausgewählt bzw. festgelegt wird, und beseitigt die zuvor entstandenen Unannehmlichkeiten. Es sollte beachtet werden, dass, obwohl es andere Heizeinrichtungen vom Typ PTC gibt, allein solche Technologien mit PTC, ohne den Einsatz von hoch effizienten Wärmetauschern, einen PTC mit einer hohen Oberflächentemperatur erfordern. Zudem besteht immer noch die Notwendigkeit einer elektronischen „Hardware“ für die Temperaturregelung.

Weitere Informationen über die Beschreibung des Heizsystems vom Typ PTC mit einem hoch effizienten Wärmetauscher können in den Dokumenten DE 10 2011 086 201 und DE 10 2012 220 429 nachgeschlagen werden, deren Beschreibungen hier als Referenzmaterial aufgelistet wurden. Obwohl dieses neue Kaltstartsystem große Vorteile gebracht hat, gibt es noch einige Probleme, die im Stand der Technik angegangen werden müssen.

Wie den vorstehend genannten Dokumenten DE 10 2011 086 201 und DE 10 2012 220 429 zu entnehmen ist, besitzen die dort beschriebenen und veranschaulichten Wärmetauscher ein Format, deren Querschnitt im Wesentlichen länglich ist. Dieses Format ist arbeitsintensiv aufgrund der in der Regel zur Anwendung kommenden Bearbeitungsprozesse. Außerdem ermöglicht das längliche Format keine gleichmäßige Wärmeverteilung. Daraus folgt, dass ein solches Format ineffizient ist und dass eine bessere Lösung im aktuellen Stand der Technik gefunden werden muss.

Aus der US 7 546 826 B2 ist eine Einspritzdüse für eine Kraftstoffeinspritzanlage bekannt, in die eine Kraftstoffheizeinrichtung und ein Katalysator integriert sind. Die Betriebsparameter sind dabei so gewählt, dass der Kraftstoff vor der Einspritzung auf eine Temperatur von etwa 320°C erhitzt und vor-oxidiert wird, wodurch der Kraftstoff nach der Einspritzung im jeweiligen Zylinder einen superkritischen Zustand in der Gasphase erreicht und spontan zündet. Diese bekannte Einspritzanlage kommt daher bei einer selbstzündenden Brennkraftmaschine zum Einsatz, die keine Zündanlage mit je einer Zündkerze pro Zylinder aufweist.

Beschreibung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung beschäftigt sich mit dem Problem, für eine Brennkraftmaschine der vorstehend beschriebenen Art bzw. für ein zugehöriges Betriebsverfahren bzw. für eine hierzu geeignete

Kraftstoffeinspritzanlage eine verbesserte Ausführungsform anzugeben, die sich insbesondere durch eine preiswerte Realisierbarkeit auszeichnet.

Ein weiteres Ziel der Erfindung ist es, eine Kraftstoffeinspritzanlage mit mindestens einer Kraftstoffheizeinrichtung zu liefern, die einen einfacheren Wärmetausch ermöglicht. Die Kraftstoffheizeinrichtung soll im Allgemeinen ein effizientes Erwärmen des jeweiligen Kraftstoffs ermöglichen. Im Speziellen soll die Kraftstoffheizeinrichtung ein Verdampfen des jeweiligen Kraftstoffs ermöglichen können. Letzteres gilt insbesondere bei Bio-Kraftstoffen und Kraftstoffgemischen aus Bio-Kraftstoff und fossilem Kraftstoff.

Ein nochmals weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine Kraftstoffeinspritzanlage mit mindestens einer Kraftstoffheizeinrichtung zu liefern, die eine gleichmäßige Erwärmung des Kraftstoffs, der mit Außenwänden der Kraftstoffheizeinrichtung in Kontakt kommt, ermöglicht. Ein zusätzliches weiteres Ziel der Erfindung ist die Homogenisierung des Luft-Kraftstoffgemisches in der Brennkammer, was die Emissions- und Verbrauchswerte der Brennkraftmaschine verbessert.

Das vorstehend formulierte Problem wird erfindungsgemäß durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, bei Bedingungen, die einen emissionsarmen und verbrauchsarmen Betrieb der Brennkraftmaschine und die insbesondere einen sicheren Start der Brennkraftmaschine beeinträchtigen, also insbesondere bei vergleichsweise niedrigen Umgebungstemperaturen, den Kraftstoff mit Hilfe der jeweiligen Kraftstoffheizeinrichtung für die bevorstehende Einspritzung aufzuheizen, und zwar auf eine Temperatur, die oberhalb der Siedetemperatur des Kraftstoffs bei Umgebungsdruck liegt. Gleichzeitig wird die Kraftstofftemperatur jedoch so gewählt, dass keine superkritische

Gasphase im Zylinder entsteht. Insbesondere soll dadurch im Zylinder eine spontane Selbstentzündung des sich im Zylinder ausbildenden Verbrennungsgemischs vermieden werden. Der zu erwärmende flüssige Kraftstoff kann aus fossilen und/oder synthetischen und/oder biologischen Bestandteilen gebildet sein. Beim erfindungsgemäßen Verfahren soll nach wie vor eine Fremdzündung zu einem vorbestimmten Zündzeitpunkt stattfinden, der vorzugsweise in einer Endphase des jeweiligen Kompressionshubs liegen kann. Dies hat den Vorteil, dass auf vorhandene Strukturen herkömmlicher Ottomotoren zurückgegriffen werden kann. Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich somit besonders preiswert realisieren.

Im Einzelnen schlägt die Erfindung für das Betriebsverfahren vor, bei den besagten Bedingungen den Kraftstoff im flüssigen Zustand zu überhitzen, derart, dass er beim Einspritzen in den jeweiligen Zylinder sofort bzw. unverzüglich siedet. Die Überhitzung, also die Temperaturerhöhung über die Siedetemperatur ist nur in Verbindung mit einem entsprechenden Druck möglich. Beim Einspritzen erfolgt dann eine Entspannung des überhitzten Kraftstoffs, die im Zylinder zu einem Blitzsieden des Kraftstoffs führt. Das explosionsartige Sieden des Kraftstoffs im Zylinder sorgt zunächst für kleine Kraftstofftropfen mit sehr großer Oberfläche, was die Verdampfung und homogene Verteilung des Kraftstoffs im Zylinder begünstigt.

Untersuchungen der Anmelderin haben ergeben, dass die Einspritzung des Kraftstoffs bei dem genannten Kraftstoffdruck und bei der genannten Kraftstofftemperatur dazu führt, dass der flüssige Kraftstoff im Zylinder aufgrund des im Zylinder herrschenden, vergleichsweise geringen Drucks sehr effizient zerstäubt wird, so dass insbesondere ein sehr feiner Nebel mit kleinen Tropfen entsteht. Durch diese Zerstäubung bzw. Verdampfung des flüssigen Kraftstoffs in sehr viele Tropfen mit geringer Größe erhält der eingespritzte Kraftstoff eine sehr große reaktive Oberfläche, was die Verdampfung des Kraftstoffs innerhalb einer sehr kurzen Zeit ermöglicht.

Somit lässt sich auf vergleichsweise einfache Weise auch bei niedrigen Umgebungstemperaturen ein leicht entzündliches Verbrennungsgemisch in den Zylindern erzeugen, was einen zuverlässigen Start der Brennkraftmaschine ermöglicht, bzw. die bei der Verbrennung entstehenden Emissionen deutlich reduziert.

Bevorzugt ist eine Ausführungsform, bei welcher der flüssige Kraftstoff in der jeweiligen Kraftstoffheizeinrichtung mit einem Kraftstoffdruck bereitgestellt wird, der mindestens 5 mal, vorzugsweisen mindestens 10 mal, größer ist als der Druck im jeweiligen Zylinder zum Einspritzzeitpunkt. Hierdurch wird das Blitzsieden des Kraftstoffs beim Einspritzen in den jeweiligen Zylinder begünstigt.

Des Weiteren ist eine Ausführungsform vorteilhaft, bei welcher für den Fall, dass die Kraftstofftemperatur in der Kraftstoffverteilerleiste unterhalb der vorbestimmten Grenztemperatur liegt, der flüssige Kraftstoff bei einem Kraftstoffdruck von mindestens 100 bar und/oder bei einer Kraftstofftemperatur von mindestens 100°C und höchstens 260°C in den jeweiligen Zylinder eingespritzt wird, um in diesem Zylinder das Verbrennungsgemisch zu erzeugen.

Zweckmäßig kann die Brennkraftmaschine eine Zündanlage aufweisen, die für jeden Zylinder mit einer Zündkerze zum Zünden des Verbrennungsgemischs im jeweiligen Zylinder ausgestattet ist. Vorteilhaft ist das Verfahren dann so konfiguriert, dass das Verbrennungsgemisch in einer Endphase eines Kompressionshubs des zugehörigen Kolbens aktiv gezündet, also fremdgezündet wird.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform kann vorgesehen sein, dass beim Einspritzen des Kraftstoffs in den jeweiligen Zylinder ein Gas oder Gasgemisch, das sich im Zylinder befindet, einen Gasdruck aufweist, der maximal 10 bar oder vorzugsweise maximal 5 bar beträgt. Bei einem reinen Saugmotor liegt der Gasdruck zu Beginn des Kompressionshubs bei

etwa 1 bar. Bei einem aufgeladenen Motor ist der Gasdruck zu Beginn des Kompressionshubs entsprechend höher. Am Ende des Kompressionshubs wird der maximale Gasdruck erzielt, der vom jeweiligen Verdichtungsverhältnis von Kolben und Zylinder abhängt. Übliche Verdichtungsverhältnisse bei nicht aufgeladenen Ottomotoren liegen bei etwa 1:10. Mit anderen Worten, die Einspritzung des Kraftstoffs erfolgt während des Kompressionshubs vor dem Zündvorgang, und zwar zu einem Zeitpunkt, zu dem der Druckanstieg im Zylinder die genannte Grenze von 10 bar bzw. 5 bar noch nicht erreicht hat. Je geringer der Gasdruck, desto rascher kann der eingespritzte flüssige Kraftstoff verdampft werden.

Eine andere Ausführungsform schlägt vor, dass das Einspritzen des Kraftstoffs in den jeweiligen Zylinder während des Kompressionshubs des zugehörigen Kolbens zu einem Einspritzzeitpunkt erfolgt, zu dem ein Gas oder Gasgemisch, das sich im Zylinder befindet, bereits mindestens 20% oder mindestens 50% der maximalen Verdichtung, die ohne Zündung am Ende des Kompressionshubs vorliegt, erreicht hat. Wenn also beispielsweise Kolben und Zylinder so aufeinander abgestimmt sind, dass sich ein Verdichtungsverhältnis von 1:10 ergibt, liegt am Ende des Kompressionshubs, wenn die Zündung ausbleibt, ein Gasdruck von etwa 10 bar vor, wenn der Kompressionshub bei einem nicht aufgeladenen Ottomotor bei etwa 1 bar beginnt. Die Einspritzung des Kraftstoffs kann dann gemäß den vorstehend genannten Grenzen ab einem Druck von 2 bar oder ab einem Druck von 5 bar erfolgen.

Eine Weiterbildung des Verfahrens sieht vor, dass der Einspritzzeitpunkt so gewählt ist, dass das Gas oder Gasgemisch weniger als 95% oder weniger als 90% der maximalen Verdichtung erreicht hat. Beim vorstehend genannten Zahlenbeispiel würde die Einspritzung demnach erfolgen, bevor der Gasdruck 9 bar bzw. 9,5 bar erreicht hat.

Gemäß einer anderen Ausführungsform kann das Einspritzen des Kraftstoffs in den jeweiligen Zylinder während des von 180° Kurbelwellenwinkel, kurz KWW, bis 360° KWW erfolgenden Kompressionshubs des zugehörigen Kolbens zu einem Einspritz-KWW erfolgen, der maximal 100° KWW vor einem Zünd-KWW liegt, zu dem das Verbrennungsgemisch aktiv gezündet wird. Mit anderen Worten, die Einspritzung ist so auf die Hubbewegung des Kolbens abgestimmt, dass maximal 100° KWW für den Einspritzvorgang, für die Zerstäubung und für die Verdampfung des Kraftstoffs zur Verfügung stehen.

Eine vorteilhafte Weiterbildung sieht vor, dass der Einspritz-KWW bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine mit homogener Ladung etwa 90° KWW vor dem Zünd-KWW liegt. Bei einem Betrieb mit homogener Ladung wird versucht, im gesamten Zylinder ein möglichst homogenes Gemisch aus verdampftem Kraftstoff und Gas bzw. Gasgemisch zu erzeugen.

Bei einer anderen Ausführungsform kann der Einspritz-KWW bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine mit Schichtladung etwa 10° KWW vor dem Zünd-KWW liegen. Bei einem Betrieb mit Schichtladung wird versucht, im Zylinder nur im Bereich der Zündkerze den Kraftstoff zu verdampfen und mit dem Gas bzw. Gasgemisch zu vermischen, während um diesen Bereich herum Gas bzw. Gasgemisch vorliegt ohne bzw. weitgehend ohne Kraftstoff. Ein derartiger Schichtladungsbetrieb zeichnet sich für bestimmte Betriebssituationen der Brennkraftmaschine durch reduzierte Schadstoffemissionen aus. Bemerkenswert ist, dass es die vorstehend genannten Parameter für den Kraftstoff beim Einspritzen, nämlich Kraftstoffdruck und Kraftstofftemperatur, ermöglichen, den Kraftstoff innerhalb eines Zeitfensters von nur 10° KWW einzuspritzen, zu zerstäuben und weitgehend zu verdampfen. Somit lässt sich das hier vorgestellte Verfahren auch bei Brennkraftmaschinen nutzen, die mit einem Schichtladungsbetrieb betrieben werden.

Gemäß einer anderen vorteilhaften Ausführungsform kann die Kraftstofftemperatur des für die Einspritzung vorgesehenen Kraftstoffs so gewählt sein, dass der Kraftstoff beim Einspritzen zu einem Nebel mit Tropfen, die eine mittlere Tropfengröße von maximal 50 μm , vorzugsweise von maximal 25 μm , insbesondere von maximal 20 μm , aufweisen, zerstäubt wird. Durch diese extrem kleinen Tropfen wird eine rasche Verdampfung des Kraftstoffs im Zylinder ermöglicht. Insbesondere ist es dadurch auch möglich, den Kraftstoff kurz vor dem Zündzeitpunkt einzuspritzen, beispielsweise, um den vorstehend genannten Schichtladungsbetrieb zu ermöglichen.

Eine andere Ausführungsform schlägt vor, dass als Kraftstoff ein Bio-Kraftstoff oder ein Gemisch aus fossilem Kraftstoff und Bio-Kraftstoff verwendet wird. Wie eingangs erwähnt, charakterisieren sich derartige Kraftstoffe durch eine im Vergleich zu reinen fossilen Kraftstoffen geringe Volatilität. Insbesondere kann die vorbestimmte Grenztemperatur, bei welcher die Aufheizung des Kraftstoffs mit Hilfe der Kraftstoffheizeinrichtungen erfolgt, auch oberhalb von 0°C liegen, beispielsweise in einem Bereich von 0°C bis 10°C.

Die Kraftstofftemperatur, mit welcher der Kraftstoff eingespritzt wird, liegt wie vorstehend erläutert, erfindungsgemäß in einem Bereich von 100°C bis 260°C. Bevorzugt ist jedoch ein Temperaturbereich für die Kraftstofftemperatur von 100°C bis 150°C. Besonders vorteilhaft liegt die Kraftstofftemperatur in einem Bereich von 120°C bis 140°C. Temperaturen von unter 150°C erleichtern die Verwendung von Kunststoffen im Bereich der Kraftstoffheizeinrichtung, was ebenfalls Kostenvorteile schafft.

Eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine umfasst zumindest einen Zylinder, in dem ein Kolben hubverstellbar angeordnet ist. Üblicherweise umfasst die Brennkraftmaschine zwei oder mehr Zylinder. Außerdem ist die Brennkraftmaschine mit einer erfindungsgemäßen Kraftstoffeinspritzanlage ausgestattet, die weiter unten näher definiert wird. Die erfindungsgemäße

Brennkraftmaschine ist des Weiteren mit einer Steuereinrichtung ausgestattet, die mit der Kraftstoffeinspritzanlage gekoppelt ist und die so programmiert bzw. ausgestaltet ist, dass sie die Brennkraftmaschine nach dem vorstehend erläuterten Betriebsverfahren betreibt. Im Einzelnen bedeutet dies, dass die Steuereinrichtung beim Starten der Brennkraftmaschine zunächst über einen Temperatursensor die Kraftstofftemperatur in der Kraftstoffverteilerleiste ermittelt und dann die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung zum Beheizen des Kraftstoffs einschaltet, wenn die gemessene Kraftstofftemperatur unterhalb der vorbestimmten Grenztemperatur liegt. Ist die Kraftstofftemperatur höher als die Grenztemperatur, ist eine Beheizung des Kraftstoffs nicht erforderlich, so dass die Heizeinrichtungen nicht eingeschaltet werden.

Die Brennkraftmaschine kann ferner mit einer Zündanlage ausgestattet sein, die mit der Steuereinrichtung gekoppelt ist und die für jeden Zylinder eine separate Zündkerze zum Zünden eines Verbrennungsgemisches im jeweiligen Zylinder aufweist. Hierdurch ist es insbesondere möglich, zum jeweils gewünschten Zeitpunkt die Zündung des Verbrennungsgemisches herbeizuführen, z.B. in der Endphase des Kompressionshubs.

Die erfindungsgemäße Kraftstoffeinspritzanlage weist für jeden Zylinder eine separate Einspritzdüse zum Einspritzen von flüssigem Kraftstoff in den jeweiligen Zylinder aufweist. Die Kraftstoffeinspritzanlage ist außerdem mit wenigstens einer Kraftstoffverteilerleiste und mit einer Druckerzeugungseinrichtung zum Erzeugen eines Kraftstoffdrucks in der Kraftstoffverteilerleiste ausgestattet. Hierzu ist die Druckerzeugungseinrichtung auf geeignete Weise mit der Kraftstoffverteilerleiste fluidisch gekoppelt. Außerdem ist die Kraftstoffeinspritzanlage für jeden Zylinder mit einer separaten Kraftstoffheizeinrichtung zum Aufheizen des flüssigen Kraftstoffs ausgestattet, wobei die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung fluidisch zwischen der Kraftstoffverteilerleiste und der jeweiligen Einspritzdüse angeordnet ist. Die Kraftstoffeinspritzanlage ist außerdem mit wenigstens

einem Temperatursensor zum Ermitteln der Kraftstofftemperatur in der Kraftstoffverteilerleiste ausgestattet.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform kann die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung zumindest ein PTC-Heizelement aufweisen, dessen Abregeltemperatur auf die Temperatur eingestellt ist, auf die der Kraftstoff für die Einspritzung bei einem Kaltstart erwärmt werden soll, wenn die Kraftstofftemperatur in der Kraftstoffverteilerleiste unterhalb der vorbestimmten Grenztemperatur liegt. Mit anderen Worten, die Abregeltemperatur des jeweiligen PTC-Heizelements ist auf einen Wert im Bereich von 100° bis 260° eingestellt. PTC steht für Positive Temperature Coefficient. Ein PTC-Heizelement ist hinsichtlich seiner Heizleistung selbstregelnd. Das PTC-Element wandelt Strom in Wärme, wobei seine Stromaufnahme mit zunehmender Temperatur abnimmt. Bei der Abregeltemperatur ist die Stromaufnahme quasi gesperrt, so dass sich das PTC-Heizelement selbstregelnd auf die Abregeltemperatur aufheizt.

Zweckmäßig kann vorgesehen sein, dass die Kraftstoffverteilerleiste für jede Kraftstoffheizeinrichtung einen metallischen Schraubstutzen mit einem ersten Gewinde aufweist, das bevorzugt als Innengewinde ausgestaltet ist. Ferner kann die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung einen metallischen Schraubdeckel mit einem zum ersten Gewinde komplementären zweiten Gewinde aufweisen, das bevorzugt als Außengewinde ausgestaltet ist. Im montierten Zustand ist die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung in den zugehörigen Schraubstutzen eingesteckt und durch Anschrauben des Schraubdeckels am Schraubstutzen befestigt. Durch die metallische Schraubverbindung zwischen Kraftstoffheizeinrichtung und Kraftstoffverteilerleiste lassen sich in der Kraftstoffheizeinrichtung relativ hohe Drücke beherrschen, was die gewünschte Überhitzung des Kraftstoffs begünstigt bzw. ermöglicht.

Vorteilhaft ist eine Ausführungsform, bei der am Schraubdeckel ein Wärmetauscher befestigt ist, in dem wenigstens ein elektrisches

Heizelement angeordnet ist, das vorzugsweise als PTC-Heizelement ausgestaltet ist. Der Wärmetauscher kann außen mehrere Rippen aufweisen, die derart gestaltet und angeordnet sind, dass zwischen benachbarten Rippen Rippenzwischenräume ausgebildet sind, in denen der Kraftstoff während des Einspritzvorgangs strömt. Hierdurch wird eine großflächige und intensive Aufheizung des Kraftstoffs in kurzer Zeit ermöglicht.

Vorteilhaft kann gemäß einer Weiterbildung zwischen dem Schraubstutzen und dem Wärmetauscher ein thermisch isolierender Isolator angeordnet sein, der außen an den Rippen anliegt. Hierdurch wird erreicht, dass die in den Kraftstoff eingebrachte Wärme nicht ungehindert nach außen abstrahlt, um die Verluste zu reduzieren.

Bei einer anderen Ausführungsform kann der Wärmetauscher mit einer Schutzkappe aus Kunststoff abgedeckt sein, die axial in den Schraubdeckel hineinragt, wobei am Schraubdeckel ein Elektroanschluss aus Kunststoff angeordnet ist, in dem zumindest ein elektrischer Kontakt zum elektrischen Ansteuern des jeweiligen Heizelements von außen kontaktierbar angeordnet ist. Ferner kann nun der Elektroanschluss innen im Schraubdeckel die Schutzkappe umschließen. Hierdurch wirken die einzelnen Komponenten zusammen und bilden eine leicht montierbare Einheit.

Besonders vorteilhaft ist dabei eine Ausführungsform, bei welcher der Elektroanschluss an den Schraubdeckel und/oder an die Schutzkappe angespritzt ist. Auf separate Befestigungsmittel kann dadurch verzichtet werden, um die vorstehend genannte Einheit zu bilden.

Zweckmäßig kann vorgesehen sein, dass der elektrische Kontakt durch den Endabschnitt einer metallischen Kontaktfahne gebildet ist, die von einer Kontaktfederanordnung ausgeht, die im Wärmetauscher das jeweilige Heizelement elektrisch kontaktiert und gegen den Wärmetauscher

vorspannt, wobei die Kontaktfahne die Schutzkappe durchdringt und im Elektroanschluss endet. Somit ist die Kontaktfahne in der Kraftstoffheizeinrichtung elektrisch isoliert verlegt und nach außen geführt.

Beonders vorteilhaft ist eine Ausgestaltung, bei welcher im Elektroanschluss nur ein einziger elektrischer Kontakt angeordnet ist, der einen ersten Pol zur Stromversorgung des jeweiligen Heizelements bildet. Hierdurch vereinfacht sich die Herstellung der Kraftstoffheizeinrichtung und somit der Kraftstoffeinspritzanlage. Eine zweckmäßige Ausgestaltung schlägt vor, dass ein zweiter Pol zur Stromversorgung des jeweiligen Heizelements durch einen metallischen Träger der Kraftstoffverteilerleiste gebildet ist.

Die weiteren Ziele dieser Erfindung werden optional dadurch erreicht, dass die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung oder kurz "Heizeinrichtung" gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform folgendes umfasst: einen Kraftstoffeinlass und mindestens einen Kraftstoffauslass, wobei die Heizeinrichtung mindestens einen Innenraum besitzt, der zwischen dem Kraftstoffeinlass und Kraftstoffauslass angeordnet ist, wobei im Innenraum mindestens ein Wärmetauscher angeordnet ist und wobei der Wärmetauscher über mindestens ein erstes und ein zweites Heizelement verfügt, die in eine Öffnung im Inneren des Wärmetauschers eingesetzt sind; der Wärmetauscher umfasst zudem noch einen ersten elektrischen Leiter in seiner Öffnung, der in elektrischem Kontakt mit dem ersten Heizelement steht, und einen zweiten elektrischen Leiter, der in elektrischem Kontakt mit der Außenfläche des Wärmetauschers steht. Zudem besitzt der Wärmetauscher einen runden, insbesondere kreisförmigen, Querschnitt.

Diese Kraftstoffheizeinrichtung kann optional wenigstens eines der folgenden zusätzlichen Merkmale aufweisen, wobei sich die nachfolgend genannten Merkmale beliebig miteinander kombinieren lassen:

- der erste elektrische Leiter ist eine leitende Feder, die einen Kontaktabschnitt, der den Kontakt zu den Heizelementen herstellt, und ein elektrisches Kontaktende, das den Kontakt zu einem elektrischen Stromkreis eines Kraftfahrzeugs herstellt, umfasst, wenn der Kontaktabschnitt und das Kontaktende vollständig eingebaut sind; und/oder
- der Kontaktabschnitt des ersten elektrischen Leiters besitzt ein gewölbtes Format; und/oder
- der Kontaktabschnitt besteht aus zwei gewölbten, gegenüberliegenden Seitenteilen, die in Abstand voneinander stehen; und/oder
- das erste Heizelement befindet sich entlang des einen Seitenteils des Kontaktabschnitts des ersten elektrischen Leiters und das zweite Heizelement befindet sich entlang des anderen Seitenteils des Kontaktabschnitts des ersten elektrischen Leiters; und/oder
- das erste und zweite Heizelement sind an beiden Seitenteilen des Kontaktabschnitts des ersten elektrischen Leiters mittels einer elektrisch nicht leitenden, also elektrisch isolierenden Halterung, z.B. aus Polymermaterial, befestigt, wobei die besagte Halterung eine vordere und eine hintere Stützwand besitzt, um die Heizelemente zu befestigen, derart, dass sie sich leicht herausnehmen lassen, sowie zentrale Aufnahmen, um jedes Seitenteil des Kontaktabschnitts des ersten elektrischen Leiters aufzunehmen und zu positionieren; und/oder
- der Kontaktabschnitt des ersten elektrischen Leiters, die Heizelemente und die Halterung bilden radial eine „Sandwich“-Struktur; und/oder
- die Kraftstoffheizeinrichtung umfasst zudem noch mindestens eine wärmeleitende Folie um die „Sandwich“-Struktur herum; und/oder
- die Heizelemente sind Thermistoren, insbesondere PTC-Thermistoren; und/oder
- der Wärmetauscher umfasst einen gerillten bzw. gerippten Abschnitt mit einer Vielzahl von Rillen bzw. Rippen auf seiner Außenfläche bzw. Außenseite; und/oder

- mindestens eine radiale Aussparung kann sich auf mindestens einem Teil der Außenfläche des Wärmetauschers befinden, die sich insbesondere axial erstreckt; und/oder
- die Halterung besitzt eine zylindrische Form, wobei ihre Aufnahmen kreisbogenförmig und konzentrisch angeordnet sind; und/oder
- das erste und zweite Heizelement und mindestens eine gegebenenfalls vorhandene wärmeleitende Folie besitzen ein, insbesondere kreisbogenförmig, gewölbtes Format; und/oder
- die Kraftstoffheizeinrichtung umfasst mindestens einen im Kraftstoffeinlass angeordneten Deflektor, dessen Funktion es ist, den ankommenden Kraftstoffstrom in den unteren Bereich des Innenraums der Heizeinrichtung umzuleiten; und/oder
- der Deflektor kann radial in die vorstehend genannte Aussparung eingreifen; und/oder
- der Wärmetauscher umfasst einen oberen und kontinuierlichen Dichtungsabschnitt entlang des gerippten Abschnitts, wobei die Funktion des besagten Dichtungsabschnitts ist, mindestens ein Dichtungselement aufzunehmen; und/oder
- der Innenraum besteht aus einem Behälter und einem Befestigungs- und Dichtungsstutzen, wobei der Behälter für die Aufnahme des gerippten Abschnitts des Wärmetauschers ausgestaltet und der Befestigungs- und Dichtungsstutzen für die Aufnahme des Dichtungsabschnitts des Wärmetauschers eingestellt ist; und/oder
- das Dichtungselement ist ein Dichtungsring vom Typ „O-Ring“; und/oder
- über dem Dichtungsabschnitt des Wärmetauschers liegt eine Schutzabdeckung, die den ersten, den zweiten und einen gegebenenfalls vorgesehenen dritten elektrischen Leiter festhält; und/oder
- über der Schutzabdeckung liegt eine Kunststoffabdeckung, wobei diese Kunststoffabdeckung an die Schutzabdeckung angespritzt sein kann; und/oder
- die Kraftstoffheizeinrichtung umfasst zudem eine Befestigungsklemme, die in die Durchgangsbohrungen des

Befestigungsstutzens eingefügt und rund um den Kunststoffabdeckungsabschnitt platziert ist, der sich im Inneren des Befestigungs- und Dichtungsstutzens befindet. Die besagte Klemme umfasst zudem noch freie, aufgeweitete Enden; und/oder

- der Kraftstoffeinlass der Heizeinrichtung kann fluidmäßig mit dem Kraftstoffauslass einer Kraftstoffverteilerleiste verbunden werden und der Kraftstoffauslass der Heizeinrichtung kann mit mindestens einem Einspritzdüse direkt verbunden werden; und/oder

- die Kraftstoffheizeinrichtung kann vollständig in die Kraftstoffverteilerleiste eingebaut werden; und/oder

- das erste Heizelement und das zweite Heizelement haben die gleiche Verhaltensweise und die gleiche Heiztemperatur; oder das erste Heizelement und das zweite Heizelement haben verschiedene Verhaltensweisen und Heiztemperaturen; und/oder

- in der Öffnung ist ein dritter elektrischer Leiter vorhanden, der zweite elektrische Leiter steht in elektrischem Kontakt mit dem zweiten Heizelement und besitzt ein gewölbtes Format; und/oder

- der dritte elektrische Leiter ist eine leitende Feder, die einen Kontaktabschnitt, der den Kontakt zu den Heizelementen herstellt, und ein elektrisches Kontaktende, das den Kontakt zu einem elektrischen Stromkreis eines Kraftfahrzeugs herstellt, umfasst, wenn der Kontaktabschnitt und das Kontaktende vollständig eingebaut sind; und/oder

- das erste Heizelement befindet sich entlang eines Seitenteils des Kontaktabschnitts des ersten elektrischen Leiters und das zweite Heizelement befindet sich entlang eines Seitenteils des Kontaktabschnitts des dritten elektrischen Leiters; und/oder

- das erste und das zweite Heizelement werden an jedes Seitenteil des Kontaktabschnitts des ersten und des dritten elektrischen Leiters mittels einer elektrisch isolierten Halterung, z.B. aus Polymermaterial, befestigt, wobei die besagte Halterung eine vordere und hintere Stützwand besitzt, um die Heizelemente zu positionieren und/oder zu befestigen, derart, dass sie sich leicht herausnehmen lassen, sowie,

insbesondere konzentrische Aufnahmen, um den ersten und dritten elektrischen Leiter aufzunehmen und zu positionieren; und/oder

- der Kontaktabschnitt des ersten und des dritten elektrischen Leiters, die Heizelemente und die Halterung bilden radial gesehen eine „Sandwich“-Struktur.

Kurzbeschreibung der Figuren

Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Komponenten beziehen.

Es zeigen, jeweils schematisch,

Fig. 1 eine Ansicht einer Kraftstoffeinspritzanlage einer Brennkraftmaschine mit einer Kraftstoffheizeinrichtung, die mit einer Kraftstoffverteilerleiste und mit Einspritzdüsen, gemäß einer ersten Montagemöglichkeit, verbunden ist;

Fig. 2 eine Ansicht der Kraftstoffheizeinrichtung, die mit der Kraftstoffverteilerleiste verbunden ist;

- Fig. 3 eine Ansicht der Kraftstoffheizeinrichtung, die mit der Kraftstoffverteilerleiste und mit Einspritzdüsen, gemäß einer zweiten Montagemöglichkeit, verbunden ist;
- Fig. 4A eine Detailansicht und ein Schnittbild der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten besonderen Ausführungsform;
- Fig. 4B ein Schnittbild der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten besonderen Ausführungsform;
- Fig. 5 eine Explosionsdarstellung der Komponenten der Heizeinrichtung gemäß einer ersten besonderen Ausführungsform;
- Fig. 6 eine Ansicht des Wärmetauschers der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform;
- Fig. 7 eine Ansicht des elektrischen Leiters der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform;
- Fig. 8 eine Ansicht der Halterung der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform;
- Fig. 9 eine Seitenansicht des Abschnitts der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die Heizeinrichtung mit der Kraftstoffverteilerleiste und der Einspritzdüse in einer zweiten Montagemöglichkeit verbunden ist (wie auch in Fig. 3 gezeigt ist);
- Fig. 10 eine Seitenansicht des Abschnitts der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die Heizeinrichtung mit der Kraftstoffverteilerleiste verbunden ist;

- Fig. 11 eine Seitenansicht des Abschnitts der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die Heizeinrichtung mit der Kraftstoffverteilerleiste verbunden ist und die internen Komponenten der Heizeinrichtung (mit Ausnahme eines Deflektors) zur besseren Erkennbarkeit entfernt wurden;
- Fig. 12 ein Schnittbild der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die veranschaulichte Heizeinrichtung einen Deflektor umfasst;
- Fig. 13 eine Seitenansicht des Abschnitts der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die Heizeinrichtung mit der Einspritzdüse und der Kraftstoffverteilerleiste, gemäß einer ersten Montagemöglichkeit (wie in den Fig. 1 und 2 gezeigt ist), verbunden ist;
- Fig. 14 eine Seitenansicht des Abschnitts der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die Heizeinrichtung mit der Kraftstoffverteilerleiste verbunden ist. In dieser Fig. 14 wird die erste Montagemöglichkeit verwendet (wie in den Fig. 1, 2 und 13 gezeigt ist);
- Fig. 15 eine Seitenansicht des Abschnitts der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die Heizeinrichtung mit der Kraftstoffverteilerleiste verbunden ist und die internen Komponenten der Heizeinrichtung (mit Ausnahme des Deflektors) zur besseren Erkennbarkeit entfernt wurden. In dieser Fig. 15 wird auch die erste Montagemöglichkeit verwendet (wie in den Fig. 1, 2, 13 und 14 gezeigt ist);
- Fig. 16 ein Schnittbild der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform, wobei die Heizeinrichtung mit der

Kraftstoffverteilerleiste verbunden ist. In dieser Fig. 16 wird auch die erste Montagemöglichkeit verwendet (wie in den Fig. 1, 2, 13, 14 und 15 gezeigt ist);

Fig. 17 eine Draufsicht der Heizeinrichtung ohne die eingesetzten Komponenten;

Fig. 18 eine Detailansicht und ein Schnittbild der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer zweiten besonderen Ausführungsform;

Fig. 19 ein Schnittbild der Kraftstoffheizeinrichtung gemäß einer zweiten besonderen Ausführungsform;

Fig. 20 eine Explosionsdarstellung der Komponenten der Heizeinrichtung gemäß einer zweiten besonderen Ausführungsform;

Fig. 21 eine stark vereinfachte, schaltplanartige Prinzipdarstellung einer Brennkraftmaschine, die mit einer Kraftstoffeinspritzanlage ausgestattet ist, die mehrere solche Heizeinrichtungen aufweist;

Fig. 22 eine Ansicht wie in Fig. 1, jedoch bei einer bevorzugten Ausführungsform der Kraftstoffeinspritzanlage;

Fig. 23 eine Explosionsdarstellung der bevorzugten Kraftstoffeinspritzanlage aus Fig. 22 im Bereich einer Kraftstoffheizeinrichtung;

Fig. 24 eine Explosionsdarstellung der Kraftstoffheizeinrichtung aus Fig. 23 der bevorzugten Kraftstoffeinspritzanlage aus Fig. 22;

Fig. 25 eine Schnittdarstellung der bevorzugten Kraftstoffeinspritzanlage aus Fig. 22 im Bereich der Kraftstoffheizeinrichtung aus Fig. 23 im zusammengebauten Zustand.

Ausführungsbeschreibung der Erfindung

Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die beigelegten Figuren beschrieben. In den Figuren und in der folgenden Beschreibung werden ähnliche Teile mit gleichen Bezugsnummern gekennzeichnet. Die Figuren sind nicht unbedingt maßstabsgerecht, das heißt, bestimmte Eigenschaften der Erfindung können in einem übertriebenen Maßstab oder auf eine schematische Art und Weise veranschaulicht werden. Auch die Einzelheiten der konventionellen Elemente werden möglicherweise nicht so abgebildet, dass diese Beschreibung mit größerer Klarheit und Prägnanz veranschaulicht wird. Die Begriffe "axial" und "radial" sowie "Umfangsrichtung" beziehen sich im vorliegenden Zusammenhang auf eine Längsmittelachse der jeweiligen Heizeinrichtung, wobei die Axialrichtung parallel zur Längsmittelachse verläuft, die Radialrichtung senkrecht zur Axialrichtung verläuft und die Umfangsrichtung um die Längsmittelachse umläuft.

Nachfolgend werden zunächst die hier vorgestellte Brennkraftmaschine und das zugehörige Betriebsverfahren anhand von Fig. 21 näher erläutert. Anschließend werden Kraftstoffheizeinrichtungen, die bei einer Kraftstoffeinspritzanlage dieser Brennkraftmaschine zum Einsatz kommen können, anhand der Fig. 1 bis 20 näher erläutert. Abschließend wird noch anhand der Fig. 22 bis 25 eine bevorzugte Ausführungsform der Kraftstoffeinspritzanlage näher erläutert.

Entsprechend Fig. 21 umfasst eine Brennkraftmaschine 33 in einem Motorblock bzw. in einem Zylinderkopf 34 zumindest einen Zylinder 35, in dem ein Kolben 36 hubverstellbar angeordnet ist. Rein exemplarisch sind im Beispiel der Fig. 21 drei Zylinder 35 dargestellt, in denen jeweils ein

Kolben 36 hubverstellbar angeordnet ist. Die Brennkraftmaschine 33 ist somit als Kolbenmotor ausgestaltet. Ferner arbeitet die Brennkraftmaschine nach dem Vier-Takt-Prinzip.

Die Brennkraftmaschine 33 weist eine Zündanlage 37 auf, die für jeden Zylinder 35 eine separate Zündkerze 38 aufweist, die dazu dient, im zugehörigen Zylinder 35 ein Verbrennungsgemisch zu zünden. Dementsprechend handelt es sich hier um eine fremdgezündete Brennkraftmaschine 33, also insbesondere um einen Ottomotor.

Die Brennkraftmaschine 33 ist ferner mit einer Kraftstoffeinspritzanlage 39 ausgestattet. Diese weist für jeden Zylinder 35 eine separate Einspritzdüse 40 zum Einspritzen eines flüssigen Kraftstoffs 41 in den jeweiligen Zylinder 35 auf. Außerdem umfasst die Kraftstoffeinspritzanlage 39 eine Kraftstoffverteilerleiste 42 und eine Druckerzeugungseinrichtung 43 zum Erzeugen eines Kraftstoffdrucks in der Kraftstoffverteilerleiste 42. Hierzu ist die Druckerzeugungseinrichtung 43 fluidisch mit der Kraftstoffverteilerleiste 42 verbunden. Im Beispiel umfasst die Druckerzeugungseinrichtung 43 eine Kraftstoffpumpe 44 zum Fördern des Kraftstoffs 41, die den Kraftstoff 41 der Kraftstoffverteilerleiste 42 zuführt. Grundsätzlich kann diese Kraftstoffpumpe 44 so ausgestaltet sein, dass sie im Kraftstoff 41 unter dem jeweils gewünschten Kraftstoffdruck der Verteilerleiste 42 zuführt. In Fig. 21 ist jedoch eine Ausführungsform gezeigt, bei der die Druckerzeugungseinrichtung 43 ein Druckregelventil 45 aufweist, um den Kraftstoffdruck in der Verteilerleiste 42 einzustellen. Hierzu ist das Druckregelventil 45 in einer Rücklaufleitung 46 angeordnet, die von der Verteilerleiste 42 zu einem Kraftstoffreservoir bzw. Kraftstofftank 47 zurückführt, aus dem die Kraftstoffpumpe 44 den Kraftstoff 41 ansaugt. Die Kraftstoffpumpe 44 ist im Beispiel der Fig. 21 in einer Zuführleitung 48 angeordnet, die vom Tank 47 zur Verteilerleiste 42 führt.

Die Kraftstoffeinspritzanlage 39 weist außerdem für jeden Zylinder 35 eine separate Kraftstoffheizeinrichtung 5 auf, die im Folgenden kurz auch als

Heizeinrichtung 5 bezeichnet werden kann und die zum Aufheizen des flüssigen Kraftstoffs 41 dient. Die jeweilige Heizeinrichtung 5 ist hierzu fluidisch zwischen der Verteilerleiste 42 und der jeweiligen Einspritzdüse 40 angeordnet. Mit anderen Worten, die jeweilige Heizeinrichtung 5 erhält den Kraftstoff von der Verteilerleiste 42 und führt den ggf. erhitzten Kraftstoff der jeweiligen Einspritzdüse 40 zu.

Schließlich ist die Kraftstoffeinspritzanlage 39 mit wenigstens einem Temperatursensor 49 ausgestattet, mit dessen Hilfe die Kraftstofftemperatur in der Verteilerleiste 42 erfasst werden kann.

Die Brennkraftmaschine 33 ist des Weiteren mit einer Steuereinrichtung 50 ausgestattet, die auf geeignete Weise mit der Kraftstoffeinspritzanlage 39 gekoppelt ist. Erkennbar sind eine Signalleitung 51 zur Übermittlung des Temperatursignals vom Temperatursensor 49 zur Steuereinrichtung 50 sowie mehrere Steuerleitungen 52 zum Betätigen bzw. zum Ansteuern der Druckerzeugungseinrichtung 43 bzw. der Kraftstoffpumpe 44 und/oder des Druckregelventils 45 sowie der einzelnen Einspritzdüsen 40 sowie der einzelnen Heizeinrichtungen 5. Außerdem ist die Steuereinrichtung 50 mit der Zündanlage 37 gekoppelt, beispielsweise über eine weitere Steuerleitung 52 zum Betätigen bzw. Ansteuern der einzelnen Zündkerzen 38. Die Steuereinrichtung 50 ist nun so programmiert bzw. ausgestaltet, dass sie das nachfolgend näher erläuterte Verfahren ausführen kann. Mit anderen Worten, im Betrieb der Brennkraftmaschine 33 steuert die Steuereinrichtung 50 die Brennkraftmaschine 33 zur Durchführung dieses Verfahrens an, so dass die Brennkraftmaschine 33 dann nach diesem Verfahren betrieben wird.

Dieses Betriebsverfahren umfasst den Schritt, dass für den Fall, dass die Kraftstofftemperatur in der Verteilerleiste 42 unterhalb einer vorbestimmten Grenztemperatur liegt, der flüssige Kraftstoff 41 bei einem Kraftstoffdruck von mindestens 100 bar und bei einer Kraftstofftemperatur von mindestens 100°C und höchstens 260°C zur Erzeugung eines Verbrennungsgemischs

in den jeweiligen Zylinder 35 eingespritzt wird. Das Verfahren weist außerdem den Schritt auf, dass das Verbrennungsgemisch im jeweiligen Zylinder 35 in einer Endphase eines Kompressionshubs des zugehörigen Kolbens 36 gezündet wird. Die Druckbeaufschlagung des Kraftstoffs 41 erfolgt mit Hilfe der Druckerzeugungseinrichtung 43. Die Aufheizung des Kraftstoffs 41 erfolgt mit Hilfe der jeweiligen Heizeinrichtung 5. Die Einspritzung des Kraftstoffs 41 in den jeweiligen Zylinder 35 erfolgt mit Hilfe der Einspritzdüsen 40. Die Zündung des Verbrennungsgemischs im jeweiligen Zylinder 35 erfolgt mit Hilfe der Zündkerzen 38.

Das hier vorgestellte Betriebsverfahren ist in besonderer Weise für einen Kaltstart der Brennkraftmaschine 33 geeignet. Ein Kaltstart liegt vor, wenn die Brennkraftmaschine 33 im Wesentlichen Umgebungstemperatur besitzt. Das hier vorgestellte Betriebsverfahren kann auch bei einem Warmstart verwendet werden. Ein Warmstart liegt dann vor, wenn die Brennkraftmaschine 33 eine höhere Temperatur, insbesondere ihre Betriebstemperatur, besitzt als die Umgebung. Ebenso lässt sich das hier vorgestellte Betriebsverfahren auch während des normal, laufenden Betriebs der Brennkraftmaschine 33 einsetzen, wenn dies die aktuelle Kraftstofftemperatur in der Verteilerleiste 42 erforderlich macht. Das vorgestellte Verfahren kann somit immer dann zum Betreiben der Brennkraftmaschine 33 angewendet werden, wenn die Kraftstofftemperatur unterhalb der vorbestimmten Grenztemperatur liegt.

Bevorzugt wird das Verfahren so durchgeführt, dass beim Einspritzen des Kraftstoffs 41 in den jeweiligen Zylinder 35 ein Gas oder ein Gasgemisch, das sich im Zylinder 35 befindet, einen Gasdruck aufweist, der maximal 10 bar und vorzugsweise maximal 5 bar beträgt. Zusätzlich oder alternativ kann das Betriebsverfahren so durchgeführt werden, dass das Einspritzen des Kraftstoffs 41 in den jeweiligen Zylinder 35 während des Kompressionshubs des zugehörigen Kolbens 36 zu einem Einspritzzeitpunkt erfolgt, zu dem ein Gas oder Gasgemisch, das sich im Zylinder 35 befindet, bereits mindestens 20%, vorzugsweise bereits

mindestens 50%, der maximalen Verdichtung erreicht hat, die am Ende des Kompressionshubs vorliegt, wenn keine Zündung durchgeführt wird. Es handelt sich somit im Wesentlichen um einen Parameter der Einheit aus Kolben 36 und Zylinder 35, der gemessen und berechnet werden kann. Typischerweise beträgt ein Kompressionsverhältnis bei einem nicht aufgeladenen Ottomotor etwa 1:10, so dass bei maximaler Verdichtung der Gasdruck bei etwa 10 bar liegt, wenn er zu Beginn der Verdichtung bei etwa 1 bar liegt.

Bevorzugt wird das Betriebsverfahren so durchgeführt, dass der Einspritzzeitpunkt so gewählt ist, dass das Gas oder Gasgemisch weniger als 95% oder weniger als 90% der maximalen Verdichtung erreicht hat. Somit wird der Kraftstoff insbesondere vor dem Erreichen des oberen Totpunkts des Kolbens 36 eingespritzt.

Bei einer anderen Ausführungsform kann das Betriebsverfahren so durchgeführt werden, dass das Einspritzen des Kraftstoffs in den jeweiligen Zylinder während des Kompressionshubs zu einem Einspritz-KWW erfolgt, wobei KWW für Kurbelwellenwinkel steht. Der Kurbelwellenwinkel beschreibt dabei die Drehlage einer Kurbelwelle, die mit dem Kolben 36 antriebsverbunden ist. Bei einem Vier-Takt-Motor erfolgt üblicherweise von 0° KWW bis 180° KWW ein Ansaughub des jeweiligen Kolbens 36. Bei 180° KWW liegt ein erster unterer Totpunkt UT1 des Kolbens 36 vor. Der Kompressionshub erfolgt von 180° KWW bis 360° KWW. Bei 360° KWW liegt ein erster oberer Totpunkt OT1 des Kolbens 36 vor. Ein darauf folgender Expansionshub erfolgt von 360° KWW bis 540° KWW. Bei 540° KWW liegt ein zweiter unterer Totpunkt UT2 des Kolbens 36 vor. Daran schließt sich abschließend ein Ausstoßhub an, der von 540° KWW bis 720° KWW erfolgt. Bei 720° KWW liegt dann ein zweiter oberer Totpunkt OT2 des Kolbens 36 vor. Anschließend beginnt der Zyklus von vorn, so dass die 720° KWW wieder 0° KWW entsprechen.

Der Einspritz-KWW ist nun gemäß der hier betrachteten bevorzugten Ausführungsform maximal 100° KWW vor einem Zünd-KWW positioniert, zu dem das Verbrennungsgemisch gezündet wird. Üblicherweise wird das Verbrennungsgemisch in einer Endphase des Kompressionshubes, also noch im Kompressionshub nahe dem ersten oberen Totpunkt OT1 des Kolbens 36 gezündet, beispielsweise etwa 20° KWW vor dem ersten oberen Totpunkt OT1, was etwa 340° KWW entspricht.

Die Steuereinrichtung 50 bzw. ein Motorsteuergerät, in das die Steuereinrichtung 50 integriert sein kann, kann die Brennkraftmaschine 33 beispielsweise mit homogener Ladung der Zylinder 35 betreiben. In diesem Fall wird der Einspritz-KWW etwa 90° KWW vor den Zünd-KWW gelegt. Zusätzlich oder alternativ kann das Steuergerät die Brennkraftmaschine 33 bedarfsabhängig auch mit einem Schichtladungsbetrieb betreiben. Um im jeweiligen Zylinder 35 eine solche Schichtladung zu erzeugen, kann der Einspritz-KWW bei etwa 10° KWW vor dem Zünd-KWW liegen. Die Endphase des Kompressionshubes, in der die Zündung mittels der jeweiligen Zündkerze 38 erfolgt, umfasst zumindest die letzten 30° KWW vor dem ersten oberen Totpunkt OT1, der bei 360° KWW liegt.

Zweckmäßig kann die Kraftstofftemperatur des für die Einspritzung vorgesehenen Kraftstoffs 41 so gewählt sein, dass der Kraftstoff 41 beim Einspritzen im Zylinder 35 zu einem Nebel mit Tropfen zerstäubt wird, derart, dass die Tropfen im Nebel eine mittlere Tropfengröße von maximal 50 µm, vorzugsweise von maximal 25 µm und insbesondere von maximal 20 µm aufweisen. Die hierzu erforderliche Temperatur liegt bei konventionellen Kraftstoffen in dem vorstehend genannten Temperaturbereich von 100°C bis 260°C. Je höher die Kraftstofftemperatur gewählt wird, desto kleiner sind die Tropfen und desto schneller erfolgt die Verdampfung des Kraftstoffs im Zylinder 35. Für Kraftstoffe mit höherer Volatilität reichen größere Tropfen aus, während Kraftstoffe mit geringer Volatilität kleinere Tropfen erfordern. Die Kraftstofftemperatur kann somit abhängig vom verwendeten Kraftstoff ausgewählt werden. Zusätzlich oder

alternativ kann die Kraftstofftemperatur abhängig von der für die Verdampfung zur Verfügung stehenden Zeit ausgewählt werden. Diese Zeitspanne hängt vor allem davon ab, wie weit der Abstand, insbesondere in Grad KWW, der Einspritzzeitpunkt vom Zündzeitpunkt besitzt. Insbesondere kann die Steuereinrichtung 50 abhängig von der Art des Kraftstoffs 41, der zum Betreiben der Brennkraftmaschine 33 verwendet wird, und/oder abhängig vom aktuellen Betriebsmodus der Brennkraftmaschine 33 die dafür am besten geeignete Kraftstofftemperatur auswählen, um den Kraftstoff 41 auf diese Kraftstofftemperatur aufzuheizen. Ein Betriebsmodus der Brennkraftmaschine 33 ist zum Beispiel die vorstehend genannte homogene Ladung oder die vorstehend genannte Schichtladung. Untersuchungen der Anmelderin haben gezeigt, dass der Einfluss des Kraftstoffdrucks bei der Einspritzung für die erzielbare Tropfengröße sehr viel kleiner, insbesondere um eine Größenordnung kleiner, ist als der Einfluss der Kraftstofftemperatur bei der Einspritzung. Dies hat zur Folge, dass sich das erfindungsgemäße Verfahren leicht an verschiedene Kraftstoffeinspritzanlagen adaptieren lässt, die mit unterschiedlichen Kraftstoffdrücken beim Einspritzen arbeiten.

Kraftstoffe 41, die hier bevorzugt verwendet werden, um die Brennkraftmaschine 33 zu betreiben, sind Bio-Kraftstoffe oder Kraftstoffgemische aus fossilem Kraftstoff und Bio-Kraftstoff.

Nachfolgend werden die Heizeinrichtungen 5 näher erläutert, die bei der Kraftstoffeinspritzanlage 39 der hier vorgestellten Brennkraftmaschine 3 in bevorzugten Ausführungsformen zum Einsatz kommen können. Die Heizeinrichtung 5 der folgenden Erfindung kann mit einer Kraftstoffleitung 2 verbunden werden, wie aus den Fig. 1, 2 und 3 hervorgeht. Dieser Kraftstoffleitung 2 entspricht bevorzugt der Kraftstoffverteilerleiste 42 aus Fig. 21 und wird im Folgenden daher auch als Verteilerleiste 2 bezeichnet. Aus den Fig. 1, 2, 3, 11, 12, 15 und 16 geht hervor, dass die Kraftstoffverteilerleiste 2 mit einem Kraftstoffeinlass 3 und mit einem hier nicht näher bezeichneten Kraftstoffauslass versehen ist. In der Regel weist

die Kraftstoffverteilerleiste 2 mehrere Kraftstoffauslässe für mehrere Heizeinrichtungen 5 auf. Jede Heizeinrichtung 5 besitzt auch einen Kraftstoffeinlass 6 und einen Kraftstoffauslass 7. Erwähnenswert ist auch, dass der Kraftstoffeinlass 6 der Heizeinrichtung 5 fluidmäßig mit dem Kraftstoffauslass der Kraftstoffverteilerleiste 2 verbunden ist. Folglich kann der Kraftstoffauslass der Kraftstoffverteilerleiste 2 so umgesetzt werden, dass dieser mit dem Kraftstoffeinlass 6 der Heizeinrichtung 5 übereinstimmt. Insbesondere kann die Heizeinrichtung 5 mit ihrem Kraftstoffeinlass 6 unmittelbar in den zugehörigen Kraftstoffauslass der Kraftstoffverteilerleiste 2 eingesetzt sein. Das ist am Deutlichsten in den Fig. 11, 12, 15 und 16 zu sehen. Zusätzlich kann der Kraftstoffauslass 7 der Heizeinrichtung 5 mit einem Injektor 8 verbunden werden, wie den Fig. 9 und 13 zu entnehmen ist. Der jeweilige Injektor 8 entspricht dabei der Einspritzdüse 8 aus Fig. 21 und kann im Folgenden auch als Einspritzdüse 8 bezeichnet werden. Insbesondere kann der jeweilige Kraftstoffinjektor 8 bzw. die jeweilige Einspritzdüse 8 dabei unmittelbar in den zugehörigen Kraftstoffauslass 7 eingesteckt sein.

In den Fig. 11, 12, 15 und 16 ist eine Heizeinrichtung 5 zu sehen, die einen Innenraum 9 besitzt, der zwischen seinem Einlass 6 und seinem Kraftstoffauslass 7 angeordnet ist.

Dieser Aufbau zeigt, dass der aus dem Fahrzeugtank 47 (Fig. 21) kommende Kraftstoff 41 durch die Leitung bzw. Verteilerleiste 2 verläuft, den Innenraum 9 der Heizeinrichtung 5 durchquert und schließlich mittels einer oder mehreren Einspritzdüsen 8 in die Zylinder 35 des Motors 33 eingespritzt wird.

Damit der Kraftstoff 41 angemessen erhitzt wird, besitzt die jeweilige Heizeinrichtung 5 einen Wärmetauscher 10, der im Innenraum 9 der Heizeinrichtung 5 eingebaut ist. Wie die Fig. 6 und 20 veranschaulichen, besitzt der Wärmetauscher 10 einen gerippten Abschnitt 20 mit einer Vielzahl von Rippen auf seiner äußeren Seitenfläche oder Außenfläche,

sowie einen oberen und kontinuierlichen Dichtungsabschnitt 24 entlang des besagten gerippten Abschnitts 20. Unter Berücksichtigung dieser beiden Abschnitte 20 und 24 des Wärmetauschers 10 ist der Innenraum 9 so angepasst, dass er diese Komponenten bzw. Abschnitte 20, 24 in seinem Inneren aufnehmen kann, wobei er zu diesem Zweck mit einem Behälter 25 und einem Befestigungs- und Dichtungsstutzen 26 versehen ist. Wie die Fig. 9, 10, 13 und 14 veranschaulichen, ist der Behälter 25 für die Aufnahme bzw. Konditionierung des gerippten Abschnitts 20 ausgestaltet, während der Befestigungs- und Dichtungsstutzen 26 für die Aufnahme des Dichtungsabschnitts 24 des Wärmetauschers 10 ausgestaltet ist. Gemäß einer ersten besonderen Ausführungsform besitzt der Wärmetauscher 10 aus einem im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt, wie in der Fig. 6 veranschaulicht wird, wobei dieser insbesondere eine Aussparung 21 auf der Außenfläche des gerippten Abschnitts 20 auf mindestens einem Teil seiner Außenfläche besitzt. Weiterhin wird der Wärmetauscher 10 vorzugsweise aus metallischem Material hergestellt. Jedoch werden andere wärme- und stromleitende Materialien nicht ausgeschlossen, die ebenso wirksam oder besser als Metalle sind und die möglicherweise eingesetzt werden können.

Der Wärmetauscher 10 ist auch mit mindestens zwei Heizelementen 11A und 11B ausgestattet, die in eine Öffnung, die im Inneren des Wärmetauschers 10 ausgebildet ist, eingefügt sind, wie den Fig. 4A, 4B, 18 und 19 zu entnehmen ist. Diese Heizelemente 11A und 11B sind ein Thermistor vom Typ PTC (Positive Temperatur Coefficient). In einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können die Heizelemente 11A und 11B die gleiche Verhaltensweise und die gleiche Abregeltemperatur oder verschiedene Verhaltensweisen und/oder Abregeltemperaturen haben. Die Abregeltemperatur des PTC-Elements diejenige Temperatur, auf die sich das PTC-Element bei Stromzufuhr aufheizt und bei der das PTC-Element keinen elektrischen Strom mehr aufnimmt. In der gleichen Öffnung des Wärmetauschers 10, wo sich die

Heizelemente 11A und 11B befinden, existiert mindestens ein erster elektrischer Leiter 12A.

In einer besonderen Ausführungsform besitzt die Heizeinrichtung 5 einen ersten gewölbten elektrischen Leiter 12A, wie beispielsweise in der Fig. 5 veranschaulicht wird. In einer weiteren Ausführungsform besitzt die Heizeinrichtung 5 noch einen dritten elektrischen Leiter 12B, der ebenso ein gewölbtes Format aufweist, wie in den Fig. 18 bis 20 veranschaulicht wird. In den folgenden Ausführungen steht der elektrische Leiter 12A und/oder 12B jeweils in elektrischem Kontakt mit dem ersten und dem zweiten Heizelement 11A und 11B. In den in den Fig. veranschaulichten Ausführungsformen sind der erste elektrische Leiter 12A und der dritte elektrische Leiter 12B eine leitende Feder, die beispielsweise in den Fig. 5, 7 und 20 dargestellt wird. Diese Feder besteht aus einem Kontaktabschnitt 14, der die Heizelemente 11A und 11B kontaktiert, und aus einem elektrischen Kontaktende 15, das vollständig in den Kontaktabschnitt 14 eingebaut bzw. damit integral ausgebildet ist. In der in der Fig. 5 dargestellten Ausführungsform besteht der Kontaktabschnitt 14 aus zwei gewölbten, gegenüberliegenden Seitenteilen (oder Abschnitten), die in einem Abstand voneinander stehen. In der in den Fig. 17 bis 20 dargestellten Ausführungsform besteht der Kontaktabschnitt 14 der jeweiligen elektrischen Leiter 12A und 12B aus einem einzigen Seitenteil (oder einem einzigen Abschnitt).

Der Wärmetauscher 10 umfasst weiterhin einen zweiten elektrischen Leiter 13, der in elektrischem Kontakt mit der Außenfläche des Wärmetauschers 10 steht. Dieser zweite elektrische Leiter 13 kann mit jedem beliebigen Mittel, wie beispielsweise mit Schweißnähten oder Schrauben, am Wärmetauscher 10 befestigt werden. In der in der Fig. 5 dargestellten Ausführungsform ist der zweite elektrische Leiter 13 an den Wärmetauscher 10 mittels einer Schraube 22 festgeschraubt. Außerdem sind die elektrischen Leiter 12A, 13 und 12B elektrisch mit einem Stromkreis verbunden, wie die in den Fig. 4A, 4B und 5 dargestellte

Ausführungsform und die in den Fig. 18 bis 20 dargestellte Ausführungsform veranschaulichen. Im Falle des ersten Leiters 12A und des dritten Leiters 12B wird der Kontakt durch das Ende 15 jedes Leiters hergestellt. Vorzugsweise ist der betreffende Stromkreis ein bereits vorhandener Stromkreis in der Motorsteuerung des Fahrzeugs. Weiterhin ist den Fig. 5, 7 und 20 zu entnehmen, dass der Kontaktabschnitt 14 und das elektrische Kontaktende 15 aus einem einzigen Teil hergestellt wurden.

In der in den Fig. 18 bis 20 dargestellten Ausführungsform befinden sich das erste Heizelement 11A und das zweite Heizelement 11B entlang eines Seitenteils eines Kontaktabschnitts 14 des ersten elektrischen Leiters 12A und des dritten elektrischen Leiters 12B. In der in der Fig. 5 dargestellten Ausführungsform befindet sich das erste Heizelement 11A entlang des einen Seitenteils des Kontaktabschnitts 14 des ersten elektrischen Leiters 12A und das zweite Heizelement 11B befindet sich entlang des anderen Seitenteils des Kontaktabschnitts 14 des ersten elektrischen Leiters 12A. Bei jeweils beiden Ausführungsformen wird dadurch radial gesehen eine „Sandwich“-Struktur gebildet.

In einer Ausführungsform der vorliegenden dargestellten Erfindung ist festzustellen, dass die Heizelemente 11A und 11B eine im Wesentlichen gewölbte Form aufweisen, wie beispielsweise der Fig. 5 zu entnehmen ist. Diese Wölbung kann insbesondere kreisbogenförmig sein.

Um die „Sandwich“-Struktur zusammenzuhalten, ordnungsgemäß einzufügen und leicht einzubauen, wird noch eine Halterung 17 geliefert, wie in den Fig. 5, 8 und 20 veranschaulicht wird. Genauer gesagt werden die zwei Heizelemente 11A und 11B mittels der besagten Halterung 17 zusammengehalten, die übrigens aus Polymermaterial hergestellt ist. Die Halterung 17 weist ferner vordere und hintere Stützbereiche 18 auf, um die Heizelemente 11A und 11B so zu befestigen bzw. zu positionieren, dass sie sich leicht herausnehmen lassen. Außerdem weist die Halterung 17

konzentrisch zur Längsmittelachse angeordnete Aufnahmen 19 auf, um den ersten elektrischen Leiter 12A und den dritten elektrischen Leiter 12B aufzunehmen und zu positionieren (im Falle der in den Fig. 18 bis 20 dargestellten Ausführungsform). Die Halterung 17 kann verschiedene Formen haben. In den Fig. 5 und 8 besitzt die Halterung 17 beispielsweise flache Stützbereiche 18 und konzentrische Aufnahmen 19 auf einer Oberfläche, die ebenso wie der Wärmetauscher 10 geformt sein kann, z.B. eine längliche oder elliptische Form aufweisen kann, wenn dies dem Querschnitts des Wärmetauschers 10 entspricht. In einer weiteren Ausführungsform der in der Fig. 20 dargestellten Erfindung besitzt die Halterung 17 einen kreisförmigen Querschnitt und die konzentrischen Aufnahmen 19 sind kreisbogenförmig.

In einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und mit dem Ziel, die Wärmeleitung der Heizelemente 11A und 11B zu verbessern, die durch den Wärmetauscher 10 ausströmt, können alternativ eine oder mehrere wärmeleitende Folien 16 vorgesehen werden. In den besonderen Ausführungsformen der in den Fig. 5 und 20 dargestellten vorliegenden Erfindung werden die wärmeleitenden Folien 16 rund um die „Sandwich“-Struktur platziert, die sich aus den Heizelementen 11A und 11B, den Kontaktabschnitten 14 des ersten elektrischen Leiters 12A (ebenso aus dem dritten Leiter 12B im Fall der Ausführungsform der Fig. 18 bis 20) und der Halterung 17 bildet. In der Fig. 5 hat die Folie 16 eine solche Form, die ihr ermöglicht, die Halterung 17 mit dem ersten Leiter 12A und den eingebauten Elementen 11A und 11B einzuwickeln. In der Fig. 5 wickelt die Folie 16 ebenso die Halterung 17 mit dem ersten und dritten elektrischen Leiter 12A und 12B sowie mit den eingebauten Elementen 11A und 11B ein. In den Fig. 5 und 20 ist festzustellen, dass die wärmeleitenden Folien 16 eine gewölbte Form aufweisen, sodass sie die Elemente, die die ebenso gewölbte „Sandwich“-Struktur bilden, einwickeln können.

Im Hinblick auf die Abdichtung der Heizeinrichtung 5 der vorliegenden Erfindung ist zunächst erwähnenswert, dass der Dichtungsabschnitt 24 des

Wärmetauschers 10 so ausgebildet ist, dass dieser mindestens ein Dichtungselement 27 aufnehmen kann. In der in den Fig. dargestellten Ausführungsform ist das betreffende Dichtungselement 27 ein Dichtungsring vom Typ „O-Ring“, der in den Dichtungsabschnitt 27 des Wärmetauschers 10 eingebaut ist und der in den Fig. 4A, 4B, 5, 9, 10, 13, 14, 18, 19 und 20 veranschaulicht ist. Zudem wird nun Bezug auf die Fig. 5 und 20 genommen; über dem Dichtungsabschnitt 24 des Wärmetauschers 10 liegt eine Schutzabdeckung 28, die die elektrischen Leiter 12A, 12B und 13 in einer beliebigen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung festhält. Genauer gesagt wird die Schutzabdeckung 28 über alle elektrischen Leiter 12A, 12B und 13 befestigt, wobei die Befestigung beispielsweise mittels Bohrungen auf der Schutzabdeckung 28 stattfinden kann. Über der Schutzabdeckung 28 liegt zudem noch eine Kunststoffabdeckung 29, wobei diese Abdeckung 29 an die Schutzabdeckung 28 angespritzt sein kann. Die endgültige Form dieser Um- bzw. Anspritzung kann beispielsweise in den in den Fig. 4A, 4B, 9, 13, 18 und 19 dargestellten Ausführungsformen veranschaulicht werden.

Die Befestigung der Komponenten im Inneren des Innenraums 9 wird nun in den Fig. 5, 9 bis 17 und 20 veranschaulicht. Wie festzustellen ist, wird die Heizeinrichtung 5 mit einer bügelförmigen Befestigungsklemme 30 für jede Heizeinrichtung 5 geliefert. Diese Klemme 30 wird in Durchgangsöffnungen 31, die am Befestigungs- und Dichtungsstutzen 26 ausgebildet sind, eingesetzt. Beim Einführen in die Öffnungen 31 legt sich die Klemme 30 um den Kunststoffabdeckungsabschnitt 29, der sich im Inneren des Befestigungs- und Dichtungsstutzens 26 befindet. Die besagte Klemme 30 besitzt zusätzlich freie Enden 32, die eine sichere Befestigung ermöglichen. Hierzu können die Enden 32 nach außen weisen, so dass sie mit einem Öffnungsrand der jeweiligen Öffnung 31 verspannt werden können.

Abgesehen von den bereits erwähnten Komponenten kann die Heizeinrichtung 5 in einer besonderen Ausführungsform der vorliegenden

Erfindung wahlweise einen Deflektor 23 besitzen, wie den Fig. 9 bis 12 zu entnehmen ist. Dieser Deflektor 23 wird beim Kraftstoffeinlass 6 (im in der Fig. 17 dargestellten Bereich) angebracht und dient zur Umlenkung des ankommenden Kraftstoffstroms in den unteren Bereich des Innenraums 9 der Heizeinrichtung 5. Insbesondere bewirkt der Deflektor 23 eine möglichst gleichmäßige Verteilung des ankommenden Kraftstoffs auf die gesamte axiale Höhe des gerippten Abschnitts 20. Durch diesen Deflektor 23 wird eine größere Kontaktzeit des Kraftstoffs mit dem Wärmetauscher 10 erzwungen, bevor dieser eingespritzt wird. Der Deflektor 23 greift zweckmäßig in die vorstehend genannte Aussparung 21 ein, die an der Außenseite des Wärmetauschers 10 ausgebildet ist.

In einer besonderen Ausführungsform werden die Heizeinrichtung 5 und die Leitung 2 vollständig eingebaut. Mit anderen Worten können diese beiden Komponenten ein einziges Teil bilden. In einer besonderen Ausführungsform werden die Heizeinrichtung 5 und die Leitung 2 mittels Abformen und Einspritzen von Polymermaterialien hergestellt. Nach dem Aufbau werden im Inneren des Innenraums 9 der Wärmetauscher 10 (und alle weiteren Komponenten, die sich in seinem Inneren befinden), der Deflektor 23 (optional), das Dichtungselement 27 und die Schutzabdeckung 28, auf die anschließend die Kunststoffabdeckung 29 angespritzt wird, angebracht.

In Bezug auf die Montagemöglichkeit ist anhand der Fig. 1 bis 3 und 9 bis 16 festzustellen, dass es einige Varianten gibt. In einer bestimmten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung können der Kraftstoffeinlass 6 und der Kraftstoffauslass 7 der Heizeinrichtung 5 so angeordnet werden, dass sie (in Bezug zueinander) einen Winkel bilden, der beispielsweise zwischen 0° und 90° variiert. Somit zeigen beispielsweise die Fig. 9 bis 12, dass dieser Winkel im Wesentlichen 0° groß ist, so dass sich Kraftstoffeinlass 6 und Kraftstoffauslass 7 diametral gegenüberliegen. Im Unterschied dazu ist in den Fig. 13 bis 16 dieser Winkel kleiner als 90° , und in der Fig. 4 ist der Winkel im Wesentlichen 90° groß. Natürlich kann

der Winkel zwischen dem Kraftstoffeinlass 6 und dem Kraftstoffauslass 7 der Heizeinrichtung 5 in Abhängigkeit von der Motorkonfiguration, dem zur Verfügung stehenden Platz und der Anwendung, usw., variieren, sodass die Fig. lediglich ein Beispiel für die verschiedenen möglichen Anordnungen darstellen.

Wie festzustellen ist, ist die Heizeinrichtung 5 der vorliegenden Erfindung vollständig eingebaut, womit es sich somit um ein Einzelteil handelt, für das keine „Klammern“ und Dichtungsringe, um die Heizeinrichtungen 5 und die Kraftstoffverteilerleiste 2 zu befestigen, erforderlich sind. In Verbindung mit dieser Eigenschaft sind zusätzlich die starke Abdichtung und die Fixierung der Teile hervorzuheben, die, dank der Anspritzung der Kunststoffabdeckung 29 und der Funktion der Schutzabdeckung 28, alle Komponenten befestigen. Dazu zählt auch die Klemme 30, die bei der Fixierung mitwirkt.

Weiterhin ist der in den Fig. 18 bis 20 dargestellten Ausführungsform zu entnehmen, dass die Tatsache, dass die Heizeinrichtung 5 mindestens drei elektrische Leiter 12A, 12B und 13 besitzt, eine Reihe von Vorteilen verschafft. Unter diesen Vorteilen ist Folgendes zu erwähnen: es können zwei Heizelemente 11A und 11B in einem Zug aktiviert werden, womit die an den Kraftstoff abgegebene Wärme erhöht wird, oder es kann ausgewählt werden, ob nur ein Heizelement verwendet wird. Wenn das Fahrzeug eine schnelle Erwärmung des Kraftstoffs erfordert, können somit das erste und das zweite Heizelement 11A und 11B aktiviert werden. Wenn das Fahrzeug einen lediglich leicht erwärmten Kraftstoff benötigt, wird nur eines der Heizelemente 11A oder 11B aktiviert.

Die Kontrollmöglichkeiten über die dem Kraftstoff zugeführte Wärme werden mit der Möglichkeit erhöht, dass die Heizelemente 11A und 11B verschiedene Verhaltensweisen und Heiztemperaturen aufweisen können. Die Möglichkeit, das eine oder das andere Heizelement oder sogar beide gleichzeitig aktivieren zu können, bietet dem Kaltstartsystem des

Fahrzeugs dadurch Flexibilität, womit die Möglichkeit, dem Verbraucher ein besseres Produkt zu liefern, erhöht wird.

Mit diesen elektrischen Leitern 12A, 12B und 13 kann die Motorsteuerung des Fahrzeugs eingestellt werden, um die Heizelemente 11A, 11B in zeitlich unterschiedlichen Abständen zu versorgen. Beispielsweise kann ein kurzer Zeitraum für das Vorheizen des Kraftstoffs eingestellt werden, sodass beide Heizelemente 11A und 11B in den ersten paar Sekunden vor dem Anfahren des Fahrzeugs gleichzeitig aktiviert werden. Dadurch braucht der Fahrer nicht lange warten, um sein Fahrzeug fahren zu können, da der Kraftstoff bereits die ideale Temperatur hat, wenn das Startsystem aktiviert wird.

Ein weiterer Vorteil und eine Kontrollmöglichkeit der vorliegenden Erfindung bezieht sich auf die Tatsache, dass die Motorsteuerung mit Steuerungsstrategien vom Typ „On-Off“ eingestellt werden kann oder sogar eine Pulsweitenmodulation (PWM - „pulse width modulation“) verwendet.

Anhand dieser Eigenschaften ist festzustellen, dass die Kraftstoffheizeinrichtung 5 eine vielseitige Lösung liefert, die zahlreiche Möglichkeiten bietet, die dem Kraftstoff zugeführte Wärme zu steuern. Aufgrund der Tatsache, dass die Erfindung verschiedene Steuerungstypen und -strategien bietet, kann die vorliegende Erfindung Mittel bereitstellen, damit der Kraftstoff stets die ideale Temperatur für den Kaltstart und die Fahrzeugnutzung aufweist.

Die Tatsache, dass der Querschnitt des Wärmetauschers 10 eine runde Form, vorzugsweise eine im Wesentlichen kreisförmige Form aufweist, erhöht die Kontaktfläche zwischen den Heizelementen 11A und 11B und dem internen Abschnitt des Wärmetauschers 10. Weiterhin ist ein Teil mit einem runden Querschnitt leichter herzustellen und erleichtert auch die Ausführungsform der Rillen bzw. Rippen. Die Leichtigkeit, dieses Teil zu

erhalten, verringert die Prozessfehler und optimiert die Herstellungskosten. Darüber hinaus können die Heizelemente 11A und 11B in Positionen mit größerem Abstand voneinander in Bezug auf den Wärmetauscher 10 mit einer länglichen Form angerichtet werden. Somit wird die von den Heizelementen 11A und 11B erzeugte Wärme fast ganz auf den Wärmetauscher 10 gerichtet.

Somit ergibt sich aus dem kreisförmigen Querschnitt ein erheblicher Anstieg der Heizleistung und eine drastische Reduzierung der Herstellungskosten, wobei mit einem solchen Erfolg die Probleme des Stands der Technik gelöst werden.

Wie den Fachleuten bekannt ist, sind somit zahlreiche Veränderungen und Variationen der Erfindung angesichts der oben erwähnten Erkenntnisse möglich, ohne dabei den Schutzbereich zu verlassen, der durch die beigefügten Ansprüche definiert ist.

Während sich die vorstehend anhand der Fig. 1 bis 20 vorgestellten Ausführungsformen der Kraftstoffeinspritzanlage 39 bevorzugt für eine Multiporteinspritzung des Kraftstoffs eignen, wird nachfolgend anhand der Fig. 22 bis 25 eine Kraftstoffeinspritzanlage 39 näher erläutert, die sich bevorzugt für eine Direkteinspritzung des Kraftstoffs eignet. Der Grundsätzliche Aufbau der dabei zum Einsatz kommenden Heizeinrichtungen 5 ist dabei gleich, so dass die Ausgestaltungen der Fig. 1 bis 20 und die Ausgestaltungen der Fig. 22 bis 25 hinsichtlich ihrer Merkmale und Details austauschbar und kombinierbar sind.

Entsprechend Fig. 22 weist die nur teilweise dargestellte Kraftstoffeinspritzanlage 39 eine Kraftstoffverteilerleiste 2, 42 auf, die für jede Kraftstoffheizeinrichtung 5 einen metallischen Schraubstutzen 53 besitzt. Diese Schraubstutzen 53 sind dabei an einem Träger 66 aus Metall fest angeordnet, z.B. angeschweißt. Der Träger 66 ist fest mit der Kraftstoffverteilerleiste 2, 42 verbunden, z.B. damit verschweißt. Mit dem

Träger 66 kann die Kraftstoffeinspritzanlage 2, 42 am Motorblock der Brennkraftmaschine 33 befestigt werden, z.B. mittels Verschraubungen. Hierzu kann der Träger 66 entsprechende Schraubhülsen 67 aufweisen.

Entsprechend Fig. 23 ist der jeweilige Schraubstutzen 53 mit einem ersten Gewinde 54 ausgestattet, das hier als Innengewinde 54 ausgestaltet ist. Die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung 5 weist einen metallischen Schraubdeckel 55 auf, der mit einem zum ersten Gewinde 54 komplementären zweiten Gewinde 56 ausgestattet ist, das demnach bevorzugt als Außengewinde 56 ausgestaltet ist. Im montierten Zustand der Fig. 22 und 25 ist die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung 5 in den zugehörigen Schraubstutzen 53 eingesteckt und durch An- bzw. Einschrauben des Schraubdeckels 55 am Schraubstutzen 53 befestigt. Durch die metallische Schraubverbindung zwischen Kraftstoffheizeinrichtung 5 und Kraftstoffverteilerleiste 2, 42 lassen sich in der Kraftstoffheizeinrichtung 5 relativ hohe Drücke beherrschen, was die gewünschten Drücke und Temperaturen des Kraftstoffs ermöglicht.

Gemäß den Fig. 23 bis 25 ist am Schraubdeckel 55 der Wärmetauscher 10 befestigt, in dem wenigstens ein elektrisches Heizelement 11A, 11B angeordnet ist, das vorzugsweise als PTC-Heizelement ausgestaltet ist. Der Wärmetauscher 10 weist außen mehrere Rippen 57 auf, die derart gestaltet und angeordnet sind, dass zwischen benachbarten Rippen 57 kanalartige Rippenzwischenräume 58 ausgebildet sind, in denen der Kraftstoff während des Einspritzvorgangs strömt. Hierdurch wird eine großflächige und intensive Aufheizung des Kraftstoffs in kurzer Zeit ermöglicht. Die Rippen 57 sind ringförmig umlaufend konzipiert und axial zueinander benachbart angeordnet. Demnach sind auch die Rippenzwischenräume 58 ringförmig umlaufend und zueinander axial benachbart angeordnet. Ebenso ist eine schraubenförmige Ausgestaltung der Rippen 57 bzw. der Rippenzwischenräume 58 denkbar.

Zwischen dem Schraubstutzen 53 und dem Wärmetauscher 10 ist hier ein thermisch isolierender Isolator 59 angeordnet, der sich innen an außenliegenden Enden der Rippen 57 abstützt. Hierdurch wird erreicht, dass die in den Kraftstoff eingebrachte Wärme nicht ungehindert in den Schraubstutzen 53 und in den Träger 66 übertragen wird. Ferner ist der Wärmetauscher 10 mit einer Schutzkappe 60 aus Kunststoff abgedeckt, die axial in den Schraubdeckel 55 hineinragt. Am Schraubdeckel 55 ist außerdem ein Elektroanschluss 61 aus Kunststoff angeordnet, in dem ein elektrischer Kontakt 62 zum elektrischen Ansteuern des jeweiligen Heizelements 11A, 11B von außen kontaktierbar angeordnet ist. Ferner ist der Elektroanschluss 61 hier so ausgestaltet, dass er innen im Schraubdeckel 55 die Schutzkappe 60 umschließt. Hierdurch wirken die einzelnen Komponenten 55, 60, 61 zusammen und bilden eine leicht montierbare Einheit.

Besonders vorteilhaft ist dabei eine Ausführungsform, bei welcher der Elektroanschluss 61 an den Schraubdeckel 55 und an die in den Schraubdeckel 55 eingesetzte Schutzkappe 60 angespritzt ist. Auf separate Befestigungsmittel kann dadurch verzichtet werden, um die vorstehend genannte Einheit zu bilden.

Zweckmäßig ist hier vorgesehen, dass der elektrische Kontakt 62 durch den Endabschnitt 63 einer metallischen Kontaktfahne 64 gebildet ist, die von einer Kontaktfederanordnung 65 ausgeht, die im Wärmetauscher 10 das jeweilige Heizelement 11A, 11B elektrisch kontaktiert und gegen den Wärmetauscher 10 vorspannt. Die Kontaktfahne 64 durchdringt die Schutzkappe 60 und endet im Elektroanschluss 61. Somit ist die Kontaktfahne 64 in der Kraftstoffheizeinrichtung 5 elektrisch isoliert verlegt und nach außen geführt.

Besonders vorteilhaft ist dabei die gezeigte Ausgestaltung, bei welcher im Elektroanschluss 61 nur ein einziger elektrischer Kontakt 62 angeordnet ist, der einen ersten Pol zur Stromversorgung des jeweiligen Heizelements

11A, 11B bildet. Hierdurch vereinfacht sich die Herstellung der Kraftstoffheizeinrichtung 5 und somit der Kraftstoffeinspritzanlage 39. Eine zweckmäßige Ausgestaltung schlägt dabei vor, dass ein zweiter Pol zur Stromversorgung des jeweiligen Heizelements 11A, 11B durch den metallischen Träger 66 der Kraftstoffverteilerleiste 2, 42 gebildet ist.

Weiter sind in den Fig. 22 und 25 die Injektoren 8, 40 bzw. Einspritzdüsen 8, 40 erkennbar sowie ein Drucksensor 68, der optional vorgesehen sein kann und hier an der Verteilerleiste 2, 42 angeordnet ist. In Fig. 24 sind weitere Komponenten der Heizeinrichtung 5 erkennbar, die schon weiter oben ausführlich beschrieben worden sind, wie z.B. das Dichtungselement 27, die Wärmeleitfolien 16 und die Halterung 17 zur Aufnahme der Heizelemente 11A, 11B.

ANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (33),
 - wobei die Brennkraftmaschine (33) wenigstens einen Zylinder (35) aufweist, in dem ein Kolben (36) hubverstellbar angeordnet ist,
 - wobei die Brennkraftmaschine (33) eine Kraftstoffeinspritzanlage (39) aufweist, die für jeden Zylinder (35) eine separate Einspritzdüse (8, 40) zum Einspritzen von flüssigem Kraftstoff (41) direkt in den jeweiligen Zylinder (35) aufweist,
 - wobei die Kraftstoffeinspritzanlage (39) eine Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) und eine fluidisch mit der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) verbundene Druckerzeugungseinrichtung (43) zum Erzeugen eines Kraftstoffdrucks in der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) aufweist,
 - wobei die Kraftstoffeinspritzanlage (39) für jeden Zylinder (35) eine separate Kraftstoffheizeinrichtung (5) zum Aufheizen des flüssigen Kraftstoffs aufweist, die fluidisch zwischen der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) und der jeweiligen Einspritzdüse (8, 40) angeordnet ist,
 - bei dem für den Fall, dass die Kraftstofftemperatur in der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) unterhalb einer vorbestimmten Grenztemperatur liegt, der flüssige Kraftstoff in der jeweiligen Kraftstoffheizeinrichtung (5) überhitzt wird, so dass der überhitzte flüssige Kraftstoff beim Einspritzen in den jeweiligen Zylinder (35) sofort siedet.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass der flüssige Kraftstoff in der jeweiligen Kraftstoffheizeinrichtung (5) mit einem Kraftstoffdruck bereitgestellt wird, der mindestens 5 mal, vorzugsweisen mindestens 10 mal, größer ist als der Druck im jeweiligen Zylinder (35) zum Einspritzzeitpunkt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass für den Fall, dass die Kraftstofftemperatur in der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) unterhalb der vorbestimmten Grenztemperatur liegt, der flüssige Kraftstoff (41) bei einem Kraftstoffdruck von mindestens 100 bar und/oder bei einer Kraftstofftemperatur von mindestens 100°C und höchstens 260°C zur Erzeugung eines Verbrennungsgemischs in den jeweiligen Zylinder (35) eingespritzt wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,
- dass die Brennkraftmaschine (33) eine Zündanlage (37) aufweist, die für jeden Zylinder (35) eine Zündkerze (38) zum Zünden eines Verbrennungsgemischs im jeweiligen Zylinder (35) aufweist,
 - dass für den Fall, dass die Kraftstofftemperatur in der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) unterhalb der vorbestimmten Grenztemperatur liegt, der flüssige Kraftstoff (41) eingespritzt und das Verbrennungsgemisch in einer Endphase eines Kompressionshubs des zugehörigen Kolbens (36) gezündet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass beim Einspritzen des Kraftstoffs (41) in den jeweiligen Zylinder (35) ein Gas oder Gasgemisch, das sich im Zylinder (35) befindet, einen Gasdruck aufweist, der maximal 10 bar oder maximal 5 bar beträgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Einspritzen des Kraftstoffs (41) in den jeweiligen Zylinder (41) während des Kompressionshubs des zugehörigen Kolbens (36) zu einem Einspritzzeitpunkt erfolgt, zu dem ein Gas oder Gasgemisch, das sich im Zylinder (35) befindet, bereits mindestens 20% oder mindestens 50% der

maximalen Verdichtung, die ohne Zündung am Ende des Kompressionshubs vorliegt, erreicht hat.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Einspritzzeitpunkt so gewählt ist, dass das Gas oder Gasgemisch weniger als 95% oder weniger als 90% der maximalen Verdichtung erreicht hat.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Einspritzen des Kraftstoffs (41) in den jeweiligen Zylinder (35) während des von 180° KWW bis 360° KWW erfolgenden Kompressionshubs des zugehörigen Kolbens (36) zu einem Einspritz-KWW erfolgt, der maximal 100° KWW vor einem Zünd-KWW liegt, zu dem das Verbrennungsgemisch gezündet wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Einspritz-KWW bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine (33) mit homogener Ladung etwa 90° KWW vor dem Zünd-KWW liegt.

10. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Einspritz-KWW bei einem Betrieb der Brennkraftmaschine (33) mit Schichtladung etwa 10° KWW vor dem Zünd-KWW liegt.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kraftstofftemperatur des für die Einspritzung vorgesehenen Kraftstoffs (41) so gewählt ist, dass der Kraftstoff (41) beim Einspritzen in den Zylinder (35) zu einem Nebel mit Tropfen, die eine mittlere

Tropfengröße von maximal 50 µm oder maximal 25 µm oder maximal 20 µm aufweisen, zerstäubt wird.

12. Verfahren nach einem der einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Kraftstoff ein Bio-Kraftstoff oder ein Kraftstoffgemisch aus fossilem Kraftstoff und Bio-Kraftstoff verwendet wird.

13. Brennkraftmaschine,
- mit wenigstens einem Zylinder (35), in dem ein Kolben (36) hubverstellbar angeordnet ist,
- mit einer Kraftstoffeinspritzanlage (39) nach einem der Ansprüche 15 bis 25,
- wobei die Brennkraftmaschine (33) eine Steuereinrichtung (50) aufweist, die mit der Kraftstoffeinspritzanlage (39) gekoppelt ist und die so programmiert und/oder ausgestaltet ist, dass sie die Brennkraftmaschine (33) nach dem Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche betreibt.

14. Brennkraftmaschine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (33) mit einer Zündanlage (37) ausgestattet ist, die mit der Steuereinrichtung (50) gekoppelt ist und die für jeden Zylinder (35) eine Zündkerze (38) zum Zünden eines Verbrennungsgemisches im jeweiligen Zylinder (35) aufweist.

15. Kraftstoffeinspritzanlage (39) für eine Brennkraftmaschine (33), die wenigstens einen Zylinder (35) aufweist, in dem ein Kolben hubverstellbar angeordnet ist,
- wobei die Kraftstoffeinspritzanlage (39) für jeden Zylinder (35) eine separate Einspritzdüse (8, 40) zum Einspritzen von flüssigem Kraftstoff (41) in den jeweiligen Zylinder (35) aufweist,

- wobei die Kraftstoffeinspritzanlage (39) eine Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) und eine fluidisch mit der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) verbundene Druckerzeugungseinrichtung (43) zum Erzeugen eines Kraftstoffdrucks in der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) aufweist,
- wobei die Kraftstoffeinspritzanlage (39) für jeden Zylinder (35) eine separate Kraftstoffheizeinrichtung (5) zum Aufheizen des flüssigen Kraftstoffs aufweist, die fluidisch zwischen der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) und der jeweiligen Einspritzdüse (8, 40) angeordnet ist,
- wobei die Kraftstoffeinspritzanlage (39) wenigstens einen Temperatursensor (49) zum Ermitteln der Kraftstofftemperatur in der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) aufweist,

16. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet,

dass die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung (5) wenigstens ein PTC-Heizelement (11A und 11B) aufweist, dessen Abregeltemperatur auf die Temperatur eingestellt ist, auf die der Kraftstoff für die Einspritzung bei einem Kaltstart erwärmt werden soll, wenn die Kraftstofftemperatur in der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) unterhalb der vorbestimmten Grenztemperatur liegt.

17. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet,

- dass die Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) für jede Kraftstoffheizeinrichtung (5) einen metallischen Schraubstutzen (53) mit einem ersten Gewinde (54) aufweist, das bevorzugt als Innengewinde (54) ausgestaltet ist,
- dass die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung (5) einen metallischen Schraubdeckel (55) mit einem zum ersten Gewinde (54) komplementären zweiten Gewinde (56) aufweist, das bevorzugt als Außengewinde (56) ausgestaltet ist,

- dass die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung (5) in den zugehörigen Schraubstutzen (53) eingesteckt ist und durch Anschrauben des Schraubdeckels (55) am Schraubstutzen (53) befestigt ist.

18. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet,

- dass am Schraubdeckel (55) ein Wärmetauscher (10) befestigt ist, in dem wenigstens ein elektrisches Heizelement (11A, 11B) angeordnet ist, das vorzugsweise als PTC-Heizelement ausgestaltet ist,
- dass der Wärmetauscher (10) außen mehrere Rippen (57) aufweist,
- dass zwischen benachbarten Rippen (57) Rippenzwischenräume (58) ausgebildet sind, in denen der Kraftstoff während des Einspritzvorgangs strömt,
- dass zwischen dem Schraubstutzen (53) und dem Wärmetauscher (10) ein thermisch isolierender Isolator (59) angeordnet ist, der außen an den Rippen (57) anliegt.

19. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet,

- dass der Wärmetauscher (10) mit einer Schutzkappe (60) aus Kunststoff abgedeckt ist, die axial in den Schraubdeckel (55) hineinragt,
- dass am Schraubdeckel (55) ein Elektroanschluss (61) aus Kunststoff angeordnet ist, in dem zumindest ein elektrischer Kontakt (62) zum elektrischen Ansteuern des jeweiligen Heizelements (11A, 11B) von außen kontaktierbar angeordnet ist,
- dass der Elektroanschluss (61) innen im Schraubdeckel (55) die Schutzkappe (60) umschließt.

20. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 19,
dadurch gekennzeichnet,

dass der Elektroanschluss (61) an den Schraubdeckel (55) angespritzt ist.

21. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektroanschluss (61) an den Schraubdeckel (55) und an die Schutzkappe (60) angespritzt ist.
22. Kraftstoffeinspritzanlage nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet,
- dass der elektrische Kontakt (62) durch den Endabschnitt (63) einer metallischen Kontaktfahne (64) gebildet ist, die von einer Kontaktfederanordnung (65) ausgeht, die im Wärmetauscher (10) das jeweilige Heizelement (11A, 11B) elektrisch kontaktiert und gegen den Wärmetauscher (10) vorspannt,
 - dass die Kontaktfahne (64) die Schutzkappe (60) durchdringt und im Elektroanschluss (61) endet.
23. Kraftstoffeinspritzanlage nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass im Elektroanschluss (61) nur ein einziger elektrischer Kontakt (62) angeordnet ist, der einen ersten Pol zur Stromversorgung des jeweiligen Heizelements (11A, 11B) bildet.
24. Kraftstoffeinspritzanlage nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, dass ein zweiter Pol zur Stromversorgung des jeweiligen Heizelements (11A, 11B) durch einen metallischen Träger (66) der Kraftstoffverteilerleiste (2, 42) gebildet ist.
25. Kraftstoffeinspritzanlage nach einem der Ansprüche 15 bis 24, dadurch gekennzeichnet,
- dass die jeweilige Kraftstoffheizeinrichtung (5) einen Kraftstoffeinlass (6) und mindestens einen Kraftstoffauslass (7) aufweist,

- dass die Kraftstoffheizeinrichtung (5) mindestens einen Innenraum (9) aufweist, der zwischen dem Kraftstoffeinlass (6) und dem Kraftstoffauslass (7) angeordnet ist;
- dass im besagten Innenraum (9) mindestens ein Wärmetauscher (10) angeordnet ist,
- dass der Wärmetauscher (10) über mindestens ein erstes und ein zweites Heizelement (11A, 11B) verfügt, die in eine Öffnung in ein Inneres des Wärmetauschers (10) eingesetzt sind;
- dass der Wärmetauscher (10) in seinem Inneren einen ersten elektrischen Leiter (12A) aufweist, der in elektrischem Kontakt mit dem ersten Heizelement (11A) steht,
- dass der Wärmetauscher (10) einen zweiten elektrischen Leiter (13) aufweist, der in elektrischem Kontakt mit der Außenfläche des Wärmetauschers (10) steht,
- dass der Wärmetauscher (10) außerdem einen runden, insbesondere kreisförmigen, Querschnitt aufweist.

1/15

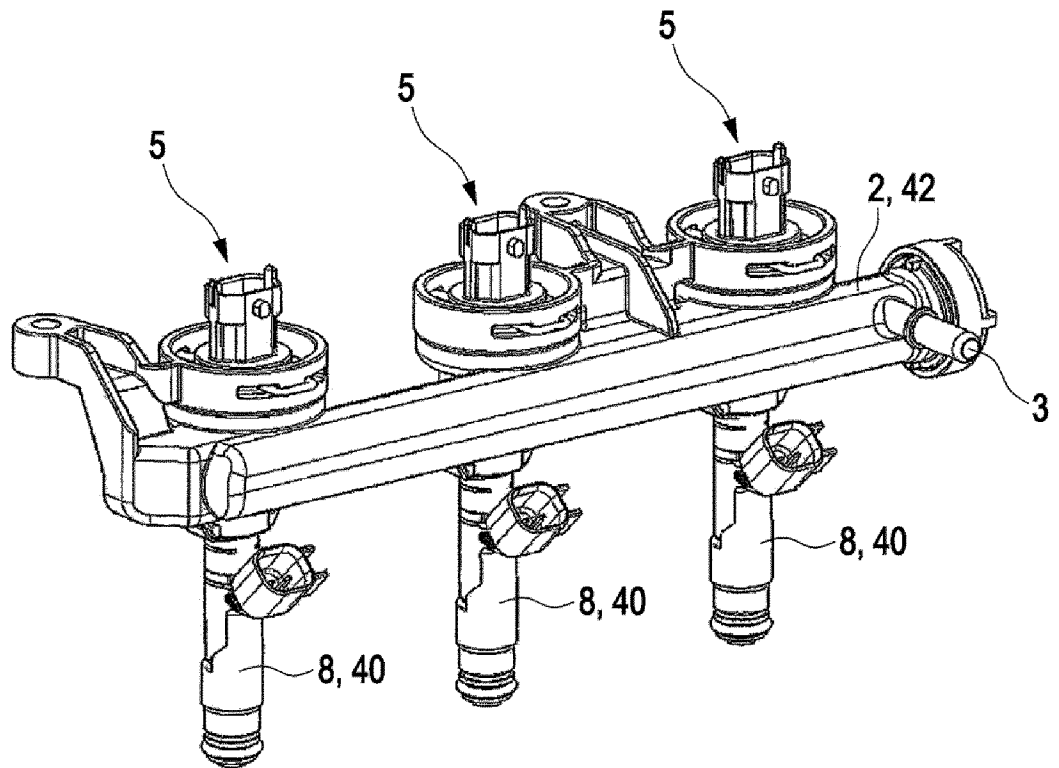


Fig. 1

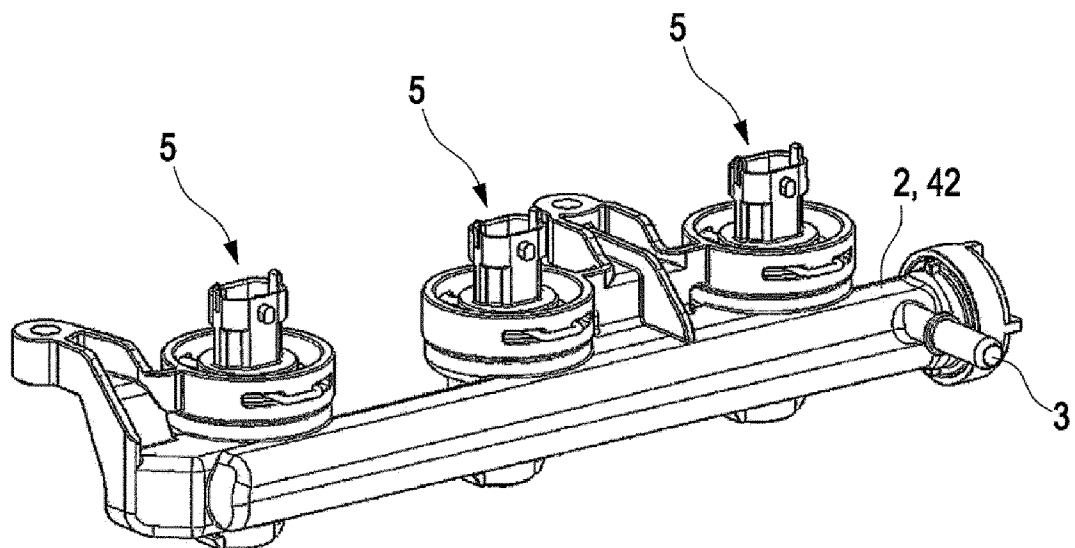


Fig. 2

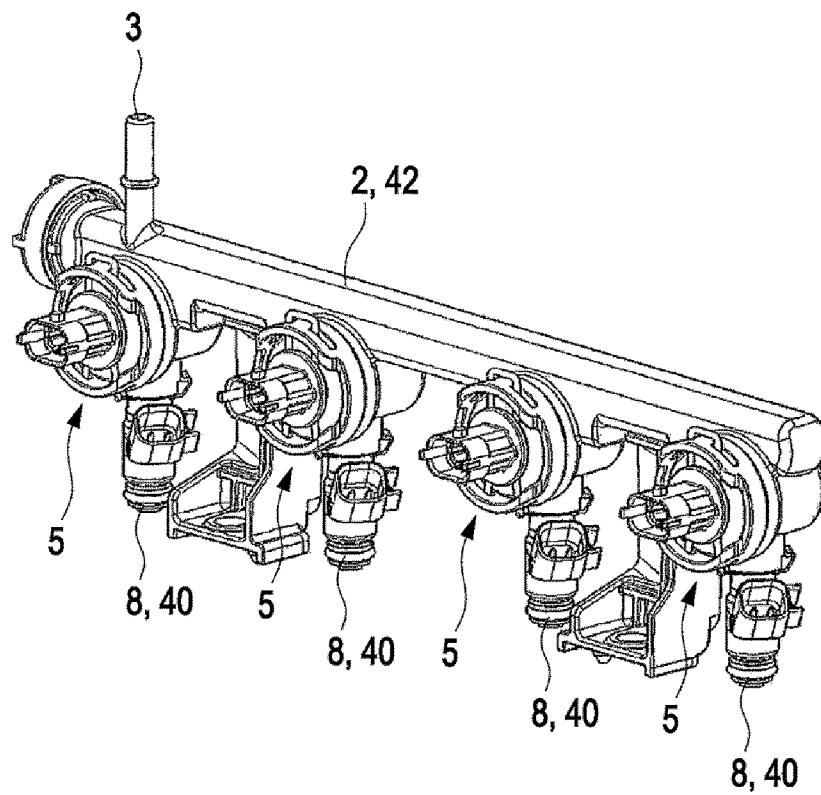


Fig. 3

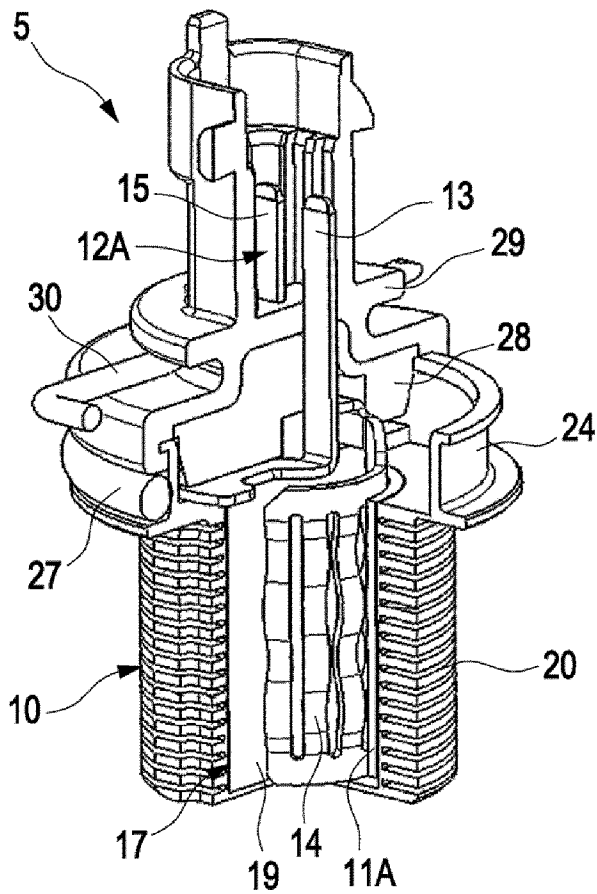


Fig. 4 A

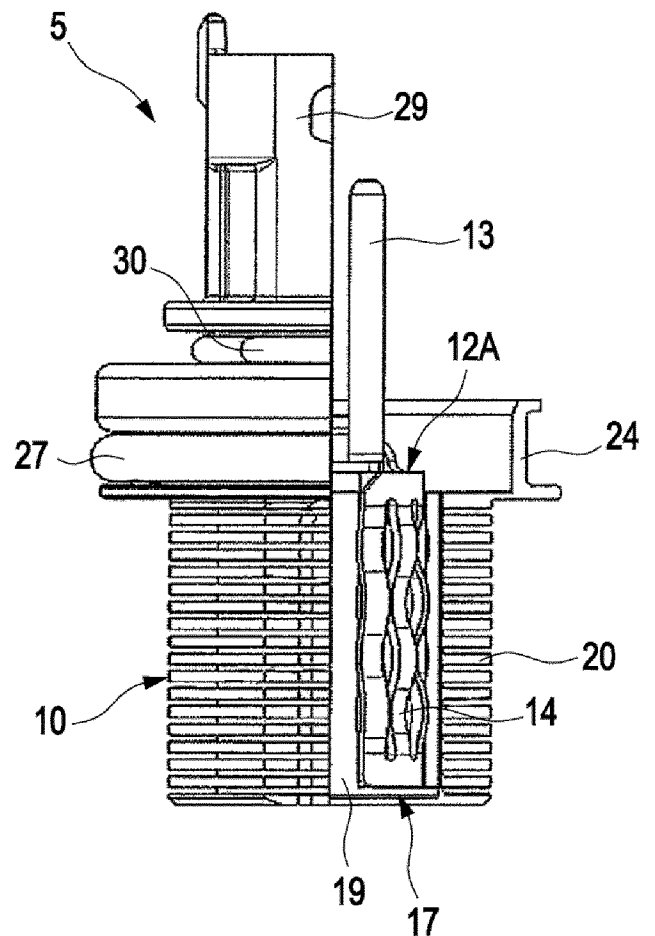


Fig. 4 B

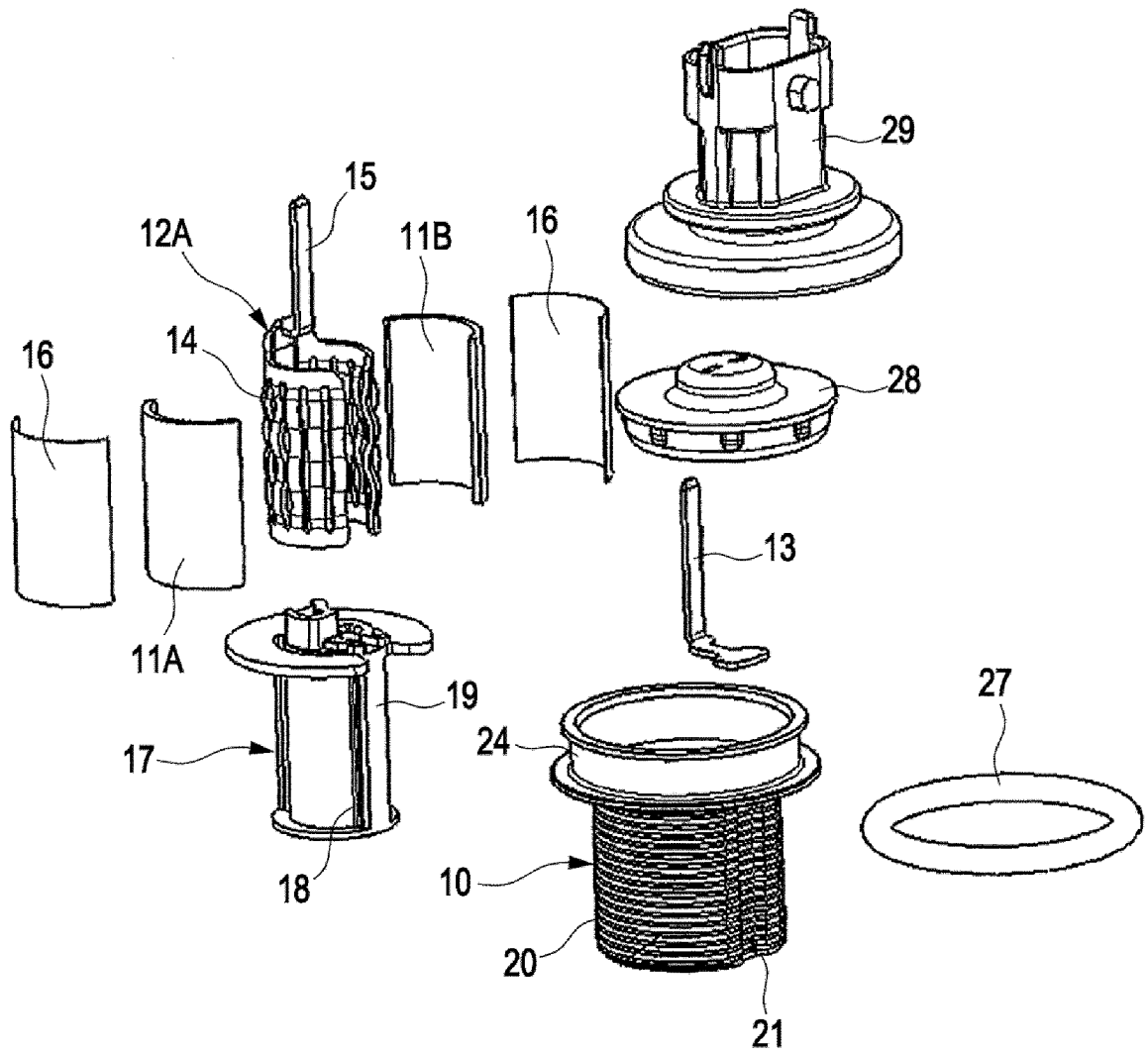


Fig. 5

4/15

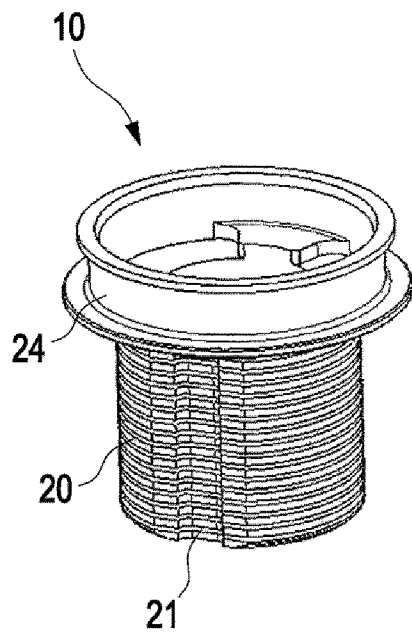


Fig. 6

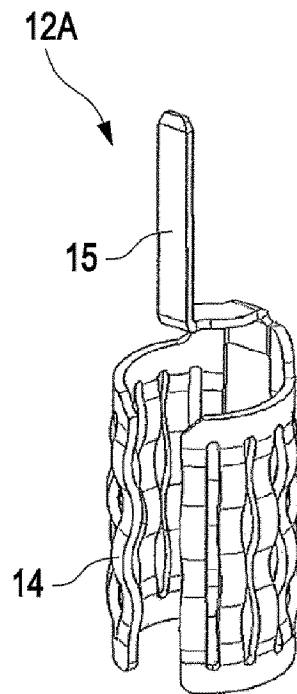


Fig. 7

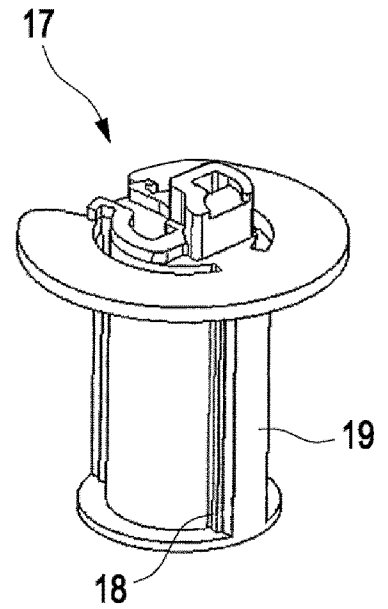


Fig. 8

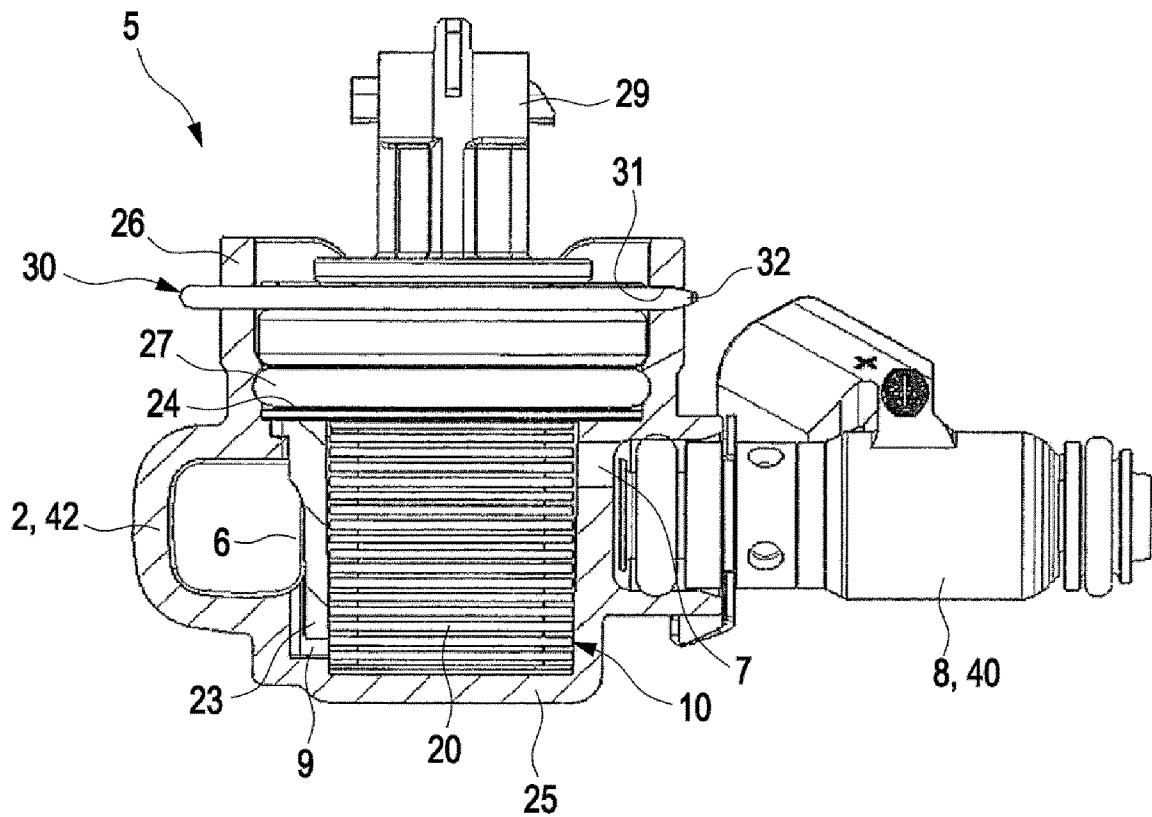


Fig. 9

5/15

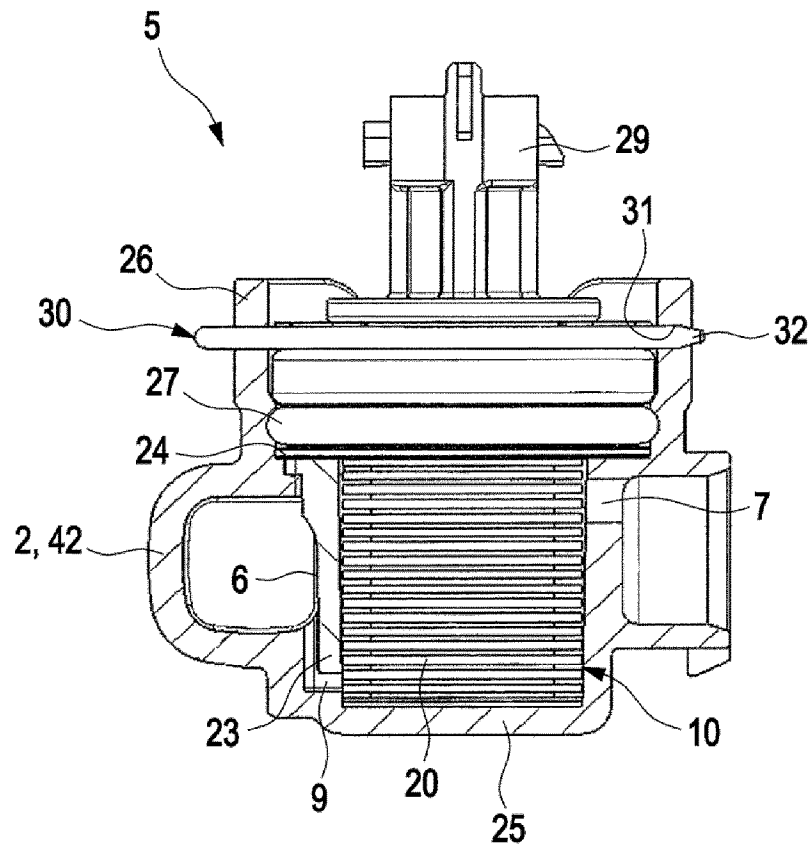


Fig. 10

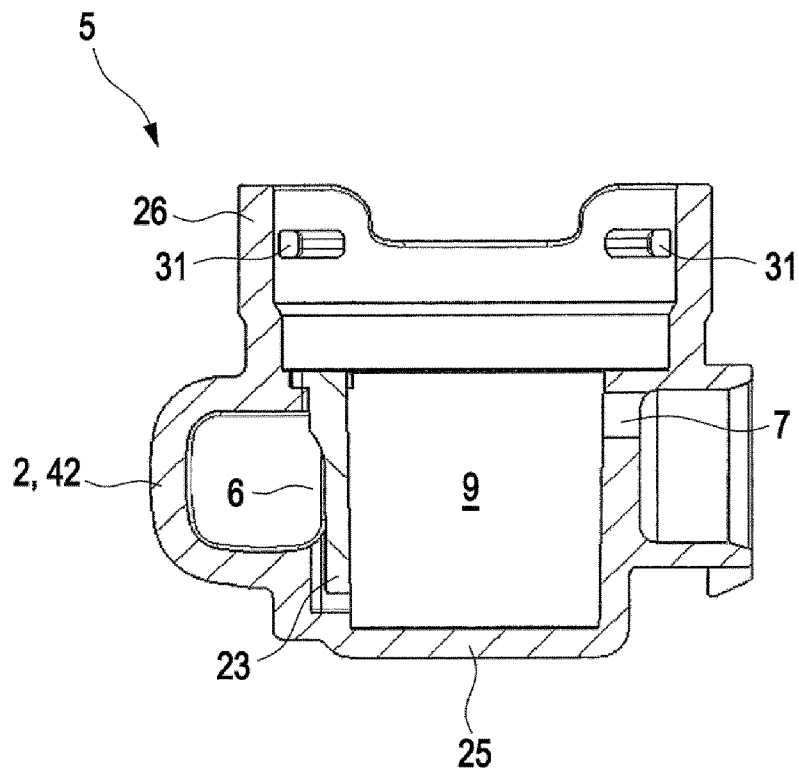


Fig. 11

6/15

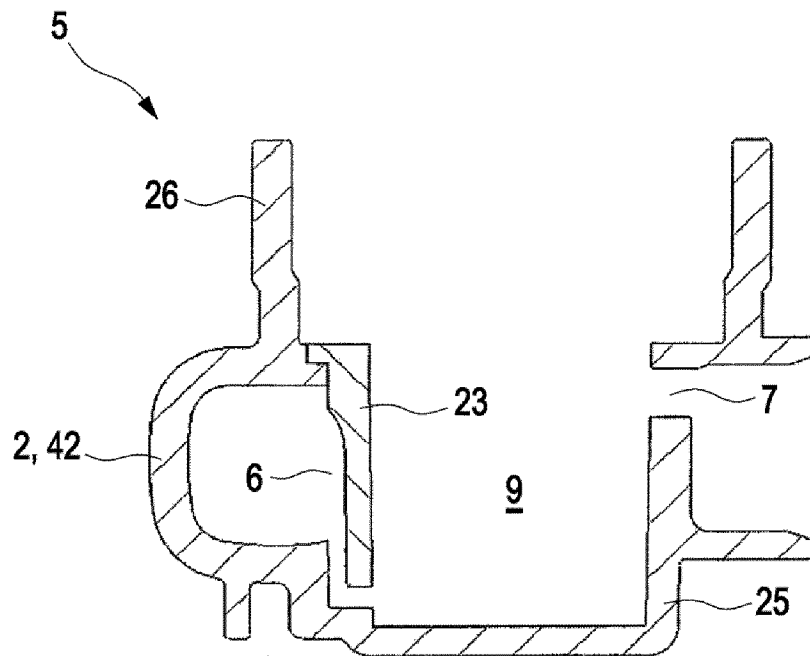


Fig. 12

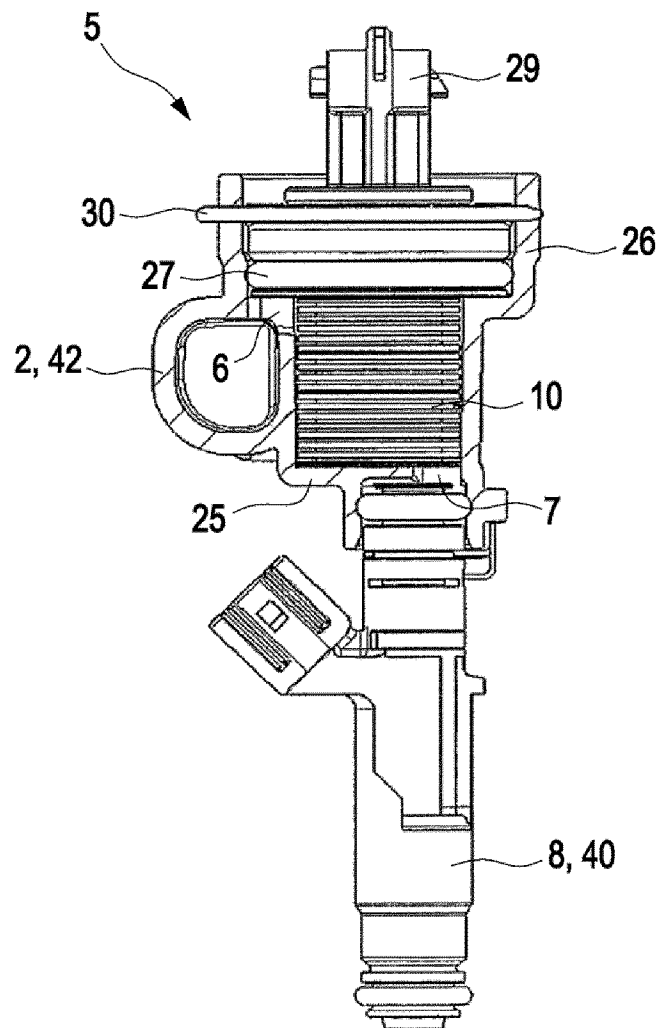


Fig. 13

7/15

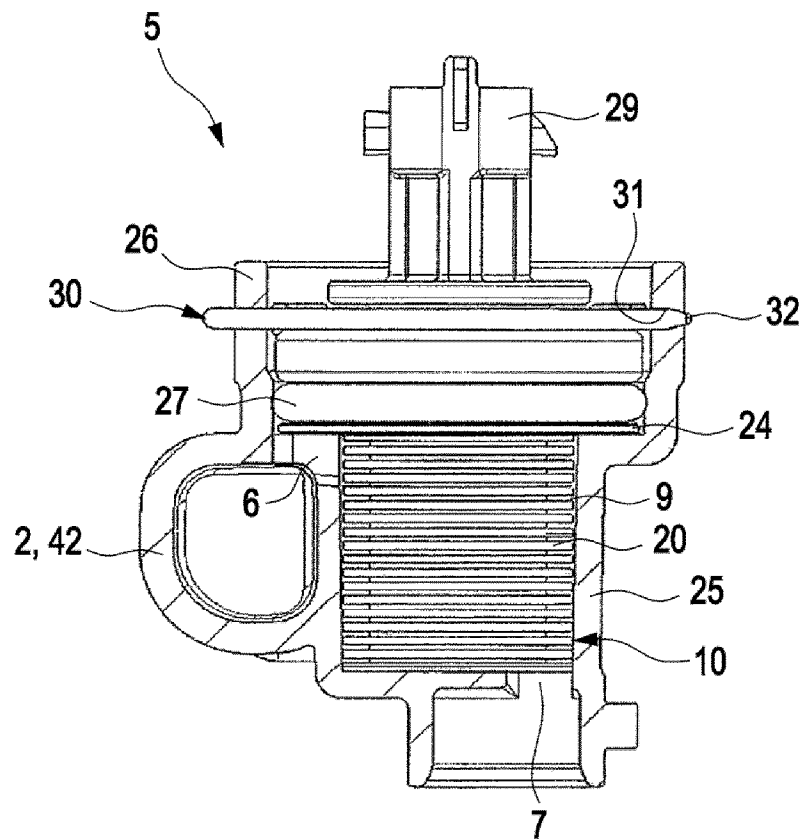


Fig. 14

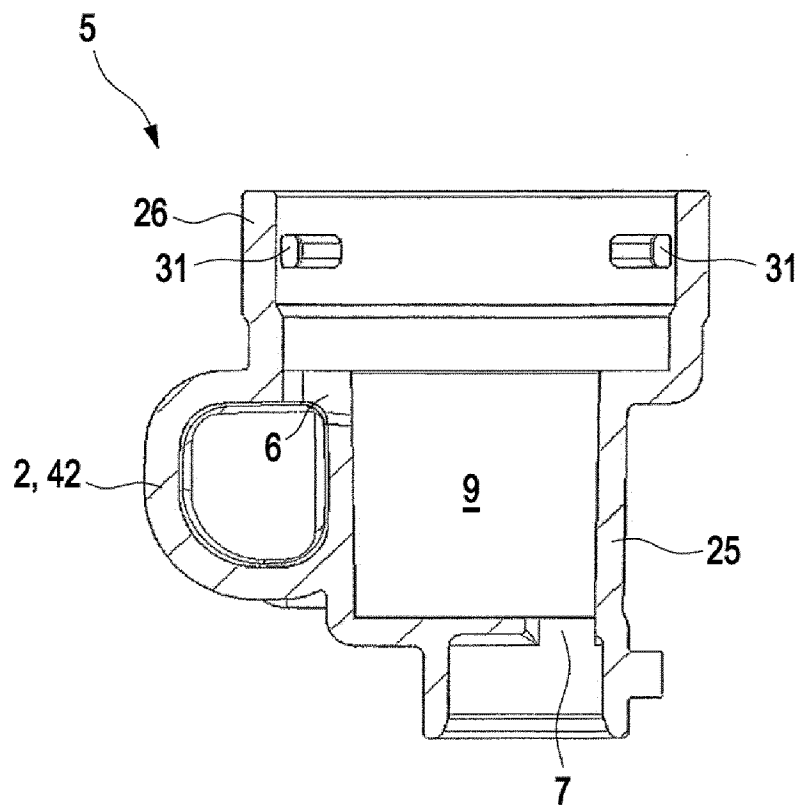


Fig. 15

8/15

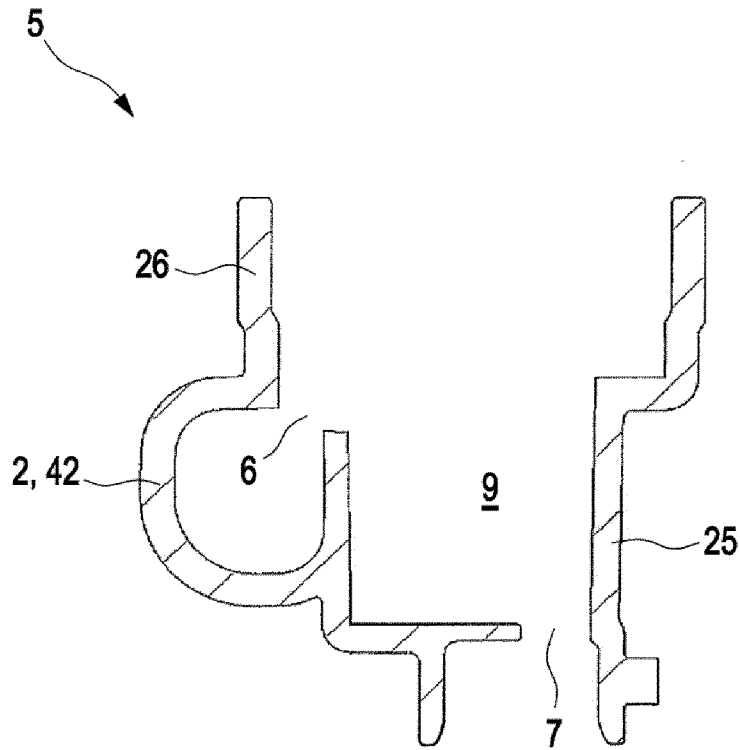


Fig. 16

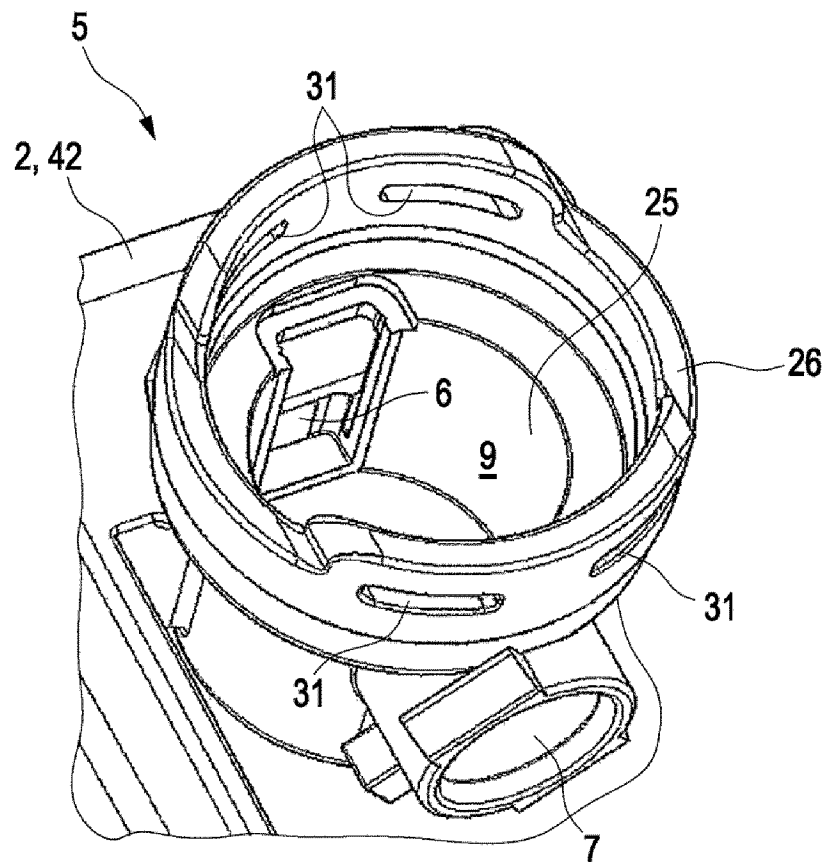


Fig. 17

9/15

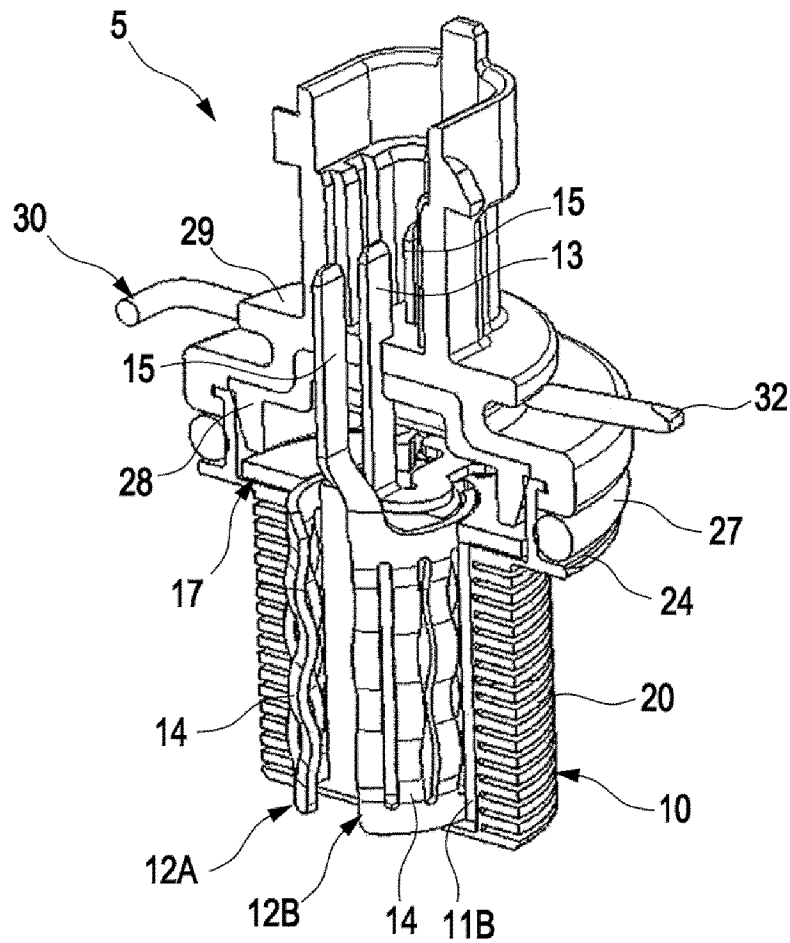


Fig. 18

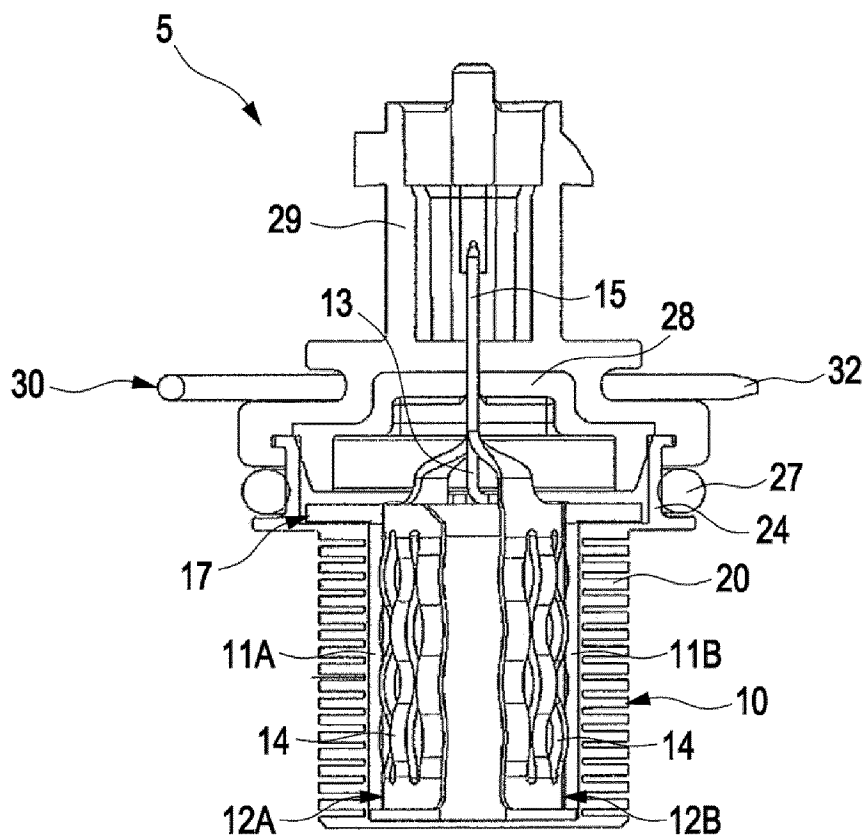


Fig. 19

10/15

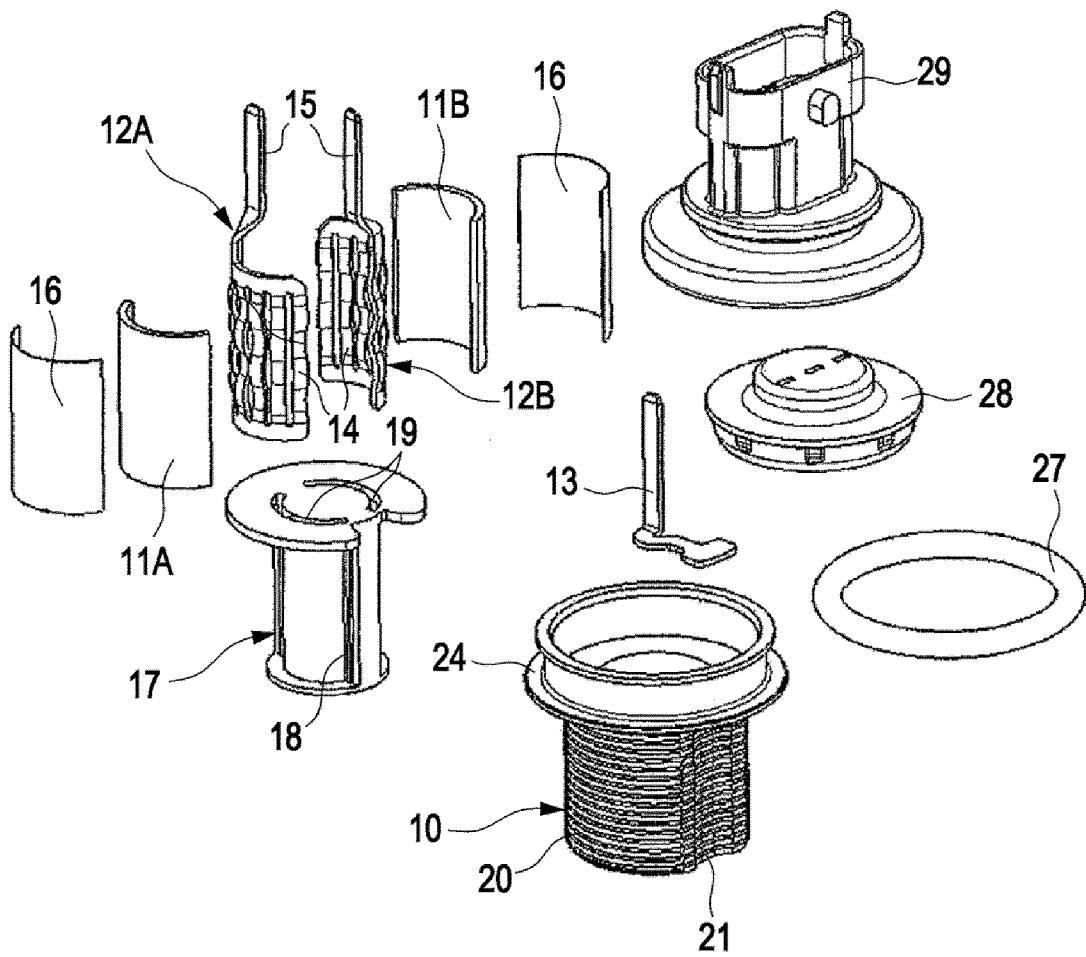


Fig. 20

11/15

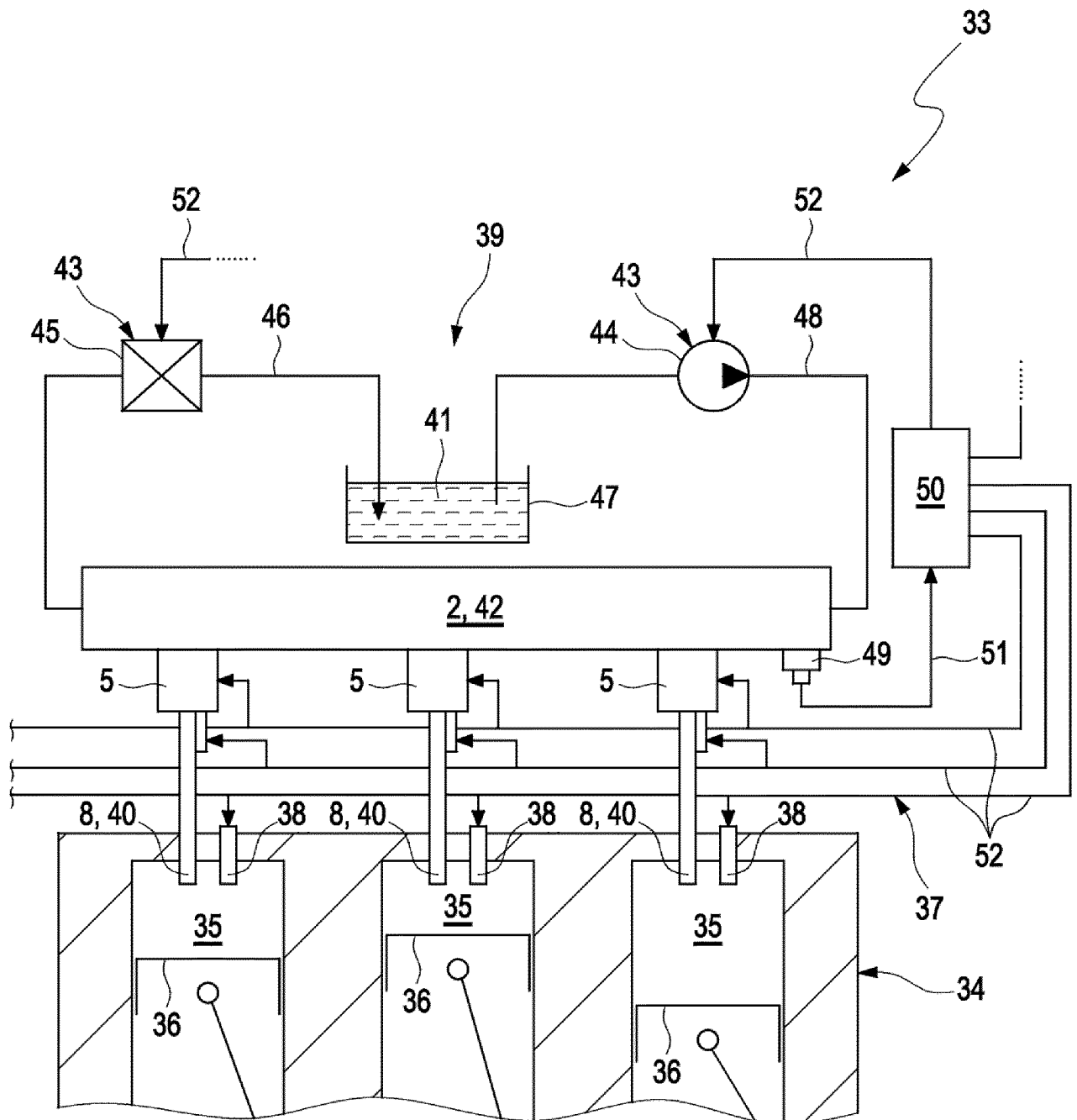


Fig. 21

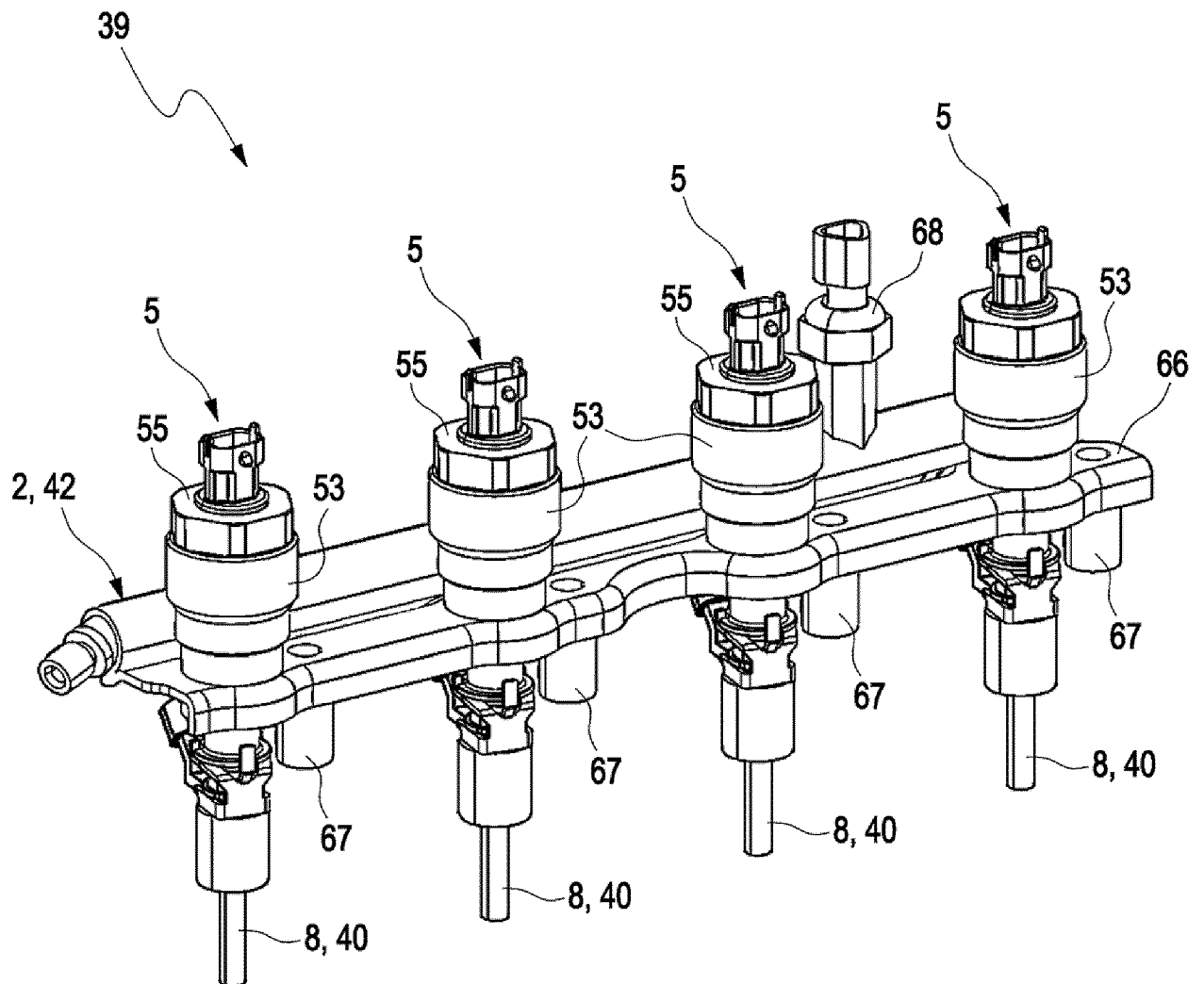


Fig. 22

13/15

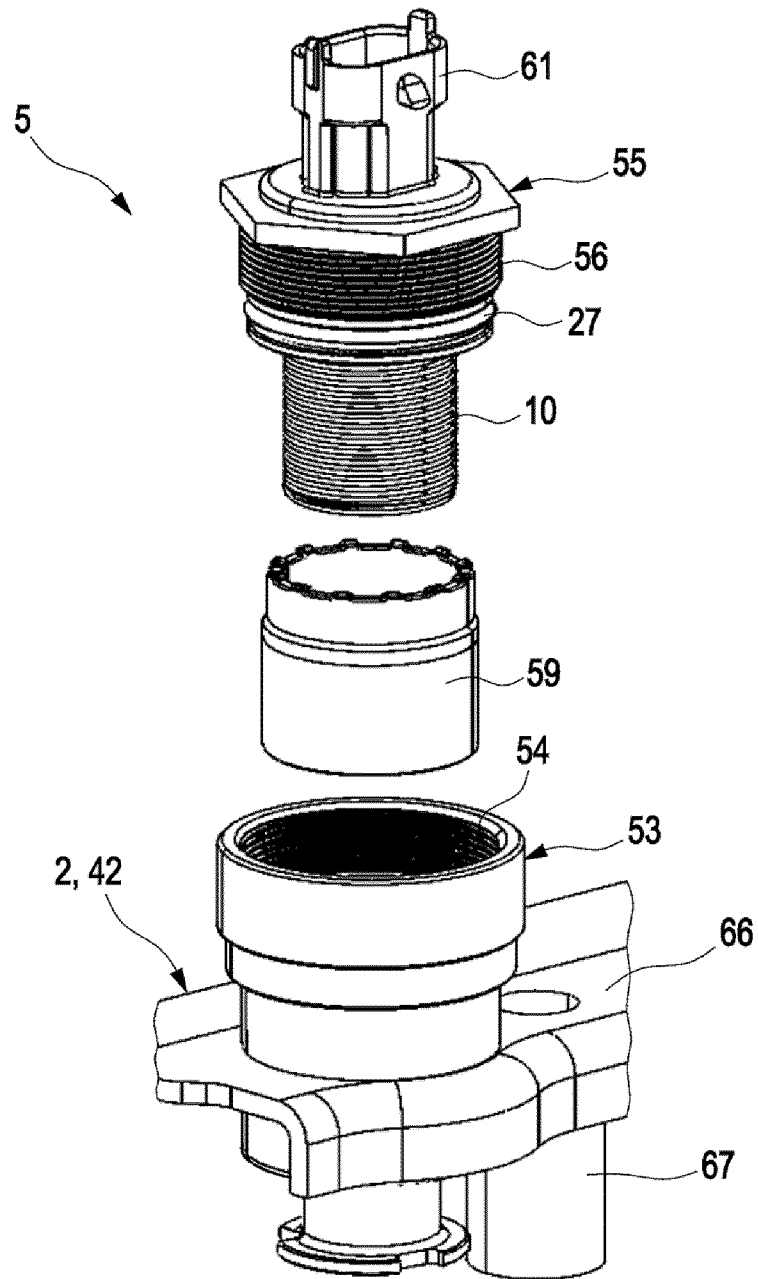


Fig. 23

14/15

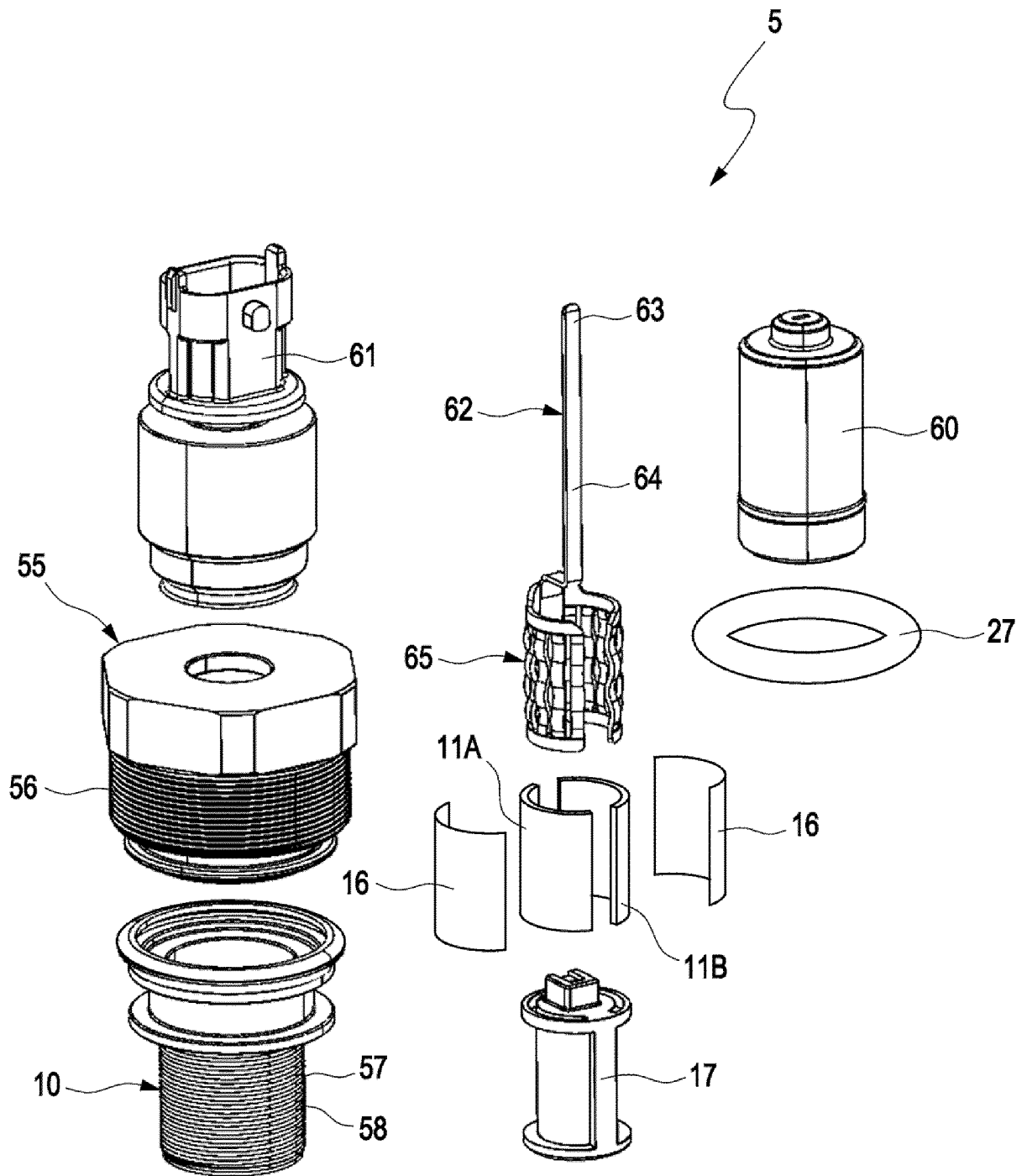


Fig. 24

15/15

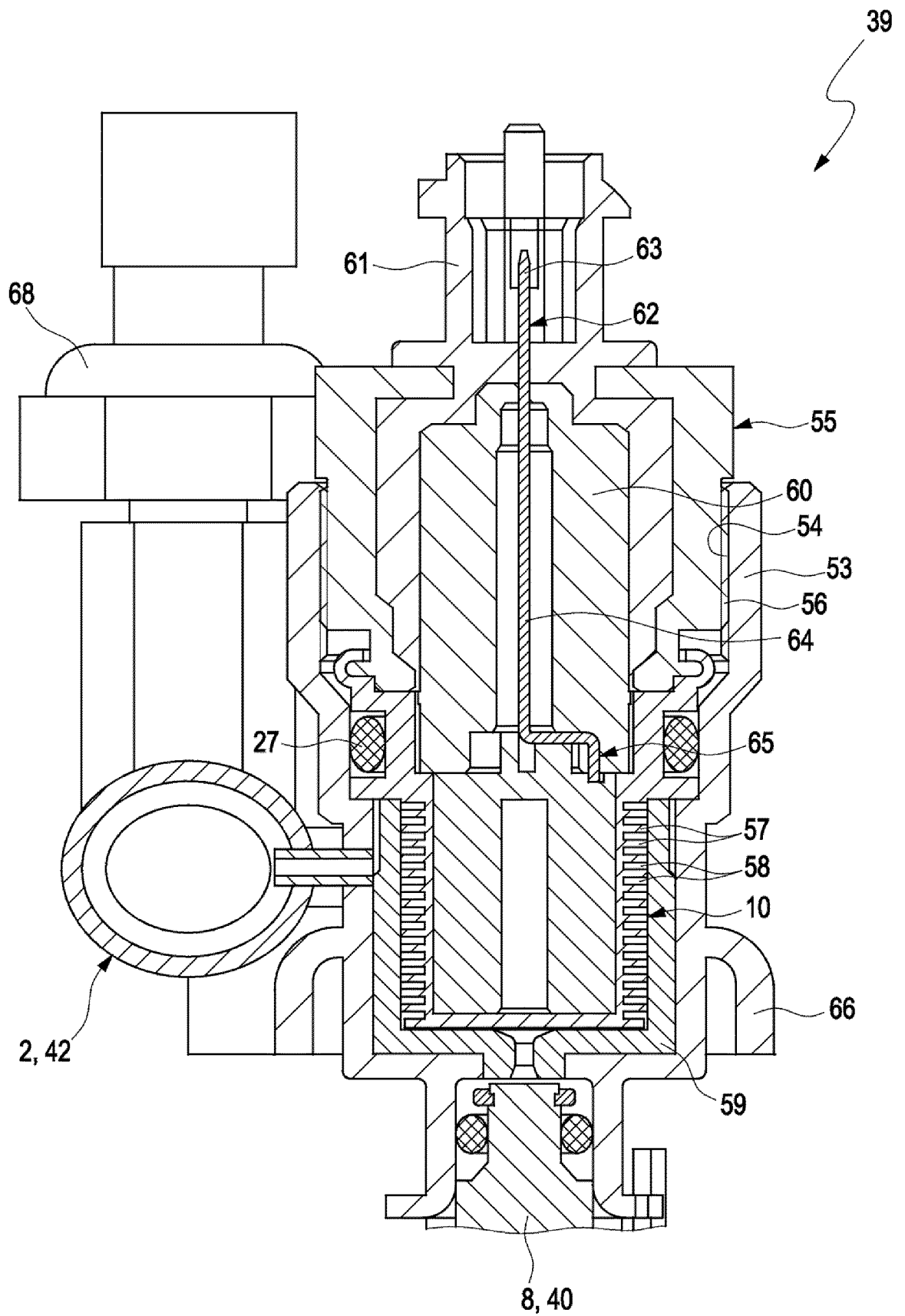


Fig. 25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/080525

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02M51/00 F02M53/02 F02M55/02
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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 888 910 A1 (BOSCH DO BRASIL [BR]) 20 February 2008 (2008-02-20)	1-15, 20-25
Y	paragraphs [0015], [0027] - [0149]; figures 1-20 abstract	17-19
X	WO 2005/024225 A1 (AUDI AG [DE]; GESSLER JOHANN [DE]; RICHARZ OLIVER [DE]) 17 March 2005 (2005-03-17) page 6, line 27 - page 8, line 149; figures 1-20 abstract	1,12-16
Y	DE 10 2012 220429 A1 (MAHLE INT GMBH [DE]) 15 May 2014 (2014-05-15) paragraph [0052] - paragraph [0072]; figures 1-20 abstract	17-19



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

2 February 2018

Date of mailing of the international search report

12/02/2018

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

Hermens, Sjoerd

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/080525

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1888910	A1	20-02-2008	AR 053515 A1 09-05-2007
		AT 487877 T 15-11-2010	
		EP 1888910 A1 20-02-2008	
		JP 4834728 B2 14-12-2011	
		JP 2008542622 A 27-11-2008	
		US 2009133676 A1 28-05-2009	
		WO 2006130938 A1 14-12-2006	

WO 2005024225	A1	17-03-2005	DE 10340159 A1 07-04-2005
		WO 2005024225 A1 17-03-2005	

DE 102012220429	A1	15-05-2014	CN 104755743 A 01-07-2015
		DE 102012220429 A1 15-05-2014	
		EP 2917555 A1 16-09-2015	
		JP 2015534002 A 26-11-2015	
		KR 20150088817 A 03-08-2015	
		US 2015300300 A1 22-10-2015	
		WO 2014072171 A1 15-05-2014	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02M51/00 F02M53/02 F02M55/02
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02M

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 1 888 910 A1 (BOSCH DO BRASIL [BR]) 20. Februar 2008 (2008-02-20)	1-15, 20-25
Y	Absätze [0015], [0027] - [0149]; Abbildungen 1-20 Zusammenfassung	17-19
X	WO 2005/024225 A1 (AUDI AG [DE]; GESSLER JOHANN [DE]; RICHARZ OLIVER [DE]) 17. März 2005 (2005-03-17) Seite 6, Zeile 27 - Seite 8, Zeile 149; Abbildungen 1-20 Zusammenfassung	1,12-16
Y	DE 10 2012 220429 A1 (MAHLE INT GMBH [DE]) 15. Mai 2014 (2014-05-15) Absatz [0052] - Absatz [0072]; Abbildungen 1-20 Zusammenfassung	17-19



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

2. Februar 2018

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/02/2018

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

Hermens, Sjoerd

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/080525

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 1888910 A1	20-02-2008	AR 053515 A1	09-05-2007
		AT 487877 T	15-11-2010
		EP 1888910 A1	20-02-2008
		JP 4834728 B2	14-12-2011
		JP 2008542622 A	27-11-2008
		US 2009133676 A1	28-05-2009
		WO 2006130938 A1	14-12-2006

WO 2005024225 A1	17-03-2005	DE 10340159 A1	07-04-2005
		WO 2005024225 A1	17-03-2005

DE 102012220429 A1	15-05-2014	CN 104755743 A	01-07-2015
		DE 102012220429 A1	15-05-2014
		EP 2917555 A1	16-09-2015
		JP 2015534002 A	26-11-2015
		KR 20150088817 A	03-08-2015
		US 2015300300 A1	22-10-2015
		WO 2014072171 A1	15-05-2014
