

(19)



(11)

EP 3 292 287 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
09.06.2021 Patentblatt 2021/23

(51) Int Cl.:
F02D 41/00 ^(2006.01) **F02M 25/025** ^(2006.01)
F02B 47/02 ^(2006.01) **F02D 41/02** ^(2006.01)
F02D 41/06 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **16716874.9**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2016/058502

(22) Anmeldetag: **18.04.2016**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2016/177557 (10.11.2016 Gazette 2016/45)

(54) **WASSEREINSPRITZVORRICHTUNG EINER BRENNKRAFTMASCHINE UND VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER SOLCHEN WASSEREINSPRITZVORRICHTUNG**

WATER INJECTION DEVICE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND METHOD FOR OPERATING SUCH A WATER INJECTION DEVICE

DISPOSITIF D'INJECTION D'EAU D'UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE ET PROCÉDÉ PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER UN TEL DISPOSITIF D'INJECTION D'EAU

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

(72) Erfinder:
• **BURAK, Ingmar**
70437 Stuttgart (DE)
• **SCHENK, Peter**
71640 Ludwigsburg (DE)

(30) Priorität: **07.05.2015 DE 102015208480**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.03.2018 Patentblatt 2018/11

(56) Entgegenhaltungen:
WO-A1-03/089776 WO-A1-2006/136306
DE-A1-102009 014 795 US-A1- 2012 020 857

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

EP 3 292 287 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit einer Wassereinspritzvorrichtung. Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Wassereinspritzvorrichtung.

[0002] Aufgrund steigender Anforderungen an reduzierte Kohlenstoffdioxidemissionen werden Brennkraftmaschinen zunehmend hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs optimiert. Allerdings können bekannte Brennkraftmaschinen in Betriebspunkten mit hoher Last nicht optimal im Hinblick auf den Verbrauch betrieben werden, da der Betrieb durch Klopfneigung und hohe Abgastemperaturen begrenzt ist. Eine mögliche Maßnahme zur Reduzierung der Klopfneigung und zur Senkung der Abgastemperaturen ist die Einspritzung von Wasser. Hierbei sind üblicherweise separate Wassereinspritzsysteme vorhanden, um die Wassereinspritzung zu ermöglichen. So ist z.B. aus der WO 2014/080266 A1 ein Wassereinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine mit Abgasrückführung bekannt, bei dem das Wasser in den Massenstrom der Abgasrückführung eingespritzt wird. Ein weiteres Wassereinspritzsystem ist in der WO 03/089776 A1 gezeigt.

[0003] Ein Problem bei bekannten Wassereinspritzsystemen ist eine mögliche Vereisung von wasserführenden Komponenten des Wassereinspritzsystems. Um das System auch bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes des im Wassereinspritzsystem verwendeten Wassers zu betreiben, wird ein Heizungselement benutzt. Nachteilig an diesem Heizungselement ist, dass sich die Wärme auf einen kleinen Ort um das Heizungselement reduziert. Dies kann ein nicht optimales Auftauen der vereisten Komponenten des Wassereinspritzsystems zur Folge haben. Insbesondere wenn Wasser aufgrund einer angeforderten Wassereinspritzung aus einem teilweise aufgetauten Wassertank angesaugt wird, kann es zu einem Kontaktverlust des Heizungselements mit dem noch gefrorenen Wasser führen. Dies ist als "Eishöhleeffekt" bezeichnet. Dadurch ist es möglich, dass nicht genug Wasser zum weiteren Einspritzen zur Verfügung steht, was eine Beeinträchtigung der Funktionsweise der Brennkraftmaschine verursachen kann.

Offenbarung der Erfindung

[0004] Die erfindungsgemäße Brennkraftmaschine mit Wassereinspritzvorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 weist demgegenüber den Vorteil auf, dass ein Auftauen von vereisten Komponenten der Wassereinspritzvorrichtung sicher und schnell erfolgen kann. Weiterhin wird der sogenannte Eishöhlen-Effekt vermieden, was anderenfalls zu einer erheblichen Reduzierung des Wirkungsgrads des Heizungselements führen könnte. Dies wird erfindungsgemäß durch eine Wassereinspritzvorrichtung einer Brennkraftmaschine erreicht,

welche einen Wassertank zur Speicherung von Wasser, mindestens einen Wassereinjektor, ein Förderelement zum Fördern des Wassers, welches über eine Ansaugleitung und über eine Rücklaufleitung mit dem Wassertank verbunden ist, und ein erstes Heizungselement umfasst, welches zumindest teilweise an der Ansaugleitung angeordnet ist. Erfindungsgemäß ist das erste Heizungselement eingerichtet, im Wassertank und/oder in der Ansaugleitung befindliches Wasser, welches gefroren ist, aufzutauen, um das aufgetaute Wasser in der Ansaugleitung über die Rücklaufleitung zurück in den Wassertank zu fördern. Durch die Zirkulation des aufgetauten Wassers wird die durch das Heizungselement erzeugte Wärme gleichmäßig im Wassertank verteilt. Somit werden eine frühere Betriebsbereitschaft der Wassereinspritzvorrichtung bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes des Wassers sowie ein sicheres Auftauen der gesamten Wassermenge des Wassertanks in schneller Weise ermöglicht. Dadurch können die Anforderungen an das erste Heizungselement verringert werden, was zu einem kostengünstigen und kompakten Aufbau der Wassereinspritzvorrichtung führt. Das Förderelement ist weiterhin eingerichtet, bei einer aktiven Wassereinspritzung während des Auftauvorgangs so betrieben zu werden, dass eine Mindestmenge vom aufgetauten Wasser im Wassertank verbleibt. Somit kann das Auftauen des restlichen gefrorenen Wassers ununterbrochen erfolgen, auch wenn eine große Wassereinspritzmenge gefordert wird.

[0005] Die Unteransprüche zeigen bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung.

[0006] Um das Auftauen des gefrorenen Wassers zu unterstützen, weist vorzugsweise die Wassereinspritzvorrichtung ferner ein zweites Heizungselement auf, welches zumindest teilweise an der Rücklaufleitung angeordnet ist. Das zweite Heizungselement ist eingerichtet, das durch das erste Heizungselement aufgetaute Wasser zusätzlich zu erwärmen. Außerdem kann das zweite Heizungselement eingeschaltet werden, wenn auch Wasser, welches sich in der Rücklaufleitung befindet, eingefroren ist. Somit kann das Wasser in der Rücklaufleitung durch die Abwärme des zweiten Heizungselements nebst der im schon aufgetauten Wasser eingetragenen Wärme aufgetaut werden.

[0007] Ferner bevorzugt umfasst die Wassereinspritzvorrichtung eine Förderleitung, über welche das Förderelement mit dem Wassereinjektor verbunden ist, und an welcher ein drittes Heizungselement zumindest teilweise angeordnet ist. Das dritte Heizungselement kann unterstützend zu dem ersten Heizungselement und/oder dem zweiten Heizungselement wirken.

[0008] Weiter bevorzugt umfasst die Wassereinspritzvorrichtung ein viertes Heizungselement, welches im Wassertank angeordnet ist. Durch das Vorsehen des vierten Heizungselements wird ein schnelleres Auftauen des vereisten Wassertanks erzielt.

[0009] Das erste Heizungselement und/oder das zweite Heizungselement und/oder das dritte Heizungselement

ment und/oder das vierte Heizungselement können vorzugsweise als eine Einheit ausgebildet sein.

[0010] Besonders bevorzugt weist das erste Heizungselement und/oder das zweite Heizungselement und/oder das dritte Heizungselement und/oder das vierte Heizungselement ein elektrisches Heizungselement und/oder einen hydraulischen Wärmetauscher auf. Ein elektrisches Heizungselement bietet den Vorteil einer einfachen Steuerung. Auf der anderen Seite kann ein hydraulischer Wärmetauscher an die jeweiligen Platz- und Designanforderungen angepasst werden, was zu einer optimalen Wärmeübertragung auf das gefrorene Wasser führt.

[0011] Der hydraulische Wärmetauscher ist vorzugsweise eingerichtet, Kühlwasser der Brennkraftmaschine zum Auftauen des gefrorenen Wassers zu benutzen. Somit kann die Wärme, die im Kühlwasser durch das Abkühlen der Brennkraftmaschine steckt, wiederverwendet werden.

[0012] In vorteilhafter Weise ist das Fördererelement eingerichtet, in einem nicht optimalen Betriebspunkt des Fördererelements betrieben zu werden, um Wärme zu erzeugen. Als nicht optimaler Betriebspunkt ist der Arbeitspunkt zu verstehen, an welchem ein Teil der der elektrischen Leistung in einem Antrieb des Fördererelements in Wärme umgewandelt wird.

[0013] Wenn das Fördererelement als Pumpe ausgebildet ist, ist ein Betrieb der Pumpe bei niedrigerer Drehzahl als der bei einem optimalen Betriebspunkt erwünscht, so dass die erzeugte Wärme des Fördererelements auf das Wasser übertragen wird.

[0014] Insbesondere ist die Brennkraftmaschine eingerichtet, mit Benzin und nach dem Otto-Prinzip betrieben zu werden. Als eine solche Brennkraftmaschine ist die Brennkraftmaschine zu verstehen, bei welcher eine Verbrennung von Benzin bzw. Benzin-Luft-Gemisch durch Fremdzündung in Form einer Zündkerze erfolgt. Da bei einer solchen Brennkraftmaschine der Zündzeitpunkt durch die Fremdzündung genau vorbestimmt ist und durch die Wassereinspritzung die Verbrennung verbessert wird, wird durch die Zirkulation des durch das mindestens eine vorgesehene Heizungselement aufgetauten Wassers in der Wassereinspritzvorrichtung eine ausfallsichere Funktionsweise der Brennkraftmaschine erzielt.

[0015] Insbesondere ist die erfindungsgemäße Wassereinspritzvorrichtung in einer Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung und Turboaufladung eingesetzt.

[0016] Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Wassereinspritzvorrichtung mit mindestens einem Wasserinjektor, und einem Fördererelement zum Fördern des Wassers, welches über eine Ansaugleitung und über eine Rücklaufleitung mit einem Wassertank verbunden ist. Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird im Wassertank und/oder in der Ansaugleitung befindliches Wasser, welches gefroren ist, durch ein erstes Heizungselement aufgetaut. Das aufgetaute Wasser in der Ansaugleitung wird erfin-

dungsgemäß über die Rücklaufleitung zurück in den Wassertank der Wassereinspritzvorrichtung gefördert. Das Fördererelement wird bei einer aktiven Wassereinspritzung während des Auftauvorgangs so betrieben, dass eine Mindestmenge vom aufgetauten Wasser im Wassertank verbleibt.

[0017] Vorzugsweise wird das Fördererelement in einem nicht optimalen Betriebspunkt des Fördererelements betrieben, um Wärme zu erzeugen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0018] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung unter Bezugnahme auf die begleitende Zeichnung im Detail beschrieben, wobei gleiche bzw. funktional gleiche Teile jeweils mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet sind. In der Zeichnung ist:

Figur 1 eine stark vereinfachte schematische Ansicht einer Brennkraftmaschine mit einer Wassereinspritzvorrichtung gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung,

Figur 2 eine vereinfachte schematische Ansicht der Wassereinspritzvorrichtung gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel,

Figur 3 eine vereinfachte schematische Ansicht der Wassereinspritzvorrichtung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

Figur 4 eine vereinfachte schematische Ansicht der Wassereinspritzvorrichtung gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel, und

Figur 5 eine vereinfachte schematische Ansicht der Wassereinspritzvorrichtung gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel.

Ausführungsformen der Erfindung

[0019] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 eine Wassereinspritzvorrichtung 1 einer Brennkraftmaschine 2 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung im Detail beschrieben. Insbesondere wird die Brennkraftmaschine 2 nach dem Otto-Prinzip und mit Benzindirekteinspritzung betrieben.

[0020] In Figur 1 ist die Brennkraftmaschine 2, welche eine Vielzahl von Zylindern aufweist, sowie ein Teil der erfindungsgemäßen Wassereinspritzvorrichtung 1 schematisch dargestellt. Die Brennkraftmaschine 2 umfasst pro Zylinder einen Brennraum 20, in welchem ein Kolben 21 hin und her bewegbar ist. Ferner weist vorzugsweise die Brennkraftmaschine 2 pro Zylinder zwei Einlassventile 25 mit jeweils einem Einlasskanal 22 auf, über welche Luft zum Brennraum 20 zugeführt wird. Abgas wird über

einen Abgaskanal 23 abgeführt. Hierzu ist am Abgaskanal 23 ein Auslassventil 26 angeordnet. Das Bezugszeichen 24 bezeichnet ferner ein Kraftstoffeinspritzventil.

[0021] An jedem Einlasskanal 22 ist ferner ein Wassereinjektor 6 angeordnet, welcher über eine Steuereinheit 10 Wasser in den Einlasskanal 22 der Brennkraftmaschine 2 einspritzt. In diesem Ausführungsbeispiel sind zwei Wassereinjektoren 6 pro Zylinder vorgesehen, was zur besseren Aufbereitung oder zur Erhöhung der pro Verbrennungszyklus maximal einspritzbaren Wassermenge führt. Alternativ kann ein Wassereinjektor pro Zylinder angeordnet sein.

[0022] In Figur 2 ist die erfindungsgemäße Wassereinspritzvorrichtung 1 im Detail gezeigt. Die Wassereinspritzvorrichtung 1 umfasst ein als Pumpe ausgebildetes Förderelement 3 und einen elektrischen Antrieb 4 zum Antreiben der Pumpe. Des Weiteren ist ein Wassertank 5 vorgesehen, welcher durch eine Ansaugleitung 7 mit dem Förderelement 3 verbunden ist. Eine Förderleitung 8 verbindet das Förderelement 3 mit einem Verteiler 9 bzw. einem Rail, an welchem eine Vielzahl von Wassereinjektoren 6 angeschlossen ist.

[0023] Zum Einspritzen von Wasser in die Einlasskanäle 22 der Brennkraftmaschine 2 wird Wasser aus dem Wassertank 5 durch das Förderelement 3 in die Wassereinjektoren 6 zugeführt. Dafür wird bevorzugt ein Kondensat eines nicht gezeigten Verdampfers einer Klimaanlage verwendet, wozu die erfindungsgemäße Wassereinspritzvorrichtung 1 eine Zulaufleitung 11 aufweist.

[0024] Alternativ oder zusätzlich zum Kondensat kann deionisiertes Wasser über eine Nachfüllleitung 12 in den Wassertank 5 gefördert werden. In der Nachfüllleitung 12 kann optional ein Sieb vorgesehen sein. Ferner sind ein Vorfilter 16 in der ersten Leitung 7 und ein Feinfilter 17 in der Förderleitung 8 angeordnet, welche optional beheizt werden können.

[0025] Wird nun über die Steuereinheit 10, welche bevorzugt als die Steuereinheit der Brennkraftmaschine 2 ausgebildet ist, eine Wassereinspritzung unter normalen Umgebungstemperaturen angefordert, so wird mittels des Förderelements 3 Wasser aus dem Wassertank 5 angesaugt. Zum Einstellen des gewünschten Systemdrucks im Verteiler 9 ist ein Druckregler 15 in der Form einer Blende in einer Rücklaufleitung 13 angeordnet, welche die Förderleitung 8 mit dem Wassertank 5 verbindet. Nach einer alternativen Ausgestaltung der Erfindung kann anstatt einer Blende ein Rückschlagventil als der Druckregler 15 benutzt werden. Zur Druckregelung ist ferner ein Drucksensor 14 in der Förderleitung 8 vorgesehen.

[0026] Wenn allerdings die Wassereinspritzvorrichtung 1 bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes des Wassers der Wassereinspritzvorrichtung 1 benutzt wird, kann es zu einer Vereisung des Wassertanks 5 und/oder der Ansaugleitung 7 führen. Dieser Bereich der Wassereinspritzvorrichtung 1 kann empfindlich sein, auch wenn die Brennkraftmaschine 1 im Betrieb ist, da dieser Bereich vom Brennraum 22 entfernt sein kann.

Um eine Vereisung des Wassertanks 5 und/oder der Ansaugleitung 7 zu erkennen, kann z.B. ein Temperatur- bzw. Füllstandsensormittel 18 benutzt werden.

[0027] Zum Auftauen des gefrorenen Wasser ist ein erstes Heizungselement 19a in der Ansaugleitung 7 angeordnet. Das erste Heizungselement 19a ist eingerichtet, das im Wassertank 5 und/oder in der Ansaugleitung 7 befindliches Wasser, welches gefroren ist, aufzutauen.

[0028] Das Förderelement 3 ist ferner eingerichtet, das aufgetaute Wasser in der Ansaugleitung 7 und/oder dem Wassertank 5 über die Rücklaufleitung 13 zurück in den Wassertank 5 zu fördern.

[0029] Das erste Heizungselement 19a kann als ein elektrisches Heizungselement wie z.B. ein elektrischer Widerstand und/oder als ein hydraulischer Wärmetauscher ausgebildet sein. Hierbei kann der hydraulische Wärmetauscher eingerichtet sein, Kühlwasser der Brennkraftmaschine 2 zum Auftauen des gefrorenen Wassers zu benutzen.

[0030] Für eine möglichst frühe Betriebsbereitschaft der Wassereinspritzvorrichtung 1 wird zunächst ein kleiner Teil des Wassers im Wassertank 5 und/oder in der Ansaugleitung 7 des Förderelements 3 aufgetaut. Sobald dieses Wasservolumen aufgetaut ist, wird das Förderelement 3 bei noch inaktiver Wassereinspritzung, d.h. bei geschlossenen Wassereinjektoren 6, eingeschaltet. Das aufgetaute Wasser wird dann über die Rücklaufleitung 13 über den Druckregler 15 zum Wassertank 5 zugeführt.

[0031] Es findet somit eine Zirkulation des aufgetauten Wassers statt, wodurch die im Wasser steckende Wärme gleichmäßig im Wassertank 5 verteilt wird. Dadurch kann die Enteisung des Wassertanks 5 fortfahren, wenn er noch nicht vollständig aufgetaut ist. Somit steht bei der nächsten Zirkulation eine größere Wassermenge zur Verfügung, welche sich bei ansteigender Anzahl von Zirkulationsvorgängen zunimmt. Dies hat ein sehr schnelles Auftauen des gefrorenen Wassers zur Folge.

[0032] Um den Effekt der Erwärmung durch Zirkulation zu verstärken, kann das Förderelement 3 in einem nicht optimalen Betriebspunkt betrieben werden. Vorzugsweise kann das Förderelement 3 bewusst in einem Drehzahlbereich betrieben werden, in welchem sich die Wärmeverluste des Förderelements 3 erhöhen. Das heißt, dass der Wirkungsgrad des Förderelements 3 an dem nicht optimalen Betriebspunkt nicht maximal ist. Dies führt zu einer weiteren Erwärmung des zirkulierenden Wassers, was das Auftauen des noch gefrorenen Wasser erleichtert.

[0033] Wird aufgrund der Fahrtbedingungen während dieses optimierten Auftauverfahrens eine Wassereinspritzung durch die Brennkraftmaschine 2 angefordert, so wird zunächst eine Wassereinspritzmenge zugelassen, so dass genug aufgetautes Wasser noch im teilweise vereisten Wassertank 5 verbleibt. Somit kann der Auftauvorgang ununterbrochen erfolgen.

[0034] Falls die zugelassene Wassereinspritzmenge für die verbrennungsrelevante Einspritzung nicht aus-

reicht, d.h., wenn die zum Einspritzen verfügbare Wassereinspritzmenge kleiner als eine minimale Wassereinspritzmenge ist, welche für die Verbrennung benötigt ist, wird die Leistung der Brennkraftmaschine 2 reduziert. Somit können Problemen beim Betrieb der Brennkraftmaschine 2, wie z.B. Klopfen, aufgrund der reduzierten Wassereinspritzmenge vermieden werden.

[0035] Sobald sichergestellt wird, dass die im Wassertank 5 verbliebene aufgetaute Wassermenge genug ist, um das Auftaufverfahren fortzusetzen, auch wenn die von der Brennkraftmaschine 2 benötigte Wassereinspritzmenge eingespritzt wird, wird diese Wassereinspritzmenge tatsächlich freigegeben.

[0036] Durch die Zirkulation des durch das erste Heizungselement 19a aufgetauten Wassers wird die erzeugte Wärme optimal im Wassertank 5 verteilt. Somit kann über die erfindungsgemäße Wassereinspritzvorrichtung 1 das Auftauen des gefrorenen Wassers im Wassertank 5 sowie in der Ansaugleitung 7 schneller erfolgen. Die Wassereinspritzvorrichtung 1 ist dadurch früher betriebsbereit.

[0037] Um das Auftauen des gefrorenen Wassers zu unterstützen, kann die Wassereinspritzvorrichtung 1 gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel (Figur 3) ferner ein zweites Heizungselement 19b aufweisen. Das zweite Heizungselement 19b ist an der Rücklaufleitung 13 angeordnet. Somit kann das schon aufgetaute Wasser während dessen Zirkulation weiter erhitzt werden, um mehr Wärme in den Wassertank 5 einzuleiten.

[0038] Das zweite Heizungselement 19b kann auch behilflich sein, wenn die Rücklaufleitung 13 vollständig oder teilweise vereist ist.

[0039] Die Figur 4 zeigt ein drittes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das dritte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich vom zweiten Ausführungsbeispiel grundsätzlich dadurch, dass ein drittes Heizungselement 19c in der Förderleitung 8 angeordnet ist. Somit kann mehr Wärme auf das aufgetaute Wasser übertragen werden. Vorzugsweise ist das dritte Heizungselement 19c vor der Rücklaufleitung 13 in Förderrichtung des Wassers angeordnet.

[0040] Wie aus der Figur 5 ersichtlich ist, weist die Wassereinspritzvorrichtung 1 gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung ein viertes Heizungselement 19d auf.

[0041] Das vierte Heizungselement 19d ist innerhalb des Wassertanks 5 angeordnet, auf. Durch das Vorsehen eines vierten Heizungselements kann das gefrorene Wasser im Wassertank 5 schneller aufgetaut werden. Somit kann die Wassereinspritzvorrichtung 1 früher betriebsbereit sein.

[0042] Es sei angemerkt, dass die Heizungselemente 19a, 19b, 19c und 19d eine Heizungseinheit bilden können. Insbesondere wenn die Heizungselemente 19a, 19b, 19c und 19d als hydraulische Wärmetauscher ausgebildet sind, kann die Übertragung der Wärme auf das Wasser in einem Einheitskreislauf erfolgen.

[0043] Ferner können die Heizungselemente 19a, 19b,

19c und 19d auch als die Heizung der beheizten Filterelemente 16 und 17 dienen.

5 Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine umfassend eine Wassereinspritzvorrichtung (1), wobei die Wassereinspritzvorrichtung (1) der Brennkraftmaschine (2) umfasst:

- einen Wassertank (5) zur Speicherung von Wasser,
- mindestens einen Wasserinjektor (6), welcher Wasser in einen Einlasskanal (22) der Brennkraftmaschine (2) einspritzt,
- ein Förderelement (3) zum Fördern des Wassers, welches über eine Ansaugleitung (7) und über eine Rücklaufleitung (13) mit dem Wassertank (5) verbunden ist,

dadurch gekennzeichnet, dass die Wassereinspritzvorrichtung (1) weiterhin umfasst:

- ein erstes Heizungselement (19a), welches zumindest teilweise an der Ansaugleitung (7) angeordnet ist,
- wobei das erste Heizungselement (19a) eingerichtet ist, im Wassertank (5) und/oder in der Ansaugleitung (7) befindliches Wasser, welches gefroren ist, aufzutauen, und
- wobei das Förderelement (3) eingerichtet ist, das aufgetaute Wasser in der Ansaugleitung (7) über die Rücklaufleitung (13) zurück in den Wassertank (5) zu fördern, wobei das Förderelement (3) eingerichtet ist, bei einer aktiven Wassereinspritzung während des Auftaufvorgangs so betrieben zu werden, dass eine Mindestmenge vom aufgetauten Wasser im Wassertank (5) verbleibt, derart, dass das Auftauen des restlichen gefrorenen Wassers ununterbrochen erfolgen kann.

2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei die Wassereinspritzvorrichtung (1) der Brennkraftmaschine ferner ein zweites Heizungselement (19b) umfasst, welches zumindest teilweise an der Rücklaufleitung (13) angeordnet ist.

3. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Wassereinspritzvorrichtung (1) der Brennkraftmaschine ferner eine Förderleitung (8) umfasst, über welche das Förderelement (3) mit dem Wasserinjektor (6) verbunden ist, und an welcher ein drittes Heizungselement (19c) zumindest teilweise angeordnet ist.

4. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Wassereinspritzvorrichtung (1)

der Brennkraftmaschine ferner ein viertes Heizungselement (19d) umfasst, welches im Wassertank (5) angeordnet ist.

5. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das erste Heizungselement (19a) und/oder das zweite Heizungselement (19b) und/oder das dritte Heizungselement (19c) und/oder das vierte Heizungselement (19d) ein elektrisches Heizungselement und/oder einen hydraulischen Wärmetauscher aufweisen. 10
6. Brennkraftmaschine nach Anspruch 5, wobei der hydraulische Wärmetauscher eingerichtet ist, Kühlwasser der Brennkraftmaschine (2) zum Auftauen des gefrorenen Wassers zu benutzen. 15
7. Brennkraftmaschine nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei das Förderelement (3) eingerichtet ist, in einem nicht optimalen Betriebspunkt des Förderelements (3) betrieben zu werden, um Wärme zu erzeugen. 20
8. Brennkraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche eingerichtet ist, mit Benzin und nach dem Otto-Prinzip betrieben zu werden. 25
9. Brennkraftmaschine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welche eingerichtet ist, mit reduzierter Leistung betrieben zu werden, wenn eine reduzierte zum Einspritzen verfügbare Wassermenge kleiner als eine minimale Wassereinspritzmenge ist, welche für die Verbrennung benötigt wird. 30
10. Verfahren zum Betreiben einer Wassereinspritzvorrichtung (1) mit mindestens einem Wasserinjektor (6), welcher Wasser in einen Einlasskanal (22) einer Brennkraftmaschine (2) einspritzt, und einem Förderelement zum Fördern des Wassers, welches über eine Ansaugleitung (7) und über eine Rücklaufleitung (13) mit einem Wassertank (5) verbunden ist, wobei im Wassertank (5) und/oder in der Ansaugleitung (7) befindliches Wasser, welches gefroren ist, durch ein erstes Heizungselement (19a), welches zumindest teilweise an der Ansaugleitung (7) angeordnet ist, aufgetaut wird, und das aufgetaute Wasser in der Ansaugleitung (7) über die Rücklaufleitung (13) zurück in den Wassertank (5) gefördert wird, wobei das Förderelement (3) bei einer aktiven Wassereinspritzung während des Auftauvorgangs so betrieben wird, dass eine Mindestmenge vom aufgetauten Wasser im Wassertank (5) verbleibt, derart, dass das Auftauen des restlichen gefrorenen Wassers ununterbrochen erfolgen kann. 35 40 45 50
11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Förderelement (3) in einem nicht optimalen Betriebspunkt des Förderelements (3) betrieben wird, um Wärme zu

erzeugen.

Claims

1. Internal combustion engine comprising a water injection device (1), wherein the water injection device (1) of the internal combustion engine (2) comprises:
 - a water tank (5) for storing water,
 - at least one water injector (6) which injects water into an inlet channel (22) of the internal combustion engine (2),
 - a conveying element (3) for conveying the water, which conveying element is connected via a suction line (7) and via a return line (13) to the water tank (5),**characterized in that** the water injection device (1) furthermore comprises:
 - a first heating element (19a) which is arranged at least partially on the suction line (7),
 - wherein the first heating element (19a) is configured to thaw frozen water situated in the water tank (5) and/or in the suction line (7), and
 - wherein the conveying element (3) is configured to convey the thawed water in the suction line (7) via the return line (13) back into the water tank (5),
 wherein the conveying element (3) is configured to, in the case of an active water injection during the thawing process, be operated such that a minimum quantity of thawed water remains in the water tank (5), such that the thawing of the rest of the frozen water can be performed without interruption.
2. Internal combustion engine according to Claim 1, wherein the water injection device (1) of the internal combustion engine furthermore comprises a second heating element (19b) which is arranged at least partially on the return line (13).
3. Internal combustion engine according to any of the preceding claims, wherein the water injection device (1) of the internal combustion engine furthermore comprises a conveying line (8) via which the conveying element (3) is connected to the water injector (6) and on which a third heating element (19c) is at least partially arranged.
4. Internal combustion engine according to any of the preceding claims, wherein the water injection device (1) of the internal combustion engine furthermore comprises a fourth heating element (19d) which is

arranged in the water tank (5).

5. Internal combustion engine according to any of the preceding claims, wherein the first heating element (19a) and/or the second heating element (19b) and/or the third heating element (19c) and/or the fourth heating element (19d) have an electrical heating element and/or a hydraulic heat exchanger. 5
6. Internal combustion engine according to Claim 5, wherein the hydraulic heat exchanger is configured to utilize cooling water of the internal combustion engine (2) for the purposes of thawing the frozen water. 10
7. Internal combustion engine according to any of the preceding claims, wherein the conveying element (3) is configured to be operated at a non-optimal operating point of the conveying element (3) in order to generate heat. 15
8. Internal combustion engine according to any of the preceding claims, which is configured to be operated with gasoline and in accordance with the Otto cycle principle. 20
9. Internal combustion engine according to any of the preceding claims, which is configured to be operated with reduced power if a reduced water quantity available for injection is smaller than a minimum water injection quantity required for the combustion. 25
10. Method for operating a water injection device (1) having at least one water injector (6) which injects water into an inlet channel (22) of an internal combustion engine (2) and having a conveying element for conveying the water, which conveying element is connected via a suction line (7) and via a return line (13) to a water tank (5), wherein frozen water situated in the water tank (5) and/or in the suction line (7) is thawed by means of a first heating element (19a) which is arranged at least partially on the suction line (7), and the thawed water in the suction line (7) is conveyed via the return line (13) back into the water tank (5), wherein the conveying element (3) is, in the case of an active water injection during the thawing process, operated such that a minimum quantity of thawed water remains in the water tank (5), such that the thawing of the rest of the frozen water can be performed without interruption. 30
11. Method according to Claim 10, wherein the conveying element (3) is operated at a non-optimal operating point of the conveying element (3) in order to generate heat. 35

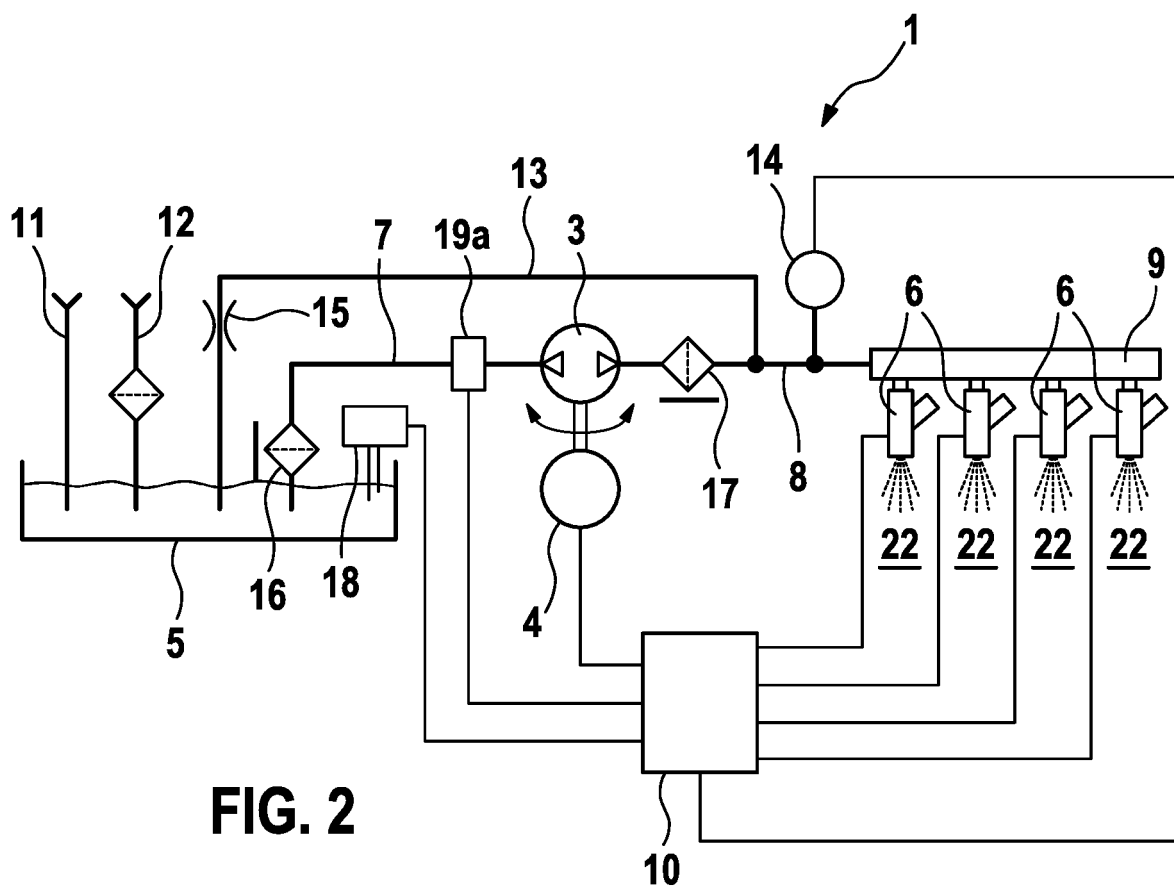
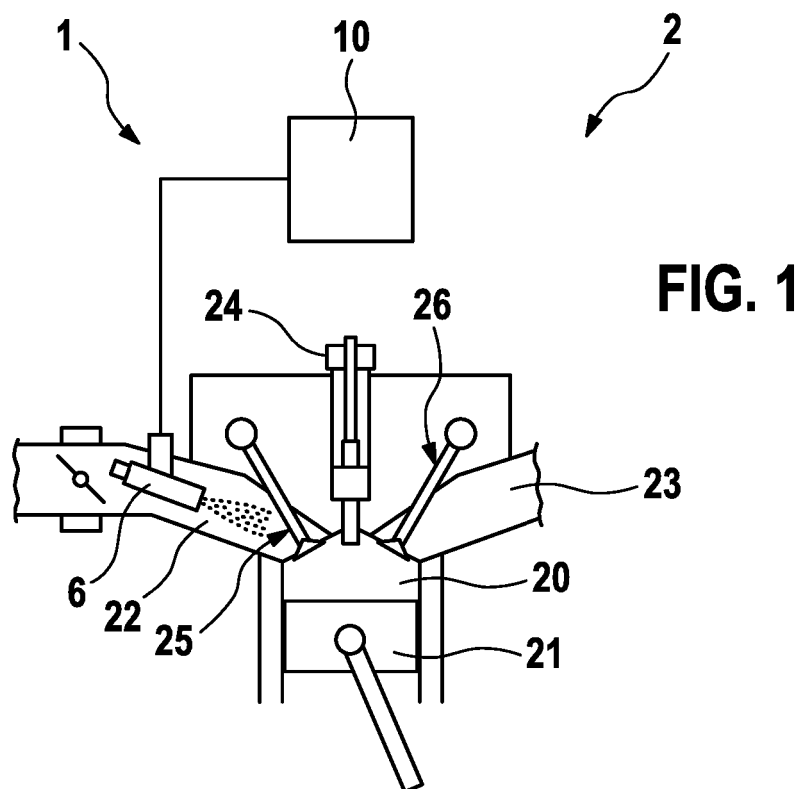
Revendications

1. Moteur à combustion interne comprenant un dispositif d'injection d'eau (1), le dispositif d'injection d'eau (1) du moteur à combustion interne (2) comprenant : 5
 - un réservoir d'eau (5) pour le stockage d'eau,
 - au moins un injecteur d'eau (6), qui injecte de l'eau dans un canal d'entrée (22) du moteur à combustion interne (2),
 - un élément de transport (3) pour le transport de l'eau, qui est relié au réservoir d'eau (5) par l'intermédiaire d'une conduite d'aspiration (7) et par l'intermédiaire d'une conduite de retour (13), **caractérisé en ce que** le dispositif d'injection d'eau (1) comprend en outre :
 - un premier élément chauffant (19a), qui est agencé au moins partiellement au niveau de la conduite d'aspiration (7),
 - le premier élément chauffant (19a) étant conçu pour dégeler de l'eau, qui est gelée, se trouvant dans le réservoir d'eau (5) et/ou dans la conduite d'aspiration (7), et
 - l'élément de transport (3) étant conçu pour ramener dans le réservoir d'eau (5), par l'intermédiaire de la conduite de retour (13), l'eau dégelée dans la conduite d'aspiration (7),
 - l'élément de transport (3) étant conçu pour être exploité lors d'une injection d'eau active pendant le processus de dégel, de telle sorte qu'une quantité minimale d'eau dégelée reste dans le réservoir d'eau (5), de telle sorte que le dégel de l'eau gelée résiduelle puisse avoir lieu sans interruption. 20
2. Moteur à combustion interne selon la revendication 1, dans lequel le dispositif d'injection d'eau (1) du moteur à combustion interne comprend en outre un deuxième élément chauffant (19b), qui est agencé au moins partiellement au niveau de la conduite de retour (13). 25
3. Moteur à combustion interne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif d'injection d'eau (1) du moteur à combustion interne comprend en outre une conduite de transport (8), par l'intermédiaire de laquelle l'élément de transport (3) est relié avec l'injecteur d'eau (6), et au niveau de laquelle un troisième élément chauffant (19c) est au moins partiellement agencé. 30
4. Moteur à combustion interne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le dispositif d'injection d'eau (1) du moteur à combustion interne comprend en outre un quatrième élément chauffant (19d), qui est agencé dans le réservoir 35

d'eau (5) .

exploitation non optimal de l'élément de transport (3), afin de générer de la chaleur.

5. Moteur à combustion interne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le premier élément chauffant (19a) et/ou le deuxième élément chauffant (19b) et/ou le troisième élément chauffant (19c) et/ou le quatrième élément chauffant (19d) comprennent un élément chauffant électrique et/ou un échangeur de chaleur hydraulique. 5
10
6. Moteur à combustion interne selon la revendication 5, dans lequel l'échangeur de chaleur hydraulique est conçu pour utiliser de l'eau de refroidissement du moteur à combustion interne (2) pour le dégel de l'eau gelée. 15
7. Moteur à combustion interne selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'élément de transport (3) est conçu pour être exploité à un point d'exploitation non optimal de l'élément de transport (3), afin de générer de la chaleur. 20
8. Moteur à combustion interne selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui est conçu pour être exploité avec de l'essence et selon le principe d'Otto. 25
9. Moteur à combustion interne selon l'une quelconque des revendications précédentes, qui est conçu pour être exploité avec une puissance réduite lorsqu'une quantité d'eau réduite disponible pour l'injection est inférieure à une quantité d'injection d'eau minimale qui est nécessaire pour la combustion. 30
10. Procédé d'exploitation d'un dispositif d'injection d'eau (1) avec au moins un injecteur d'eau (6), qui injecte de l'eau dans un canal d'entrée (22) d'un moteur à combustion interne (2), et un élément de transport pour le transport de l'eau, qui est relié à un réservoir d'eau (5) par l'intermédiaire d'une conduite d'aspiration (7) et par l'intermédiaire d'une conduite de retour (13), 35
de l'eau, qui est gelée, se trouvant dans le réservoir d'eau (5) et/ou dans la conduite d'aspiration (7) étant dégelée par un premier élément chauffant (19a), qui est agencé au moins partiellement dans la conduite d'aspiration (7), et l'eau dégelée dans la conduite d'aspiration (7) étant ramenée dans le réservoir d'eau (5) par l'intermédiaire de la conduite de retour (13), l'élément de transport (3) étant conçu pour être 40
exploité lors d'une injection d'eau active pendant le processus de dégel, de telle sorte qu'une quantité minimale d'eau dégelée reste dans le réservoir d'eau (5), de telle sorte que le dégel de l'eau gelée résiduelle puisse avoir lieu sans interruption. 45
50
55
11. Procédé selon la revendication 10, dans lequel l'élément de transport (3) est exploité à un point d'ex-



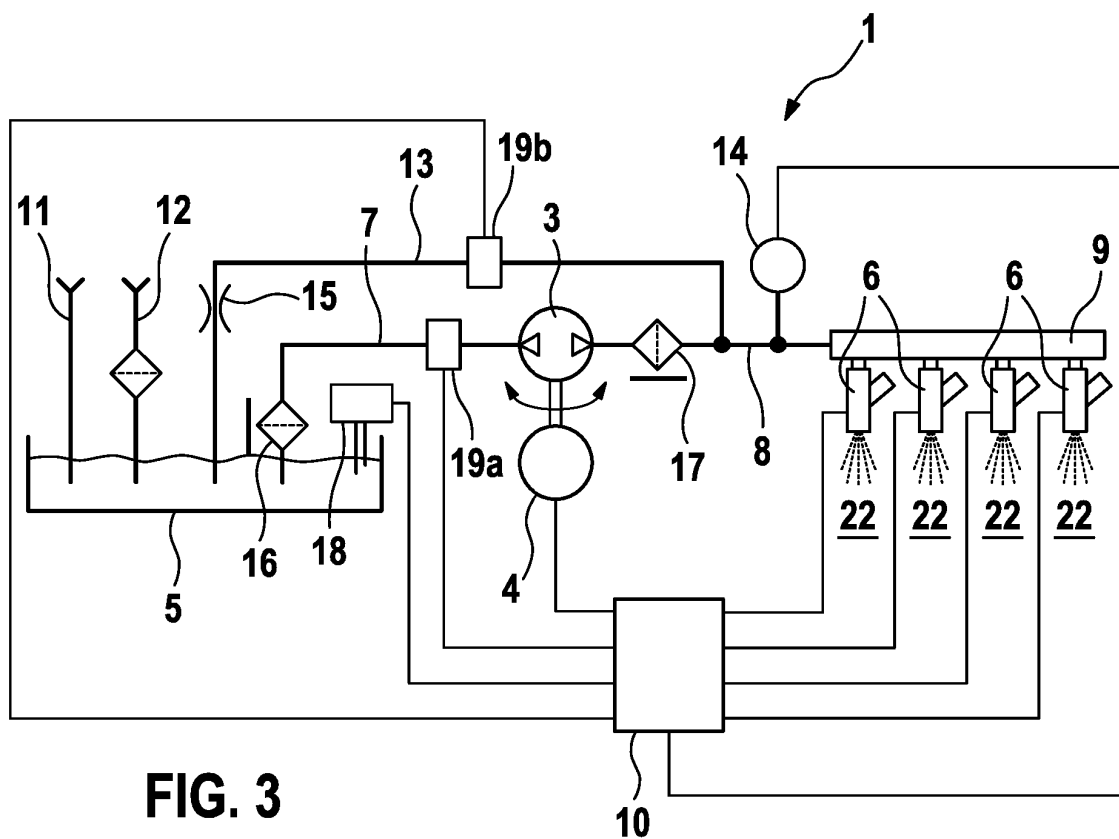


FIG. 3

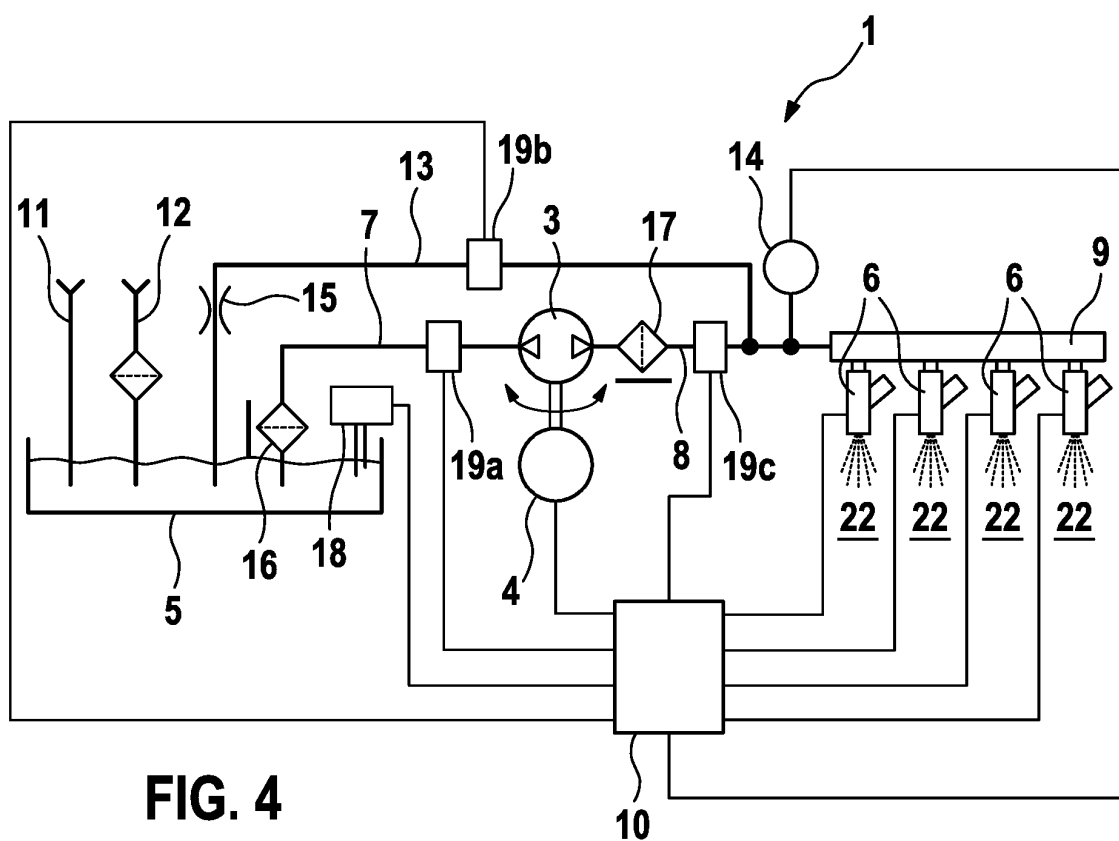


FIG. 4

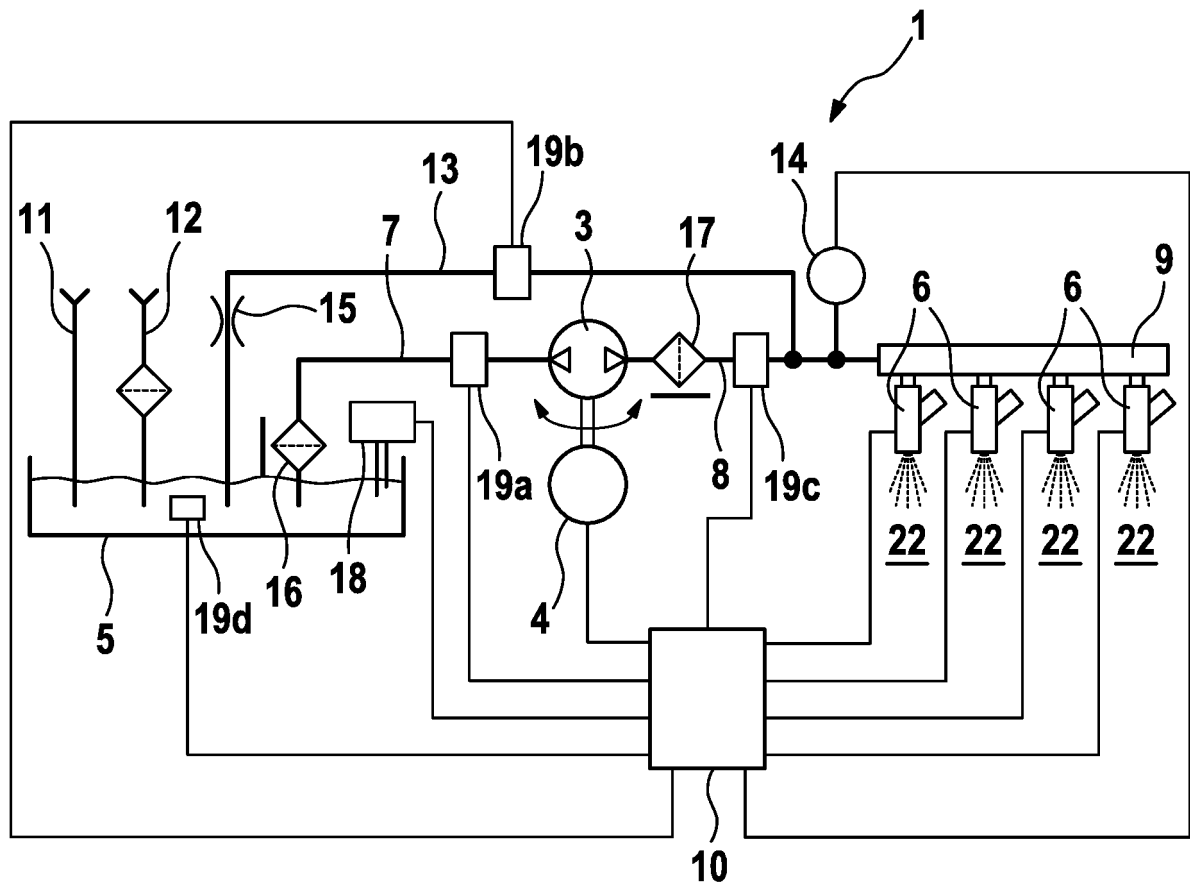


FIG. 5

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

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

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- WO 2014080266 A1 [0002]
- WO 03089776 A1 [0002]