(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 499 017 A1**

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
19.06.2019 Patentblatt 2019/25

(21) Anmeldenummer: **18205565.7**

(22) Anmeldetag: **12.11.2018**

(51) Int Cl.:
F02M 55/00 *(2006.01)* ***F02D 41/38*** *(2006.01)*
F02M 59/10 *(2006.01)* ***F02M 59/36*** *(2006.01)*

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

(30) Priorität: **12.12.2017 DE 102017222467**

(71) Anmelder: **Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft**
80809 München (DE)

(72) Erfinder:
- **Detterbeck, Stefan**
  80933 Muenchen (DE)
- **Geiger, Johannes**
  85764 Oberschleißheim (DE)
- **Scheuer, Thomas**
  80992 München (DE)
- **Holzinger, Tobias**
  80993 Moosach München (DE)

(54) PUMPENANORDNUNG ZUR FÖRDERUNG VON KRAFTSTOFF

(57) Pumpenanordnung (19) zur Förderung von Kraftstoff mit einer Hochdruckpumpe (1) zur Bereitstellung von Kraftstoff unter hohem Druck und einer Niederdruckpumpe (6) zur Versorgung der Hochdruckpumpe (1) mit Kraftstoff, wobei die Niederdruckpumpe (6) dazu eingerichtet ist Kraftstoff aus einem Tank (7) zu entnehmen und den Kraftstoff der Hochdruckpumpe (1) mit einem Versorgungsdruck (36) zuzuführen und wobei die Hochdruckpumpe (1) eine Pumpenkammer (10) mit einem Niederdruckventil (2) auf einer Niederdruckseite (3) und einem Hochdruckventil (4) auf der Hochdruckseite (5) hat, wobei das Niederdruckventil (3) einen elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb (18) hat und stromlos geöffnet, bestromt geschlossen und stromlos geschlossen ist, wenn eine Druckdifferenz zwischen Pumpenkammer (10) und Niederdruckseite (3) größer ist als ein Schwellwert, wobei das Niederdruckventil (2) einen Zustandssensor (23) aufweist, mit welchem ein Öffnungszustand des Niederdruckventils (2) überwacht werden kann, wobei der Zustandssensor (23) und die Niederdruckpumpe (6) über ein Pumpensteuergerät (15) miteinander verbunden sind und das Pumpensteuergerät (15) dazu eingerichtet ist den Versorgungsdruck (36) in Abhängigkeit des Öffnungszustandes des Niederdruckventils (2) anzupassen.

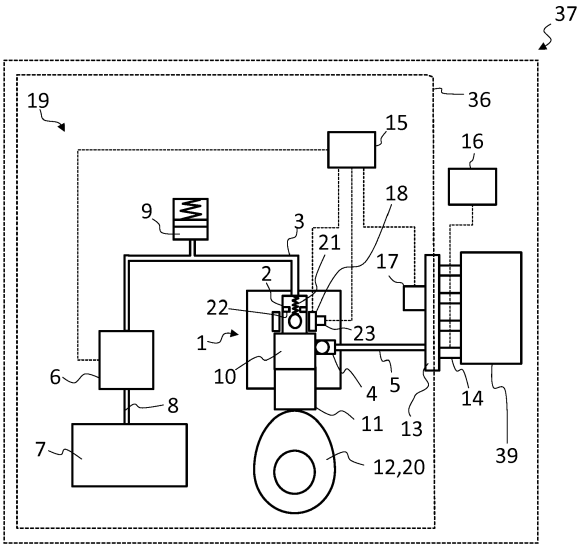

Fig. 1

EP 3 499 017 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Pumpenanordnung zur Förderung von Kraftstoff. Die Erfindung betrifft insbesondere eine Pumpenanordnung, mit welcher Kraftstoff unter sehr hohem Druck für ein Railsystem, beispielsweise ein Commonrail-System einer Verbrennungskraftmaschine, bereitgestellt werden kann. Derartige Railsysteme bzw. Commonrail-Systeme werden eingesetzt, um insbesondere bei Dieselverbrennungskraftmaschinen Kraftstoff unter sehr hohem Druck dem Brennraum der Verbrennungskraftmaschine zuzuführen. Durch den sehr hohen Druck kann eine sehr feine Zerstäubung des Kraftstoffs erreicht werden. Dies ermöglicht insbesondere eine sehr vollständige und saubere Verbrennung des Kraftstoffs. Dabei wird die im Kraftstoff enthaltene chemische Energie besonders gut umgesetzt. Es treten besonders geringe thermische Verluste auf und es entstehen bei der Verbrennung besonders wenig Schadstoffe.

[0002] Die Bereitstellung von Kraftstoff unter sehr hohen Drücken muss auf eine energetisch effiziente Weise erfolgen, um die Effizienz der Verbrennungskraftmaschine zu erhöhen. Die Druckerhöhung benötigt nämlich Mengen an Energie, die durchaus erheblich sind. Üblicherweise werden daher Pumpenanordnungen zur Bereitstellung von Kraftstoff unter sehr hohen Drücken für Commonrail-Systeme verwendet, welche eine Niederdruckpumpe und eine Hochdruckpumpe aufweisen. Die Niederdruckpumpe wird normalerweise elektrisch betrieben. Die Hochdruckpumpe wird normalerweise über eine Welle an eine Verbrennungskraftmaschine angeschlossen, so dass mechanische Energie von der Verbrennungskraftmaschine unmittelbar zum Betrieb der Pumpe verwendet werden kann. Hierdurch können Umsetzungsverluste zwischen mechanischer Energie und elektrischer Energie vermieden werden. Elektrische Energie ist in einem Kraftfahrzeug darüber hinaus normalerweise nur begrenzt verfügbar, weil (wie bereits beschrieben) diese elektrische Energie zunächst durch Umwandlung von mechanischer Energie der Verbrennungskraftmaschine in elektrische Energie gewonnen werden muss und Komponenten zur Erzeugung von elektrischer Energie (Generatoren oder Ähnliches) aus Gewichtsgründen, aus Platzgründen und auch aus Kostengründen nicht unnötig stark dimensioniert sein sollten.

[0003] Aus diesem Grunde bestehen grundsätzlich Bestrebungen, einen Vordruck, welchen eine Niederdruckpumpe erzeugt, möglichst gering zu halten und die hauptsächliche Druckerhöhung auf den hohen Druck für das Rail mit der Hochdruckpumpe zu erreichen. Dabei besteht allerdings das Problem, dass Kraftstoff bei niedrigen Drücken und hohen Temperaturen sehr schnell verdampft. So können sich bei niedrigen Vordrücken im Bereich zwischen der Niederdruckpumpe und der Hochdruckpumpe Gasblasen bilden. Im üblichen Betrieb eines Kraftfahrzeugs reichen beispielsweise 6 bar, die von der Niederdruckpumpe bereitgestellt werden, in einzelnen Betriebssituationen (insbesondere bei hohen Temperaturen in der Umgebung der Pumpenanordnung) nicht aus, um sicherzustellen, dass sich auf der Niederdruckseite der Hochdruckpumpe (zwischen Niederdruckpumpe und Hochdruckpumpe) immer nur flüssiger Kraftstoff befindet.

[0004] Wenn sich auf der Niederdruckseite der Hochdruckpumpe gasförmiger Kraftstoff, Luft oder Dampf befinden, dann kann dies die Förderung von Kraftstoff mit der Hochdruckpumpe erheblich beeinflussen. Insbesondere ist es möglich, dass eine notwendige Druckerhöhung, um Kraftstoff in das Rail zu fördern, nicht mehr erzeugt werden kann.

[0005] Ausgehend hiervon soll im Folgenden eine Pumpenanordnung beschrieben werden, mit welcher ein besonders energieeffizienter und gleichzeitig hinsichtlich der Förderfähigkeit der Pumpenanordnung besonders sicherer Pumpenbetrieb möglich ist.

[0006] Diese Aufgaben werden gelöst mit einer Pumpenanordnung gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Pumpenanordnung sind in den abhängig formulierten Ansprüchen beschrieben. Die Erfindung ist auf die in den Ansprüchen beschrieben Ausführungsvarianten nicht beschränkt.

[0007] Hier beschrieben werden soll eine Pumpenanordnung zur Förderung von Kraftstoff mit einer Hochdruckpumpe zur Bereitstellung von Kraftstoff unter hohem Druck und einer Niederdruckpumpe zur Versorgung der Hochdruckpumpe mit Kraftstoff, wobei die Niederdruckpumpe dazu eingerichtet ist, Kraftstoff aus einem Tank zu entnehmen und den Kraftstoff der Hochdruckpumpe mit einem Versorgungsdruck zuzuführen und wobei die Hochdruckpumpe eine Pumpenkammer mit einem Niederdruckventil auf einer Niederdruckseite und einem Hochdruckventil auf der Hochdruckseite hat, wobei das Niederdruckventil einen elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb hat und stromlos geöffnet, bestromt geschlossen und stromlos geschlossen ist, wenn eine Druckdifferenz zwischen Pumpenkammer und Niederdruckseite größer ist als ein Schwellwert, wobei das Niederdruckventil einen Zustandssensor aufweist, mit welchem ein Öffnungszustand des Niederdruckventils überwacht werden kann, wobei der Zustandssensor und die Niederdruckpumpe über ein Pumpen steuergerät miteinander verbunden sind und das Pumpensteuergerät dazu eingerichtet ist, den Versorgungsdruck in Abhängigkeit des Öffnungszustandes des Niederdruckventils anzupassen.

[0008] Die Pumpenanordnung kann zur Versorgung jeder beliebigen Verbrennungskraftmaschine mit Kraftstoff eingesetzt werden. Hoher Druck, mit welchem die Hochdruckpumpe der Pumpenanordnung Kraftstoff bereitstellt, ist beispielsweise ein Druck mehr als 500 bar, bevorzugt mehr als 1000 bar und besonders bevorzugt sogar mehr als 1500 bar.

[0009] Die Niederdruckpumpe ist besonders bevorzugt eine elektrisch betriebene Pumpe, beispielsweise eine elektrisch betriebene Kolbenpumpe.

[0010] Die Hochdruckpumpe ist besonders bevorzugt eine mechanisch betriebene Pumpe, beispielsweise eine Pumpe, welche eine Welle aufweist, an welcher eine mechanische Antriebskraft in die Pumpe eingebracht werden kann. Die Hochdruckpumpe ist bevorzugt ebenfalls eine Kolbenpumpe, bei welcher von der beschriebenen Welle ein Kolben der Hochdruckpumpe auf- und abbewegt wird. Dies kann durch einen Nockenantrieb realisiert sein, welcher mit der Welle verbunden ist.

[0011] Die Niederdruckpumpe ist bevorzugt saugfähig. Das heißt, sie kann Kraftstoff aus einem Tank ansaugen. Alternativ ist es auch möglich, dass der Kraftstoff in den Tank vorbedrückt werden wird, um dann von der Niederdruckpumpe gefördert werden zu können. Es sind auch Ausführungsvarianten möglich, in welchen die Niederdruckpumpe von einem Bedruckungssystem gebildet ist, welches einen Tank, in welchem sich der Kraftstoff befindet, bedrückt, so dass durch den Druck sichergestellt ist, dass die Hochdruckpumpe mit Kraftstoff versorgt wird. Die Niederdruckpumpe ist dann beispielsweise eine Luftpumpe, die Druckluft in den Tank fördert. Zur Verbindung der Niederdruckpumpe und der Hochdruckpumpe existiert bevorzugt eine Leitung. Eine Niederdruckseite der Hochdruckpumpe kann auch als Saugseite der Hochdruckpumpe bezeichnet werden, wobei der Begriff "saugen" hier sinngemäß zu verstehen ist. Tatsächlich existiert auf der Niederdruckseite der Hochdruckpumpe bereits eine durch die Niederdruckpumpe erzeugte Bedrückung, welche es entbehrlich macht, dass ein Saugdruck unterhalb des atmosphärischen Drucks erzeugt wird.

[0012] Der Versorgungsdruck, mit welchem die Hochdruckpumpe versorgt wird, ist beispielsweise ein Druck in einem Bereich unterhalb von 10 bar, besonders bevorzugt unterhalb von 8 bar und insbesondere in einem Bereich zwischen 4 bar und 7 bar. Die Hochdruckpumpe hat bevorzugt eine Pumpenkammer, welche regelmäßig vergrößert und verkleinert wird, um eine Förderung von Kraftstoff zu bewerkstelligen. Dies kann durch den weiter oben beschriebenen Kolben gewährleistet werden, der von einem Nockenantrieb angetrieben wird.

[0013] Die Pumpenkammer hat bevorzugt Ventile, welche eine Strömungsrichtung bzw. eine Förderrichtung von Kraftstoff durch die Pumpe vorgeben. Insbesondere existiert ein Niederdruckventil auf einer Niederdruckseite, welches auch als Einlassventil bezeichnet werden kann. Darüber hinaus existiert ein Hochdruckventil auf einer Hochdruckseite, welches auch als Auslassventil bezeichnet werden kann. Die Ventile sind bevorzugt so ausgeführt, dass sie in der Lage sind, die auf der Niederdruckseite bzw. auf der Hochdruckseite der Pumpe auftretenden Drücke zu schalten. Bevorzugt ist das Ventil auf der Hochdruckseite geeignet, die bereits beschriebenen hohen Drücke oberhalb von 500 bar und mehr zu schalten.

[0014] Das Niederdruckventil der Hochdruckpumpe der Pumpenanordnung ist ein Ventil, welches einen elektrisch ansteuerbaren, magnetischen Ventilantrieb hat. Das Niederdruckventil hat beispielsweise einen beweglichen, magnetischen Ventilkörper und eine außen angeordnete, fest positionierte elektrische Spule, wobei durch einen elektrischen Strom, welcher an der Spule angelegt wird, magnetische Ventilkörper gezielt angesteuert werden können. Der Strom, der an die elektrische Spule des elektrisch ansteuerbaren, magnetischen Ventilantriebs angeschlossen wird, wird auch auch "Schließstrom" bezeichnet.

[0015] Ein Ventil mit einem solchen elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb hat üblicherweise einen bestimmten Druckbereich, in welchem es geschaltet werden kann. Der Begriff "Druckbereich" bezieht sich hier auf Differenzdrücke zwischen der einen Seite des Ventils und der anderen Seite des Ventils und nicht auf Absolutdrücke auf der einen Seite oder auf der anderen Seite des Ventils. Der Begriff "Druckbereich" bezieht sich hier auf die Drücke, bei denen es möglich ist, mit Hilfe eines elektrischen Ansteuerungssignals ein Öffnen und/oder ein Schließen des Ventils zu erreichen. Wenn Drücke außerhalb des Druckbereichs auftreten, ist es möglich, dass eine aktive Auswahl ob das Ventil geöffnet oder geschlossen ist, mit dem Ansteuerungssignal nicht mehr möglich ist.

[0016] Das hier verwendete Niederdruckventil ist dadurch gekennzeichnet, dass es zwei verschiedene Schaltstellungen (geöffnet und geschlossen) aufweist, wobei eine Schaltstellung (geschlossen) sowohl gezielt durch eine Bestromung des elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantriebs oder durch eine an dem Ventil wirkende Druckdifferenz (eine Druckdifferenz zwischen Pumpenkammer und Niederdruckseite) erreicht und gehalten werden kann.

[0017] Diese besondere Charakteristik des Niederdruckventils ermöglicht es, dass in einem Zustand, in welchem keine Druckdifferenz über das Niederdruckventil anliegt, das Niederdruckventil geöffnet ist, wenn kein Strom an dem elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb anliegt. Ausgehend von diesem Zustand kann das Niederdruckventil dann durch das Anlegen eines elektrischen Stroms an den elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb von der geöffneten Stellung in die geschlossene Stellung überführt werden. Sobald die geschlossene Stellung vorliegt, kann sich eine Druckdifferenz ausbilden, weil die Drücke aus beiden Seiten des Ventils sich unabhängig voneinander entwickeln können und ein Druckausgleich durch das Ventil nicht mehr möglich ist. Das Ventil ist so ausgeführt, dass es auch bei Wegfall des Stroms an dem elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb (Ansteuerungsstrom) in der geschlossenen Stellung verbleibt, sofern eine anliegende Druckdifferenz größer ist als ein Schwellwert (auch Schwellwertdruckdifferenz). Dieser Schwellwert liegt beispielsweise zwischen 2 und 10 bar, insbesondere zwischen 4 bar und 8 bar und besonders bevorzugt im Bereich um die 6 bar. Ein solcher Ventiltyp hat den Vorteil, dass ein Verbrauch von elektrischer Energie zum Antrieb des Ventils nur in einer relativ kurzen

Phase notwendig ist, um den geschlossenen Zustand des Ventils herzustellen. Sobald sich ein ausreichender Druck in der Pumpenkammer ausgebildet hat, wird der geschlossene Zustand durch die ausgebildete Druckdifferenz aufrecht erhalten und das Ventil bleibt unabhängig von der Bestromung geschlossen.

[0018] Diese besondere Charakteristik des Niederdruckventils kann dadurch realisiert sein, dass in dem Ventil ein Vorspannelement angeordnet ist, welches beispielsweise von einer Feder gebildet werden kann. Wenn das Ventil durch eine Ansteuerung des elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantriebs geschlossen werden soll, dann muss der elektrisch ansteuerbare magnetische Ventilantrieb eine Antriebskraft auf einen Schließkörper des Ventils ausüben, welche so groß ist, dass die wirkende Kraft des Vorspannelements überschritten wird. Sobald der an einer pumpenkammerseitig angeordneten Wirkfläche des Ventils anliegende Druck bzw. die anliegende Druckdifferenz ausreichend groß ist, um die Vorspannkraft des Vorspannelements ebenfalls (alleine, ohne elektrische Unterstützung durch den Ventilantrieb) zu überwinden, kann die Bestromung des Ventilantriebs beendet werden. Dann ist die zusätzliche Kraft, welche von dem elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb auf den Schließkörper des Ventils ausgeübt wird, nicht mehr erforderlich, um das Ventil im geschlossenen Zustand zu halten. Durch einen solchen Ventilantrieb und einen solchen Typ eines Niederdruckventils kann eine besonders energieeffizient betreibbare Pumpenanordnung bereitgestellt werden.

[0019] Es existiert ein Zustandssensor, mit welchem ein Öffnungszustand des Niederdruckventils überwacht werden kann. Dieser Zustandssensor kann auf jede beliebige Art und Weise gebildet werden. Bevorzugt ist der Zustandssensor als Bestandteil des elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantriebs ausgebildet. Dies ist bevorzugt dadurch realisiert, dass eine Spule des elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantriebs genutzt wird, um durch Induktion eine Position und/oder eine Bewegung (Positionsveränderung) des Ventilkörpers festzustellen. Durch diese Spule des elektrisch ansteuerbaren Ventilantriebs fließt ein Strom, um das Ventil anzusteuern. In dieser Spule wird aber auch ein elektrischer Strom induziert, sobald ein Ventilkörper des Niederdruckventils sich bewegt und dieser induzierte elektrische Strom tritt unabhängig davon bzw. zusätzlich dazu auf, ob gerade eine Bestromung zum Öffnen oder Schließen des Ventils vorliegt oder nicht. Dieser induzierte Strom überlagert sich mit dem an den elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb angelegten Ansteuerungsstrom. Dieser induzierte Strom kann gemessen werden. Dies kann mit einem Stromsensor oder einem Spannungssensor erfolgen, welcher eine infolge des Stroms auftretende Spannung misst. Ein Zustandssensor zum Feststellen des Öffnungszustands des Niederdruckventils kann bevorzugt einen Spannungssensor oder einen Stromsensor umfassen, welcher diese induzierten Ströme unter daraus resultierenden Spannungen an dem elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb überwacht.

[0020] Der Zustandssensor kann aber auch auf beliebige andere Art realisiert sein, beispielsweise mit einem mechanischen Element, welches eine Feststellung des Öffnungszustands des Niederdruckventils ermöglicht oder mit einem optischen Sensor oder jedem beliebigen anderen Messverfahren, mit welchem der Öffnungszustand des Ventils erfasst werden kann. Eine weitere Variante des Zustandssensors ist eine zusätzliche Spule zur Erkennung einer Induktion in Folge einer Bewegung des Ventilkörpers, die unabhängig von dem Ventilantrieb ist. Möglich sind auch Zustandssensoren, die Drucksensoren umfassen und die auf der Niederdruckseite und/oder an der Pumpenkammer der Pumpe angebracht sind und Druckschwankungen registrieren.

[0021] Von dem Zustandssensor wird eine Information hinsichtlich des Öffnungszustands des Niederdruckventils der Hochdruckpumpe der Pumpenanordnung bereitgestellt. Der Zustandssensor ist mit einem Pumpensteuergerät verbunden.

[0022] Das Pumpensteuergerät kann ein beliebiges Steuergerät sein. Es kann auch ein Steuergerät sein, welches in einem größeren Gesamtverbund, in welchem die Pumpenanordnung eingesetzt wird, auch noch andere Funktionen übernimmt. Beispielsweise kann das Steuergerät auch Teil eines Motorsteuergeräts eines Kraftfahrzeugs sein.

[0023] Die Verbindung zwischen dem Pumpensteuergerät und dem Zustandssensor ist bevorzugt mit einer Leitung zur Übertragung von elektrischen Signalen, insbesondere mit einer Datenleitung, realisiert. Über die Verbindung können Informationen hinsichtlich des Zustands des Niederdruckventils der Hochdruckpumpe von dem Zustands sensor an das Pumpensteuergerät übermittelt werden.

[0024] Das Pumpensteuergerät ist darüber hinaus mit der weiter vorne beschriebenen Niederdruckpumpe der Pumpenanordnung verbunden. Auch dies ist bevorzugt mit einer Leitung zur Übertragung von elektrischen Signalen, insbesondere mit einer Datenleitung, realisiert. Wie bereits beschrieben, ist die Niederdruckpumpe insbesondere eine elektrische Pumpe. Durch eine Steuerung des elektrischen Antriebs der Niederdruckpumpe kann die Förderleistung der Niederdruckpumpe verändert werden, so dass ein Versorgungsdruck, mit welchem die Niederdruckpumpe die Hochdruckpumpe versorgt, verstellt werden kann. Über die Verbindung des Pumpensteuergeräts mit der Niederdruckpumpe ist eine Ansteuerung der Niederdruckpumpe mit dem Pumpensteuergerät möglich. Das Pumpensteuergerät ist dazu eingerichtet, den Versorgungsdruck mit der Niederdruckpumpe in Abhängigkeit des Öffnungszustands des Niederdruckventils anzupassen.

[0025] Diese Möglichkeit der Anpassung des Versorgungsdrucks ermöglicht es, auf den Öffnungszustand des Ventils gezielt zu reagieren, um in den Versorgungsdruck zur Versorgung der Hochdruckpumpe einzugrei-

fen.

[0026] Die Hochdruckpumpe ist bevorzugt so ausgeführt, dass die Pumpendrehzahl bzw. eine Taktfrequenz, mit der sich die Pumpenkammer periodisch vergrößert und verkleinert, nicht oder nur schwer beeinflussbar ist, bzw. von anderen Größen abhängt, die nicht oder nur teilweise mit der Fördermenge der Pumpe im Zusammenhang stehen. Beispielsweise hängen die Pumpendrehzahl bzw. die besagte Taktfrequenz mit der Motordrehzahl der Verbrennungskraftmaschine zusammen, wenn die Pumpe über eine Welle direkt von der Verbrennungskraftmaschine angetrieben wird. Oft existiert aber kein oder nur ein geringer Zusammenhang zwischen der anliegenden Drehzahl der Welle der Verbrennungskraftmaschine und dem Kraftstoffbedarf der Verbrennungskraftmaschine. Ein Extremfall in dieser Hinsicht ist ein Leerlauf bei hoher Drehzahl, bei welchem kein Kraftstoffbedarf vorhanden ist, aber eine sehr hohe Drehzahl existiert.

[0027] Durch die Möglichkeit, den Öffnungszustand des Niederdruckventils der Hochdruckpumpe der Pumpenanordnung gezielt zu überwachen, ist es möglich, diese fehlende Eingriffsmöglichkeit auf den Betrieb der Hochdruckpumpe zumindest teilweise zu kompensieren und so einen besonders effizienten, energiesparenden Betrieb der Pumpenanordnung zu gewährleisten. Über die Beeinflussung des Öffnungszustandes des Niederdruckventils wird die der Hochdruckpumpe bereitgestellte Menge an Kraftstoff gezielt eingestellt. Die Hochdruckpumpe fördert nur und genau die Menge an Kraftstoff, die ihr durch ein Schließen des Niederdruckventils bereit gestellt wird.

[0028] Besonders bevorzugt ist die Pumpenanordnung, wenn das Pumpensteuergerät dazu eingerichtet ist, eine Fördermenge der Pumpenanordnung durch eine Verschiebung eines Schließzeitpunkts des Niederdruckventils zu erreichen, wobei der Schließzeitpunkt zeitlich nach vorne verschoben wird, um die Fördermenge zu erhöhen und wobei der Schließzeitpunkt zeitlich nach hinten verschoben wird, um die Fördermenge zu reduzieren.

[0029] Die Pumpenanordnung ist bevorzugt so ausgeführt, dass die Fördermenge an Kraftstoff, welche von der Pumpenanordnung bereitgestellt wird, (nur) über den Öffnungszeitpunkt des Niederdruckventils der Hochdruckpumpe reguliert wird. Wenn kein Kraftstoff gefördert werden soll, die Hochdruckpumpe allerdings trotzdem kontinuierlich mit einer bestimmten Taktfrequenz bzw. Drehzahl eine Förderbewegung durchführt, dann bleibt das Niederdruckventil dauerhaft geöffnet. Durch die Förderbewegung und die regelmäßige Vergrößerung und Verkleinerung der Pumpenkammer wird dann immer wieder Kraftstoff durch das Niederdruckventil in die Pumpenkammer hineingesaugt und dann anschließend durch das gleiche Niederdruckventil wieder aus der Pumpenkammer herausgeschoben, und zwar entgegen der üblichen Förderrichtung. Das Hochdruckventil auf der Hochdruckseite der Hochdruckpumpe ist dann dauerhaft geschlossen.

[0030] In der Hochdruckseite liegt normalerweise der weiter oben beschriebene sehr hohe Druck von mehr als 500 bar vor. In der Pumpenkammer können sich (solange das Niederdruckventil geöffnet ist) überhaupt gar keine Drücke ausbilden, welche ausreichend sind, Kraftstoff aus der Pumpenkammer in die Hochdruckseite bzw. durch das Hochdruckventil zu fördern. Sobald eine Anforderung an die Pumpenanordnung gestellt ist, Kraftstoff zu fördern, wird das Niederdruckventil elektrisch angesteuert und gezielt geschlossen.

[0031] Normalerweise erfolgt ein Schließen und ein Öffnen des Niederdruckventils jeweils einmal pro Förderbewegung der Pumpe. Das heißt, dass ein Schließen und ein Öffnen des Niederdruckventils einmal pro Vergrößerung und Verkleinerung der Pumpenkammer erfolgt. Wenn eine maximale Fördermenge erreicht werden soll, wird das Niederdruckventil geschlossen, wenn die Pumpenkammer das maximale Volumen hat. Dann wird der Kraftstoff, welcher sich in der Pumpenkammer befindet, zunächst auf einen sehr hohen Druck gebracht und sobald der Druck in der Pumpenkammer den Druck auf der Hochdruckseite der Hochdruckpumpe übersteigt, wird der Kraftstoff durch das Hochdruckventil aus der Pumpenkammer hinaus in das Rail gedrückt.

[0032] Um nun eine Regelung der geförderten Kraftstoffmenge zwischen einer maximalen Fördermenge und einer Nullmenge zu erreichen, wird der Schließzeitpunkt des Niederdruckventils der Hochdruckpumpe ausgehend von dem Schließzeitpunkt für eine maximale Fördermenge (beim oberen Totpunkt bzw. bei maximalem Pumpenvolumen) zeitlich während der Verkleinerungsphase der Pumpenkammer nach hinten verschoben. Je später das Niederdruckventil schließt, umso reduzierter ist die Fördermenge. Je früher der Schließzeitpunkt ist, umso größer ist die Fördermenge.

[0033] Weiterhin vorteilhaft ist die Pumpenanordnung, wenn das Pumpensteuergerät dazu eingerichtet ist, einen Druckwert von einem Drucksensor in Verbindung mit einer Hochdruckseite der Hochdruckpumpe zu empfangen und die Fördermenge der Pumpenanordnung in Abhängigkeit dieses Druckwerts zu regeln.

[0034] Bevorzugt ist ein Druck auf der Hochdruckseite fest vorgegeben. Dies kann beispielsweise der weiter vorne beschriebene hohe Druck von mindestens 500 bar sein. Je nachdem, wie viel Kraftstoff auf der Hochdruckseite verbraucht wird, ist eine entsprechende Nachförderung von Kraftstoff mit der Pumpenanordnung erforderlich, um diesen vorgegebenen hohen Druck zu halten. Der Drucksensor in Verbindung mit der Hochdruckseite ist so eingerichtet, dass er den Druck auf der Hochdruckseite exakt messen kann. Sobald hier eine Absenkung des Drucks aufgrund eines Abtransports von Kraftstoff von der Hochdruckseite zu einem Verbraucher stattfindet, erhält die Pumpenanordnung eine Anforderung zum Nachfördern einer Fördermenge, um den Druckwert wieder auf den gewünschten Hochdruck zu regeln.

[0035] Diese Art der Pumpenansteuerung kann als

Druckansteuerung bzw. als Druckregelung bezeichnet werden.

[0036] Weiterhin vorteilhaft ist die Pumpenanordnung, wenn das Pumpensteuergerät dazu eingerichtet ist, anhand des Öffnungszustands des Niederdruckventils Gas in der Pumpenkammer der Hochdruckpumpe zu erkennen und den Versorgungsdruck zu erhöhen, wenn Gas in der Pumpenkammer vorliegt.

[0037] Wie weiter oben bereits beschrieben ist, ist Gas in der Pumpenkammer ausgesprochen nachteilig, weil durch Gas in der Pumpenkammer die Förderleistung der Pumpe erheblich beeinträchtigt werden kann. Gas in der Pumpenkammer sorgt dafür, dass ein gewünschter Ausstoß an Kraftstoff an dem Hochdruckventil an der Hochdruckseite der Pumpenkammer nicht mehr auftritt. Durch Gasblasen in der Pumpe kann unter ungünstigen Umständen eine Förderung mit der Hochdruckpumpe auch vollständig verhindert sein, weil durch eine Vergrößerung bzw. eine Verkleinerung der Pumpenkammer der notwendige Druck zum Ausstoßen von Kraftstoff an der Hochdruckseite durch das Hochdruckventil gar nicht mehr aufgebaut werden kann. Um solche Zustände zu vermeiden, ist es vorteilhaft, das zu erkennen. Es hat sich herausgestellt, dass durch eine Überwachung des Öffnungszustands des Niederdruckventils auf eine besonders vorteilhafte Art und Weise feststellbar ist, ob Gas in der Pumpenkammer vorliegt. Wenn das Niederdruckventil zu Zeitpunkten öffnet, zu welchen regulär nicht zu erwarten ist, dass es öffnet, dann ist dies ein Zeichen dafür, dass die notwendigen Drücke in der Pumpenkammer nicht aufgebaut werden konnten. Es ist beispielsweise ein ungewöhnliches, nicht vorgesehenes Öffnungsereignis, wenn das Niederdruckventil unmittelbar öffnet, wenn der elektrische Ansteuerungsstrom zum Ansteuern des Niederdruckventils entfällt. Dann muss davon ausgegangen werden, dass das Niederdruckventil nicht in der Lage ist, auch stromlos geschlossen zu bleiben. Dann liegt kein ausreichender Druck in der Pumpenkammer vor. Es kann davon ausgegangen werden, dass dies in Folge einer Gasblase in der Pumpenkammer auftritt.

[0038] Eine geeignete Reaktion auf Gas in der Pumpenkammer ist, den Versorgungsdruck der Hochdruckpumpe zu erhöhen. Gasblasen treten üblicherweise infolge einer Verdampfung von Kraftstoff auf. Die Drücke, bei denen Kraftstoff verdampft, sind normalerweise temperaturabhängig. Je höher die Temperatur ist, umso höhere Drücke sind notwendig, um sicherzustellen, dass der Kraftstoff in flüssigem Zustand verbleibt.

[0039] Bei der hier beschriebenen Pumpenanordnung wird Gas in der Pumpenkammer also anhand der infolge des Gases auftretenden Phänomene (ungewolltes, ungeplantes Öffnen des Niederdruckventils) erkannt. So kann sehr exakt der notwendige Versorgungsdruck erkannt werden, welcher notwendig ist, um sicherzustellen, dass sich kein Gas in der Pumpenkammer bildet und ein sicherer und zuverlässiger Betrieb der Pumpenkammer möglich ist. Es ist insbesondere nicht mehr notwendig den Versorgungsdruck über das notwendige Mindestmaß heraus zu erhöhen. Es ist also möglich, die Pumpenanordnung mit einem minimalen Versorgungsdruck der Hochdruckpumpe zu betreiben und gleichzeitig sicherzustellen, dass ein sicherer und zuverlässiger Betrieb der Hochdruckpumpe ermöglicht ist.

[0040] Wie weiter oben bereits beschrieben ist, ist die Niederdruckpumpe normalerweise eine elektrische Pumpe. Durch die Bereitstellung eines minimalen Versorgungsdrucks, welcher genauso hoch ist, dass sich gerade keine Gasblasen bilden, kann erreicht werden, dass besonders wenig elektrische Energie zum Betrieb der Niederdruckpumpe notwendig ist.

[0041] Weiterhin vorteilhaft ist, wenn an der Niederdruckseite ein Druckspeicher angeordnet ist, welcher ein Druckreservoir für den Versorgungsdruck bildet.

[0042] Ein solcher Druckspeicher kann beispielsweise durch einen federbelasteten Zylinder mit einer Membran gebildet werden, welcher sicherstellt, dass auch bei einem Verbrauch von Kraftstoff durch ein Ansaugen von Kraftstoff in die Hochdruckpumpe der Versorgungsdruck ungefähr erhalten bleibt. Ein solcher Druckspeicher stellt ein Reservoir für unter dem Versorgungsdruck stehenden Kraftstoff dar. Ein solcher Druckspeicher wirkt wie ein Dämpfungselement, welches Druckschwankungen des Versorgungsdrucks zwischen der Niederdruckpumpe und der Hochdruckpumpe gering hält. Durch einen solchen Druckspeicher kann ein besonders sicherer und zuverlässiger Betrieb der Pumpenanordnung erreicht werden. Ein solcher Druckspeicher kann in Ausführungsvarianten der Pumpenanordnung auch von einem flexiblen Leitungsabschnitt gebildet sein, welcher sich druckabhängig ausdehnt.

[0043] Weiterhin vorteilhaft ist die Pumpenanordnung, wenn die Niederdruckpumpe dazu eingerichtet ist, einen Versorgungsdruck in einem Druckbereich zwischen 3 und 10 bar an der Niederdruckseite aufrecht zu erhalten.

[0044] Es hat sich herausgestellt, das Versorgungsdrücke im Druckbereich von 3 und 10 bar geeignet sind, bei allen denkbar auftretenden Temperaturen an der Pumpenanordnung zu erreichen, dass nie gasförmiger Kraftstoff auftritt, sondern immer eine Anpassung des Versorgungsdrucks möglich ist, welche sicherstellt, dass kein Gas auftritt. Innerhalb des Druckbereichs zwischen 3 und 10 bar wird jeweils der notwendig (Mindest-)Versorgungsdruck gezielt eingestellt.

[0045] Weiterhin vorteilhaft ist, wenn ein Pumpenantrieb der Hochdruckpumpe von einem Exzenter gebildet ist, welcher an eine Welle einer Verbrennungskraftmaschine angeschlossen ist.

[0046] Wie weiter oben bereits beschrieben, dreht sich die Welle der Verbrennungskraftmaschine normalerweise mit einer Drehzahl, welche (weitgehend) unabhängig von der benötigten Kraftstoffmenge ist. Der Antrieb einer Hochdruckpumpe über einen Exzenter, der mit einer Welle der Verbrennungskraftmaschine verbunden ist, ist ein besonders effizienter Antrieb der Hochdruckpumpe. Dies ist entscheidend für die Energieeffizienz der Pum-

penanordnung, weil durch die Bedrückung des Kraftstoffs auf sehr hohe Drücke von beispielsweise mehr 500, mehr als 1000 oder sogar mehr als 1500 bar ein hoher Energieverbrauch auftritt.

[0047] Hier auch beschrieben werden soll eine Einspritzanlage umfassend ein Rail zur Versorgung von mindestens einem Injektor zur Einspritzung von Kraftstoff in eine Verbrennungskraftmaschine und eine Pumpenanordnung, wie sie hier beschrieben ist, zur Versorgung des Rails mit Kraftstoff.

[0048] Ein solches Rail ist beispielsweise ein sogenanntes Commonrail, welches insbesondere bei modernen Dieselverbrennungskraftmaschinen dazu eingesetzt wird, die Injektoren der Verbrennungskraftmaschine mit Kraftstoff zu versorgen. Dieses Rail stellt ein Druckreservoir dar, aus welchem Injektoren mit einer (in einem Betriebsbereich beliebigen) Menge an Kraftstoff versorgt werden können. Die tatsächliche Dosierung der Einspritzmenge zur Dosierung des Kraftstoffs, welcher in die Verbrennungskraftmaschine eingespritzt wird, erfolgt über die Öffnungszeit der Injektoren. Bei der Dosierung wird davon ausgegangen, dass die Injektoren immer den gewünschten Versorgungsdruck über das Rail erhalten.

[0049] Hier auch beschrieben werden soll ein Kraftfahrzeug aufweisend eine Verbrennungskraftmaschine mit einer beschriebenen Einspritzanlage zur Versorgung der Verbrennungskraftmaschine mit Kraftstoff.

[0050] Die Erfindung sowie das technische Umfeld werden nachfolgend anhand der Figuren näher erläutert. Es ist darauf hinzuweisen, dass die Figuren und insbesondere die in den Figuren dargestellten Größenverhältnisse nur schematisch sind. Es zeigen:

Fig. 1: ein Kraftfahrzeug mit einer beschriebenen Pumpenanordnung,

Fig. 2: ein erstes Diagramm des Betriebs einer beschriebenen Pumpenanordnung und

Fig. 3: ein zweites Diagramm des Betriebs einer beschriebenen Pumpenanordnung.

[0051] Fig. 1 zeigt ein Kraftfahrzeug 39 mit einer Verbrennungskraftmaschine 38, die eine Einspritzeinlage 37 aufweist, welche von einer hier beschriebenen Pumpenanordnung 19 mit Kraftstoff versorgt wird. Die Einspritzanlage 37 weist ein Rail 13 auf, an welches Injektoren 14 angrenzen, mit welchen die Verbrennungskraftmaschine 38 mit Kraftstoff versorgt wird.

[0052] Die Pumpenanordnung 19 entnimmt Kraftstoff aus einem Tank 7 über eine Saugleitung 8 mit einer Niederdruckpumpe 6. Die Pumpenanordnung 19 hat darüber hinaus eine Hochdruckpumpe 1, welche an einer Niederdruckseite 3 an die Niederdruckpumpe 6 angeschlossen ist und welche mit einer Hochdruckseite 5 an das Rail 13 angeschlossen ist. Die Niederdruckseite 5 der Hochdruckpumpe 1 ist von einer Pumpenkammer 10 der Hochdruckpumpe 1 mit einem Niederdruckventil 3 abgegrenzt. Die Hochdruckseite 5 der Hochdruckpumpe 1 ist von einer Pumpenkammer 10 der Hochdruckpumpe 1 mit einem Hochdruckventil 4 abgegrenzt.

[0053] Auf der Niederdruckseite 3 der Hochdruckpumpe 1 ist ein Druckspeicher 9 angeschlossen, welcher eine Konstanz des Versorgungsdrucks, mit welchem die Hochdruckpumpe 1 mit Kraftstoff versorgt wird, sicherstellt. Dieser Druckspeicher 9 ist allerdings nur eine optionale Weiterentwicklung. Der Druckspeicher 9 kann auch durch eine Flexibilität einer Zuleitung der Hochdruckpumpe 1 realisiert sein.

[0054] Das Niederdruckventil 2 der Hochdruckpumpe 1 weist einen elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb 18 auf, mit welchem das Niederdruckventil 4 entgegen der Kraft eines Vorspannelements 21 geschlossen werden kann. Sobald in der Pumpenkammer 10 der Hochdruckpumpe 1 ein ausreichender Druck vorliegt, hält der Druck in der Pumpenkammer 10 das Niederdruckventil 6 geschlossen. Das geschieht unabhängig von der Tatsache, ob ein Öffnungsstrom an dem elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb 18 anliegt oder nicht. Das Niederdruckventil 2 bildet auch einen Dichtsitz 21, in welchem ein Schließkörper im geschlossenen Zustand des Niederdruckventils 2 anliegt, um das Niederdruckventil 2 zu verschließen.

[0055] Die Hochdruckpumpe wird von einem Exzenter 12 angetrieben, welcher bevorzugt mit einer Verbrennungskraftmaschine 38 zum Antrieb verbunden ist. Eine entsprechende Verbindung zwischen Exzenter 12 und der Verbrennungskraftmaschine 38 ist hier nicht gesondert dargestellt. Der Exzenter 12 bildet einen Pumpenantrieb 20 der Hochdruckpumpe 1. Der Exzenter 12 verschiebt regelmäßig einen Kolben 11 nach oben und nach unten, welcher die Pumpenkammer 10 vergrößert und verkleinert. Die Bewegung des Pumpenkolbens 11 hat einen oberen Totpunkt und einen unteren Totpunkt, zwischen welchen der Pumpenkolben 11 sich immer hin- und herbewegt. Die Pumpenanordnung 19 weist auch ein Pumpensteuergerät 15 auf, welches Bestandteil eines Motorsteuergeräts 16 sein kann. Hier ist allerdings eine Variante dargestellt, in welchem das Pumpensteuergerät 15 und das Motorsteuergerät 16 voneinander getrennt sind. Das Pumpensteuergerät 15 ist an einen Zustandssensor 23 angeschlossen, mit welchem ein Öffnungszustand des Niederdruckventils 6 festgestellt werden kann. Das Pumpensteuergerät 15 ist hier zusätzlich mit einem Drucksensor 17 verbunden, mit welchem ein Druck in dem Rail 13 überwacht werden kann, das Pumpensteuergerät 15 ist hier auch mit der Niederdruckpumpe 6 verbunden, welche von dem Pumpensteuergerät 15 im hier beschriebenen Sinne gezielt angesteuert werden kann.

[0056] Die Funktionsweise der hier beschriebenen Pumpenanordnung wird im Folgenden anhand der Fig. 2 und 3 erläutert. Auf der senkrechten Achse der in den Fig. 2 und 3 dargestellten Diagramme sind jeweils Drücke und Ströme aufgetragen, die waagerechte Achse ist

eine Zeitachse.

[0057] In beiden Fig. 2 und 3 ist jeweils ein Betriebsmodus gezeigt, in welchem die Pumpe mit einer gegenüber einer maximalen Fördermenge reduzierten Fördermenge fördert. Zu erkennen ist, dass der Schließzeitpunkt 31 jeweils zeitlich weit hinter einem unteren Totpunkt 34 liegt. Wenn eine maximale Fördermenge der Pumpenanordnung erreicht werden sollte, würde der Schließzeitpunkt 31 unmittelbar am unteren Totpunkt 34 der Vergrößerung und Verkleinerung der Pumpenkammer stattfinden.

[0058] Zu erkennen ist zunächst ein konstanter Versorgungsdruck 36, welcher in beiden Fig. 2 und 3 jeweils konstant ist. Weiterhin zu erkennen ist ein (elektrischer) Ventilstrom 29, mit welchem ein elektrischer Ventilantrieb bestromt wird, bzw. welcher sich in dem elektrischen Ventilantrieb einstellt. Anhand des Ventilstroms 29 kann auch erkannt werden, in welchem Zustand sich das Niederdruckventil gerade befindet.

[0059] Entlang der Zeitachse zunächst zu erkennen ist ein Schließstrom 26, der zu einem Schließzeitpunkt 31 plötzlich auftritt. In beiden Fig. 2 und 3 ist ein Schließstrom 26, welcher eine starke Erhöhung des Stroms durch den Ventilantrieb darstellt, mit welchem das Ventil geschlossen wird. In der Fig. 2 ist eine Verschiebung 35 des Schließzeitpunkts 31 mit einem Pfeil angedeutet. Mit Hilfe dieser Verschiebung 35 des Schließzeitpunktes 31, an welchem der Schließstrom 26 auftritt, kann die Fördermenge der Pumpenanordnung angepasst werden. Wenn der Schließzeitpunkt 31 nach vorne verlegt wird, steigt die Fördermenge der Pumpe an, wenn der Schließzeitpunkt 31 durch den Schließstrom 26 bzw. durch ein späteres Auftreten des Schließstroms 26 nach hinten verlegt wird, sinkt die Fördermenge der Pumpenanordnung ab. Zu erkennen ist, dass der Schließstrom 26 plötzlich endet. Dann entsteht ein erstes induziertes Signal 27 im Ventilstrom 29. Dieses erste induzierte Signal 27 entsteht dadurch, dass ein elektrisches Feld in dem Antrieb des Niederdruckventils abgebaut wird.

[0060] Das Ventil bleibt allerdings in der Betriebssituation gemäß Fig. 2 und auch in der Betriebssituation gemäß Fig. 3 geschlossen. In Fig. 2 ist ein Betrieb ohne Gasblasen in der Pumpenkammer dargestellt. Es tritt später ein zweites induziertes Signal 28 auf, welches dadurch induziert wird, dass das Ventil sich wieder öffnet. Dies geschieht dadurch, dass der Ventilkörper des Niederdruckventils sich bewegt und durch diese Bewegung eine Induktion eines elektrischen Stroms stattfindet. In der Variante gemäß Fig. 2 tritt das zweite induzierte Signal 28 spät und insbesondere nach einem Zeitpunkt eines oberen Totpunkts 33 einer Verkleinerung der Pumpenkammer auf. Dies ist ein Hinweis darauf, dass in der Pumpenkammer ein ausreichender Druck gewährleistet wurde, weil ein Abfallen des Drucks erst dann auftritt, wenn die Pumpenkammer sich wieder vergrößert.

[0061] In der Variante gemäß Fig. 3 tritt das zweite induzierte Signal bereits vor dem oberen Totpunkt 33 auf. Dies ist ein Zeichen dafür, dass Gas in der Pumpenkammer existiert, weil nun der Druck in der Pumpenkammer nicht gehalten wird, sondern unmittelbar bzw. kurz nach dem Abfallen des Schließstroms 26 und dem Auftreten des ersten induzierten Signals 27 das zweite induzierte Signal 28 auftritt und das Ventil wieder öffnet. Der in der Pumpenkammer aufgebaute Druck ist nicht in der Lage, das Niederdruckventil im geschlossenen Zustand zu halten. Beides resultiert auch in den Druckkurven für den Raildruck 24 und den Pumpenkammerdruck 25, welche sich jeweils entsprechend verhalten.

[0062] Durch die beschriebene Pumpenanordnung ist ein besonders effizienter Betrieb der Kraftstoffversorgung einer Verbrennungskraftmaschine möglich. Dies stellt gegenüber den Pumpenanordnungen des Stands der Technik einen beachtlichen Vorteil dar.

Bezugszeichenliste

[0063]

1	Hochdruckpumpe
2	Niederdruckventil
3	Niederdruckseite
4	Hochdruckventil
5	Hochdruckseite
6	Niederdruckpumpe
7	Tank
8	Saugleitung
9	Druckspeicher
10	Pumpenkammer
11	Kolben
12	Exzenter
13	Rail
14	Injektor
15	Pumpensteuergerät
16	Motorsteuergerät
17	Drucksensor
18	Magnetischer Ventilantrieb
19	Pumpenanordnung
20	Pumpenantrieb
21	Vorspannelement
22	Dichtsitz
23	Zustandssensor
24	Raildruck
25	Pumpenkammerdruck
26	Schließstrom
27	erstes induziertes Signal
28	zweites induziertes Signal
29	Ventilstrom
30	Zeitachse
31	Schließzeitpunkt
32	Öffnungszeitpunkt
33	Oberer Totpunkt
34	Unterer Totpunkt
35	Verschiebung
36	Versorgungsdruck
37	Einspritzanlage

38 Verbrennungskraftmaschine
39 Kraftfahrzeug

Patentansprüche

1. Pumpenanordnung (19) zur Förderung von Kraftstoff mit einer Hochdruckpumpe (1) zur Bereitstellung von Kraftstoff unter hohem Druck und einer Niederdruckpumpe (6) zur Versorgung der Hochdruckpumpe (1) mit Kraftstoff, wobei die Niederdruckpumpe (6) dazu eingerichtet ist Kraftstoff aus einem Tank (7) zu entnehmen und den Kraftstoff der Hochdruckpumpe (1) mit einem Versorgungsdruck (36) zuzuführen und wobei die Hochdruckpumpe (1) eine Pumpenkammer (10) mit einem Niederdruckventil (2) auf einer Niederdruckseite (3) und einem Hochdruckventil (4) auf der Hochdruckseite (5) hat, wobei das Niederdruckventil (3) einen elektrisch ansteuerbaren magnetischen Ventilantrieb (18) hat und stromlos geöffnet, bestromt geschlossen und stromlos geschlossen ist, wenn eine Druckdifferenz zwischen Pumpenkammer (10) und Niederdruckseite (3) größer ist als ein Schwellwert, wobei das Niederdruckventil (2) einen Zustandssensor (23) aufweist, mit welchem ein Öffnungszustand des Niederdruckventils (2) überwacht werden kann, wobei der Zustandssensor (23) und die Niederdruckpumpe (6) über ein Pumpensteuergerät (15) miteinander verbunden sind und das Pumpensteuergerät (15) dazu eingerichtet ist den Versorgungsdruck (36) in Abhängigkeit des Öffnungszustandes des Niederdruckventils (2) anzupassen.

2. Pumpenanordnung (19) nach Anspruch 1, wobei das Pumpensteuergerät (15) dazu eingerichtet ist eine Fördermenge der Pumpenanordnung (19) durch eine Verschiebung eines Schließzeitpunktes (31) des Niederdruckventils (2) zu erreichen, wobei der Schließzeitpunkt (31) zeitlich nach vorne verschoben wird, um die Fördermenge zu erhöhen und wobei der Schließzeitpunkt (31) zeitlich nach hinten verschoben wird, um die Fördermenge zu reduzieren.

3. Pumpenanordnung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Pumpensteuergerät (15) dazu eingerichtet ist einen Druckwert von einem Drucksensor (17) in Verbindung mit einer Hochdruckseite (5) der Hochdruckpumpe (1) zu empfangen und die Fördermenge der Pumpenanordnung (19) in Abhängigkeit dieses Druckwerts zu regeln.

4. Pumpenanordnung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Pumpensteuergerät (15) dazu eingerichtet ist anhand des Öffnungszustandes des Niederdruckventils (2) Gas in der Pumpenkammer (10) der Hochdruckpumpe (19) zu erkennen und den Versorgungsdruck (36) zu erhöhen, wenn Gas in der Pumpenkammer (10) vorliegt.

5. Pumpenanordnung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei an der Niederdruckseite (3) ein Druckspeicher (9) angeschlossen ist, welcher ein Druckreservoir für den Versorgungsdruck (36) bildet.

6. Pumpenanordnung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Niederdruckpumpe (6) dazu eingerichtet ist einen Versorgungsdruck (6) in einem Druckbereich zwischen 3 und 10 bar an der Niederdruckseite (3) aufrecht zu erhalten.

7. Pumpenanordnung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei ein Pumpenantrieb (20) der Hochdruckpumpe (1) von einem Exzenter (12) gebildet wird, welcher an eine Welle einer Verbrennungskraftmaschine (38) angeschlossen ist.

8. Einspritzanlage (37) umfassend ein Rail (13) zur Versorgung von mindestens einem Injektor (14) zur Einspritzung von Kraftstoff in eine Verbrennungskraftmaschine (38) und eine Pumpenanordnung (19) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zur Versorgung des Rails (13) mit Kraftstoff.

9. Kraftfahrzeug (39) mit einer Verbrennungskraftmaschine (38) und einer Einspritzanlage (37) zur Versorgung der Verbrennungskraftmaschine (38) mit Kraftstoff nach Anspruch 8.

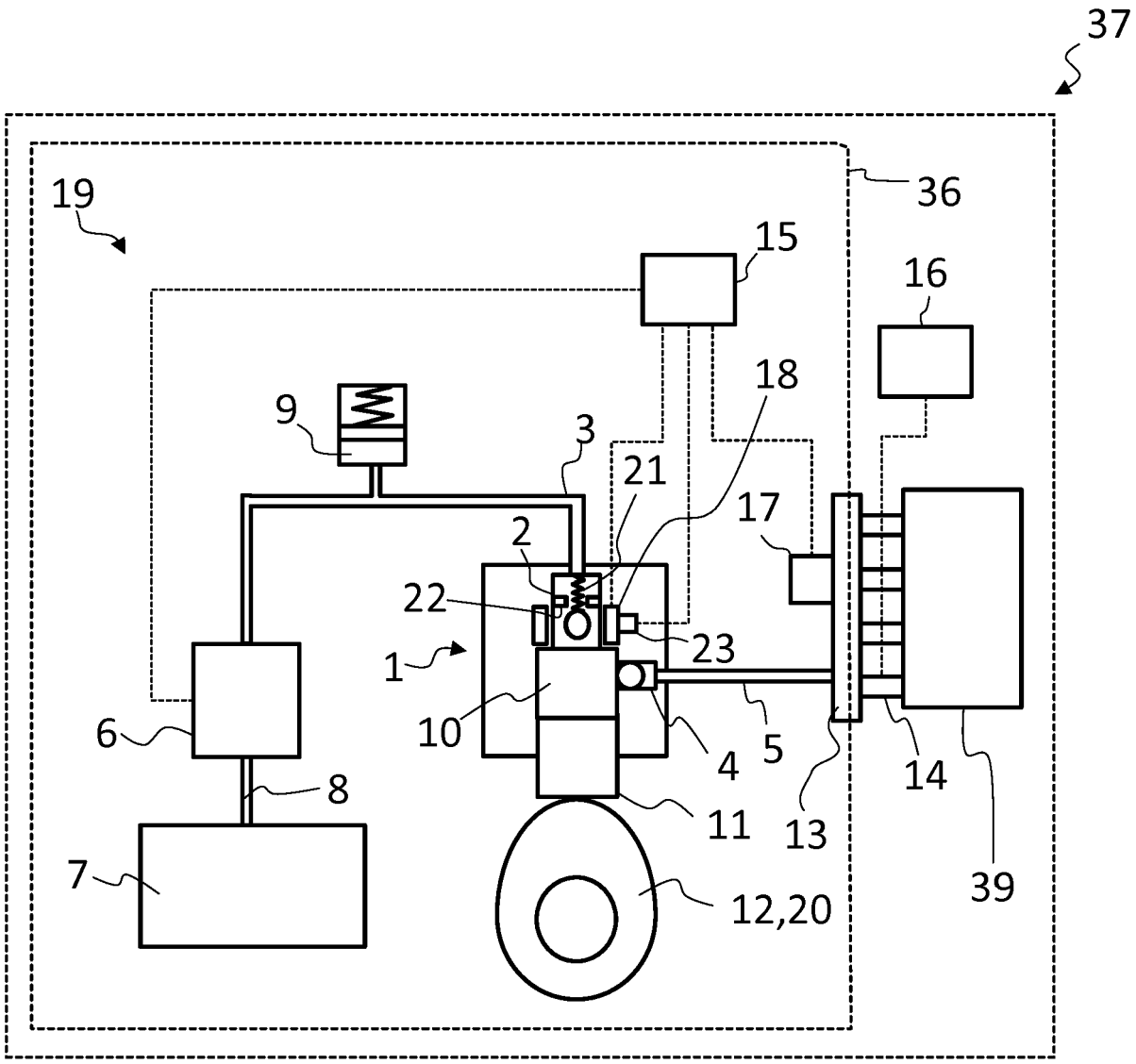

Fig. 1

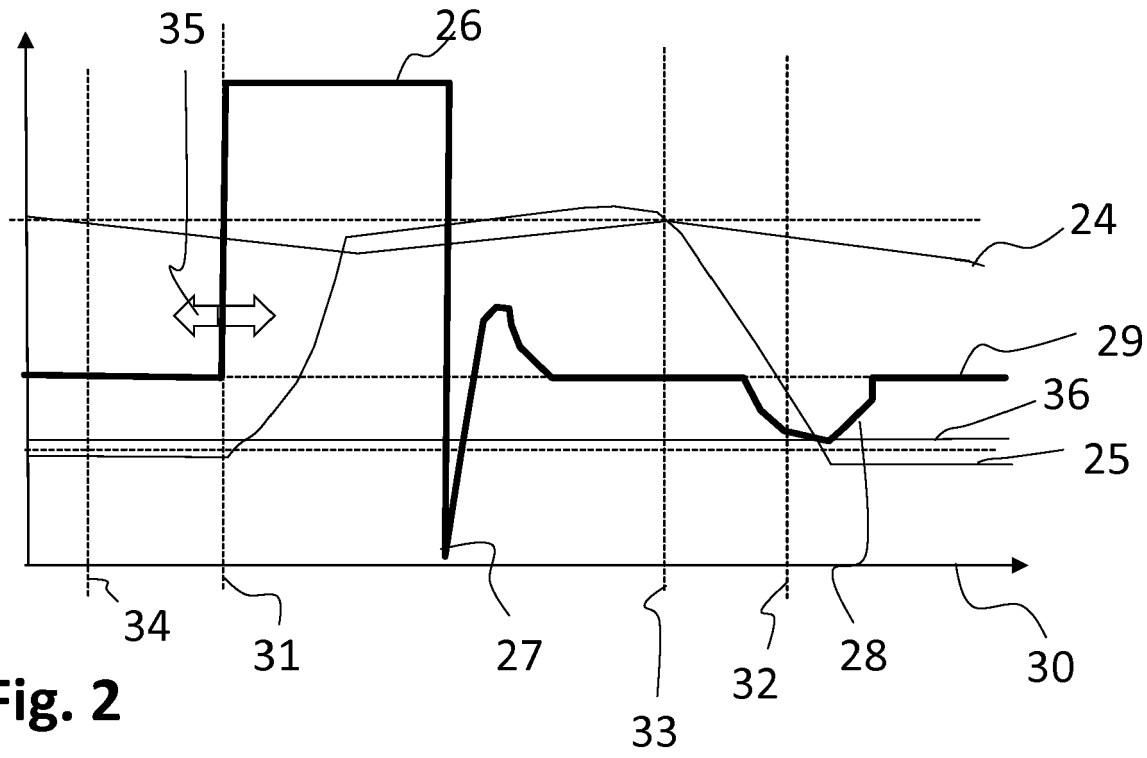
35
26
24
29
36
25
34
31
27
33
32
28
30

Fig. 2

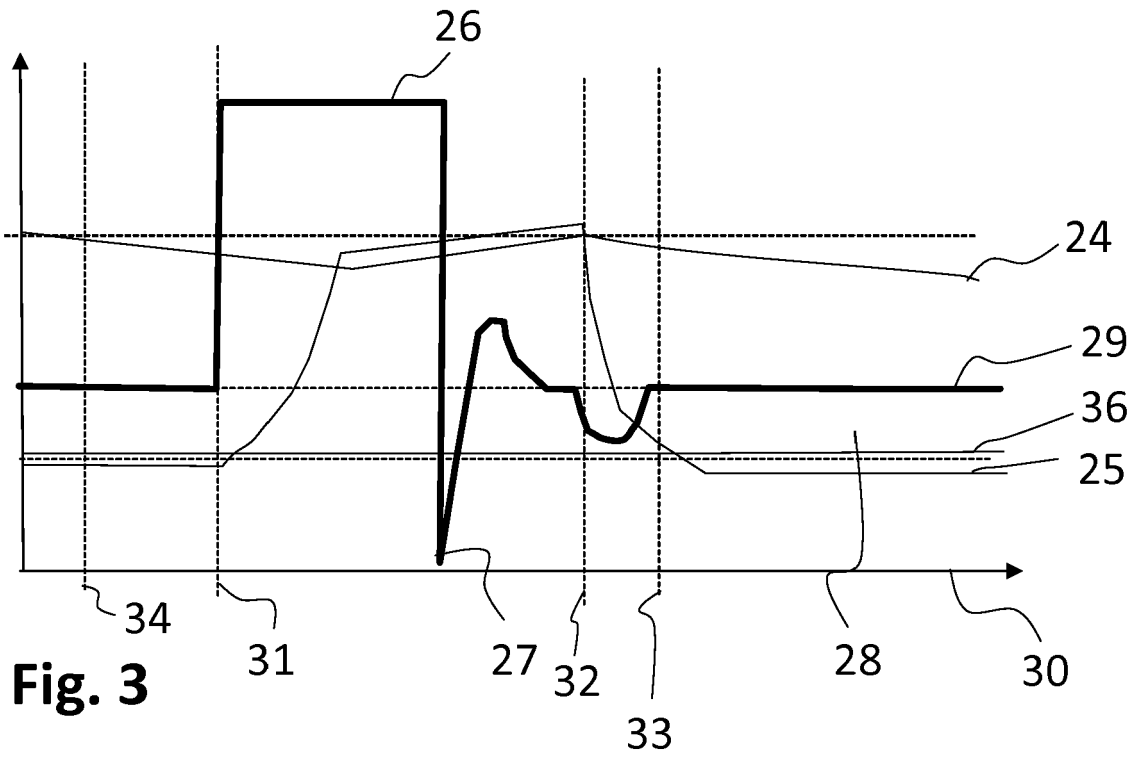
26
24
29
36
25
34
31
27
32
33
28
30

Fig. 3

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 18 20 5565

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2015 108112 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 10. Dezember 2015 (2015-12-10) * Absätze [0022] - [0025], [0027], [0029] - [0035], [0054] - [0056]; Ansprüche 1,9-11; Abbildungen 1-5 *	1-9	INV. F02M55/00 F02D41/38 F02M59/10 F02M59/36
X	DE 10 2013 213924 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 22. Januar 2015 (2015-01-22) * Absätze [0033] - [0036]; Ansprüche 1-6; Abbildungen 1,2 *	1-4,6-9	
X	WO 2017/157736 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. September 2017 (2017-09-21) * Seite 3, Zeile 32 - Seite 7, Zeile 15; Ansprüche 1-10; Abbildungen 1-7 *	1-9	
A	DE 10 2015 121059 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 9. Juni 2016 (2016-06-09) * Ansprüche 1-3; Abbildungen 1-4 *	1-9	
A	DE 10 2015 120577 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 2. Juni 2016 (2016-06-02) * Ansprüche 1-8; Abbildung 1 *	1-9	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02M F02D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
Den Haag	30. April 2019	Boye, Michael

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 18 20 5565

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

30-04-2019

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102015108112 A1	10-12-2015	CN 105317574 A	10-02-2016
		DE 102015108112 A1	10-12-2015
		RU 2015121972 A	27-12-2016
		US 2015354491 A1	10-12-2015
DE 102013213924 A1	22-01-2015	KEINE	
WO 2017157736 A1	21-09-2017	CN 108779732 A	09-11-2018
		DE 102016204408 A1	21-09-2017
		KR 20180122682 A	13-11-2018
		US 2019063359 A1	28-02-2019
		WO 2017157736 A1	21-09-2017
DE 102015121059 A1	09-06-2016	CN 105673239 A	15-06-2016
		DE 102015121059 A1	09-06-2016
		RU 2015151491 A	07-06-2017
		US 2016160790 A1	09-06-2016
		US 2016333837 A1	17-11-2016
DE 102015120577 A1	02-06-2016	CN 105649838 A	08-06-2016
		DE 102015120577 A1	02-06-2016
		RU 2015150609 A	02-06-2017
		US 2016153385 A1	02-06-2016

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82