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

(11) **EP 2 643 582 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
27.02.2019 Patentblatt 2019/09

(21) Anmeldenummer: **11758210.6**

(22) Anmeldetag: **21.09.2011**

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

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2011/066416

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2012/069230 (31.05.2012 Gazette 2012/22)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINES KRAFTSTOFFSYSTEMS EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD FOR OPERATING A FUEL SYSTEM OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

PROCÉDÉ PERMETTANT DE FAIRE FONCTIONNER UN SYSTÈME DE CARBURANT D'UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

(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

(30) Priorität: **23.11.2010 DE 102010061810**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.10.2013 Patentblatt 2013/40

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

(72) Erfinder: **KUEMPEL, Joerg**
70567 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 1 669 579
EP-A2- 1 777 402
DE-A1- 19 834 121
GB-A- 2 459 018
US-A1- 2010 180 863

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).

EP 2 643 582 B1

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, sowie ein Computerprogramm und eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung nach den nebengeordneten Patentansprüchen.

[0002] Bei modernen direkteinspritzenden Brennkraftmaschinen mit bedarfsgeregelter Kraftstoffförderung wird die dafür erforderliche Kolben-Hochdruckpumpe (HDP) abhängig von einem Betriebszustand eines Kraftfahrzeuges gelegentlich vorübergehend ohne Förderung betrieben. Dies erfolgt bei herkömmlichen Systemen vor allem in den Phasen mit Schubabschaltung, in denen die Brennkraftmaschine keinen Kraftstoff benötigt und deshalb auch kein Kraftstoff gefördert werden muss. Da diese Phasen häufig vergleichsweise kurz sind (beispielsweise weniger als fünf Minuten) verkraftet die HDP diese Phasen ohne Schädigung.

[0003] Ein möglicher Schädigungsmechanismus einer als HDP verwendeten Kolbenpumpe kann folgendermaßen beschrieben werden: Wird das der HDP üblicherweise vorgeschaltete Mengensteuerventil zur Steuerung der zugeführten Kraftstoffmenge für eine längere Zeitspanne nicht angesteuert, so findet aufgrund des fehlenden Druckunterschieds (zwischen einem Hochdruck-Förderraum zu einem mit Vordruck beaufschlagten so genannten "Stufenraum") kein nennenswerter Kraftstoffaustausch im Spalt zwischen dem Kolben und der Kolbenbuchse der HDP statt. Der Austausch von Kraftstoff ist jedoch für die Schmierung des Kolbens sowie für eine Zentrierung des Kolbens in der Kolbenbuchse wichtig. Außerdem kann als Folge des fehlenden oder geringen Drucks der Kraftstoff bei den vergleichsweise hohen Temperatur in der HDP gegebenenfalls schon verdampfen. Durch die fehlende Schmierung an den Kontaktstellen zwischen Kolben und Kolbenbuchse kann auf Dauer die HDP beschädigt werden ("Kolbenfresser").

[0004] Besonders kritisch können in dieser Hinsicht bivalente Antriebssysteme sein, bei denen die Brennkraftmaschine für längere Intervalle statt mit flüssigem Kraftstoff (Benzin oder Diesel) mit Gas (CNG) betrieben wird. Während dessen läuft die Hochdruckpumpe (HDP) in der Regel ohne Förderung mit, wobei sie vergleichsweise heiß werden kann. Daraus ergibt sich der oben genannte Schädigungsmechanismus.

[0005] Ebenfalls können in dieser Hinsicht Hybridsysteme kritisch sein, bei denen im Elektrobetrieb die HDP ähnlichen Bedingungen ausgesetzt ist, wie im kombinierten Kraftstoff-Gas-Betrieb.

[0006] Beide oben beschrieben Fälle können lange Phasen ohne Förderbetrieb der HDP bei zugleich hohen Kraftstofftemperaturen aufweisen. Insbesondere entfällt im normalem Betrieb die über den Kraftstoffdurchfluss sich ergebende Kühlung der HDP.

[0007] Fachveröffentlichungen aus diesem Gebiet sind beispielsweise die DE 198 34 121 A1, die US 20080208439 A1, die US 20070163536 A1, die US 20060037583 A1, die US 20060196475 A1, die US 20060102149 A1 und die US 20050098155 A1.

Offenbarung der Erfindung

[0008] Das der Erfindung zugrunde liegende Problem wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 sowie durch ein Computerprogramm und eine Steuer- und/oder Regeleinrichtung nach den nebengeordneten Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in Unteransprüchen angegeben. Für die Erfindung wichtige Merkmale finden sich ferner in der nachfolgenden Beschreibung und in den Zeichnungen, wobei die Merkmale sowohl in Alleinstellung als auch in unterschiedlichen Kombinationen für die Erfindung wichtig sein können, ohne dass hierauf nochmals explizit hingewiesen wird.

[0009] Die Erfindung weist den Vorteil auf, dass in einem Betriebsfall eines Kraftstoffsystems, in welchem eine Kraftstoffpumpe keinen Kraftstoff in einen Druckbereich des Kraftstoffsystems fördert, Kraftstoff in einen Förderraum der Kraftstoffpumpe fließen kann, wobei bewegbare Elemente der Kraftstoffpumpe, beispielsweise ein Kolben, von dem fließenden Kraftstoff geschmiert werden. Dadurch kann die Dauerfestigkeit der Kraftstoffpumpe erhöht werden. Insbesondere kann das erfindungsgemäße Verfahren allein durch eine veränderte Ansteuerung einer Ventileinrichtung der Kraftstoffpumpe, also mittels Software durchgeführt werden.

[0010] Die Erfindung geht von der Überlegung aus, dass im Betrieb einer Brennkraftmaschine Betriebsfälle vorkommen, in denen kein Kraftstoff in Brennräumen der Brennkraftmaschine verbrannt wird und entsprechend kein Kraftstoff von der Kraftstoffpumpe gefördert wird. Dies kann beispielsweise in Phasen der so genannten "Schubabschaltung" der Fall sein, oder bei solchen Brennkraftmaschinen, die alternativ mit flüssigem Kraftstoff oder mit Gas betrieben werden, sowie bei Kraftfahrzeugen mit Hybridantrieb. Es kann ein erster Betriebsfall des Kraftstoffsystems definiert werden, in welchem eine normale Förderung von Kraftstoff in den Druckbereich stattfindet, und ein zweiter Betriebsfall, in welchem kein Kraftstoff in den Druckbereich gefördert wird bzw. gefördert werden soll.

[0011] Erfindungsgemäß wird eine Ventileinrichtung, welche eine der Kraftstoffpumpe zugeführte Kraftstoffmenge zumisst, in dem zweiten Betriebsfall wenigstens zeitweise derart angesteuert, dass in einer ersten Phase der Arbeitsbewegung der Kraftstoffpumpe Kraftstoff aus dem stromaufwärts gelegenen Niederdruckbereich angesaugt wird, in einer zweiten Phase fast vollständig in den Niederdruckbereich zurück gefördert wird, und in einer dritten Phase eine Restmenge des Kraftstoffs zwischen bewegbare Elemente der Kraftstoffpumpe und deren Führung bzw. Lagerung gedrückt wird, um diese zu schmieren.

[0012] Die drei Phasen, insbesondere der Übergang von der zweiten zur dritten oder der dritten zur zweiten

Phase, werden erfindungsgemäß mittels der Ventileinrichtung gesteuert. Beispielsweise ist ein steuerbares Einlassventil der Ventileinrichtung während der beiden ersten Phasen geöffnet, und während der dritten Phase geschlossen. Vorzugsweise beginnt die dritte Phase kurz vor dem Erreichen des oberen Totpunktes des Kolbens und endet mit dem Erreichen des oberen Totpunktes. Die drei Phasen können zyklisch mit der Bewegung des Kolbens wiederholt werden.

[0013] Eine Ausgestaltung des Verfahren sieht vor, dass die Ansteuerung der Ventileinrichtung in dem zweiten Betriebsfall periodisch mit jedem Hub der Kraftstoffpumpe erfolgt. Damit kann eine maximale Schmierung beispielsweise des Kolbens erreicht werden, wodurch die Dauerfestigkeit der Kraftstoffpumpe deutlich erhöht werden kann.

[0014] Eine weitere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass die Ansteuerung der Ventileinrichtung in dem zweiten Betriebsfall gelegentlich oder periodisch erfolgt, und dass in dazwischen liegenden Intervallen keine Ansteuerung erfolgt. Damit kann - abhängig von einer konkreten Ausführung der Kraftstoffpumpe - eine ausreichende Schmierung ermöglicht werden, wobei zugleich eine ungewollte Förderung von Kraftstoff in den Druckbereich des Kraftstoffsystems - und damit eine mögliche Überschreitung eines Grenzdrucks - unwahrscheinlicher wird.

[0015] Eine nochmals weitere Ausgestaltung des Verfahrens sieht vor, dass die Ansteuerung der Ventileinrichtung in dem zweiten Betriebsfall fortlaufend über jeweils eine erste Anzahl von Hüben der Kraftstoffpumpe erfolgt, und danach jeweils über eine zweite Anzahl von Hüben der Kraftstoffpumpe keine Ansteuerung der Ventileinrichtung erfolgt. Damit kann das erfindungsgemäße Verfahren abwechselnd über mehrere Arbeitshübe der Kraftstoffpumpe durchgeführt und anschließend über mehrere Arbeitshübe nicht durchgeführt werden. Auf diese Weise sind eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Durchführung des Verfahrens gegeben, welche flexibel an Betriebszustände oder Betriebsgrößen der Kraftstoffpumpe und/oder der Brennkraftmaschine angepasst werden können.

[0016] Das Verfahren arbeitet besser, wenn der Winkel einer Antriebswelle der Kraftstoffpumpe, bei dem eine Kompression durch eine entsprechende Einstellung der Ventileinrichtung beginnt, ohne dass Kraftstoff in den Druckbereich gefördert wird (Nullförderwinkel), unter Berücksichtigung von mindestens einer Betriebsgröße der Brennkraftmaschine ermittelt wird. Damit kann abhängig von der mindestens einen Betriebsgröße erreicht werden, dass einerseits die Kraftstoffpumpe ausreichend geschmiert und andererseits eine ungewollte Förderung von Kraftstoff vermieden wird.

[0017] Das Verfahren kann präziser durchgeführt werden, wenn der Nullförderwinkel unter Berücksichtigung von mehreren Betriebsgrößen unter Verwendung mindestens eines Kennfelds ermittelt wird. Dadurch können eine Vielzahl von Betriebsgrößen zur Ansteuerung der Ventileinrichtung genutzt werden, wobei durch die Verwendung eines oder mehrerer Kennfelder weitere Informationen ohne zusätzlichen Rechenaufwand einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine bzw. des Kraftfahrzeugs zur Verfügung stehen. Damit kann die Durchführung des Verfahrens allgemein verbessert, Rechenzeit gespart und Kosten gesenkt werden.

[0018] Insbesondere ist vorgesehen, dass der Nullförderwinkel unter Berücksichtigung von mindestens einer der folgenden Größen ermittelt wird:

- Drehzahl der Brennkraftmaschine;
- Drehmoment der Brennkraftmaschine;
- Temperatur der Brennkraftmaschine;
- Temperatur des Kraftstoffs;
- Kraftstoffdruck im Druckbereich; und/oder
- Betriebszustand der Brennkraftmaschine, insbesondere eine Schubabschaltung.

[0019] Mittels dieser Größen kann unter anderem der erste Betriebsfall von dem zweiten Betriebsfall unterschieden und somit eine "Einschaltbedingung" für das Verfahren abgeleitet werden. Insbesondere werden diese Größen dazu verwendet, um den Zeitpunkt für den Übergang von der zweiten in die dritte Phase präzise zu ermitteln, so dass eine ausreichende Schmierung der Kraftstoffpumpe erreicht und zugleich die ungewollte Förderung von Kraftstoff in den Druckbereich verhindert werden kann.

[0020] Weiterhin ist vorgesehen, dass dann, wenn der Druck im Druckbereich mit einer Rate ansteigt, welche größer ist als ein Grenzwert, der Nullförderwinkel soweit verändert wird, dass die Rate unterhalb des Grenzwerts bleibt. Damit kann sozusagen "vorausschauend" der Nullförderwinkel eingestellt werden, so dass die Sicherheit gegen eine ungewollte Förderung von Kraftstoff verringert und die Wahrscheinlichkeit für ein Überscheiten eines Grenzdrucks in dem Druckbereich minimiert werden kann.

[0021] Die Ansteuerung der Ventileinrichtung zur Durchführung des Verfahrens wird weiter verbessert, wenn eine Druckerhöhung infolge Erwärmung des Kraftstoffs im Druckbereich mit ansteigender Betriebsdauer berücksichtigt wird. Dadurch kann besser unterschieden werden, ob die Druckerhöhung als Folge einer ungewollten Förderung von Kraftstoff oder als Folge der Erwärmung des Kraftstoffs entstanden ist bzw. entsteht. Soweit die Druckerhöhung durch die Erwärmung des Kraftstoffs erfolgt, braucht der Nullförderwinkel nicht zusätzlich vermindert werden, wodurch eine optimale Schmierung der Kraftstoffpumpe aufrecht erhalten werden kann.

[0022] Nachfolgend werden beispielhafte Ausführungsformen der Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnung erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Figur 1 ein vereinfachtes Schema eines Kraftstoffsystems einer Brennkraftmaschine;

Figur 2 ein Schema einer Kraftstoffpumpe des Kraftstoffsystems von Figur 1;

Figur 3 ein Zeitdiagramm mit verschiedenen Phasen der Arbeitsbewegung der Kraftstoffpumpe; und

Figur 4 ein Flussdiagramm für ein Computerprogramm zur Abarbeitung in einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung der Brennkraftmaschine.

[0023] Es werden für funktionsäquivalente Elemente und Größen in allen Figuren auch bei unterschiedlichen Ausführungsformen die gleichen Bezugszeichen verwendet.

[0024] Figur 1 zeigt ein Kraftstoffsystem 1 einer Brennkraftmaschine in einer stark vereinfachten schematischen Darstellung. Ein Kraftstofftank 9 ist über eine Saugleitung 4, eine Vorförderpumpe 5 und eine Niederdruckleitung 7 mit einer Kraftstoffpumpe 3 verbunden. An die Kraftstoffpumpe 3 ist über eine Hochdruckleitung 11 ein Hochdruckspeicher 13 ("Common Rail") angeschlossen. Die Hochdruckleitung 11 und der Hochdruckspeicher 13 bilden zusammen einen Druckbereich 16 des Kraftstoffsystems 1. Ein elektromagnetisch betätigtes Schaltventil 14 - im Folgenden als Ventileinrichtung 14 bezeichnet - mit einer elektromagnetischen Betätigungseinrichtung 15 - im Folgenden als Elektromagnet 15 bezeichnet - ist hydraulisch im Verlauf der Niederdruckleitung 7 zwischen der Vorförderpumpe 5 und der Kraftstoffpumpe 3 angeordnet. Der Elektromagnet 15 wird von einem Computerprogramm 8 einer Steuer- und/oder Regeleinrichtung 19 unter Verwendung von Kennfeldern 6 angesteuert. Weiterhin umfasst die Kraftstoffpumpe 3 einen auf einer Antriebswelle 10 angeordneten Nocken 17, welcher einen Kolben 18 in der Zeichnung vertikal bewegen kann. Sonstige Elemente, wie beispielsweise ein Auslassventil der Kraftstoffpumpe 3, sind in der Figur 1 nicht gezeichnet. Es versteht sich, dass die Ventileinrichtung 14 als Baueinheit mit der Kraftstoffpumpe 3 ausgebildet sein kann. Beispielsweise kann die Ventileinrichtung 14 als zwangsweise zu öffnendes Einlassventil der Kraftstoffpumpe 3 im Sinne eines so genannten "Mengensteuerventils" ausgebildet sein.

[0025] Beim Betrieb des Kraftstoffsystems 1 fördert die Vorförderpumpe 5 Kraftstoff vom Kraftstofftank 9 in die Niederdruckleitung 7. Dabei bestimmt die Ventileinrichtung 14 die einem Förderraum 36 der Kraftstoffpumpe 3 zugeführte Kraftstoffmenge.

[0026] Figur 2 zeigt die Kraftstoffpumpe 3 der Figur 1 in einer etwas detaillierteren, jedoch ebenfalls schematischen Darstellung. Die Kraftstoffpumpe 3 weist ein Gehäuse 20 auf, in dessen in der Zeichnung linken Abschnitt der Elektromagnet 15 mit einer Spule 22, einem Anker 24 und einer Ankerfeder 26 angeordnet ist. Weiterhin umfasst die Kraftstoffpumpe 3 einen mit der Niederdruckleitung 7 verbundenen Einlass 28 mit einem Einlassventil 30, und einen mit der Hochdruckleitung 11 verbundenen Auslass 32 mit einem Auslassventil 34. Das Einlassventil 30 umfasst eine Ventilfeder 31 sowie einen Ventilkörper 33. Der Ventilkörper 33 kann mittels einer in der Zeichnung horizontal verschiebbaren und mit dem Anker 24 gekoppelten Ventilnadel 35 bewegt werden. Ist der Elektromagnet 15 bestromt, so kann das Einlassventil 30 durch die Kraft der Ventilfeder 31 geschlossen werden. Ist der Elektromagnet 15 nicht bestromt, so kann das Einlassventil 30 durch die Kraft der Ankerfeder 26 zwangsweise geöffnet werden. In dem Förderraum 36 ist der Kolben 18 in der Zeichnung vertikal bewegbar angeordnet. Der Kolben 18 kann mittels einer Rolle 40 von dem - vorliegend elliptischen - Nocken 17 in einem Zylinder 37 bewegt werden. Der Zylinder 37 ist in einem Abschnitt des Gehäuses 20 gebildet. Das Einlassventil 30 ist über eine Öffnung 38 mit dem Förderraum 36 hydraulisch verbunden.

[0027] In einem ersten Betriebsfall des Kraftstoffsystems 1 fördert die Kraftstoffpumpe 3 Kraftstoff von dem Einlass 28 zu dem Auslass 32, wobei das Auslassventil 34 entsprechend einem jeweiligen Druckunterschied zwischen dem Förderraum 36 und dem Auslass 32 öffnet oder schließt. Das Einlassventil 30 wird bei Vollförderung von einem jeweiligen Druckunterschied zwischen dem Einlass 28 und dem Förderraum 36 beaufschlagt, jedoch außerdem durch die Ventilnadel 35 bzw. den Elektromagneten 15. Bei einer gewünschten Teilförderung wird der Elektromagnet 15 während eines Förderhubs ab einem bestimmten Zeitpunkt bestromt, wodurch das Einlassventil 30 schließen kann und der dann noch im Förderraum 36 vorhandene Kraftstoff nicht zurück in die Niederdruckleitung 7, sondern in den Hochdruckspeicher 13 ("Rail") gefördert wird. Die innerhalb des Gehäuses 20 angeordneten Volumina der Kraftstoffpumpe 3 sind im Wesentlichen mit Kraftstoff gefüllt.

[0028] Figur 3 zeigt einen zweiten Betriebsfall des Kraftstoffsystems 1, in welchem die Kraftstoffpumpe 3 keinen Kraftstoff in den Druckbereich 16 fördert bzw. fördern soll. Im unteren Bereich der Zeichnung ist ein Zeitdiagramm mit zwei Koordinatensystemen dargestellt. Im unteren Koordinatensystem ist über einer Zeit t ein in der Spule 22 fließender Strom I an der Ordinate aufgetragen. Im oberen Koordinatensystem ist im selben zeitlichen Maßstab über der Zeit t ein Hub 44 des Kolbens 18 zwischen einem unteren Totpunkt UT und einem oberen Totpunkt OT an der Ordinate aufgetragen.

[0029] Weiterhin sind mittels gestrichelter Linien drei Phasen der Arbeitsbewegung des Kolbens 18 abgegrenzt, nämlich eine Saugphase PH1, eine Rückströmphase PH2 und eine Förderphase PH3. Die Förderphase PH3 entspricht einem Förderwinkel 46 der Antriebswelle 10, welcher ausgehend von dem in der Zeichnung rechten oberen Totpunkt OT in zeitlich negativer Richtung definiert ist. Der Übergang von der Rückströmphase PH2 in die Förderphase PH3 erfolgt zu einem Zeitpunkt t1. Die Summe der in der Figur 3 dargestellten Phasen PH1 bis PH3 zwischen den beiden dargestellten oberen Tot-

punkten OT entspricht einer Periode der Arbeitsbewegung des Kolbens 18, welche vorliegend einer halben Umdrehung des Nockens 17 bzw. der Antriebswelle 10 entspricht. Ein schraffierter Bereich 48 veranschaulicht die Förderphase PH3 zusätzlich.

[0030] Im oberen Bereich der Zeichnung von Figur 3 sind den drei Phasen PH1 bis PH3 entsprechende Zustände der Kraftstoffpumpe 3 - gemäß der Darstellung von Figur 2 - symbolisch zugeordnet.

[0031] In dem zweiten Betriebsfall des Kraftstoffsystems 1 beginnt ab dem in der Zeichnung linken oberen Totpunkt OT die Saugphase PH1. Die Spule 22 des Elektromagneten 15 ist nicht bestromt. Das Einlassventil 30 ist druckgesteuert geöffnet und das Auslassventil 34 geschlossen. Entlang eines Pfeils 50 kann Kraftstoff von dem Einlass 28 durch das geöffnete Einlassventil 30 und durch die Öffnung 38 in den Förderraum 36 fließen. Durch die Abwärtsbewegung des Kolbens 18 in Richtung eines Pfeils 52 wird der Förderraum 36 zugleich vergrößert. Die innerhalb des Gehäuses 20 angeordneten Volumina der Kraftstoffpumpe 3 sind auch im zweiten Betriebsfall im Wesentlichen mit Kraftstoff gefüllt. Die Saugphase PH1 endet am unteren Totpunkt UT.

[0032] In der Rückströmphase PH2, welche am unteren Totpunkt UT beginnt, bleiben das Einlassventil 30 geöffnet und das Auslassventil 34 geschlossen. Die Spule 22 ist weiterhin nicht bestromt. Durch die Aufwärtsbewegung des Kolbens 18 in Richtung eines Pfeils 54 wird das Volumen des Förderraums 36 verkleinert. Dabei wird der in dem Förderraum 36 befindliche Kraftstoff wenigstens teilweise durch die Öffnung 38 und das Einlassventil 30 entlang eines Pfeils 56 wieder heraus und in die Niederdruckleitung 7 gedrückt. Die Rückströmphase PH2 endet zum Zeitpunkt t1.

[0033] Der Übergang von der Rückströmphase PH2 in die nachfolgende Förderphase PH3 wird ausgelöst, indem die Spule 22 bestromt wird. Der Strom I hat dazu beispielsweise den in der Figur 3 im unteren Koordinatensystem dargestellten Verlauf. Der Kolben 18 befindet sich kurz vor dem oberen Totpunkt OT weiterhin in der Aufwärtsbewegung. Der Anker 24 und die Ventilnadel 35 werden in der Zeichnung durch magnetische Kraft nach links bewegt. Durch die Kraft der Ventilfeder 31 wird der Ventilkörper 33 - gegebenenfalls unterstützt durch Strömungskräfte - ebenfalls nach links bewegt und das Einlassventil 30 somit geschlossen. Das Auslassventil 34 bleibt geschlossen. Durch die restliche Hubbewegung des Kolbens 18 bis zum oberen Totpunkt OT wird als Folge des geschlossenen Einlassventils 30 und des geschlossenen Auslassventils 34 der Kraftstoff im Förderraum 36 komprimiert und ein hydraulischer Druck in dem Förderraum 36 aufgebaut. Als Folge des hydraulischen Drucks bzw. eines Druckunterschieds zu Bereichen außerhalb des Gehäuses 20 wird eine geringe Kraftstoffmenge in Richtung von Pfeilen 58 in der Zeichnung nach unten zwischen die Umfangsfläche des Kolbens 18 und den Zylinder 37 gepresst. Durch die sich derart ergebende Leckageströmung wird der Kolben 18 geschmiert.

[0034] Der Förderwinkel 46 ist so bemessen, dass das Auslassventil 34 in allen Phasen PH1 bis PH3 geschlossen bleibt und somit gerade noch kein Kraftstoff in den Druckbereich 16 gefördert wird, sofern im Förderraum 36 der in dem Druckraum 16 herrschende hydraulische Druck nicht überschritten wird. Dieser Förderwinkel 46 wird auch als "Nullförderwinkel" bezeichnet, unterhalb dessen keine Förderung von Kraftstoff stattfindet. Dies wird durch eine geeignete Ansteuerung des Elektromagneten 15 durch die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 19 erreicht. Dadurch kann einerseits eine maximale Schmierung der Kraftstoffpumpe 3 bewirkt werden, und andererseits eine ungewollte Förderung von Kraftstoff in den Druckbereich 16 vermieden werden. Der Nullförderwinkel kann auf den Winkel der Antriebswelle 10 der Kraftstoffpumpe 3 bezogen sein.

[0035] Die Ansteuerung des Elektromagneten 15 kann beispielsweise mit jedem Hub 44 der Kraftstoffpumpe 3 erfolgen. Alternativ kann die Ansteuerung nur gelegentlich oder periodisch erfolgen, wobei in dazwischen liegenden Intervallen keine Ansteuerung stattfindet. Eine nochmals andere Alternative besteht darin, die Ansteuerung der Ventileinrichtung 14 über eine erste begrenzte Anzahl von Hüben 44 mit jedem Hub 44 durchzuführen, und danach über eine zweite begrenzte Anzahl von Hüben 44 keine Ansteuerung vorzunehmen.

[0036] Zur optimalen Steuerung des Elektromagneten 15 berücksichtigt die Steuer- und/oder Regeleinrichtung 19 - unter Verwendung mindestens eines Kennfelds 6 - bei der Ermittlung des Nullförderwinkels mindestens eine der folgenden Größen, welche Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine darstellen:

- eine Drehzahl der Brennkraftmaschine;
- ein Drehmoment der Brennkraftmaschine;
- eine Temperatur der Brennkraftmaschine;
- eine Temperatur des Kraftstoffs;
- einen Kraftstoffdruck im Druckbereich 16; und/oder
- einen Betriebszustand der Brennkraftmaschine, insbesondere eine Schubabschaltung.

[0037] Figur 4 zeigt ein Flussdiagramm zur Abarbeitung des Verfahrens in dem Computerprogramm 8 der Steuer- und/oder Regeleinrichtung 19. Ausgehend von einem Start-Block 70 wird in einem Abfrage-Block 72 entschieden, ob eine Einschaltbedingung zur Durchführung des Verfahrens vorliegt. Dazu wird mittels der oben genannten Betriebsgrößen der erste Betriebsfall von dem zweiten Betriebsfall unterschieden. Dies ist in der Figur 4 jedoch nicht näher dargestellt. Wenn sich die Brennkraftmaschine aktuell in dem ersten Betriebsfall befindet, so liegt keine Einschaltbedingung vor und das Programm verzweigt zurück zu dem Start-Block 70.

[0038] Liegt dagegen eine Einschaltbedingung vor, so wird in einem nachfolgenden Block 74 aus einem Kennfeld 6 und ebenfalls unter Berücksichtigung der oben genannten Betriebsgrößen der Förderwinkel 46 (Nullförderwinkel) ermittelt. Entsprechend dem so ermittelten För-

derwinkel 46 wird der Elektromagnet 15 in dem zweiten Betriebsfall angesteuert und die Kraftstoffpumpe 3 somit in einer zu der Figur 3 vergleichbaren Weise betrieben.

[0039] Nachfolgend wird in einem Block 76 ein Druck in dem Druckbereich 16 erfasst, woraus eine Rate bzw. ein Gradient des Drucks ermittelt wird. Dabei kann ergänzend eine mögliche Druckerhöhung infolge Erwärmung des Kraftstoffs im Druckbereich 16 mit steigender Dauer des zweiten Betriebsfalls berücksichtigt werden.

[0040] Danach wird in einem Abfrage-Block 78 geprüft, ob die ermittelte Rate größer ist als ein Grenzwert 80. Ist dies nicht der Fall, so wird wiederum zu dem Start-Block 70 verzweigt und das Programm dort fortgesetzt.

[0041] Ist die ermittelte Rate jedoch größer als der Grenzwert 80, so wird in einem folgenden Block 82 der Förderwinkel 46 schrittweise um zunächst eine Stufe verkleinert. Durch diese Sicherheitsfunktion wird bewirkt, dass die Förderphase PH3 bzw. der Förderwinkel 46 (Nullförderwinkel) verkürzt wird, wobei entsprechend weniger Druck in dem Förderraum 36 aufgebaut und das Auslassventil 34 somit stärker in Schließstellung beaufschlagt wird. Die Gefahr, dass ungewollt Kraftstoff in den Druckbereich 16 gefördert wird, wird also geringer. Danach wird ebenfalls zum Start-Block 70 zurück verzweigt und das Programm dort fortgesetzt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben eines Kraftstoffsystems (1) einer Brennkraftmaschine, bei dem in mindestens einem ersten Betriebsfall durch eine entsprechende Einstellung einer Ventileinrichtung (14) eine Kraftstoffpumpe (3) Kraftstoff in einem Förderraum (36) komprimiert und in einen Druckbereich (16) **fördert,** und bei dem die Kraftstoffpumpe (3) in mindestens einem zweiten Betriebsfall durch eine entsprechende Einstellung der Ventileinrichtung (14) keinen Kraftstoff in den Druckbereich (16) fördert, **dadurch gekennzeichnet, dass** in dem zweiten Betriebsfall die Ventileinrichtung (14) gelegentlich oder periodisch mit einem **Nullförderwinkel** derart angesteuert wird, dass in einer ersten Phase der Arbeitsbewegung der Kraftstoffpumpe der Kraftstoff aus einem Niederdruckbereich angesaugt wird, in einer zweiten Phase fast vollständig in den Niederdruckbereich zurück gefördert wird, und in einer dritten Phase eine Restmenge des Kraftstoffs zwischen bewegbare Elemente der Kraftstoffpumpe und deren Führung bzw Lagerung gedrückt wird, und dass in dazwischen liegenden Intervallen **keine Ansteuerung** erfolgt.

2. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nullförderwinkel einer Antriebswelle (10) der Kraftstoffpumpe (3), bei dem eine Kompression durch eine entsprechende Einstellung der Ventileinrichtung (14) beginnt, ohne dass Kraftstoff in den Druckbereich (16) gefördert wird , unter Berücksichtigung von mindestens einer Betriebsgröße der Brennkraftmaschine ermittelt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nullförderwinkel unter Berücksichtigung von mehreren Betriebsgrößen unter Verwendung mindestens eines Kennfelds (6) ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Nullförderwinkel unter Berücksichtigung von mindestens einer der folgenden Größen ermittelt wird:

   - Drehzahl der Brennkraftmaschine;
   - Drehmoment der Brennkraftmaschine;
   - Temperatur der Brennkraftmaschine;
   - Temperatur des Kraftstoffs;
   - Kraftstoffdruck im Druckbereich (16); und/oder
   - Betriebszustand der Brennkraftmaschine, insbesondere eine Schubabschaltung.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** dann, wenn der Druck im Druckbereich (16) mit einer Rate ansteigt, welche größer ist als ein Grenzwert (80), der Nullförderwinkel soweit verändert wird, dass die Rate unterhalb des Grenzwerts (80) bleibt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Druckerhöhung infolge Erwärmung des Kraftstoffs im Druckbereich (16) mit ansteigender Betriebsdauer berücksichtigt wird.

7. Computerprogramm (8), **dadurch gekennzeichnet, dass** es zur Ausführung eines Verfahrens nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche programmiert ist.

8. Steuer- und/oder Regeleinrichtung (19) einer Brennkraftmaschine, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Speicher umfasst, auf dem ein Computerprogramm (8) nach Anspruch 7 abgespeichert ist.

Claims

1. Method for operating a fuel system (1) of an internal combustion engine, in which method, in at least a first operating situation, by means of a corresponding setting of a valve device (14), a fuel pump (3) compresses fuel in a delivery chamber (36) and delivers said fuel into a pressure region (16), and in which method, in at least a second operating situation, by means of a corresponding setting of the valve device (14), the fuel pump (3) delivers no fuel into the pres-

sure region (16), **characterized in that**, in the second operating situation, the valve device (14) is occasionally or periodically activated with a zero-delivery angle such that, in a first phase of the working movement of the fuel pump, the fuel is drawn in from a low-pressure region, in a second phase, said fuel is delivered almost entirely back into the low-pressure region, and in a third phase, a residual quantity of the fuel is forced between movable elements of the fuel pump and the guide or bearing arrangement thereof, and **in that** no activation occurs in intervening intervals.

2. Method according to at least one of the preceding claims, **characterized in that** the zero-delivery angle of a drive shaft (10) of the fuel pump (3), at which a compression begins by means of a corresponding setting of the valve device (14) without fuel being delivered into the pressure region (16), is determined taking into consideration at least one operating variable of the internal combustion engine.

3. Method according to Claim 1, **characterized in that** the zero-delivery angle is determined taking into consideration multiple operating variables using at least one characteristic map (6).

4. Method according to Claim 2 or 3, **characterized in that** the zero-delivery angle is determined taking into consideration at least one of the following variables:

- rotational speed of the internal combustion engine;
- torque of the internal combustion engine;
- temperature of the internal combustion engine;
- temperature of the fuel;
- fuel pressure in the pressure region (16); and/or
- operating state of the internal combustion engine, in particular an overrun cut-off state.

5. Method according to any of Claims 2 to 4, **characterized in that**, if the pressure in the pressure region (16) rises at a rate greater than a threshold value (80), the zero-delivery angle is changed to such an extent that the rate remains below the threshold value (80).

6. Method according to Claim 5, **characterized in that** a pressure increase as a result of warming of the fuel in the pressure region (16) with progressive operating duration is taken into consideration.

7. Computer program (8), **characterized in that** it is programmed to carry out a method according to at least one of the preceding claims.

8. Open-loop and/or closed-loop control device (19) of an internal combustion engine, **characterized in that** it comprises a memory on which a computer program (8) according to Claim 7 is stored.

Revendications

1. Procédé pour faire fonctionner un système de carburant (1) d'un moteur à combustion interne, dans lequel, dans au moins un premier cas de fonctionnement, par un ajustement correspondant d'un dispositif de soupape (14), une pompe à carburant (3) comprime du carburant dans un espace de refoulement (36) et le refoule dans une région de pression (16), et dans lequel la pompe à carburant (3), dans au moins un deuxième cas de fonctionnement, par un ajustement correspondant du dispositif de soupape (14), ne refoule pas de carburant dans la région de pression (16), **caractérisé en ce que** dans le deuxième cas de fonctionnement, le dispositif de soupape (14) est commandé occasionnellement ou périodiquement avec un angle de refoulement nul, de telle sorte que dans une première phase du mouvement de travail de la pompe à carburant, le carburant soit aspiré depuis une région basse pression, soit à nouveau refoulé dans une deuxième phase presque complètement dans la région basse pression, et que dans une troisième phase, une quantité résiduelle du carburant soit pressée entre des éléments mobiles de la pompe à carburant et leur guidage ou leur support sur palier, et **en ce qu'**aucune commande n'ait lieu dans les intervalles intermédiaires.

2. Procédé selon au moins l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'angle de refoulement nul d'un arbre d'entraînement (10) de la pompe à carburant (3) auquel une compression par un ajustement correspondant du dispositif de soupape (14) commence, sans que du carburant ne soit refoulé dans la région de pression (16), est détecté en tenant compte d'au moins une grandeur de fonctionnement du moteur à combustion interne.

3. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'angle de refoulement nul est déterminé en tenant compte de plusieurs grandeurs de fonctionnement en utilisant au moins un champ caractéristique (6).

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, **caractérisé en ce que** l'angle de refoulement nul est déterminé en tenant compte d'au moins l'une des grandeurs suivantes :

- le régime du moteur à combustion interne ;
- le couple du moteur à combustion interne ;
- la température du moteur à combustion

interne ;
- la température du carburant ;
- la pression de carburant dans la région de pression (16) ; et/ou
- l'état de fonctionnement du moteur à combustion interne, en particulier une coupure d'alimentation en poussée.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, **caractérisé en ce que** lorsque la pression dans la région de pression (16) augmente à une vitesse supérieure à une valeur limite (80), l'angle de refoulement nul est modifié de telle sorte que la vitesse reste en dessous de la valeur limite (80).

6. Procédé selon la revendication 5, **caractérisé en ce que** l'on tient compte d'une augmentation de pression résultant d'un réchauffement du carburant dans la région de pression (16) avec une durée de fonctionnement croissante.

7. Programme informatique (8), **caractérisé en ce qu'**il est programmé pour mettre en oeuvre un procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes.

8. Dispositif de commande et/ou de régulation (19) d'un moteur à combustion interne, **caractérisé en ce qu'**il comprend une mémoire sur laquelle est mémorisé un programme informatique (8) selon la revendication 7.

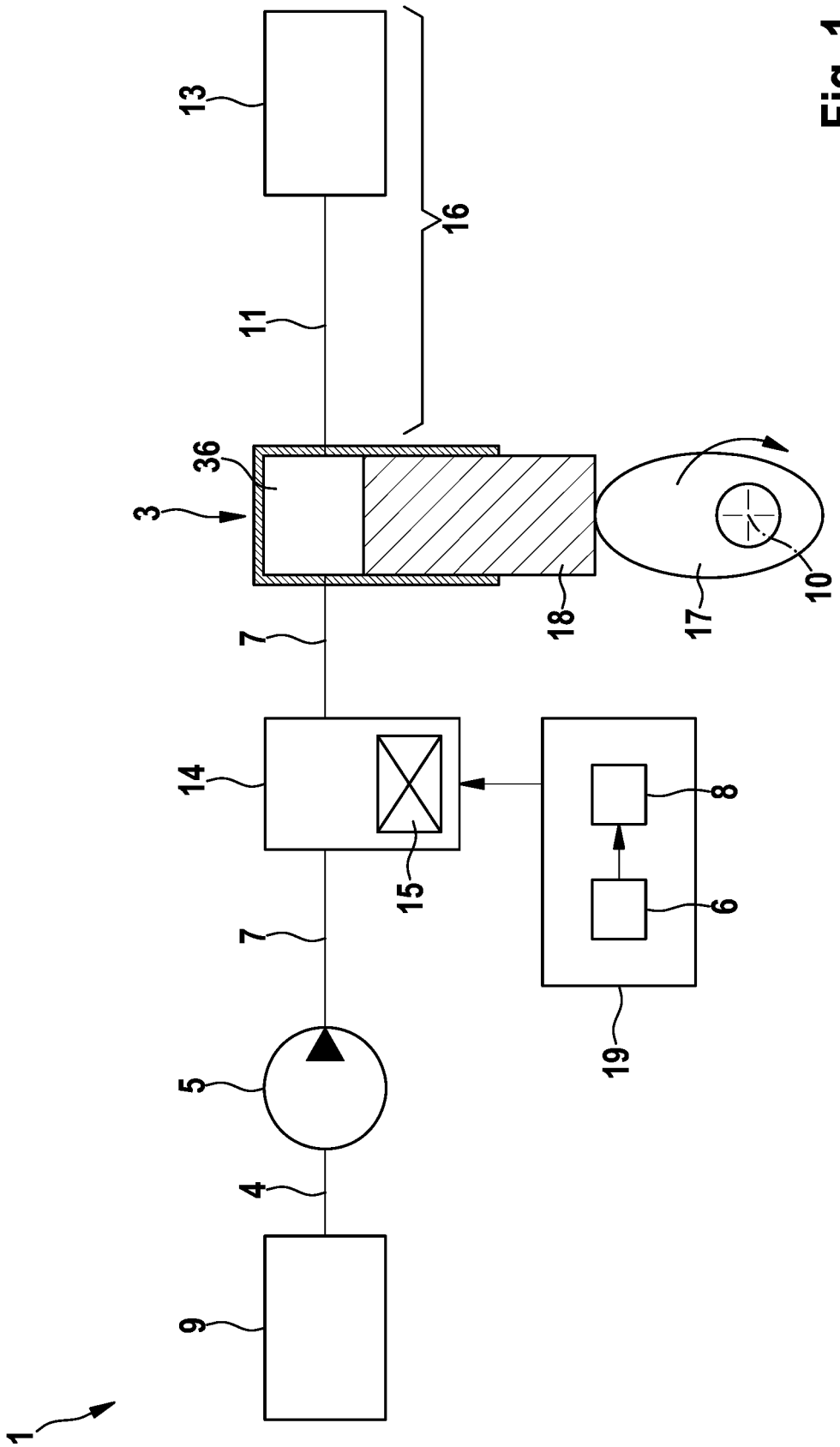


Fig. 1

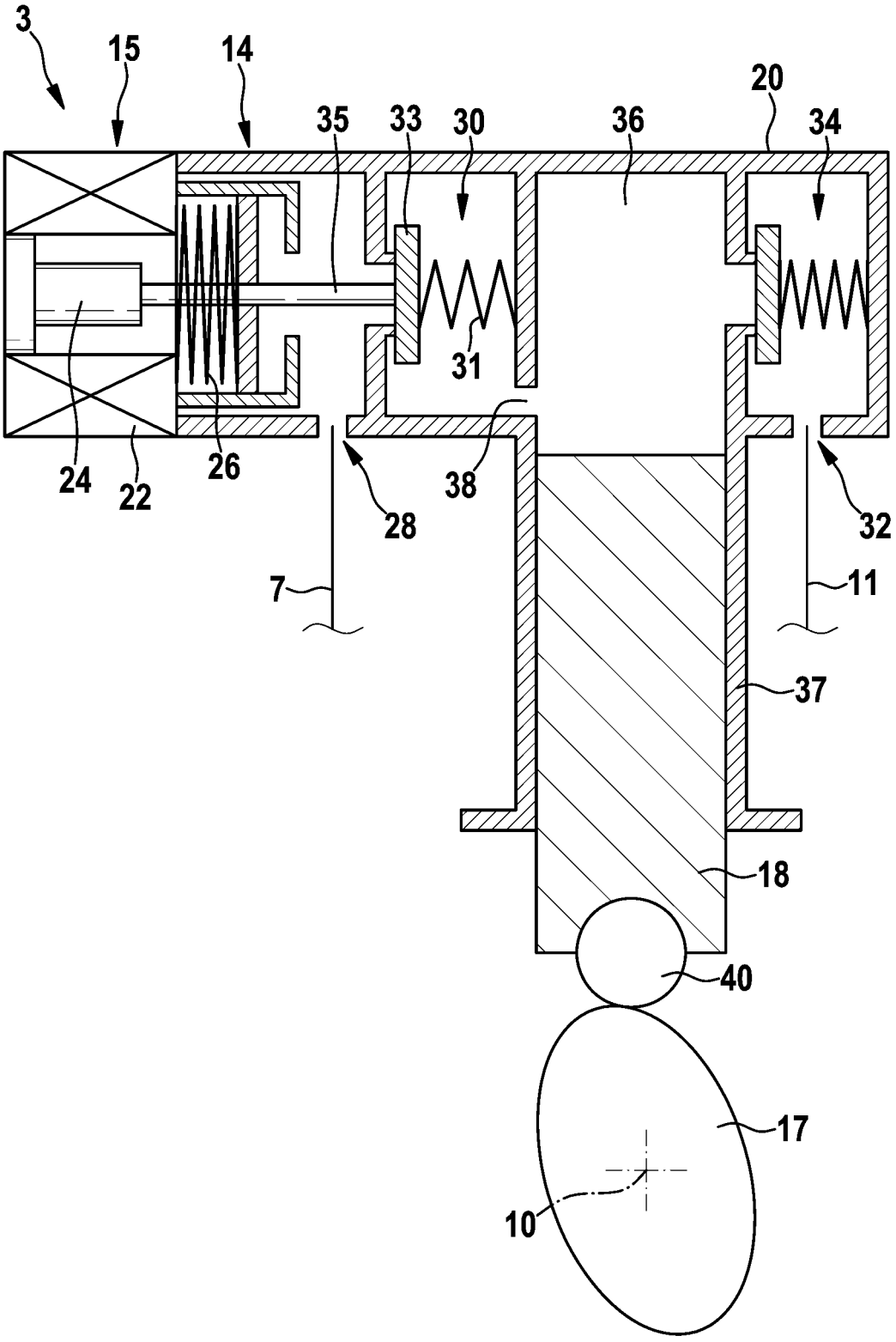


Fig. 2

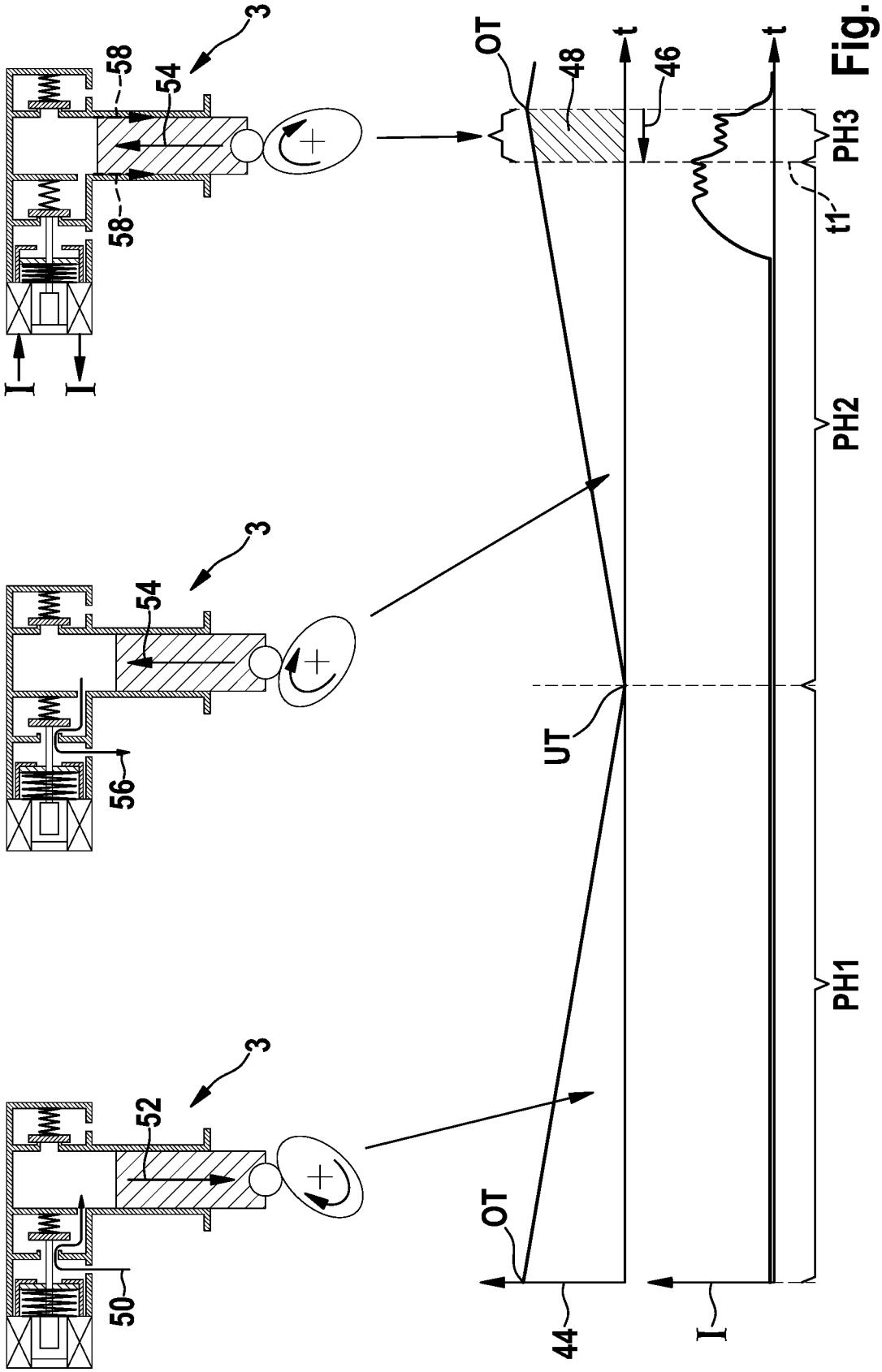


Fig. 3

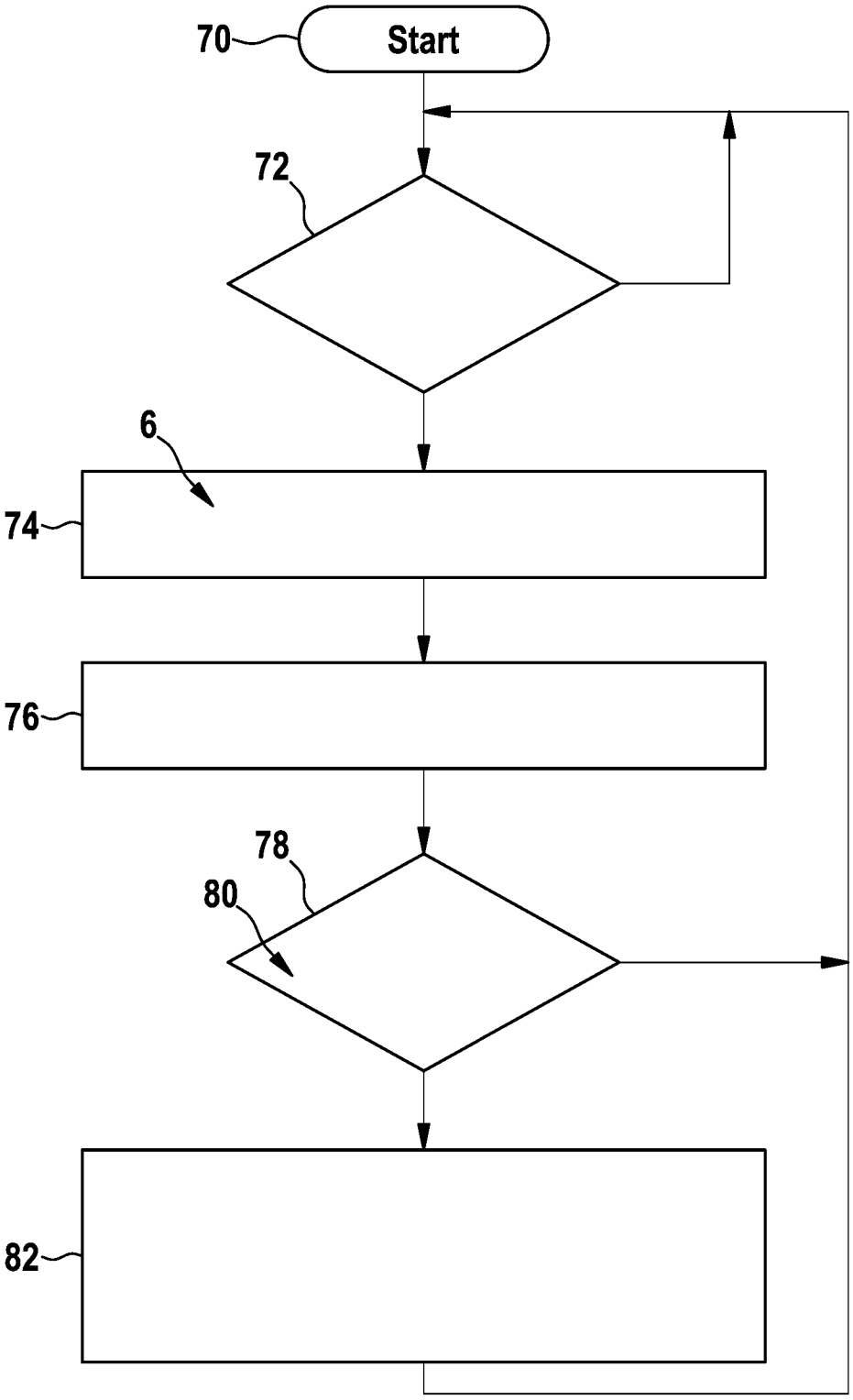


Fig. 4

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

- DE 19834121 A1 **[0007]**
- US 20080208439 A1 **[0007]**
- US 20070163536 A1 **[0007]**
- US 20060037583 A1 **[0007]**
- US 20060196475 A1 **[0007]**
- US 20060102149 A1 **[0007]**
- US 20050098155 A1 **[0007]**