

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
10. November 2016 (10.11.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/177498 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/20 (2006.01) F02M 51/06 (2006.01)
F02M 63/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/055442

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. März 2016 (14.03.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 208 436.1 6. Mai 2015 (06.05.2015) DE

(71) Anmelder: CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH
[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: ASCHER, Stefan; Karl-Stieler-Str. 60, 93051
Regensburg (DE). KATZENBERGER, Michael; Carl-
Thiel-Str. 5, 93053 Regensburg (DE). KRAMEL,
Manfred; Pfatterweg 17, 93098 Mintraching (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

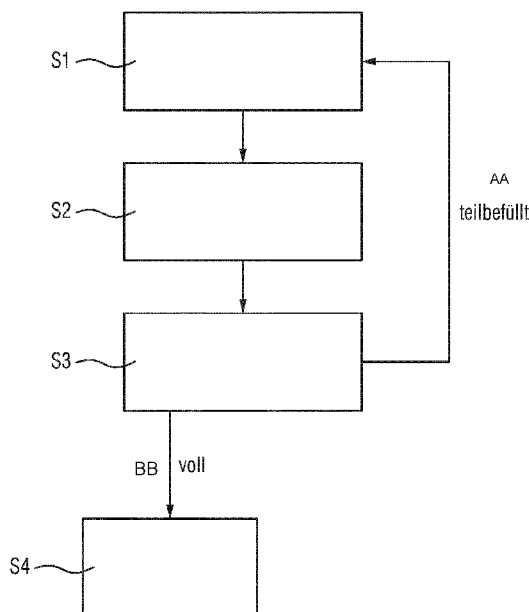
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: MONITORING METHOD AND MONITORING DEVICE FOR MONITORING A FILLING OPERATION OF AN INJECTOR
ARRANGEMENT WITH A FUEL AND FILLING METHOD FOR FILLING AN INJECTOR ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung : ÜBERWACHUNGSVERFAHREN UND ÜBERWACHUNGSVORRICHTUNG ZUR ÜBERWACHUNG EINES
FÜLLVORGANGS EINER INJEKTORANORDNUNG MIT EINEM KRAFTSTOFF UND BEFÜLLUNGSVERFAHREN ZUM BEFÜLLEN
EINER INJEKTORANORDNUNG

FIG 6



AA partially filled
BB full

(57) Abstract: The invention relates to a monitoring method
for monitoring a filling operation of an injector
(16) with a fuel (10), wherein, after starting of the filling
operation, a parameter representing a force (FR) exerted on a
control actuator (18) of the injector arrangement (16) by a
hydraulic coupling element (24) during the filling operation is
detected and the detected parameter is then compared to a
known reference parameter. The invention further relates to a
corresponding monitoring device (50), which is designed to
carry out the monitoring method, and to a filling method for
filling the injector arrangement (16), wherein the monitoring
method can be optionally carried out.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2016/177498 A1



RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, **Veröffentlicht:**

CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, — *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
TG).

Die Erfindung betrifft ein Überwachungsverfahren zur Überwachung eines Füllvorgangs einer Injektoranordnung (16) mit einem Kraftstoff (10), wobei nach Starten des Füllvorgangs während des Füllvorgangs von einem hydraulischen Koppellement (24) auf einen Stellaktor (18) der Injektoranordnung (16) rückwirkende Kraft (FR) repräsentierender Parameter erfasst und dieser erfasste Parameter dann mit einem bekannten Referenz-Parameter verglichen wird. Weiter betrifft die Erfindung eine entsprechende Überwachungsvorrichtung (50), die zum Ausführen des Überwachungsverfahrens ausgebildet ist, sowie ein Befüllungsverfahren zum Befüllen der Injektoranordnung (16), bei dem das Überwachungsverfahren optional durchgeführt werden kann.

Beschreibung

Überwachungsverfahren und Überwachungsvorrichtung zur Überwachung eines Füllvorgangs einer Injektoranordnung mit einem Kraftstoff und Befüllungsverfahren zum Befüllen einer Injektoranordnung

Die Erfindung betrifft ein Überwachungsverfahren, mit dem ein Füllvorgang einer Injektoranordnung mit einem Kraftstoff überwacht werden kann, sowie eine entsprechende Überwachungsvorrichtung. Weiter betrifft die Erfindung ein Befüllungsverfahren zum Befüllen der Injektoranordnung, wobei während des Befüllungsverfahrens das besagte Überwachungsverfahren durchgeführt werden kann.

Zum Einspritzen von Kraftstoff wie beispielsweise Benzin oder Diesel in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine werden heutzutage Kraftstoffeinspritzsysteme verwendet, die oftmals nach dem sog. Common-Rail-Prinzip arbeiten, d. h. über eine Kraftstoffhochdruckpumpe wird ein Druckspeicher, nämlich das sog. Rail, mit einem mit Hochdruck beaufschlagten Kraftstoff versorgt. An den Druckspeicher schließen sich direkt die Injektoren an, die den Kraftstoff dann in den jeweiligen Brennraum der Brennkraftmaschine einspritzen. Als Injektoren sind Injektoranordnungen bekannt, die häufig sog. hydraulisch direkt betriebene Injektoranordnungen sind. Dabei wird über einen Stellaktor und ein hydraulisches Koppellement, das eine Wirkrichtungsumkehr bewirkt, eine Stellkraft auf eine Injektornadel aufgebracht, um diese Injektornadel zu bewegen und somit die Injektoranordnung zu öffnen. Bei geöffneter Stellung der Injektornadel werden Öffnungen in der Injektoranordnung freigegeben, durch die der Kraftstoff dann in den Brennraum der Brennkraftmaschine gelangen kann. Wird von dem Stellaktor keine Kraft mehr ausgeübt, kehrt die Injektornadel, häufig induziert über eine Feder, in die Geschlossen-Stellung zurück und verschließt somit die Öffnungen, so dass kein Kraftstoff mehr in den Brennraum gelangen kann.

Hydraulische Koppellemente, die die Kraft des Stellaktors auf die Injektornadel übertragen können, weisen häufig zwei getrennte Druckräume auf, nämlich einen Koppelraum und einen Hochdruckraum, die lediglich über Leckagen miteinander verbunden sind. Beide Druckräume sind kraftübertragend mit einer jeweils gegenüberliegenden Seite der Injektornadel gekoppelt und üben so über den jeweils in dem jeweiligen Druckraum herrschenden Druck eine Kraft auf die entsprechende Seite der Injektornadel aus, mit der sie gekoppelt sind. Dabei bewirkt ein Druckausgleich zwischen den beiden Druckräumen – dem Koppelraum und dem Hochdruckraum –, dass sich die Injektornadel nicht bewegt, während ein Druckunterschied zu einer Bewegung der Injektornadel führt.

Die gewünschte Bewegung der Injektornadel wird daher über eine gezielte Einstellung eines Druckunterschiedes zwischen Hochdruckraum und Koppelraum bewirkt.

Eine gezielte Einstellung des Druckunterschiedes ist jedoch nur dann möglich, wenn sowohl der Koppelraum als auch der Hochdruckraum vollständig mit einem Fluid, nämlich dem Kraftstoff, gefüllt ist. Die Befüllung des Koppelraumes erfolgt dabei meist über die Leckagen von der Seite des Hochdruckraumes her.

Ein steuerbarer Zustand der Injektoranordnung ist daher erst dann erreicht, wenn die Injektoranordnung auch im Koppelraum vollständig mit dem Fluid gefüllt ist. Erst dann kann die Injektoranordnung demnach steuerbar in Betrieb genommen werden.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Überwachungsverfahren und eine Überwachungsvorrichtung vorzuschlagen, die eine Detektion eines Füllzustandes einer Injektoranordnung mit Kraftstoff ermöglicht.

Diese Aufgabe wird gelöst mit einem Überwachungsverfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

Eine Überwachungsvorrichtung zum Überwachen eines Füllvorgangs einer Injektoranordnung mit einem Kraftstoff sowie ein Be-

füllungsverfahren zum Befüllen einer Injektoranordnung, bei dem das Überwachungsverfahren durchgeführt werden kann, sind Gegenstand der nebengeordneten Ansprüche.

- 5 Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Ein Überwachungsverfahren wird zur Überwachung eines Füllvorgangs einer Injektoranordnung mit einem Kraftstoff durchgeführt. Die Injektoranordnung ist dabei zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine ausgebildet. Die Injektoranordnung weist eine Injektornadel und einen Stellaktor auf, wobei eine Stellkraft von dem Stellaktor mit Hilfe eines hydraulischen Koppel-elementes auf die Injektornadel übertragen werden kann. Die Injektornadel ist dabei auf einer ersten Seite mit einem Koppelraum des Koppel-elementes kraftübertragend gekoppelt. Das Überwachungsverfahren weist die folgenden Schritte auf:

10 - Starten des Füllvorgangs der Injektoranordnung mit Kraftstoff, wobei der Füllvorgang des Koppelraumes von dem Hochdruckraum her durch einen Druckaufbau in dem Hochdruckraum erfolgt;

15 - Erfassen eines während des Füllvorgangs von dem Koppel-element auf den Stellaktor rückwirkende Kraft repräsentierenden Parameters;

20 - Vergleichen des erfassten Parameters mit einem bekannten Referenz-Parameter.

Während des Überwachungsverfahrens wird der Stellaktor nicht aktiv von außen betrieben. Dadurch wirken auf den Stellaktor nur von dem Koppel-element her Kräfte, die abhängig sind von einem Druckunterschied in dem Koppelraum und in den Hochdruckraum. Bei einer vollständig gefüllten Injektoranordnung ist der Druckunterschied zwischen Koppelraum und Hochdruckraum deutlich geringer als bei einer Teilbefüllung, bei der beispielsweise der Hochdruckraum bereits mit Kraftstoff gefüllt ist, der Koppelraum jedoch nicht. Daher wirkt bei Teilbefüllung der Injektoranordnung eine deutlich größere Kraft auf den Stellaktor von dem

Koppelement zurück. Durch Kalibrationsmessungen der Injektoranordnung wird ein Referenz-Parameter ermittelt, der beispielsweise den Punkt charakterisiert, an dem die Injektoranordnung vollständig mit Kraftstoff befüllt ist. Während des Füllvorgangs der Injektoranordnung wird daher permanent oder in regelmäßigen Intervallen ein charakteristischer Wert in der Injektoranordnung ermittelt, der in direktem Zusammenhang steht mit der Kraft, die von dem Koppelement während des Füllvorgangs auf den Stellaktor zurückwirkt, während der Stellaktor von außen nicht aktiv betrieben wird. Dieser Wert stellt den die rückwirkende Kraft repräsentierenden Parameter dar. Dieser repräsentierende Parameter wird dann mit dem bekannten Referenz-Parameter verglichen. Um demgemäß auf einen Füllzustand der Injektoranordnung während eines Füllvorgangs schließen zu können, werden Charakteristiken des Stellaktors erfasst, was beispielsweise in einer elektronischen Steuereinheit durchgeführt werden kann.

Vorzugsweise wird vor dem Starten des Füllvorgangs ein Grenzwert für den Parameter definiert und während des Vergleichens des erfassten Parameters mit dem bekannten Referenz-Parameter eine Abweichung von dem Grenzwert ermittelt. Dabei kann festgestellt werden, ob und wenn der erfasste Parameter den Grenzwert überschreitet, dass ein unvollständiger Füllzustand der Injektoranordnung vorliegt. Wenn die von dem Koppelement auf den Stellaktor rückwirkende Kraft größer ist als der Grenzwert, wird daher vorteilhaft darauf geschlossen, dass es noch keinen Druckausgleich zwischen Koppelraum und Hochdruckraum gibt und daher der Füllvorgang der Injektoranordnung noch nicht vollständig ist.

In besonders bevorzugter Ausgestaltung wird als Stellaktor ein Piezoaktor bereitgestellt und eine an dem Piezoaktor durch die von dem Koppelement auf den Piezoaktor rückwirkende Kraft resultierende Spannung erfasst. Die Spannung, die dann an dem Piezoaktor abgegriffen werden kann, stellt dabei vorzugsweise den die rückwirkende Kraft resultierenden Parameter dar. Um den Piezoaktor als Stellaktor inaktiv zu halten, wird daher keine

Spannung von außen auf den Piezoaktor aufgebracht, sondern nur die Spannung ausgelesen, die durch die Krafteinwirkung von dem Koppelraum her auf den Piezoaktor resultiert. Es wird daher vorteilhaft der piezoelektrische Effekt ausgenutzt, welcher
5 auftritt, wenn eine externe Kraft auf den Piezoaktor wirkt.

An dem Piezoaktor wirken während des Füllvorgangs der Injektoranordnung vorzugsweise unterschiedliche Kräfte in Abhängigkeit von der wirksamen druckbeaufschlagten Fläche des Piezoaktors.
10 Diese wirksame druckbeaufschlagte Fläche des Piezoaktors wird umso kleiner, je größer der Druckausgleich zwischen dem Hochdruckraum und dem Koppelraum ist. Dieser Flächenunterschied stellt dabei vorzugsweise das unterscheidende Merkmal dar zwischen einer teilbefüllten Injektoranordnung, bei der der
15 Koppelraum nicht komplett gefüllt ist, und einer korrekt komplett befüllten Injektoranordnung. Die an dem Piezoaktor erfasste Spannung spiegelt daher vorteilhaft eine Druckdifferenz zwischen dem in dem Koppelraum wirkenden Kraftstoffdruck und dem in dem Hochdruckraum wirkenden Kraftstoffdruck wieder.

20 Über den Piezoaktor, der eine kapazitive Last darstellt, und sich durch Aufladen auf eine gewisse Spannung laden lässt, kann bei einem hydraulisch direkt angetriebenen Kraftstoffeinspritzsystem die Piezobewegung bzw. Piezokraft über die Wirkrichtungsumkehr des hydraulischen Koppel-elementes auf die Injektor-
25 nadel übertragen werden. Einerseits fungiert das hydraulische Koppel-element dabei vorteilhaft als Kraft-Weg-Übersetzer mit Wirkrichtungsumkehr, welches den translatorischen Hub des Piezoaktors in eine die Injektornadel öffnende Druckdifferenz
30 umsetzt. Zum anderen werden Positionsänderungen der Bauteile in Folge unterschiedlicher thermischer Ausdehnungen kompensiert, so dass vorzugsweise kein Leerhub vorhanden ist, wodurch die Piezobewegung vorteilhaft komplett als Bewegung der Injektornadel übertragen werden kann.

35 Vorzugsweise wird ein in dem Hochdruckraum vorliegender Kraftstoffdruck ermittelt, insbesondere durch Messung eines in einem mit der Injektoranordnung hydraulisch verbundenen

Druckspeicher vorliegenden Kraftstoffdruckes. Der Hochdruckraum wird vorteilhaft über den Druckspeicher, nämlich das sog. Rail, mit Kraftstoff versorgt, welcher mit hohem Druck beaufschlagt ist. Daher repräsentiert ein gemessener Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher indirekt auch den Kraftstoffdruck, der in dem Hochdruckraum der Injektoranordnung vorliegt.

In besonders bevorzugter Ausbildung wird ein Kennfeld ermittelt, das die an dem Piezoaktor erfasste Spannung in Abhängigkeit zu dem in dem Hochdruckraum vorliegenden Kraftstoffdruck setzt. Die Spannung, die an dem Piezoaktor gemessen wird, weil eine Kraft von dem Koppellement auf den Piezoaktor zurückwirkt, ist umso höher, je geringer der Druckausgleich zwischen Hochdruckraum und Koppelraum ist. Es kann daher eine Referenzkurve ermittelt werden, die die an dem Piezoaktor gemessene Spannung in Relation zu einer auf den Piezoaktor von dem Koppellement her wirkenden Kraft setzt, wobei anhand der Spannungsrückmessung von dem Piezoaktor auf die Kraft zurückreferenziert werden kann, welche auf den Piezoaktor von dem Koppellement zurückwirkt, beispielsweise über einen Pin oder Kolben.

Insbesondere wird als die rückwirkende Kraft repräsentierender Parameter eine Steigung des Kennfeldes ermittelt. Das bedeutet, es wird vorteilhaft eine Kurve herangezogen, aus der ein sich ändernder Druckunterschied zwischen Koppelraum und Hochdruckraum mit der aus dem Piezoaktor rückwirkenden Kraft in Zusammenhang gesetzt wird. Dabei ist es ausreichend, wenn zwei Wertepaare der Werte Druck im Hochdruckraum und Spannung am Piezoaktor erfasst werden, da zwei Wertepaare bereits ausreichen, um daraus eine Steigung und somit einen Differenzdruck zu ermitteln. Als Kennfeld wird demgemäß vorteilhaft ein Spannungsgradient herangezogen, wobei für die Bildung des Spannungsgradienten als minimale Anzahl an Messpunkten zwei Stützstellen ausreichen, um eine Gerade zu bilden und daraus den Gradienten, d. h. die Steigung, zu bestimmen, und mit einer Referenzkurve, nämlich dem Referenz-Kennfeld zu vergleichen.

Vorzugsweise wird das Überwachungsverfahren zum Überwachen des Füllvorgangs der Injektoranordnung selektiv während des Füllvorgangs durchgeführt. Das bedeutet, es kann vorteilhaft entschieden werden, ob das Überwachungsverfahren überhaupt während des Füllvorgangs durchgeführt werden soll, oder nicht. Beispielsweise kann das Überwachungsverfahren abhängig davon durchgeführt werden, ob ein in einem Druckspeicher, der hydraulisch mit der Injektoranordnung verbunden ist, vorliegender Kraftstoffdruck unterhalb eines vorbestimmten Druckgrenzwertes liegt. Alternativ oder zusätzlich kann das Überwachungsverfahren aber auch abhängig davon durchgeführt werden, ob zum Aufbau eines bestimmten Kraftstoffdruckes in dem Druckspeicher ein maximaler Zeitraum benötigt wird.

Vorzugsweise wird das Überwachungsverfahren nur solange durchgeführt, bis eine Einspritzfreigabe vorliegt, d. h. bis die Injektoranordnung bereit ist, den Kraftstoff in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine einzuspritzen. Eine solche Einspritzfreigabe wird beispielsweise bei einem minimalen Kraftstoffdruck, der in dem Druckspeicher, nämlich dem Rail, vorherrscht, erteilt. Beispielsweise liegt ein minimaler Kraftstoffdruck im Druckspeicher in einem Bereich zwischen 80 bar und 120 bar, vorzugsweise 100 bar. Überschreitet der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher diesen Bereich, wird das Überwachungsverfahren nicht mehr weiter durchgeführt. Denn dann wird der Stellaktor als Ansteuerung genutzt, um Kraftstoff für einen Motorbetrieb der Brennkraftmaschine beizusteuern. Liegt der Kraftstoffdruck jedoch unterhalb eines vorbestimmten Druckgrenzwertes in dem Druckspeicher, beispielsweise unterhalb eines Bereiches von 80 bar bis 120 bar, wird das Überwachungsverfahren vorteilhaft durchgeführt. Denn während der ersten Zyklen im Startvorgang eines Motorbetriebes dreht ein Anlasser u. a. eine Hochdruckpumpe, um in dem Druckspeicher einen Systemdruck aufzubauen. Während dieses Aufbaus des Systemdruckes von 0 bar bis zu dem vorbestimmten Druckgrenzwert wird die Spannung an dem Piezoaktor sowie ein Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher bzw. in dem Hochdruckraum erfasst und mit einem Referenz-Kennfeld verglichen. Das Referenz-Kennfeld kann

beispielsweise in der elektronischen Steuereinheit der Brennkraftmaschine hinterlegt sein. Liegt nun der Wert des Kennfeldes - Spannung gegen Kraftstoffdruck - auf der Kurve des Referenz-Kennfeldes, bedeutet dies, dass nur eine minimale Kraft an dem Piezoaktor von Seiten des Koppel-elementes wirkt und dass somit die Injektoranordnung ordnungsgemäß befüllt ist und die Funktion der Injektoranordnung gewährleistet ist. Sollte jedoch die gemessene Spannung deutlich steiler als das Referenz-Kennfeld ausfallen, wirkt eine deutlich größere Kraft auf den Stellaktor von dem Koppel-element aus. Daraus ist abzuleiten, dass die Injektoranordnung nicht ordnungsgemäß komplett befüllt ist.

Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, das Überwachungsverfahren selektiv dann durchzuführen, wenn ein vorbestimmter maximaler Zeitraum, der zum Aufbau eines gewünschten Kraftstoffdruckes in dem Druckspeicher benötigt wird, überschritten wird. Dabei kann davon ausgegangen werden, dass bei langen Druckaufbauphasen, in denen eine Hochdruckpumpe den Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher aufbaut, das gesamte System, das stromabwärts nach der Hochdruckpumpe folgt, nicht komplett befüllt ist, beispielsweise bei einer Erstinbetriebnahme nach einer Motormontage. In diesem Fall ist es günstig, das Überwachungsverfahren durchzuführen, um so festzustellen, wann die Injektoranordnung vollständig befüllt und somit betriebsbereit ist. Zusätzlich ist es auch möglich, das Überwachungsverfahren mit weiteren Informationen aus der elektronischen Steuereinheit zu kombinieren und beispielsweise das Überwachungsverfahren selektiv dann nicht durchzuführen, wenn der Motor in einer Stopp-Start-Phase läuft.

Ein Befüllungsverfahren zum Befüllen einer Injektoranordnung weist die folgenden Schritte auf:

- Bereitstellen einer Injektoranordnung mit einer Injektornadel und einem Stellaktor, wobei eine Stellkraft von dem Stellaktor mit Hilfe eines hydraulischen Koppel-elementes auf die Injektornadel übertragen werden kann, wobei die Injektornadel auf einer ersten Seite mit dem Koppelraum des Koppel-elementes und auf

einer zweiten Seite mit einem Hochdruckraum des Koppелеlementes kraftübertragend gekoppelt ist;

- Füllen der Injektoranordnung mit einem Kraftstoff, wobei die Befüllung des Koppelraumes von dem Hochdruckraum her durch einen

5 Druckaufbau in dem Hochdruckraum erfolgt;

- Durchführen des Überwachungsverfahrens zur Überwachung des Füllvorgangs wie oben beschrieben, wobei festgestellt wird, ob ein unvollständiger Füllzustand der Injektoranordnung vorliegt;

10 - Reduzieren des Druckaufbaus in dem Hochdruckraum, solange in dem Überwachungsverfahren ein unvollständiger Füllzustand der Injektoranordnung festgestellt wird.

Liegt ein unvollständiger Füllzustand der Injektoranordnung vor, ist dies als Fehler der Injektoranordnung zu werten, auf den

15 vorzugsweise reagiert wird, um eine Fehlfunktion der Injektoranordnung zu vermeiden. Dabei wird als Lösung vorgeschlagen, den Druckaufbau in dem Hochdruckraum solange zu reduzieren, bis die Injektoranordnung ordnungsgemäß befüllt ist, um so während der Startphase des Gesamtsystems den Kraftstoffdruck in dem Hoch-

20 druckraum unterhalb eines Öffnungsdruckes der Injektoranordnung zu halten, bis die Injektoranordnung komplett befüllt ist. Anschließend, wenn die Injektoranordnung komplett befüllt ist, kann die Drucklimitierung für den maximalen Druck dann wieder aufgehoben werden.

25

Eine Überwachungsvorrichtung zum Überwachen eines Füllvorgangs einer Injektoranordnung mit einem Kraftstoff, die insbesondere ausgebildet ist zum Durchführen des oben beschriebenen Überwachungsverfahrens, weist eine Erfassungseinrichtung zum Erfassen eines während des Füllvorgangs von dem Koppелеlement auf den Stellaktor wirkende Kraft repräsentierenden Parameters, eine Speichereinrichtung zum Speichern eines bekannten Referenz-Parameters und eine Vergleichseinrichtung zum Vergleichen des erfassten Parameters mit dem Referenz-Parameter auf. Mit

30

35 einer solchen Überwachungsvorrichtung kann dann das Überwachungsverfahren an der Injektoranordnung durchgeführt werden.

Vorzugsweise weist die Erfassungseinrichtung eine Spannungserfassungseinrichtung zum Erfassen einer durch die von dem Koppellement auf den Stellaktor rückwirkende Kraft resultierenden Spannung und eine Druckerfassungseinrichtung zum Erfassen eines in dem Hochdruckraum vorliegenden Druckes auf.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung wird nachfolgend anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Darin zeigt:

- 10 Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Teilbereiches eines Kraftstoffeinspritzsystems mit einer Hochdruckpumpe, einem Druckspeicher und mehreren Injektoranordnungen;
- Fig. 2 eine schematische Schnittansicht durch eine der
15 Injektoranordnungen aus Fig. 1, die noch nicht mit Kraftstoff befüllt ist;
- Fig. 3 die Injektoranordnung aus Fig. 2 mit einer daran angeordneten Überwachungsvorrichtung zum Überwachen eines Füllvorganges der Injektoranordnung, wobei die
20 Injektoranordnung vollständig mit Kraftstoff befüllt ist;
- Fig. 4 die Injektoranordnung aus Fig. 3 in einem teilweise befüllten Zustand;
- Fig. 5 ein Diagramm, das die Abhängigkeit einer an einem
25 Stellaktor der Injektoranordnung aus Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 gemessenen Spannung in Abhängigkeit von einer Drucksteigerung in einem Hochdruckraum der Injektoranordnung darstellt;
- Fig. 6 eine schematische Darstellung eines Überwachungsverfahrens zum Überwachen eines Füllvorgangs der
30 Injektoranordnung aus Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4;
- Fig. 7 eine schematische Darstellung von Schritten eines Befüllungsverfahrens zum Befüllen der Injektoranordnung aus Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 mit Kraftstoff;
- 35 Fig. 8 ein Diagramm, das eine an einem Stellaktor der Injektoranordnung aus Fig. 2, Fig. 3 und Fig. 4 gemessene Spannung in Abhängigkeit von einem Druckanstieg in einem Hochdruckraum der Injektoranordnung darstellt,

wobei die Kennlinie a) einen unvollständigen Füllzustand der Injektoranordnung repräsentiert, die Kennlinie b) einen vollständigen Füllzustand der Injektoranordnung repräsentiert und die Kennlinie c) eine Referenz-Kennlinie repräsentiert;

Fig. 9 eine Detaildarstellung der Überwachungsvorrichtung aus den Fig. 3 und Fig. 4.

Fig. 1 zeigt einen Teilbereich eines Kraftstoffeinspritzsystems 8, mit dem ein Kraftstoff 10 in Brennräume einer Brennkraftmaschine eingespritzt werden kann. In dem Teilbereich des Kraftstoffeinspritzsystems 8 sind eine Hochdruckpumpe 12, ein Druckspeicher 14 in Form eines sogenannten Rails sowie Injektoranordnungen 16 vorgesehen, über die der in der Hochdruckpumpe 12 mit Druck beaufschlagte und in dem Druckspeicher 14 gespeicherte Kraftstoff 10 letztendlich in die Brennräume der Brennkraftmaschine eingespritzt wird.

Fig. 2 zeigt eine schematische Schnittansicht einer solchen Injektoranordnung 16 aus Fig. 1, wobei die Injektoranordnung 16 vor Inbetriebnahme dargestellt ist, d.h. sie ist noch nicht mit Kraftstoff 10 gefüllt. Die Injektoranordnung 16 weist einen Stellaktor 18 und eine Injektornadel 20 auf, die über eine von dem Stellaktor 18 ausgeübte Stellkraft F_s bewegt wird. Der Stellaktor 18 kann beispielsweise ein Piezoaktor 22 sein. Die Kraftübertragung von dem Stellaktor 18 auf die Injektornadel 20 erfolgt nicht durch einen direkten Kontakt, sondern über ein hydraulisch zwischengeschaltetes Koppellement 24. Das Koppellement 24 weist dazu einen Koppelraum 26 sowie einen Hochdruckraum 28 auf. Der Koppelraum 26 ist mit der Injektornadel 26 auf einer ersten Seite 30 derart gekoppelt, dass eine Kraft, die in dem Koppelraum 26 vorherrscht, beispielsweise eine Druckkraft, auf diese erste Seite 30 der Injektornadel 20 übertragen werden kann. Der Hochdruckraum 28 ist derart mit der Injektornadel 20 auf einer zweiten Seite 32 gekoppelt, dass eine Kraft, die in dem Hochdruckraum 28 vorherrscht, beispielsweise eine Druckkraft, auf diese zweite Seite 32 der Injektoranordnung 16 übertragen werden kann. Die Kräfte von dem Hochdruckraum 28

auf die Injektornadel 20 und von dem Koppelraum 26 auf die Injektornadel 20 wirken daher entgegengesetzt zueinander auf die Injektornadel 20.

5 Der Stellaktor 18 ist über einen Stößel 34 mit einem Kolben 36 verbunden, der den Koppelraum 26 von dem Hochdruckraum 28 trennt. Koppelraum 26 und Hochdruckraum 28 sind lediglich über Leckagen 38 an dem Kolben 36 und an der Injektornadel 20, die beide in einem Injektorgehäuse 40 geführt sind, miteinander verbunden. Durch
10 die Stellkraft F_s , die der Stellaktor 18 über den Stößel 34 auf den Kolben 36 aufbringt, verschiebt sich dieser innerhalb des Injektorgehäuses 40 und vergrößert bzw. verkleinert das Volumen des Koppelraumes 26. Durch diese Volumenänderung in dem Koppelraum 26 kommt es zu einer Druckveränderung in dem Koppelraum
15 26.

Der Hochdruckraum 28 ist mit dem Druckspeicher 14 hydraulisch verbunden, so dass ein Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 14 einem in dem Hochdruckraum 28 vorherrschenden Kraftstoffdruck
20 entspricht, wenn dieser mit Kraftstoff 10 gefüllt ist.

Der Stellaktor 18 ist derart ausgebildet, dass er den Kolben 36 durch eine Längung, beispielsweise wenn es ein Piezoaktor 22 ist, verschiebt, wenn eine Spannung an dem Stellaktor 18 angelegt
25 wird. Wird die Spannung wieder weggenommen, kehrt der Kolben 36 wieder in seine Ausgangsposition zurück, da eine Kolbenfeder 42 in dem Hochdruckraum 28 vorgesehen ist, die sich einerseits an dem Injektorgehäuse 40 und andererseits an einer Oberfläche des Kolbens 36 abstützt. Durch diese Kolbenfeder 22 wird bei In-
30 aktivität des Stellaktors 18 daher der Kolben 36 in Richtung des Stößels 34 in seine Ausgangsposition zurückverschoben.

Die Injektornadel 20 ist zum Verschließen und zum Freigeben einer Düsenöffnung 44 vorgesehen. Im Ruhezustand verschließt eine
35 Spitze 46 der Injektornadel 20 die Düsenöffnung 44, wozu eine Düsenfeder 48 vorgesehen ist, die sich einerseits an dem Injektorgehäuse 40 und andererseits an einer Oberfläche der Injektornadel 20 abstützt, die der Düsenöffnung 44 entgegen-

gesetzt angeordnet ist. Diese Düsenfeder 48 spannt die Injektornadel 20 in Richtung auf eine Schließstellung vor.

Fig. 3 zeigt die Injektoranordnung 16 aus Fig. 1 in vollständig gefülltem Zustand, d.h. sowohl der Hochdruckraum 28 als auch der Koppelraum 26 sind vollständig mit Kraftstoff 10 gefüllt. In diesem Füllzustand Z_F , in dem die Injektoranordnung 16 vollständig befüllt ist, wirkt auf den Kolben 36 ohne Betätigung des Stellaktors 18 sowohl von der Seite des Koppelraumes 26 als auch von der Seite des Hochdruckraumes 28 her eine gleich Druckkraft. Die Injektoranordnung 16 ist demgemäß druckausgeglichen. Wird nun der Stellaktor 18 betätigt, indem eine Spannung angelegt wird, lenkt der Piezoaktor 22 aus und drückt den Kolben 36 über den Stößel 34 in Richtung des Hochdruckraumes 28. Dadurch vergrößert sich das Volumen des Koppelraumes 26, wodurch sich der darin herrschende Kraftstoffdruck verringert. Dieser verringerte Kraftstoffdruck wirkt auf der ersten Seite 30 der Injektornadel 20. Von der zweiten Seite 32 wirkt weiterhin der hohe Kraftstoffdruck im Hochdruckraum 28. Ab einer vorbestimmten Druckdifferenz zwischen Koppelraum 26 und Hochdruckraum 28 überwindet der höhere Kraftstoffdruck in dem Hochdruckraum 28 die Federkraft der Düsenfeder 48, und drückt somit die Injektornadel 20 entgegen der Federkraft der Düsenfeder 48 in eine Offenstellung, um so die Düsenöffnung 44 freizugeben.

Wird der Stellaktor 18 nicht betätigt und befindet sich somit die Injektoranordnung 16 in ihrem Ausgangs- bzw. Ruhezustand, wirkt auf den Stellaktor 18 von der Seite des Koppelraumes 26 her eine rückwirkende Kraft F_R , die einer Stellkraft F_S des Stellaktors 18 im aktiven Zustand entgegengesetzt ist, und die sich lediglich über eine Fläche bestimmt, die einer Verbindungsfläche des Stößels 34 mit dem Kolben 36 entspricht, da die Injektoranordnung 16 insgesamt druckausgeglichen ist.

Das bedeutet, dass, um bei hydraulisch direkt betriebenen Injektoranordnungen 16 als Einspritzinjektoren die Funktionssicherheit zu gewährleisten, die Injektoranordnung 16 komplett befüllt sein muss, so dass sich bei Nichtansteuerung des

Stellaktors 18 ein Druckgleichgewicht zwischen dem Koppelraum 26 und dem Hochdruckraum 28 als Steuerkammern einstellen kann. Die Injektornadel 20 bleibt bei Druckgleichgewicht in der Injektoranordnung 16 daher sicher geschlossen, da einerseits die
5 Düsenfeder 48 und andererseits die hydraulische Schließkraft in Folge der Flächenunterschiede, welche die Injektornadel umgeben, die Injektornadel in die Geschlossen-Stellung drücken. Bei Erstinbetriebnahme der Injektoranordnung 16 nach Fertigmontage besteht die Unsicherheit, dass die Injektoranordnung 16 un-
10 gewollt einspritzt, sobald die Befüllung der Injektoranordnung 16 mit Kraftstoff 10 zu schnell erfolgt. Denn die Befüllung erfolgt von dem Hochdruckraum 28 her, d.h. der Hochdruckraum 28 wird befüllt, bevor der Koppelraum 26 befüllt wird.

15 Diese Situation ist in Fig. 4 dargestellt. Sobald der Hochdruckraum 28 komplett befüllt ist, wird auch der Koppelraum 26 über die Leckagen 38 an der Injektornadel 20 bzw. an dem Kolben 36 befüllt. Erfolgt die Befüllung jedoch in einer zeitlich zu schnellen Abfolge, steigt der Kraftstoffdruck im Hochdruckraum
20 28 bereits an, wodurch durch einen fehlenden Kraftstoffdruck in dem Koppelraum 26 die Injektornadel 20 öffnet und damit Kraftstoff 10 aus der Düsenöffnung 44 austritt. Dieses ungewollte Öffnen kann nicht nur im Fertigungsprozess auftreten, sondern kann auch bei einer langen Lagerung der Komponenten und dadurch
25 verursachtem Leerlaufen der Injektoranordnung 16. Bislang wurde das ungewollte Öffnen der Injektoranordnung 16 infolge eines nicht korrekten Füllvorganges nicht über eine elektronische Steuereinheit der Brennkraftmaschine überwacht, sondern es wurde eine optische Kontrolle während des Befüllvorganges an einem
30 Prüfstand vorgenommen. Der Fall des Leerlaufens der Injektoranordnung 16 in einem Fahrzeug wurde bislang gar nicht überwacht.

Bei einem Füllzustand Z_F , bei dem die Injektoranordnung 16 nur
35 teilweise befüllt ist, wie in Fig. 4 dargestellt, übt die gesamte auf der Seite des Hochdruckraumes 28 angeordnete Oberfläche des Kolbens 36 die rückwirkende Kraft F_R auf den Stellaktor 18 aus.

Die rückwirkende Kraft F_R ist daher in dem in Fig. 4 dargestellten teilbefüllten Füllzustand Z_F viel größer als in dem in Fig. 3 dargestellten vollständigen Füllzustand Z_F .

5 Die rückwirkende Kraft F_R ist dabei eine Funktion des in dem Hochdruckraum 28 wirkenden Kraftstoffdruckes, d.h. mit steigendem Kraftstoffdruck in dem Hochdruckraum 28 steigt auch die rückwirkende Kraft F_R . Der Anstieg ist jedoch deutlich steiler, wenn die Injektoranordnung 16 sich in einem teilbefüllten
10 Füllzustand Z_F befindet im Vergleich zu einem vollständigen Füllzustand Z_F .

Dieser Zusammenhang ist in dem Diagramm in Fig. 5 dargestellt, wo die rückwirkende Kraft F_R in Form einer an dem Stellaktor 18
15 abgreifbaren Spannung gegen die Veränderung einer von dem Hochdruckraum 28 wirkenden Kraft durch den dort herrschenden Kraftstoffdruck aufgetragen ist. Darin ist zu sehen, dass der Anstieg der abgegriffenen Spannung an dem Stellaktor 18 abhängig von einem Anstieg des Kraftstoffdruckes in dem Koppelement 24
20 im Wesentlichen konstant ist. Dieser Zusammenhang gilt jedoch nur, wenn die Injektoranordnung 16 vollständig befüllt ist. Der Anstieg der abgegriffenen Spannung würde deutlich steiler und mit einer größeren Steigung verlaufen, wenn die Injektoranordnung 16 gemäß Fig. 4 nicht vollständig befüllt ist.

25 Zur Überwachung, ob die Injektoranordnung 16 vollständig oder teilweise befüllt ist, ist daher eine Überwachungsvorrichtung 50 an der Injektoranordnung 16 angeordnet. Diese führt während des Befüllens der Injektoranordnung 16 mit Kraftstoff 10 ein
30 Überwachungsverfahren durch, um festzustellen, ob und wann die Injektoranordnung 16 vollständig befüllt ist. Dazu weist die Überwachungsvorrichtung 50 eine Erfassungseinrichtung 52 auf, die einen Parameter erfasst, welcher die von dem Koppelement 24 während des Füllvorganges auf den Stellaktor 18 rückwirkende
35 Kraft F_R repräsentiert. Die Erfassungseinrichtung 52 kann dabei, wie in der vorliegenden Ausführungsform der Fall, durch eine Spannungserfassungseinrichtung 54 und eine Druckerfassungseinrichtung 56 gebildet sein, die einerseits die an dem

Stellaktor 18 durch die rückwirkende Kraft F_R erzeugte Spannung und andererseits den in dem Hochdruckraum 28 vorliegenden Kraftstoffdruck erfassen. Die Druckerfassungseinrichtung 56 kann auch alternativ statt in dem Hochdruckraum 28 in dem Druckspeicher 14 angeordnet sein und dort den Druck des Kraftstoffes 10 erfassen.

Der exakte Aufbau der Überwachungsvorrichtung 50 wird später beschrieben werden, zunächst soll das Überwachungsverfahren, mit dem der Füllvorgang der Injektoranordnung 16 überwacht wird, kurz anhand der Fig. 6 und Fig. 7 erläutert werden.

Fig. 6 zeigt dabei schematisch Schritte des Überwachungsverfahrens des Füllvorgangs der Injektoranordnung 16 mit Kraftstoff 10.

Dabei wird in Schritt S1 zunächst der Füllvorgang der Injektoranordnung 16 gestartet. In Schritt S2 wird dann ein Parameter erfasst, der eine rückwirkende Kraft F_R von dem Koppellement 24 auf den Stellaktor 18 repräsentiert. Bei diesem Parameter kann es sich beispielsweise um einen Steigungswert eines Kennfeldes handeln, das eine an dem Stellaktor 18 abgegriffene Spannung in Abhängigkeit setzt zu einer Drucksteigerung in dem Hochdruckraum 28 des Koppellementes 24, wie in Fig. 5 gezeigt. In Schritt S3 wird dann durch Vergleich mit einem Referenz-Parameter festgestellt, in welchem Füllzustand Z_F sich die Injektoranordnung 16 befindet. Sie kann entweder vollständig befüllt oder teilweise befüllt sein. Dieses Feststellen kann dadurch erfolgen, dass zuvor eine Grenzwert für den Parameter, beispielsweise die Steigung des Kennfeldes, festgelegt wird, und in Schritt S3 festgestellt wird, ob der erfasste Parameter, d.h. die ermittelte Steigung des Kennfeldes, diesen Grenzwert noch überschreitet, oder bereits unter diesen Grenzwert gefallen ist. Überschreitet die ermittelte Steigung den dafür vorgesehenen Grenzwert, heißt dies, dass eine Spannungssteigerung der an dem Stellaktor 18 abgegriffenen Spannung stärker mit zunehmendem Druckanstieg in dem Hochdruckraum 28 ansteigt, als in dem Referenz-Kennfeld, wodurch auf eine größere Kraft F_R von dem Koppellement 24 auf

den Stellaktor 18 geschlossen werden kann, was bedeutet, dass die Injektoranordnung 16 noch nicht vollständig gefüllt sein kann. Unterschreitet der Wert für die Steigung jedoch den vorbestimmten Grenzwert, bedeutet dies, dass die Injektoranordnung 16 bereits
5 vollständig gefüllt ist.

Wird in Schritt S3 festgestellt, dass die Injektoranordnung 16 vollständig befüllt ist, wird das Überwachungsverfahren in Schritt S4 beendet. Wird jedoch in Schritt S3 festgestellt, dass
10 die Injektoranordnung 16 erst teilbefüllt ist, werden weiterhin die Schritte S2 und S3 solange in einer Schleife durchgeführt, bis die Injektoranordnung 16 vollständig befüllt ist.

Anhand dieses Überwachungsverfahrens kann dann ein Befüll-
15 lungsverfahren zum Befüllen der Injektoranordnung durchgeführt werden, dessen Schritte schematisch in der Fig. 7 gezeigt sind. Bei dem Befüllungsverfahren wird zunächst in Schritt B1 der Füllvorgang zum Befüllen der Injektoranordnung 16 mit dem Kraftstoff 10 ausgehend von dem Druckspeicher 14 über den
20 Hochdruckraum 28 gestartet. Das Befüllen der Injektoranordnung 16 erfolgt dabei über eine Drucksteigerung des Kraftstoffdruckes in dem Druckspeicher 14 durch Betätigung der Hochdruckpumpe 12.

In Schritt B2 wird dann zunächst festgestellt, ob das oben
25 beschriebene Überwachungsverfahren überhaupt durchgeführt werden soll. Beispielsweise kann das Überwachungsverfahren dann gestartet werden, wenn sich der Kraftstoffdruck des Kraftstoffes 10 in dem Druckspeicher 14 noch unterhalb eines vorbestimmten Druckgrenzwertes, wie beispielsweise unter einem Bereich von 80
30 bar bis 120 bar, befindet. Liegt jedoch der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 14 bereits über diesem Bereich, kann entschieden werden, dass das Überwachungsverfahren nicht gestartet werden soll. Es ist auch möglich, bei einer Stop-Start-Phase der Brennkraftmaschine das Überwachungsverfahren nicht zu starten.
35 Eine weitere Möglichkeit besteht darin, eine Zeit zu messen, die die Hochdruckpumpe 12 benötigt, um einen vorbestimmten Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 14 aufzubauen, und anhand der Zeitdauer, die die Hochdruckpumpe 12 dafür benötigt,

festzulegen, ob das Überwachungsverfahren durchgeführt werden soll. Wird in Schritt B2 entschieden, dass das Überwachungsverfahren nicht durchgeführt werden soll, erfolgt in einem Schritt B3a) ein weiteres unbeeinflusstes Füllen der Injektoranordnung 16 über einen ungehinderten Druckaufbau des Kraftstoffdruckes in dem Druckspeicher 14 durch Betätigung der Hochdruckpumpe 12.

Wird jedoch in Schritt B2 entschieden, dass das Überwachungsverfahren durchgeführt werden soll, wird in Schritt B3b) der Parameter erfasst, der die von dem Koppелеlement 24 auf den Stellaktor 18 rückwirkende Kraft F_R repräsentiert. Daraufhin wird in Schritt B4 der erfasste Parameter mit dem bekannten Referenz-Parameter verglichen und daraufhin in Schritt B5 der Füllzustand Z_F der Injektoranordnung 16 festgestellt. Wird festgestellt, dass die Injektoranordnung 16 ordnungsgemäß vollständig befüllt ist, wird in Schritt B6 der Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 14 über die Hochdruckpumpe 12 ungehindert weiter gesteigert und außerdem das Überwachungsverfahren beendet. Wird jedoch in Schritt B5 festgestellt, dass die Injektoranordnung 16 erst teilbefüllt ist, wird in Schritt B7 der Druckaufbau des Kraftstoffdruckes in den Druckspeicher 14 auf einen Wert limitiert, der unterhalb eines Öffnungsdruckes der Injektornadel 20 liegt, und das Überwachungsverfahren solange weiter durchgeführt, bis ein vollständiger Füllzustand Z_F der Injektoranordnung 16 festgestellt worden ist.

Fig. 8 zeigt ein Diagramm, das Kennfelder einer an dem Stellaktor 18 abgegriffenen Spannung in Abhängigkeit von einer Drucksteigerung des Kraftstoffdruckes in dem Hochdruckraum 28 bzw. dem Druckspeicher 14 darstellt. Bei dem Kennfeld c) handelt es sich dabei um ein Referenzkennfeld, das die Situation in einer vollständig und ordnungsgemäß befüllten Injektoranordnung 16 darstellt. Wie zu sehen, ist die Steigung des Kennfeldes gering. Gleiches gilt für das Kennfeld b), das tatsächlich ermittelte Werte einer vollständig befüllten Injektoranordnung 16 widerspiegelt. Das Kennfeld a) dagegen spiegelt Werte einer lediglich teilweise befüllten Injektoranordnung 16 wider. Zu

sehen ist eine deutliche Spreizung in der Steigung der Kennfelder zwischen einem ordnungsgemäß befüllten System und einem nicht ordnungsgemäß befüllten System. Diese Signifikanz kann online beim Startvorgang der Injektoranordnung 16 ermittelt werden und, wie oben beschrieben, vorzeitig der Kraftstoffdruck limitiert werden, so dass ein Fehlverhalten, d.h. ein ungewolltes Öffnen der Injektoranordnung 16, verhindert werden kann.

Fig. 9 zeigt eine schematische Detailansicht der Überwachungs-
vorrichtung 50, die das oben beschriebene Überwachungsverfahren durchführt. Neben der bereits beschriebenen Erfassungseinrichtung 52, über die Parameter erfasst werden, die die rückwirkende Kraft F_R von dem Koppellement 24 auf den Stellaktor 18 repräsentieren - beispielsweise eine Spannung an dem Piezoaktor 22 und ein Kraftstoffdruck in dem Hochdruckraum 28 -, weist die Überwachungsvorrichtung 50 eine Speichereinrichtung 58 auf, in der ein entsprechender Parameter gespeichert ist, der beispielsweise eine Steigung des in Fig. 8 gezeigten Kennfeldes darstellt, die auf eine vollständige Füllung der Injektoranordnung 16 schließen lässt. Zusätzlich weist die Überwachungsvorrichtung 50 eine Vergleichseinrichtung 60 auf, die den mit der Erfassungseinrichtung 52 erfassten Parameter mit dem in der Speichereinrichtung 58 gespeicherten Referenz-Parameter vergleicht. Anhand dieses Vergleichs kann eine Abweichung erfasst werden und dann entschieden werden, ob die Injektoranordnung 16 vollständig oder nur teilweise befüllt ist. Je nach Ergebnis dieses Vergleiches kann die Überwachungsvorrichtung 50 über eine Ausgabereinrichtung 62 ein Signal an das Kraftstoffeinspritzsystem 8 ausgeben, wodurch verhindert wird, dass weiter Kraftstoffdruck in dem Druckspeicher 14 aufgebaut wird, nämlich genau dann, wenn die Injektoranordnung 16 noch nicht vollständig befüllt ist.

Die Überwachungsvorrichtung 50 kann beispielsweise in einer elektronischen Steuereinheit der Brennkraftmaschine implementiert sein.

Der Vorteil des oben beschriebenen Überwachungsverfahrens liegt in der Online-Überwachung, die in eine bereits bestehende

Seriensoftware integrierbar ist und über Plausibilisierungen mit weiteren vorhandenen Steuergerätegrößen Bedienfehler im Serieneinsatz verhindern kann.

- 5 Dabei fungiert die beschriebene Lösung als Beobachterfunktion während eines Befüllungsverfahrens und kann als Sicherheitskonzept verwendet werden, um im Fehlerfall den Systemdruck unterhalb des Öffnungsdruckes der Injektornadel 20 abzusenken.

Patentansprüche

1. Überwachungsverfahren zur Überwachung eines Füllvorgangs einer Injektoranordnung (16) mit einem Kraftstoff (10), wobei die
5 Injektoranordnung (16) zum Einspritzen von Kraftstoff (10) in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine ausgebildet ist, und eine Injektornadel (20) und einen Stellaktor (18) aufweist, wobei eine Stellkraft (F_S) von dem Stellaktor (18) mit Hilfe eines hydraulischen Koppellements (24) auf die Injektornadel (20)
10 übertragen werden kann, wobei die Injektornadel (20) auf einer ersten Seite (30) mit einem Koppelraum (26) des Koppellementes (24) und auf einer zweiten Seite (32) mit einem Hochdruckraum (28) des Koppellementes (24) kraftübertragend gekoppelt ist, aufweisend die Schritte:

- 15 - Starten des Füllvorgangs (S1) der Injektoranordnung (16) mit Kraftstoff (10), wobei der Füllvorgang des Koppelraumes (26) von dem Hochdruckraum (28) her durch einen Druckaufbau in dem Hochdruckraum (28) erfolgt;
- Erfassen eines während des Füllvorgangs von dem
20 Koppellement (24) auf den Stellaktor (18) rückwirkende Kraft (F_R) repräsentierenden Parameters (S2);
- Vergleichen des erfassten Parameters (S3) mit einem bekannten Referenz-Parameter.

25 2. Überwachungsverfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Grenzwert für den Parameter definiert und eine Abweichung von dem Grenzwert ermittelt wird, wobei bei Überschreiten des Grenzwertes ein unvollständiger Füllzustand der Injektoranordnung (16) festgestellt wird.

30 3. Überwachungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als Stellaktor (18) ein Piezoaktor (22) bereitgestellt wird und dass eine an dem Piezoaktor (22)

durch die von dem Koppellement (24) auf den Piezoaktor (22) rückwirkende Kraft (F_R) resultierende Spannung erfasst wird.

4. Überwachungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein in dem Hochdruckraum (28) vorliegender Kraftstoffdruck ermittelt wird, insbesondere durch Messung eines in einem mit der Injektoranordnung (16) hydraulisch verbundenen Druckspeicher (14) vorliegenden Kraftstoffdruckes.

10 5. Überwachungsverfahren nach Anspruch 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Kennfeld ermittelt wird, das die an dem Piezoaktor (22) erfasste Spannung in Abhängigkeit zu dem in dem Hochdruckraum (28) vorliegenden Kraftstoffdruck setzt, wobei als die rückwirkende Kraft (F_R) repräsentierender Parameter eine Steigung des Kennfeldes ermittelt wird.

6. Überwachungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Überwachungsverfahren zum Überwachen des Füllvorgangs der Injektoranordnung (16) selektiv während des Füllvorgangs durchgeführt wird, und insbesondere abhängig von einem in einem mit der Injektoranordnung (16) hydraulisch verbundenen Druckspeicher (14) unterhalb eines vorbestimmten Druckgrenzwertes vorliegenden Kraftstoffdruck und/oder abhängig von einem maximalen Zeitraum zum Aufbau eines gewünschten Kraftstoffdrucks in dem Druckspeicher (14) durchgeführt wird.

7. Befüllungsverfahren zum Befüllen einer Injektoranordnung (16), aufweisend die Schritte:

30 - Bereitstellen einer Injektoranordnung (16) mit einer Injektornadel (20) und einem Stellaktor (18), wobei eine Stellkraft (F_S) von dem Stellaktor (18) mit Hilfe eines hydraulischen Koppellements (24) auf die Injektornadel (20) übertragen werden kann, wobei die Injektornadel (20)

auf einer ersten Seite (30) mit einem Koppelraum (26) des Koppel-elementes (24) und auf einer zweiten Seite (32) mit einem Hochdruckraum (28) des Koppel-elementes (24) kraftübertragend gekoppelt ist;

- 5 - Füllen der Injektoranordnung (16) mit einem Kraftstoff (10), wobei die Befüllung des Koppelraumes (26) von dem Hochdruckraum (28) her durch einen Druckaufbau in dem Hochdruckraum (28) erfolgt,
- Durchführen des Überwachungsverfahrens zur Überwachung des
10 Füllvorgangs nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei festgestellt wird, ob ein unvollständiger Füllzustand (Z_F) der Injektoranordnung (16) vorliegt;
- Reduzieren des Druckaufbaus in dem Hochdruckraum (28),
solange in dem Überwachungsverfahren zur Überwachung des
15 Füllvorgangs ein unvollständiger Füllzustand (Z_F) der Injektoranordnung (16) festgestellt wird.

8. Überwachungsvorrichtung (50) zur Überwachung eines Füllvorgangs einer Injektoranordnung (16) mit einem Kraftstoff
- 20 (10), insbesondere ausgebildet zum Durchführen des Überwachungsverfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Injektoranordnung (16) zum Einspritzen von Kraftstoff (10) in einen Brennraum einer Brennkraftmaschine ausgebildet ist, und eine Injektornadel (20) und einen Stellaktor (18) aufweist, wobei
- 25 eine Stellkraft (F_S) von dem Stellaktor (18) mit Hilfe eines hydraulischen Koppel-elementes (24) auf die Injektornadel (20) übertragen werden kann, wobei die Injektornadel (20) auf einer ersten Seite (30) mit einem Koppelraum (26) des Koppel-elementes (24) und auf einer zweiten Seite (32) mit einem Hochdruckraum (28)
- 30 des Koppel-elementes (24) kraftübertragend gekoppelt ist, wobei der Füllvorgang des Koppelraumes (26) von dem Hochdruckraum (28) her erfolgt, wobei die Überwachungsvorrichtung (50) aufweist:
- eine Erfassungseinrichtung (52) zum Erfassen eines während des Füllvorgangs von dem Koppel-element (24) auf den
35 Stellaktor (18) rückwirkende Kraft (F_R) repräsentierenden Parameters;

- eine Speichereinrichtung (28) zum Speichern eines bekannten Referenz-Parameters;
- eine Vergleichseinrichtung (60) zum Vergleichen des erfassten Parameters mit dem Referenz-Parameter.

5

9. Überwachungsvorrichtung nach Anspruch 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die Erfassungseinrichtung (52) eine
Spannungserfassungseinrichtung (54) zum Erfassung einer durch
die von dem Koppellement (24) auf den Stellaktor (18) rück-
wirkende Kraft (F_R) resultierenden Spannung und eine Drucker-
fassungseinrichtung (52) zum Erfassen eines in dem Hochdruckraum
(28) vorliegenden Druckes aufweist.

15

1/8

FIG 1

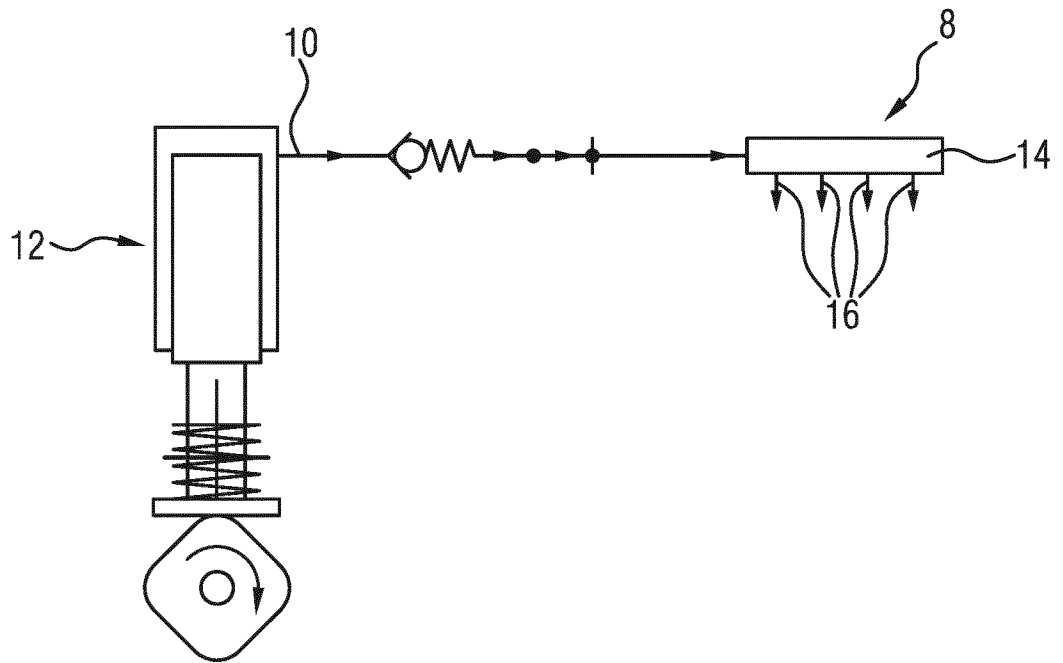


FIG 2

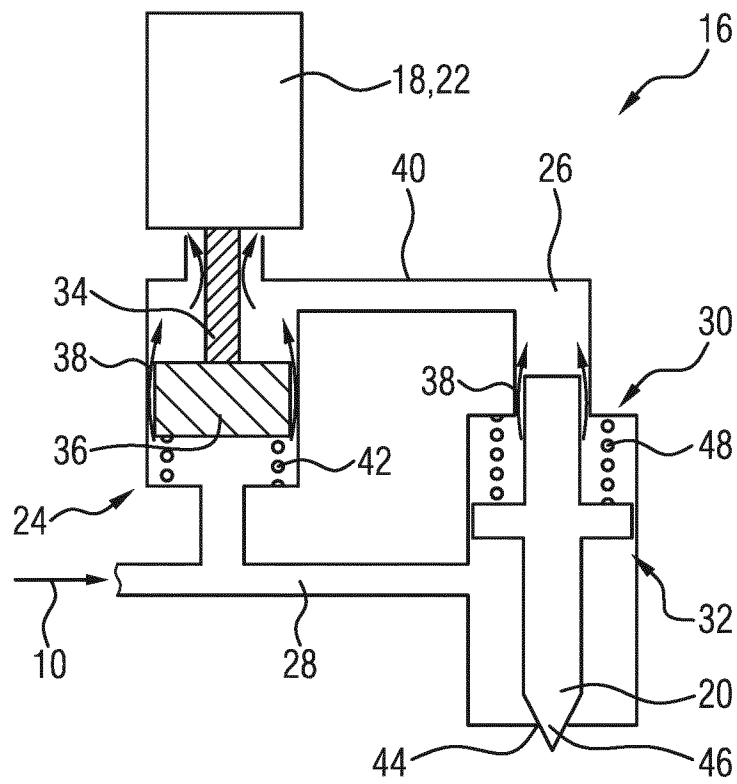


FIG 3

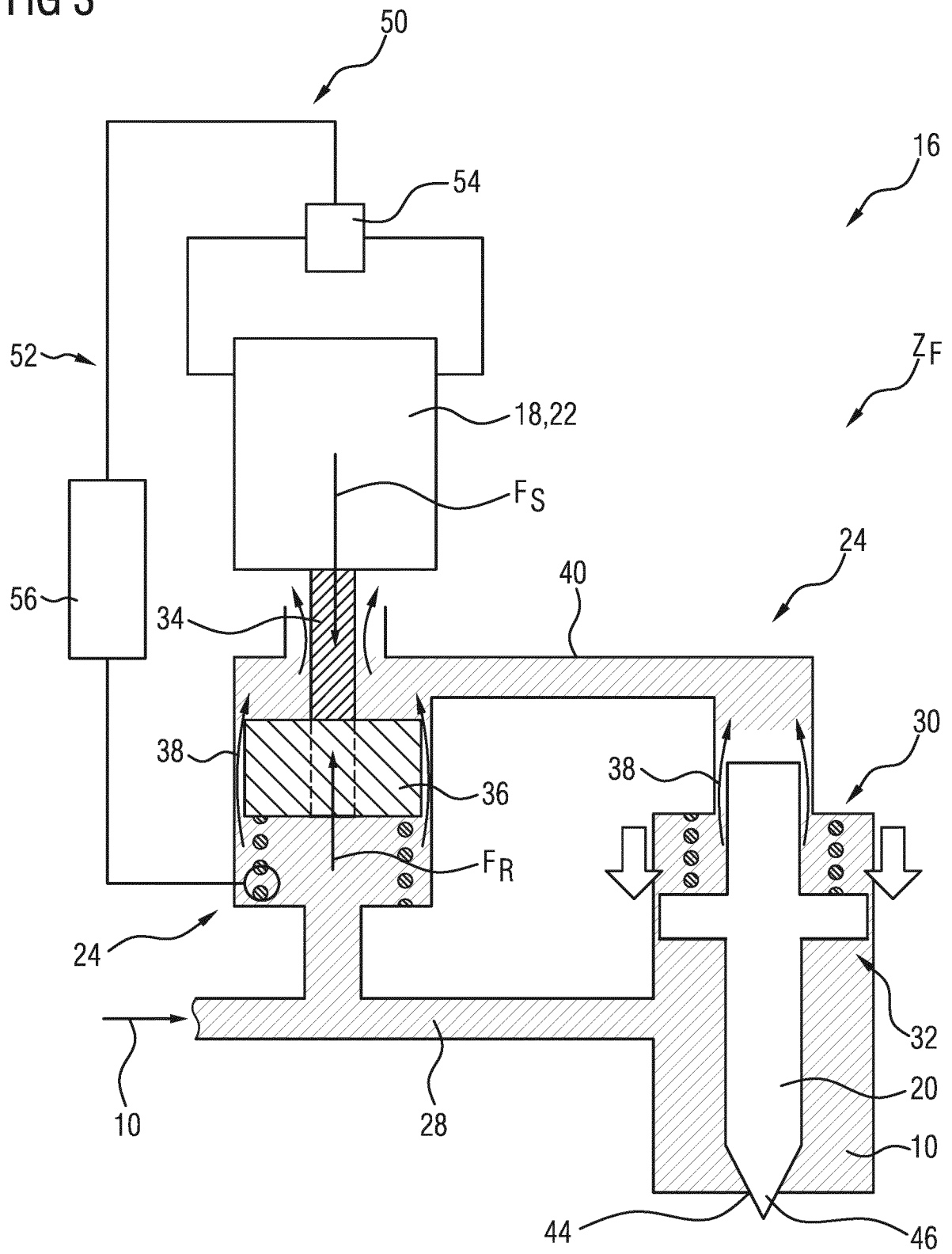


FIG 4

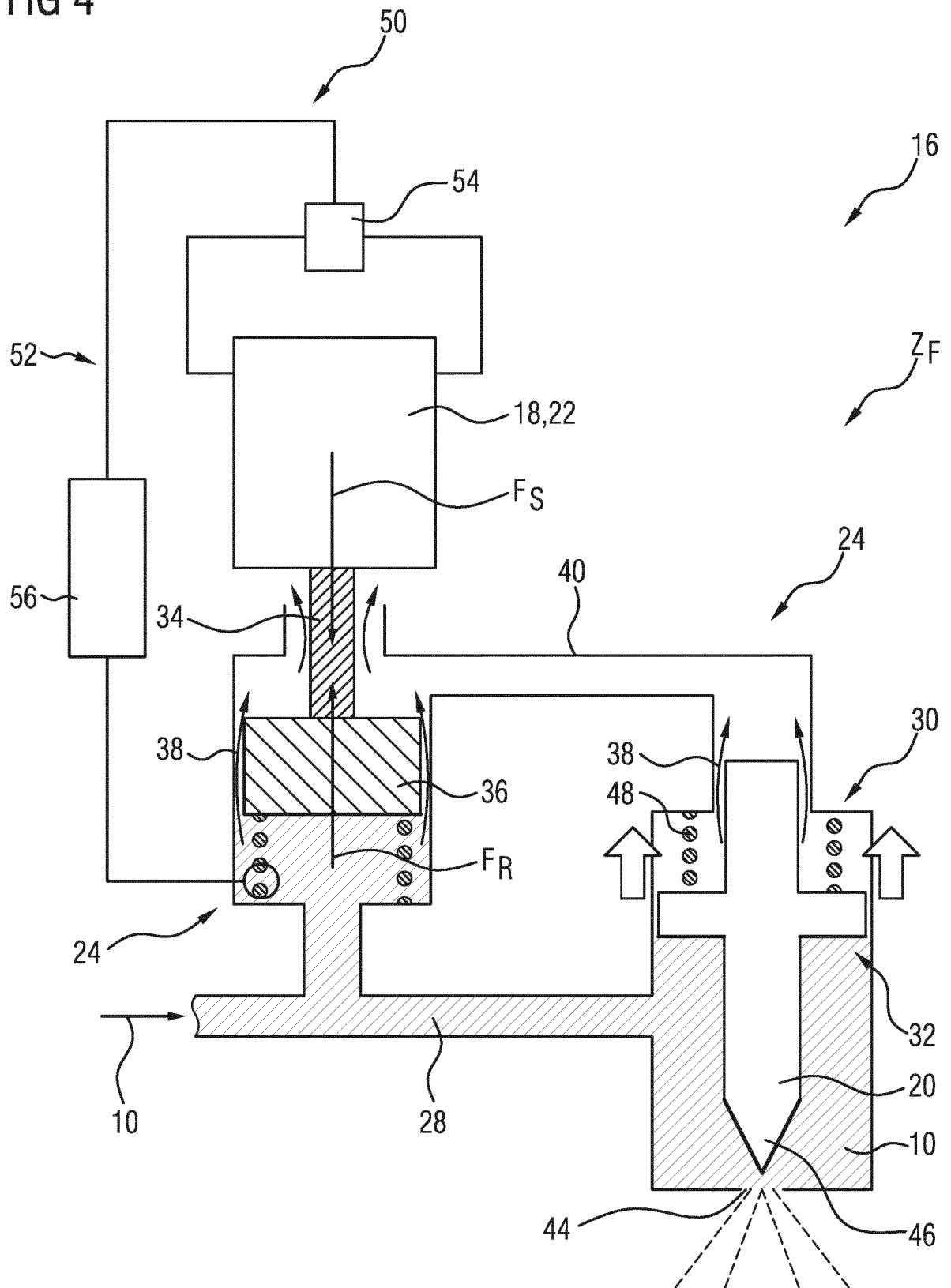
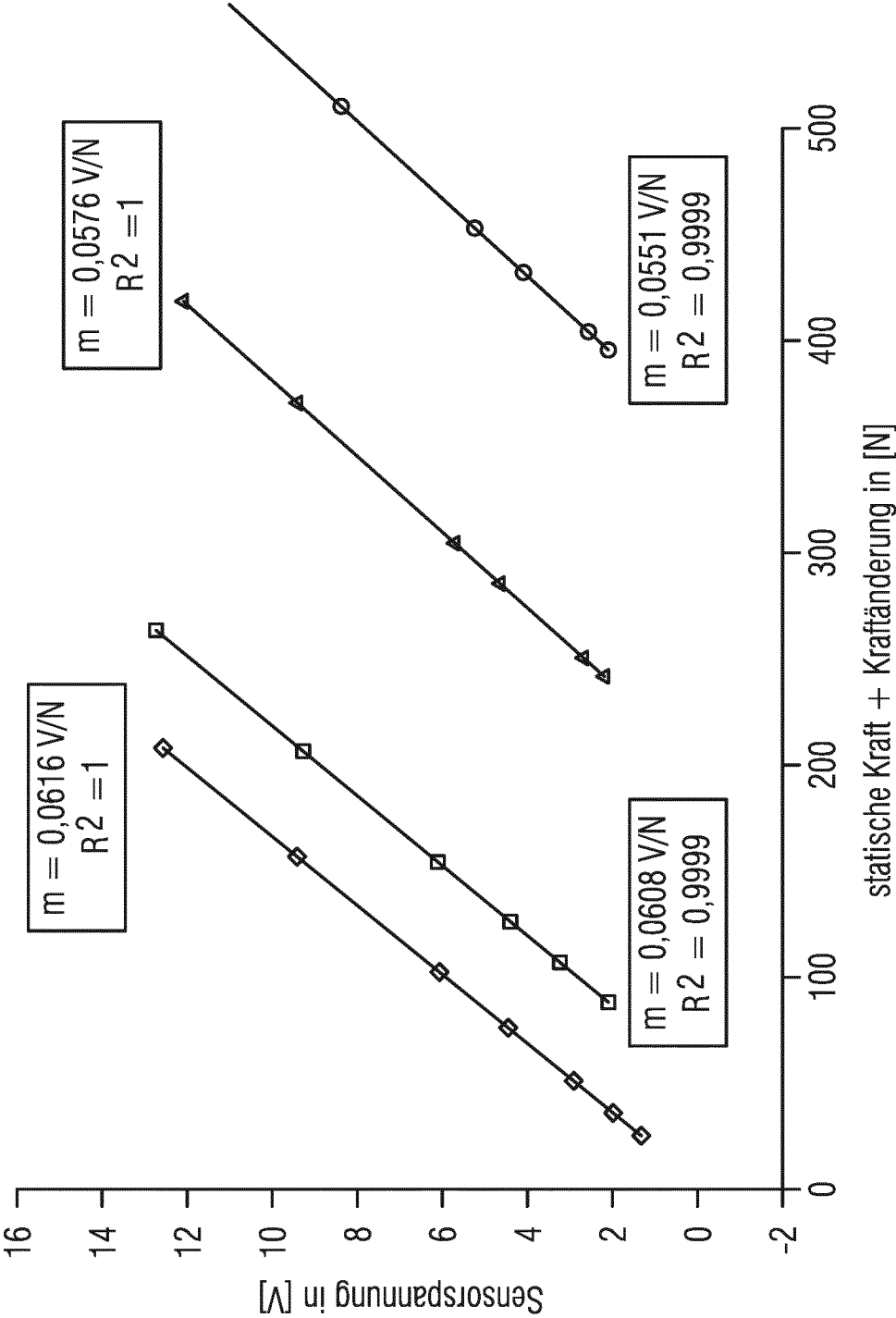


FIG 5



5/8

FIG 6

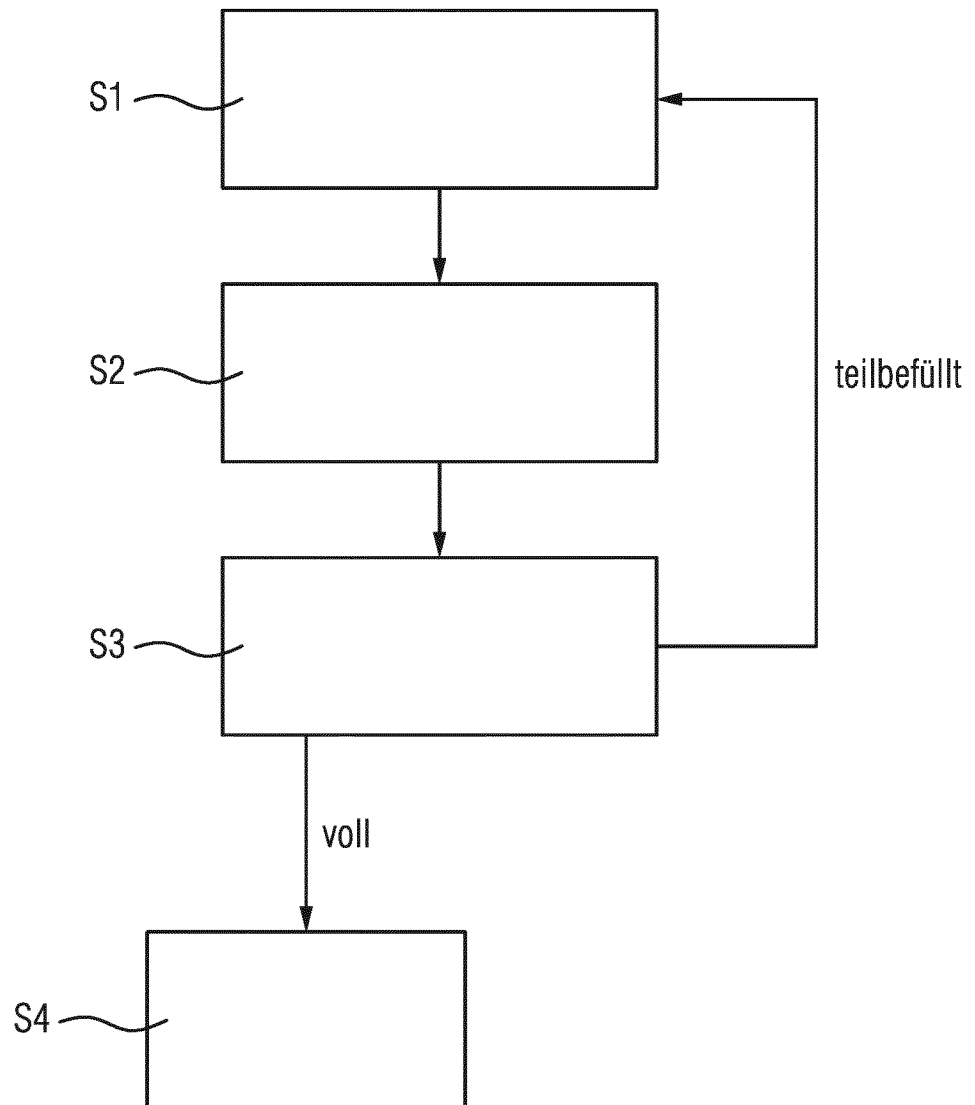


FIG 7

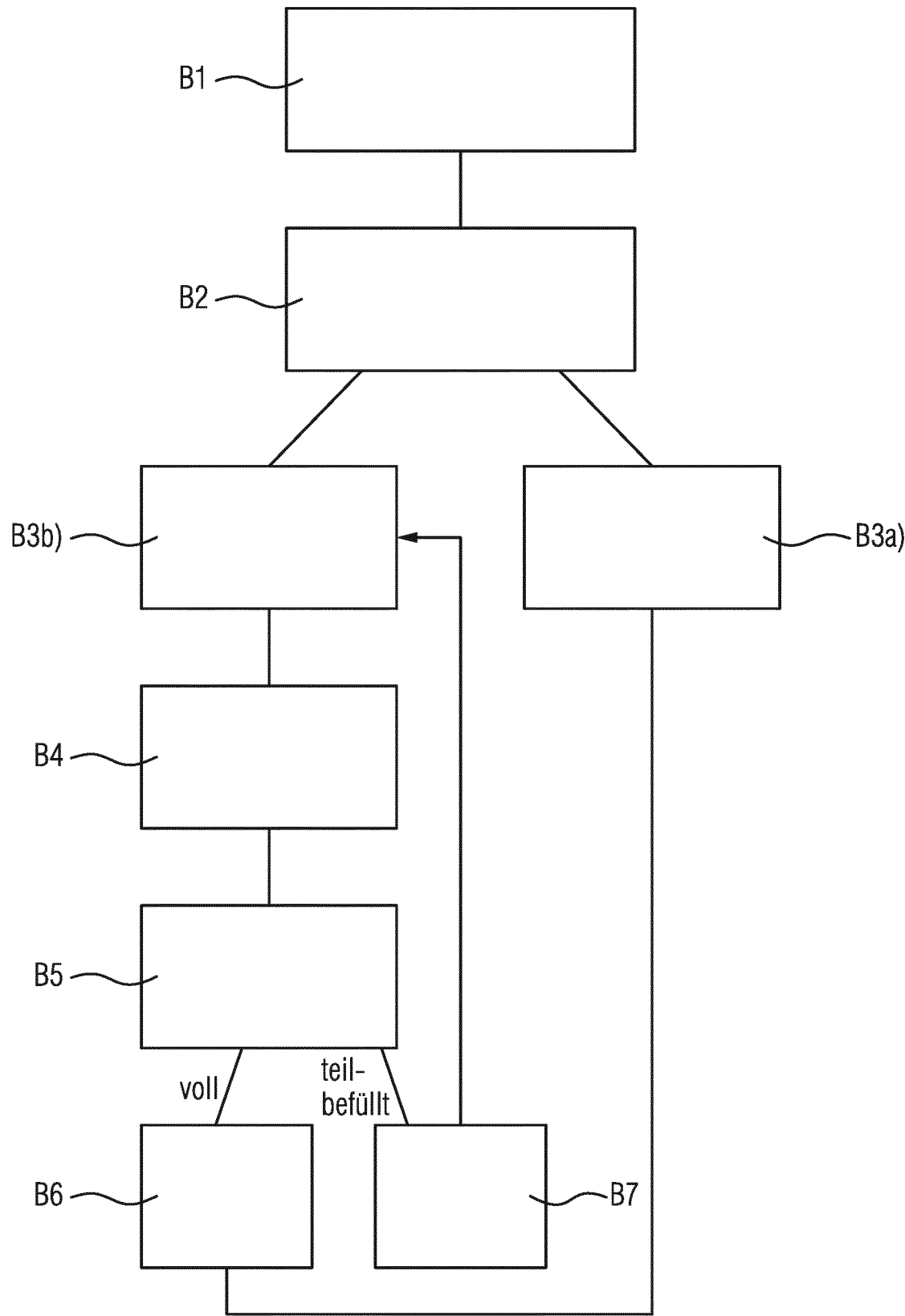


FIG 8

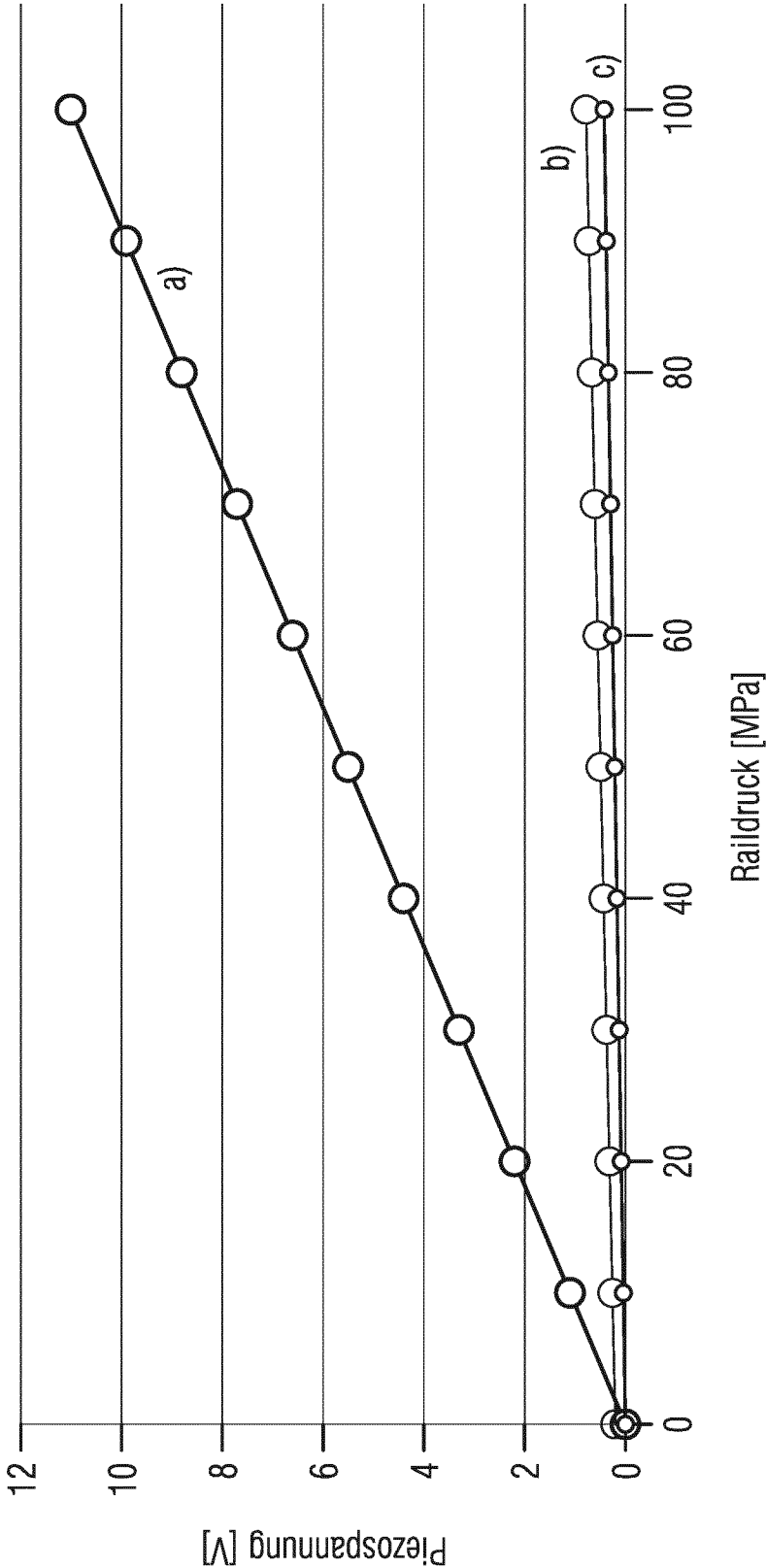
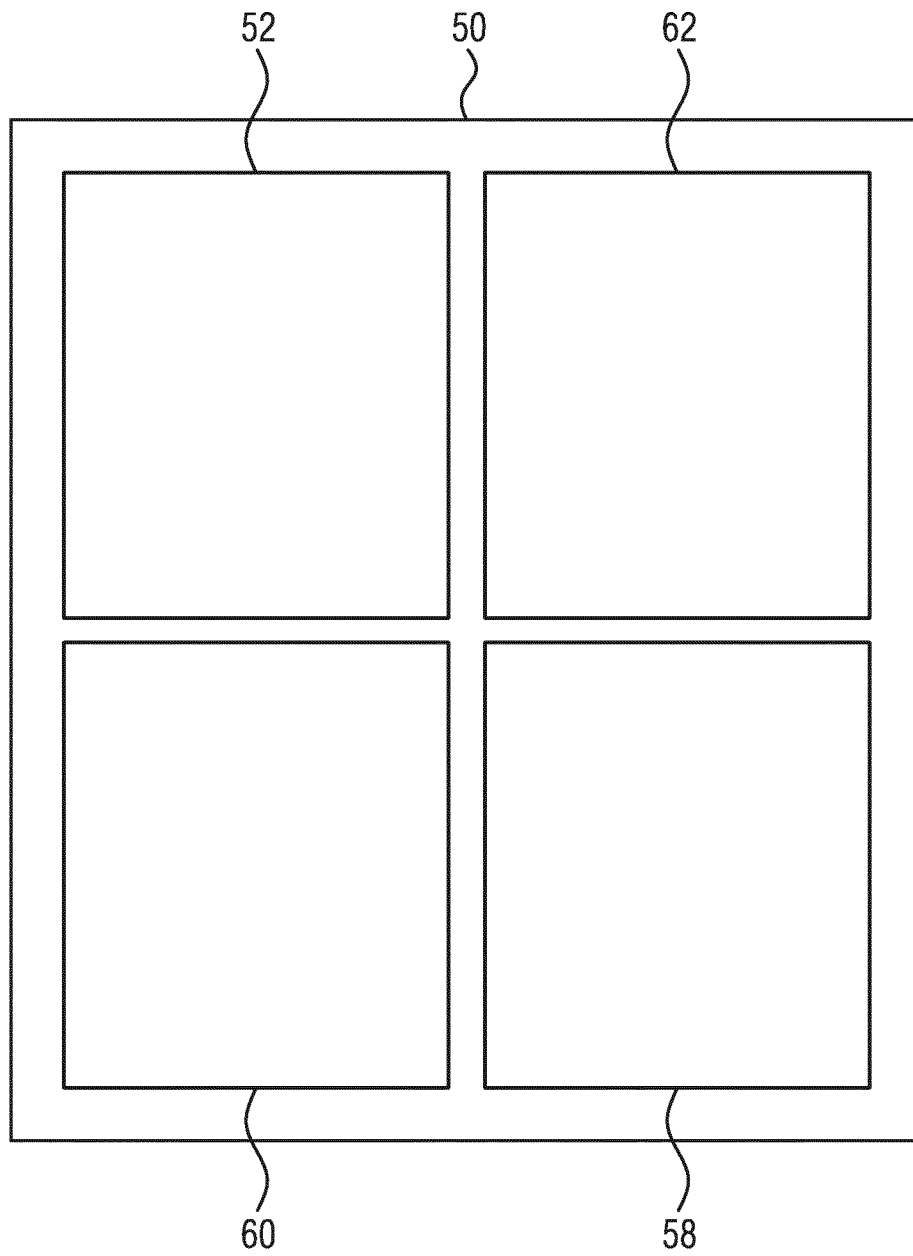


FIG 9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/055442

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02D41/20 F02M63/00 F02M51/06
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

F02M F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2005 058304 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21 June 2007 (2007-06-21)	1,2,4,8
Y	paragraphs [0004], [0006], [0008],	3,6,7,9
A	[0016] - [0023], [0025] - [0026]; figure 1	5
Y	----- EP 1 167 729 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2 January 2002 (2002-01-02)	3,9
	paragraphs [0010], [0013] - [0016], [0018], [0026], [0032] - [0034]; figures 1, 3	
Y	----- DE 10 2004 058668 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 8 June 2006 (2006-06-08)	6,7
	paragraphs [0004], [0010]	
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 May 2016

Date of mailing of the international search report

01/06/2016

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Eitner, Christian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/055442

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 10 2005 001578 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27 July 2006 (2006-07-27) paragraphs [0003], [0005], [0009] - [0011], [0025], [0032] - [0033] -----	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/055442

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102005058304 A1	21-06-2007	NONE	
EP 1167729 A1	02-01-2002	DE 50009866 D1 EP 1167729 A1	28-04-2005 02-01-2002
DE 102004058668 A1	08-06-2006	NONE	
DE 102005001578 A1	27-07-2006	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. F02D41/20 F02M63/00 F02M51/06
 ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02M F02D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2005 058304 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 21. Juni 2007 (2007-06-21)	1,2,4,8
Y	Absätze [0004], [0006], [0008], [0016]	3,6,7,9
A	- [0023], [0025] - [0026]; Abbildung 1	5
Y	EP 1 167 729 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 2. Januar 2002 (2002-01-02)	3,9
	Absätze [0010], [0013] - [0016], [0018], [0026], [0032] - [0034]; Abbildungen 1, 3	
Y	DE 10 2004 058668 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 8. Juni 2006 (2006-06-08)	6,7
	Absätze [0004], [0010]	
A	DE 10 2005 001578 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 27. Juli 2006 (2006-07-27)	1-9
	Absätze [0003], [0005], [0009] - [0011], [0025], [0032] - [0033]	



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

24. Mai 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/06/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Eitner, Christian

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/055442

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102005058304 A1	21-06-2007	KEINE	
EP 1167729 A1	02-01-2002	DE 50009866 D1 EP 1167729 A1	28-04-2005 02-01-2002
DE 102004058668 A1	08-06-2006	KEINE	
DE 102005001578 A1	27-07-2006	KEINE	