

(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
17. November 2016 (17.11.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/180594 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/20 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/058173

(22) Internationales Anmeldedatum:
14. April 2016 (14.04.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 208 573.2 8. Mai 2015 (08.05.2015) DE

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

(72) Erfinder: **HAUSER, Christian**; Goethestraße 44, 93138
Lappersdorf (DE). **RÖSEL, Gerd**; In der oberen Au 21,
93055 Regensburg (DE). **STUTIKA, Markus**; Vintlweg
2, 93053 Regensburg (DE).

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,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

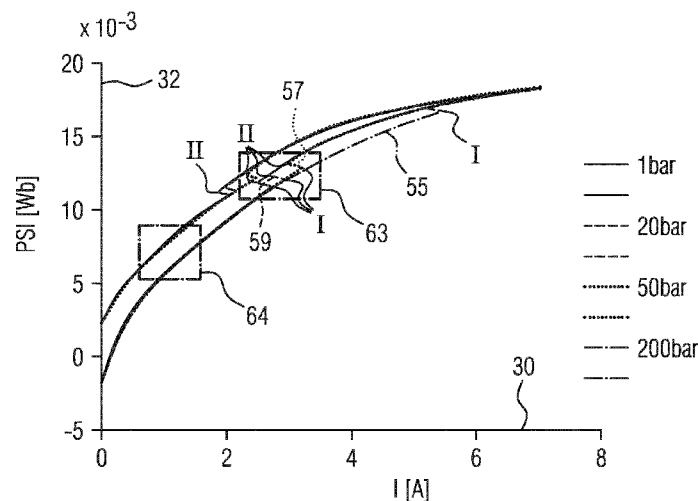
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: PRESSURE DETERMINATION IN A FUEL INJECTION VALVE

(54) Bezeichnung : DRUCKBESTIMMUNG IN EINEM KRAFTSTOFF-EINSPRITZVENTIL

FIG 6



(57) Abstract: The invention provides a device and a method for determining a pressure of a fuel (19) which is provided for being injected by way of a controllable closure element (11) of a solenoid valve (1) into a combustion chamber (23), wherein the method has: generating an electrical current flow (i) through a coil (3) of the solenoid valve (1) in order to generate a magnetic field in order to generate a magnetic force on an armature (9), which magnetic force displaces the armature (9) in a direction for opening the closure element (11); determining a magnitude of a magnetic flux (Ψ) of the magnetic field before or when a first state (I) is attained in which the armature begins to displace the closure element; and determining the magnitude of the pressure on the basis of the determined magnitude of the magnetic flux.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Bereitgestellt ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs (19), welcher über ein steuerbares Verschlusselement (11) eines Magnetventils (1) in einen Verbrennungsraum (23) einzuspritzen ist, wobei das Verfahren aufweist: Erzeugen eines Stromflusses (i) durch eine Spule (3) des Magnetventils (1), um ein Magnetfeld zu erzeugen, um eine Magnetkraft auf einen Anker (9) zu erzeugen, die den Anker (9) in Richtung zum Öffnen des Verschlusselements (11) verschiebt; Bestimmen einer Größe eines magnetischen Flusses (ψ) des Magnetfeldes vor oder bei Erreichen eines ersten Zustandes (I), bei dem der Anker beginnt, das Verschlusselement zu verschieben; und Bestimmen einer Größe des Druckes basierend auf der bestimmten Größe des magnetischen Flusses.

Beschreibung

Druckbestimmung in einem Kraftstoff-Einspritzventil

5 Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine
Vorrichtung zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs, wobei
dazu ein magnetischer Fluss innerhalb eines Magnetventils
herangezogen wird. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein
Druckmess-System mit einem Magnetventil und einer Vorrichtung
10 zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffes.

Kraftstoff-Einspritz-Systeme bestehen herkömmlicher Weise aus
einem elektronischen Teil und einem hydraulischen Teil. In dem
hydraulischen Teil wird der Kraftstoff auf einen vorgegebenen
15 Druck verdichtet, damit beim Einspritz-Vorgang in einen Ver-
brennungsraum, wie etwa einen Zylinder, die angeforderte
Kraftstoffmenge bzw. eine gewünschte Kraftstoffmenge mit einer
optimierten Zerstäubung eingebracht werden kann. Zum korrekten
Ablauf des Verfahrens ist die Kenntnis des Kraftstoffdruckes
20 notwendig, der typischerweise durch Drucksensoren gemessen wird.
Fehler oder Abweichungen des gemessenen Kraftstoffdrucks von dem
tatsächlichen Kraftstoffdruck können zu abweichenden Ein-
spritzmengen, zu nicht-optimaler Zerstäubung des Kraftstoffes
und somit zu einer Verschlechterung von Emissionen bzw. Ver-
25 schlechterung von der Leistung des Verbrennungsmotors führen.
Daher ist es grundsätzlich notwendig, den Kraftstoffdruck mit
hinreichender Genauigkeit zu ermitteln, was typischerweise durch
Drucksensoren erfolgt. Ferner ist es notwendig, die von dem
Drucksensor gelieferten Messwerte zu plausibilisieren, da es
30 während eines Betriebs zu einer Drift oder gar zu einem Ausfall
des Sensors führen kann.

Herkömmlicherweise wird eine Messung des Kraftstoffdrucks unter
Zuhilfenahme eines Drucksensors durchgeführt. Die Überprüfung
35 elektrischer Parameter des Kraftstoffdrucksensors kann dabei zur
Funktionsüberprüfung des Sensors bzw. zur Plausibilisierung
dienen.

Es ist jedoch beobachtet worden, dass eine Druckmessung mittels eines Drucksensors nicht in allen Situationen mit hinreichender Genauigkeit und Zuverlässigkeit durchgeführt werden kann. Auch eine Plausibilisierung der Messwerte eines Drucksensors durch Überwachung von elektrischen Parametern ist nicht in allen Situationen und Umständen zuverlässig. Ferner kann unter bestimmten Umständen eine Druckmessung mittels eines Drucksensors keine ausreichende Genauigkeit aufweisen.

Es ist somit eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs vorzuschlagen, welches eine genaue und zuverlässige Druckbestimmung ermöglicht oder insbesondere zur Plausibilisierung von Druckmessungen eines Drucksensors verwendbar ist.

Die Aufgabe wird durch die Gegenstände der unabhängigen Ansprüche gelöst. Die abhängigen Ansprüche spezifizieren besondere Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs bereitgestellt, welcher über ein steuerbares Verschlusselement eines Magnetventils in einen Verbrennungsraum einzuspritzen ist. Dabei weist das Verfahren auf Erzeugen eines Stromflusses durch eine Spule des Magnetventils, um ein Magnetfeld zu erzeugen, um eine Magnetkraft auf einen Anker zu erzeugen, die den Anker in Richtung zum Öffnen des Verschlusselements (hin) verschiebt (bzw. jedenfalls eine Kraft in diese Richtung ausübt), Bestimmen einer Größe eines magnetischen Flusses des Magnetfeldes vor oder bei Erreichen eines ersten Zustandes, bei dem der Anker beginnt, das Verschlusselement zu verschieben und Bestimmen einer Größe des Druckes basierend auf der bestimmten Größe des magnetischen Flusses.

Zum Einspritzen von Kraftstoff in einen Verbrennungsraum, wie etwa einen Zylinder, kann ein Magnetventil bzw. ein Solenoid-Injektor verwendet werden. Solch ein Solenoid-Injektor

(auch Spulen-Injektor genannt) weist eine Spule auf, welche bei Stromfluss durch die Spule ein Magnetfeld erzeugt, wodurch eine Magnetkraft auf einen Anker ausgeübt wird, so dass sich der Anker verschiebt, um ein Öffnen bzw. Schließen einer Düsennadel bzw. eines Verschlusselements zum Öffnen bzw. Schließen des Magnetventils zu bewirken. Weist das Magnetventil bzw. der Solenoid-Injektor einen sogenannten Leerhub zwischen Anker und Düsennadel bzw. zwischen Anker und Verschlusselement auf, so führt eine Verschiebung des Ankers nicht unmittelbar auch zu einer Verschiebung des Verschlusselements bzw. der Düsennadel, sondern erst nachdem eine Verschiebung des Ankers um die Größe des Leerhubs vollzogen worden ist.

Beim Anlegen einer Spannung an die Spule des Magnetventils wird durch elektromagnetische Kräfte der Anker in Richtung eines Polschuhs (*pole piece*) bewegt. Durch eine mechanische Kopplung (z.B. einen mechanischen Kontakt) bewegt sich nach Überwinden des Leerhubs ebenfalls die Düsennadel bzw. das Verschlusselement und gibt, bei entsprechender Verschiebung, Einspritzlöcher zur Kraftstoffzufuhr in den Verbrennungsraum frei. Wenn weiter Stromfluss durch die Spule herrscht, bewegen sich Anker und Düsennadel bzw. Verschlusselement weiter, bis der Anker an den Polschuh anlangt bzw. anschlägt. Die Distanz zwischen dem Anschlag des Ankers an einen Mitnehmer des Verschlusselements bzw. der Düsennadel und dem Anschlag des Ankers an den Polschuh wird auch als Nadelhub bzw. Arbeitshub bezeichnet. Um das Ventil zu schließen, wird die an die Spule angelegte Erregerspannung abgeschaltet und die Spule kurzgeschlossen, so dass sich die magnetische Kraft abbaut. Der Spulenkurzschluss verursacht aufgrund des Abbaus des in der Spule gespeicherten magnetischen Feldes eine Umpolung der Spannung. Die Höhe der Spannung wird mit einer Diode begrenzt. Aufgrund einer Rückstellkraft, welche beispielsweise durch eine Feder bereitgestellt ist, werden die Düsennadel bzw. Verschlusselement einschließlich Anker in die Schließposition bewegt. Dabei werden der Leerhub und der Nadelhub in umgekehrter Reihenfolge durchlaufen.

Der Zeitpunkt des Beginns der Nadelbewegung beim Öffnen des Magnetventils ist von der Größe des Leerhubs abhängig. Der Zeitpunkt des Anschlags der Nadel bzw. des Ankers am Polschuh ist abhängig von der Größe des Nadelhubs bzw. Arbeitshubs. Die
5 Injektor-individuellen zeitlichen Variationen des Beginns der Nadelbewegung (Öffnen) und des Endes der Nadelbewegung (Schließen) können bei identischer elektrischer Ansteuerung unterschiedliche Einspritzmengen ergeben.

10 Das erfindungsgemäße Verfahren kann teilweise in Hardware und/oder Software implementiert sein. Insbesondere kann das Verfahren in einer Diagnose-Vorrichtung oder insbesondere auch in einem Motor-Steuergerät implementiert werden. Das Verfahren kann in einer Werkstatt, in einer Montagefabrik, oder in einem
15 sich in Betrieb befindlichen Fahrzeug durchgeführt werden. Das Verfahren kann während eines normalen Fahrbetriebs des Fahrzeugs durchgeführt werden, insbesondere in bestimmten zeitlichen Abständen, in denen es möglich ist, ein spezielles Spulen-Ansteuerungsprofil zur Ansteuerung der Spule des Magnet-
20 ventils einzusetzen. Dieses Ansteuerungssignal bzw. Spannungs-Ansteuerungsprofil kann eine verringerte Boostspannung (z.B. kleiner als 65V) während einer Boost-Phase aufweisen, wobei z.B. eine Spannung zwischen 3V und 12V angewendet wird.

25 Der Stromfluss kann durch Anlegen einer Spannung an die Spule erzeugt werden, insbesondere gemäß einem bestimmten Spannungsverlaufes, welcher eine Boost-Phase, eine Haltephase und eine kurze Schließphase aufweist. Der Anker kann insbesondere einen geschlitzten Anker aufweisen bzw. einen Anker, welcher
30 durch mehrere Schichten eines ferromagnetischen Materials gebildet ist, welche jeweils elektrisch isoliert voneinander sind, um Wirbelströme zu vermindern. In diesem Fall kann für die Boost-Spannung auch eine herkömmlich verwendete Größe von zwischen 60V und 70V verwendet werden.

35

Der magnetische Fluss kann entweder vor oder bei Erreichen des ersten Zustandes bestimmt werden. In anderen Ausführungsformen wird der magnetische Fluss sowohl vor als auch bei dem Erreichen

des ersten Zustandes (oder sogar danach) bestimmt und könnte beispielsweise kombiniert werden, etwa gemittelt werden, um z.B. eine Genauigkeit weiter zu erhöhen.

5 Ausführungsformen der Erfindung liegt die Beobachtung zugrunde, dass der Kraftstoffdruck einen Einfluss auf einen magnetischen Fluss während eines Öffnens (und auch während eines Schließens) eines Magnetventils hat. Aus der Überwachung des magnetischen Flusses kann somit auf den Druck des Kraftstoffs zurückge-
10 schlossen werden.

In einem herkömmlichen Standard-Drucksensor im Rail wird typischerweise der Kraftstoffdruck gemessen. An dieser Stelle kann jedoch ein anderer Druck vorherrschen, als er tatsächlich am
15 Injektor, d.h. Magnetventil, vorliegt. Abweichungen können z.B. durch Drosseleffekte an Leitungen, am Injektor usw. hervorgerufen sein. Wird nun der Druck gemäß dieser Ausführungsform der vorliegenden Erfindung über das erfindungsgemäße Verfahren mit Hilfe des Magnetventils selbst bzw. mit Hilfe des Injektors
20 gemessen (insbesondere Wirbelstrom-reduzierter Injektor mit Standard-Ansteuerung der Spule), dann kann der tatsächliche Druck innerhalb des Injektors bzw. Magnetventils bestimmt werden, was zu einer genaueren Druckbestimmung führt und somit zu einer erhöhten Einspritz-Genauigkeit führt.

25 Der magnetische Fluss kann z.B. aus gemessenem Strom (durch die Spule des Magnetventils), gemessener Spannung (welche an die Spule des Magnetventils angelegt ist) und einem bekannten Ohm'schen Widerstand der Spule berechnet werden. Der magnetische
30 Fluss kann z.B. in einem Koordinatensystem, welches auf einer Achse den Strom und auf der anderen Achse den magnetischen Fluss aufgetragen hat, gegen den gemessenen Strom aufgezeichnet bzw. aufgetragen werden, um eine Zustandstrajektorie bzw. Ψ -I-Kurve zu erhalten.

35 Der erste Zustand kann dabei z.B. aus einer Form der Kurve bzw. Zustandstrajektorie bestimmt werden. Der erste Zustand kann z.B. bei einem Knick der Zustandstrajektorie liegen, bei der sich eine

Steigung im Vorzeichen ändert. Diese Ausführungsform kommt insbesondere zum Tragen, falls das Magnetventil keinen Leerhub aufweist.

- 5 Das Verschlusselement kann z.B. als eine Düsenadel ausgeführt sein, welche an einem Ende eine Verschlusskugel aufweist, um einen kegelförmigen Sitz im geschlossenen Zustand zu berühren bzw. den kegelförmigen Sitz im geöffneten Zustand freizugeben.
- 10 Wenn der Anker während eines Öffnungsvorganges des Magnetventils mit dem Verschlusselement (oder einem Mitnehmer, welcher fest mit dem Verschlusselement verbunden ist) in Anschlag kommt, kann noch eine weitere Krafterhöhung erforderlich sein, bevor sich das Verschlusselement (insbesondere über den Mitnehmer) zusammen mit
- 15 dem Anker in Richtung einer Öffnungsstellung verschiebt, da das Verschlusselement über eine Rückstellfeder in dem geöffneten Zustand vorgespannt sein kann. Nichtsdestotrotz kann aus diesem Abschnitt der Trajektorie (also noch vor Bewegen des Verschlusselements) ein Rückschluss auf den Druck gezogen werden,
- 20 wenn der magnetische Fluss in diesem Abschnitt betrachtet wird. Bei Erreichen des ersten Zustandes beginnt sich das Verschlusselement zusammen mit dem Anker in Richtung einer Geöffnet-Stellung zu verschieben. Der Druck kann in Abhängigkeit der bestimmten Größe des magnetischen Flusses bestimmt werden,
- 25 insbesondere wenn ferner eine Referenzkurve und/oder eine Empfindlichkeit des magnetischen Flusses von dem Druck bzw. des Druckes von dem magnetischen Fluss herangezogen wird.

- Eine Druckbestimmung in Einspritz-Systemen mit Magnetinjektoren
- 30 kann somit aus Ψ -I-Kurven durchgeführt werden. Dabei können die Änderungen in den Ψ -I-Kurven die mechanischen Verformungen (Auswertung der Spaltänderungen) und die Kraftänderungen (Auswertung der Knickpunkte gemäß Kraft proportional zu Ψ^2) erkennen lassen, die sich bei Druckänderungen ergeben. Die
- 35 Druckwerte, welche gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bestimmt sind, können als Plausibilisierung der Werte eines Drucksensors verwendet werden oder beispielsweise als Ersatzwert bei Ausfall des Drucksensors (Notlauf). Die Messung

kann als eine absolute Messung oder als eine relative Druckmessung ausgeführt werden. Bei einer absoluten Druckmessung kann eine Aufnahme von Kurven bei bekannten Drücken vorgenommen werden. Messungen an Magnetventilen mit unbekanntem Kraftstoffdruck können unter Vergleich mit diesen Referenzkurven durchgeführt werden. Ferner kann eine Aufnahme einer Referenzkurve oder mehrerer Referenzkurven bei bekanntem Druck bzw. bekannten Drücken durchgeführt werden (z.B. bei 0 Bar bei Fahrzeugstillstand). Die Differenz von Kurven anderer Drücke zur Referenzkurve kann dann mit Drucksensitivitäten (z.B. $\Delta\Psi/\Delta\text{-Druck}$) berechnet werden.

Eine relative Druckmessung kann derart durchgeführt werden, dass die Differenz zwischen Kurven oder die Differenz zwischen magnetischen Flüssen als ein Maß für die Druckänderung betrachtet werden kann. Die Berechnung der Druckänderung kann basierend auf der Differenz unter Zuhilfenahme einer Drucksensitivität erfolgen.

Die Druckmessung kann im normalen Fahrbetrieb erfolgen, wenn durch die Ansteuerung das Einspritzverhalten (insbesondere Spraybildung) nicht signifikant verändert wird (Emissionen). Bei speziellen Ansteuerungsprofilen (Spannungsprofil, welches die Spannung über die Zeit definiert, welche an die Spule angelegt wird) kann die Ansteuerung z.B. auch vor dem Fahrzeugstart bei abgebautem Kraftstoffdruck zur Ermittlung von Referenzkurven bei z.B. 0 Bar möglich sein (keine bzw. geringste Einspritzmengen) oder im Start-Stopp-Betrieb oder nach Ende des Fahrbetriebs bei noch anliegendem Druck. Grundsätzlich könnte beachtet werden, dass die zugegebenen Kraftstoffmengen und deren Verbrennung nicht zu einer Überschreitung der Emissionsgrenzen führen.

Bei einem Wirbelstrom-reduzierten, bzw. Wirbelstrom-freien Injektor kann bei Benutzung des Standard-Ansteuerprofils während des normalen Fahrzeugbetriebs die Druckmessung durchgeführt werden. Die ermittelten Druckwerte können beispielsweise hinsichtlich Temperatur, Kraftstoffdruck korrigiert werden. Die Ansteuerung und Auswertung kann mit einem speziellen Messgerät

erfolgen. Vorzugsweise wird das Verfahren jedoch mit dem vorhandenen (modifizierten) Motor-Steuergerät durchgeführt.

Aus vorherigen Messungen an dem(selben) Magnetventil kann eine
5 Empfindlichkeit der Größe des magnetischen Flusses abhängig von der Größe des Druckes oder eine Empfindlichkeit der Größe des Druckes abhängig von der Größe des magnetischen Flusses bekannt sein. In diesem Fall kann das Bestimmen der Größe des Druckes als eine Bestimmung einer Druckänderung basierend auf der bestimmten
10 Größe des magnetischen Flusses (insbesondere ferner basierend auf einer vorherigen bestimmten Größe des magnetischen Flusses) und der bekannten Empfindlichkeit durchgeführt werden. Dies kann einer Reihenentwicklung einer Funktion entsprechen, wobei nach dem ersten Glied bzw. dem linearen Glied abgebrochen wird. Damit
15 kann das Verfahren auf einfache Weise durchgeführt werden. Verschiedene Empfindlichkeiten können in verschiedenen Druckbereichen bzw. verschiedenen Bereichen des magnetischen Flusses definiert werden und diejenige Empfindlichkeit kann angewendet werden, welche am nächsten zu dem gemessenen Paar von
20 magnetischen Fluss und Strom liegt.

Die Größe des Drucks kann ferner aus Referenzdaten bestimmt sein, die zumindest eine Größe des magnetischen Flusses bei bekanntem Druck enthalten, oder beispielsweise eine gesamte Trajektorie
25 während verschiedener Zustände des Ankers, was viele Paare von magnetischem Fluss und Strom während eines Öffnungsvorgangs bzw. eines Schließvorgangs des Magnetventils umfassen kann. Damit kann auch eine absolute Druckbestimmung durchgeführt werden.

30 Gemäß einer Alternative kann die Größe des magnetischen Flusses (genaus) bei Erreichen des ersten Zustandes (d.h. genau dann, wenn das Verschlusselement beginnt von dem Anker bewegt zu werden) bestimmt werden. In diesem Fall kann die Größe des Druckes als proportional zum Quadrat der Größe des magnetischen Flusses
35 bestimmt sein. Dies kann darauf beruhen, dass die magnetische Kraft proportional zum Quadrat des magnetischen Flusses ist. Bei dem ersten Zustand kann gerade ein Kräftegleichgewicht zwischen der aufgrund des Druckes aufgebauten Kraft und der aufgrund des

Magnetfeldes aufgebauten Kraft herrschen. Damit könnte eine genaue Druckbestimmung durchgeführt werden. Ferner muss lediglich ein Wert des magnetischen Flusses verwendet werden.

- 5 Gemäß einer anderen Alternative (die jedoch auch zusammen mit der ersten Alternative zur Anwendung kommen kann) wird die Größe des magnetischen Flusses vor Erreichen des ersten Zustandes (d.h., wenn der Anker an dem Mitnehmer bzw. dem Verschlusselement anliegt, dieses jedoch nicht verschiebt, da
- 10 die aufgrund des Druckes aufgebaute Kraft größer ist als die aufgrund des Magnetfeldes aufgebaute Kraft) bestimmt werden und daraus kann die Größe des Druckes und/oder eine Größe eines Gesamthubs, bestehend aus Leerhub und Arbeitshub, (Bestimmung des Gesamthubs deshalb, da Flußermittlung vor Punkt I, d.h. vor
- 15 Ankerbewegung) des Ankers bestimmt werden, wobei insbesondere eine Empfindlichkeit der Größe des magnetischen Flusses abhängig von der Größe des Hubs (Leerhubs bzw. Arbeitshubs) berücksichtigt werden kann. Der Vorteil dieser Alternative besteht darin, dass die Messung ohne ein Öffnen des Ventils durchgeführt werden kann,
- 20 d.h. ohne dass Kraftstoff in den Verbrennungsraum einströmt. Damit können Emissionen reduziert bzw. vermieden werden. Weist das Magnetventil zusätzlich auch einen Leerhub auf, so kann die Bestimmung der Größe des magnetischen Flusses nach Erreichen eines Zustandes, bei dem der Anker an dem Mitnehmer bzw. das
- 25 Verschlusselement anschlägt bzw. dieses kontaktiert und auch vor Erreichen des ersten Zustandes durchgeführt werden.

- Gemäß einer Option in dem Verfahren können Paare einer Größe eines Stromes und einer Größe des magnetischen Flusses, insbesondere
- 30 in einem Graphen, betrachtet werden (insbesondere in einem Graphen aufgetragen werden), die (insbesondere bei Anlegen einer Spannung gemäß einem Ansteuerungsprofil an die Spule) einer Zustandstrajektorie des Verschlusselements bzw. des Ankers während eines Fließvorganges des Magnetventils entsprechen
- 35 können. Dabei kann der erste Zustand mit einem Paar assoziiert sein, bei dem sich, entlang der Zustandstrajektorie, ein Vorzeichen einer Steigung ändert. Damit kann der erste Zustand

auf einfache und zuverlässige Weise detektiert werden. Bei dem ersten Zustand kann die Kurve einen Pol aufweisen.

Der erste Zustand kann in einem Graphen, in dem auf der Abszisse der Strom durch die Spule und auf einer Ordinate der magnetische Fluss aufgetragen ist, als der Stelle zugeordnet identifiziert werden, bei der sich eine positive Steigung in eine negative Steigung ändert. Der erste Zustand kann auch als eine Stelle zwischen einem Abschnitt einer positiven Steigung und einem Abschnitt einer negativen Steigung zugeordnet identifiziert werden. Damit ist eine einfache Identifizierung des ersten Zustandes ermöglicht. Dazu kann z.B. eine zweite Ableitung betrachtet werden oder in einem Graphen der ersten Ableitung kann ein Pol aufgesucht werden.

Zum Erzeugen des Stromflusses durch die Spule kann zunächst eine Boost-Spannung (z.B. rechteckförmig), insbesondere zwischen 3V und 65V, und danach eine Haltespannung, insbesondere zwischen 6V und 14V angelegt werden. Eine Gesamtdauer eines solchen Spannungsprofils kann z.B. zwischen 1 ms und 3 ms betragen, wobei die Dauer des Anlegens der Boost-Spannung beispielsweise zwischen 0,2 und 0,7 ms betragen kann. Andere Parameter sind möglich.

Es sollte verstanden werden, dass Merkmale, welche individuell oder in irgendeiner Kombination im Zusammenhang mit einem Verfahren zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs beschrieben, bereitgestellt oder angewendet worden sind, ebenso individuell oder in irgendeiner Kombination auf eine Vorrichtung zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoff bereitgestellt bzw. angewendet werden können gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und umgekehrt.

Gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist eine Vorrichtung, insbesondere Motorsteuergerät, zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs bereitgestellt, welcher über ein steuerbares Verschlusselement eines Magnetventils in einen Verbrennungsraum einzuspritzen ist. Dabei weist die Vorrichtung

einen Treiber zum Erzeugen eines Stromflusses durch eine Spule des Magnetventils, um ein Magnetfeld zu erzeugen, um eine Magnetkraft auf einen Anker zu erzeugen, die den Anker in Richtung zum Öffnen des Verschlusselements verschiebt, und ein Bestimmungsmodul auf, welches zum Bestimmen einer Größe eines magnetischen Flusses des Magnetfeldes vor oder bei Erreichen eines ersten Zustandes, bei dem der Anker beginnt, das Verschlusselement zu verschieben, und Bestimmen einer Größe des Druckes basierend auf der bestimmten Größe des magnetischen Flusses ausgebildet ist.

Das Motor-Steuergerät kann in einem herkömmlichen Fahrzeug verwendet bzw. eingebaut sein. Das Bestimmungsmodul kann eine arithmetisch/logische Einheit und ferner z.B. einen Speicher umfassen, wo beispielsweise Referenzdaten gespeichert sein können. Auf dem Weg zum Erreichen des ersten Zustandes hin ist eine sich erhöhende magnetische Kraft, welche auf den Anker wirkt, aufgebaut worden, während dessen das Verschlusselement (bzw. ein Mitnehmer davon) ständig mit dem Anker in Kontakt ist bzw. in Anschlag ist. Bei einem bestimmten erhöhten Magnetfeld, was einer erhöhten magnetischen Kraft entspricht, kann ein Kräftegleichgewicht zwischen der Kraft, welche aufgrund des Kraftstoffdruckes entsteht und einer Kraft, welche aufgrund des Magnetfeldes wirkt, bestehen. Ab diesem Augenblick erfolgt eine Verschiebung des Ankers und auch des Verschlusselements in Richtung einer Geöffnet-Stellung des Magnetventils.

Gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist ein Druckmess-System bereitgestellt, welches ein Magnetventil mit einem steuerbaren Verschlusselement, einer Spule, und einem Anker, wobei durch Stromfluss durch die Spule ein Magnetfeld erzeugt wird, um eine Magnetkraft auf den Anker zu erzeugen, die den Anker in Richtung zum Öffnen des Verschlusselements verschiebt, und eine Vorrichtung gemäß einer der vorangehend beschriebenen Ausführungsformen zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs aufweist, welcher über das Verschlusselement des Magnetventils in einen Verbrennungsraum einzuspritzen ist, wobei der Anker insbesondere ein geschlitztes

ferromagnetisches Material und/oder voneinander elektrisch isolierte Schichten von ferromagnetischem Material umfasst, um Wirbelströme zu reduzieren.

- 5 Wenn der Anker ein Wirbelstrom-reduziertes Material umfasst, kann eine Ansteuerung der Spule gemäß einem Standard-Ansteuerungsprofil durchgeführt werden, wobei eine Boost-Spannung von etwa 65V verwendet wird. In anderen Fällen können geringere Boost-Spannungen verwendet werden.

10

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden nun mit Bezug auf die beiliegenden Zeichnungen erläutert. Die Erfindung ist nicht auf die erläuterten oder illustrierten Ausführungsformen beschränkt.

15

Fig. 1 illustriert in einer schematischen Schnittdarstellung ein Magnetventil, für das der Druck von Kraftstoff gemäß eines Verfahrens z.B. unter Benutzung einer Vorrichtung zum Bestimmen eines Druckes gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung bestimmt werden kann;

20

Fig. 2 illustriert Graphen von Referenzdaten bzw. Zustandstrajektorien bzw. Messdaten eines Magnetventils gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung;

25

Fig. 3 zeigt Ψ -I-Kurven eines Magnetventils ohne Leerhub bei verschiedenen Nadelhüben;

30

Fig. 4 zeigt eine vergrößerte Ausschnittansicht des in Fig. 3 illustrierten Graphen;

Fig. 5 illustriert Graphen von Zustandstrajektorien, die durch verschiedene Ansteuerungsspannungsprofile erhalten sind;

35

Fig. 6 zeigt Ψ -I-Kurven eines Magnetventils bei verschiedenen Drücken;

Fig. 7 zeigt eine vergrößerte Ausschnittansicht der in Fig. 6 illustrierten Kurven; und

Fig. 8 illustriert einen anderen vergrößerten Ausschnitt der in Fig. 6 illustrierten Kurven.

10

Das in Fig. 1 in schematischer Schnittdarstellung illustrierte Magnetventil 1 weist eine Spule 3 auf, an die eine Spannung angelegt werden kann, so dass ein Stromfluss durch die Spule 3 erfolgt, um ein Magnetfeld aufzubauen. Dabei zeigt das Magnetfeld im Wesentlichen in eine longitudinale Richtung 5 eines Führungszylinders 7. Das Magnetfeld wirkt auf einen ferromagnetischen Anker 9, welcher innerhalb des Führungszylinders 7 verschiebbar ist. Durch Verschiebung des Ankers 9 kann eine Düsennadel 11 bzw. ein Verschlusselement des Magnetventils 1 in der longitudinalen Richtung 5 verschoben werden, insbesondere durch Kontaktierung des Ankers 9 mit einem ringförmigen Mitnehmer 13, der fest mit dem Verschlusselement 11 verbunden ist.

In dem in Fig. 1 illustrierten geöffneten Zustand ist eine Verschlusskugel 15 aus einem kegelförmigen Sitz 17 zurückgezogen, so dass Kraftstoff 19 durch eine Öffnung 21 in dem Sitz in einen Verbrennungsraum 23 zur Verbrennung gelangen kann. In dem vollständig geöffneten Zustand liegt der Anker 9 an dem Polschuh 27 an, kann somit nicht weiter nach oben verschoben werden.

In einem in Fig. 1 nicht illustrierten geschlossenen Zustand des Magnetventils 1 ist der Anker 9 bei fehlendem Stromfluss durch die Spule 3 durch eine Rückstellfeder 25 nach unten verschoben, so dass auch der Mitnehmer 13 zusammen mit dem Verschlusselement 11 nach unten derart verschoben ist, dass die Verschlusskugel 15 dichtend an dem kegelförmigen Sitz 17 anliegt, so dass Kraftstoff 19 nicht in den Verbrennungsraum 23 gelangen kann. In diesem nach

unten verschobenen Zustand des Ankers 9 hat der Mitnehmer 13 bzw. ebenso der Anker 9 zumindest einen Arbeitshub 12 zurückgelegt (währenddessen der Anker 9 und der Mitnehmer 13 in Kontakt sind) und optional auch einen zusätzlichen Leerhub 10, in dem zwischen dem Anker 9 und dem Mitnehmer 13 ein Spalt besteht.

In Fig. 1 ist ferner eine Vorrichtung 2 zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs 19 illustriert. Die Vorrichtung 2 umfasst dabei einen Treiber 4, welcher einen Stromfluss durch die Spule 3 erzeugen kann (insbesondere gemäß einem Ansteuerungsprofil). Ferner umfasst die Vorrichtung 2 ein Bestimmungsmodul 6, welches zum Bestimmen einer Größe eines magnetischen Flusses des Magnetfeldes vor oder bei Erreichen eines ersten Zustandes, bei dem der Anker 9 beginnt, das Verschlusselement 11 (insbesondere zusammen mit dem Mitnehmer 13) zu verschieben, und welches ferner zum Bestimmen einer Größe des Druckes basierend auf der bestimmten Größe des magnetischen Flusses ausgebildet ist. Dazu kann die Vorrichtung 2 z.B. Strom und Spannung über die Steuer- und Datenleitung 8 erhalten, die mit der Spule 3 verbunden ist, und daraus einen magnetischen Fluss berechnen.

Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung erlauben ein Bestimmen des Druckes von Kraftstoff 19, indem der magnetische Fluss, welcher durch den Anker 9 und teilweise durch den Polschuh 27 und den Mitnehmer 13 tritt, bestimmt und ausgewertet wird.

Die Ermittlung des Druckes kann mittels der Messung und Analyse des verketteten magnetischen Flusses Ψ erfolgen. Dabei kann der verkettete magnetische Fluss Ψ aus dem Strom, welcher durch die Spule 3 fließt, die Spannung, welcher an der Spule 3 angelegt ist, und den Ohm'schen Widerstand der Spule 3 berechnet werden. Die gemessene Spannung $u(t)$ besteht aus einem Ohm'schen Anteil ($i(t) \cdot R$) und einem induktiven Anteil ($u_{\text{int}}(t)$). Die induktive Spannung berechnet sich dabei aus der zeitlichen Ableitung des verketteten magnetischen Flusses, wobei Ψ abhängig von der Stromänderung $i(t)$ und dem Luftspalt $x(t)$ ist.

$$\begin{aligned}
 u(t) &= i(t)R + u_{ind} = \\
 i(t)R + \frac{d\Psi(i, x)}{dt} &= \\
 i(t)R + \left(\frac{d\Psi(i, x)}{di} \frac{di}{dt} + \frac{d\Psi(i, x)}{dx} \frac{dx}{dt} \right)
 \end{aligned}$$

Bei langsamer Ansteuerung ist der „magnetische“ Anteil der Induktion durch Stromänderung gering.

$$5 \quad u_{ind1} = \frac{d\Psi(i, x)}{di} \frac{di}{dt}$$

Der „mechanische Teil der Induktion durch die Ankerbewegung beschreibt dann die Hube (Leerhub und/oder Arbeitshub) des Magnetventils.

$$10 \quad u_{ind2} = \frac{d\Psi(i, x)}{dx} \frac{dx}{dt}$$

Durch Umstellen und Integration ist der verkettete mechanische Fluss in folgender Weise berechenbar:

$$\Psi = \int (u(t) - i(t)R) dt$$

15

Zur Nadelhub-Ermittlung bzw. Ermittlung eines Hubes eines Verschlusselements 11 eines Magnetventils kann der magnetische Fluss Ψ ermittelt und danach ausgewertet werden.

20 Die Bestimmung des Hubes (z.B. Leerhub und/oder Arbeitshub) und auch des Druckes kann aus Ψ -I-Diagrammen wie dem in Fig. 2 dargestellten Diagrammen erfolgen. Dabei ist auf einer Abszisse 30 der durch die Spule 3 fließende Strom i und auf der Ordinate 32 der gemäß der obigen Gleichung berechnete magnetische Fluss Ψ aufgetragen. Fig. 2 zeigt dazu die Trajektorien (Ψ -I-Kurven) 37 und 39 eines Magnetventils ohne Leerhub. Der Zustand I entspricht einem Zustand, bei dem der Anker 9 an dem Mitnehmer 13 des Verschlusselements 11 anliegt und gerade beginnt, das Verschlusselement 11 zusammen mit dem Mitnehmer 13 zum Öffnen

nach oben zu verschieben. Der Zustand I kann z.B. durch Analyse des Graphen 35 bzw. insbesondere der Trajektorie (bzw. Ψ -I-Kurve) 37 bestimmt werden, etwa als ein Knickpunkt, bei dem sich eine Steigung im Vorzeichen ändert. Zwischen den Punkten I und II erfolgt der Arbeitshub von 50 μm bis 0 μm , d.h. der Anzug des Ankers 9 im Arbeitshub. Eine Bestimmung eines Hubes und auch eine Bestimmung eines Druckes kann in einem Bereich vor dem Zustand I durch Auswertung des magnetischen Flusses Ψ durchgeführt werden.

Die Zustandstrajektorie 37 wird während eines Anzugs (d.h. während eines Öffnungsvorganges) und die Trajektorie 39 wird während eines Abfalls (d.h. während eines Schließvorganges) des Magnetventils 1 (hier für den Fall ohne Leerhub) durchlaufen. Aus einem Vergleich mit in Fig. 2 nicht illustrierten Referenzdaten bzw. Referenztrajektorien kann der Druck des Kraftstoffes bestimmt werden.

Gemäß Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung wird für ein Magnetventil ohne Leerhub der Bereich der Trajektorie 37 vor dem Punkt I ausgewertet. In dem Abschnitt, zwischen den Punkten I und II ändert sich die Steigung der Kurve 37 von einem positiven Wert auf einen negativen Wert.

Fig. 3 illustriert einen Graphen 41, wobei auf der Abszisse 30 der Spulenstrom und auf einer Ordinate 32 der magnetische Fluss Ψ aufgetragen ist. Die Trajektorie bzw. Kurven 43, 45 und 47 wurden durch Vermessung ein- und desselben Magnetventils bei verschiedenen Positionen des Polschuhs 27 durchgeführt, um verschiedene Arbeitshübe einzustellen, insbesondere 77 μm , 59 μm bzw. 52 μm . Wie aus der Figur 3 ersichtlich ist, unterscheiden sich die Ψ -I-Kurven 43, 45 und 47 leicht voneinander, was in vergrößerter Darstellung in einem gewissen Ausschnitt in Fig. 4 illustriert ist. Dabei wurden die Messungen bei konstantem Kraftstoffdruck durchgeführt. Aus den Kurven 43, 45 und 47 lassen sich Referenzdaten zur Bestimmung eines Hubes aus Messungen des magnetischen Flusses bestimmen. Zum Beispiel kann eine Beziehung zwischen dem Arbeitshub oder Druck und einem gemessenen mag-

netischen Fluss z.B. in einem Bereich vor dem Zustand I bestimmt werden oder es kann eine Empfindlichkeit des magnetischen Flusses in Abhängigkeit des Arbeitshubes bzw. Druckes bestimmt werden. Nach Messung eines magnetischen Flusses eines Magnetventils mit unbekanntem Arbeitshub bzw. Leerhub oder Druck kann aus der Empfindlichkeit bzw. aus der Beziehung zwischen magnetischem Fluss und Hub bzw. dem Druck der gewünschte unbekannte Hub (insbesondere Arbeitshub, Leerhub) des Magnetventils bzw. Druck des Kraftstoffes bestimmt werden.

Die Ausprägung der Ψ -I-Kurve bei verschiedenen Ansteuerungsspannungen (3V ... 18V) ist in der Fig. 5 durch Trajektorien 48 (Erregungsspannung 18V), 49 (Erregungsspannung 6V), 51 (Erregungsspannung 12V) und 53 (Erregungsspannung 3V) illustriert. Wie aus Fig. 5 ersichtlich ist, ist es bei höheren Spannungen zunehmend schwieriger, die Zustände I und II zuverlässig zu detektieren, da nur geringe Steigungsänderungen auftreten. Bei z.B. einer Erregungsspannung von 18V kann es schwierig sein, den Zustand I zuverlässig zu detektieren. Daher kann eine Messung von Referenzkurven bzw. eine Messung zur Bestimmung eines Hubes bei relativ geringen Erregungsspannungen z.B. zwischen 3V und 12V durchgeführt werden.

Die Fig. 6, 7 und 8 illustrieren Ψ -I-Kurven 55, 57, 59 und 61, die an ein- und demselben Magnetventil bei verschiedenen Drücken, und zwar 200 Bar, 50 Bar, 20 Bar bzw. 1 Bar eines Kraftstoffs aufgenommen wurden, wobei auf der Abszisse 30 der Strom durch die Spule 3 und auf der Ordinate 32 jeweils der magnetische Fluss aufgetragen ist. Die Fig. 7 und 8 zeigen dabei bestimmte Ausschnitte 63 bzw. 64 der in Fig. 6 in kleinerem Maßstab illustrierten Kurven 55, 57, 59 und 61. Gemäß Ausführungsformen der Erfindung erfolgt eine Bestimmung eines Kraftstoffdruckes durch Ermittlung von Ψ -I-Kurven von Magnetaktoren, insbesondere Magnetventilen oder Injektoren, in Einspritz-Systemen. In dem Ψ -I-Kurven sind Luftspalte bzw. magnetische Spalt- und Bewegungskräfte erkennbar, die sich bei Druckänderungen ebenfalls ändern (möglicherweise aufgrund von mechanischen Verformungen). Weiterhin können sich die Kräfte, bei denen sich der Aktor bei

verschiedenen Drücken bewegt, ändern, da unterschiedliche Drücke unterschiedliche Gegenkräfte der Bewegung verursachen können.

Die Fig. 6, 7 und 8 zeigen Ψ -I-Kurven eines Magnetventils bzw. Injektors, bei unterschiedlichen Drücken. Dabei sind veränderte Spalte/Hübe erkennbar und die Kraft, die zu Beginn der Bewegung bei dem Zustand I aufzubringen ist.

Gemäß einer Alternative des Druckbestimmungs-Verfahrens wird, wie in Fig. 7 illustriert ist, der magnetische Fluss 65 (genau) bei dem Zustand I bestimmt, um daraus den Kraftstoffdruck zu berechnen. An dieser Stelle bzw. in diesem Zustand kann nämlich ein Kräftegleichgewicht zwischen der aufgrund des Kraftstoffdruckes erzeugten Kraft und der aufgrund des Magnetfeldes bzw. des magnetischen Flusses erzeugten Kraft herrschen. Die durch den magnetischen Fluss erzeugte Kraft ist dabei proportional zum Quadrat des magnetischen Flusses. Damit sollte der Druck des Kraftstoffes proportional zum Quadrat des magnetischen Flusses ausgewertet in dem Zustand I sein.

Aus der Mehrzahl von Ψ -I-Kurven 55, 57, 59 und 61 kann weiterhin eine Beziehung zwischen dem magnetischen Fluss bei dem Zustand I (und/oder vor dem Zustand I) und dem vorbekannten Druck ermittelt werden. Diese ermittelte Beziehung kann zur Auswertung einer Ψ -I-Kurve eines Magnetventils mit zu bestimmendem Druck herangezogen werden, um eine Druckbestimmung durchzuführen. Aus den Unterschieden zwischen dem magnetischen Fluss bei verschiedenen Drücken, insbesondere bei dem Zustand I, kann weiterhin eine Empfindlichkeit (beispielsweise ein Differenzen-Quotient zwischen magnetischem Fluss und Drücken oder ein Kehrwert dieses Differenzen-Quotienten) gebildet werden und kann zur (relativen) Druckbestimmung von weiteren Messungen herangezogen werden.

Fig. 8 illustriert den Bereich 64 der in Fig. 6 illustrierten Kurven 55, 57, 59 und 61. Der Bereich 64 liegt vor dem Zustand I, d.h. in einem Bereich, bei dem der Anker an dem Mitnehmer 13 bzw. dem Verschlusselement 11 anliegt und in Kontakt ist, den

Mitnehmer und das Verschlusselement 13 jedoch noch nicht zum Öffnen bewegt. Auch dieser Bereich kann in einer Ausführungsform zur Bestimmung des Kraftstoffdruckes verwendet werden. Wie ersichtlich ist, unterscheiden sich die magnetischen Flüsse der Kurven 55, 57, 59 und 61, wobei hier offensichtlich kein linearer Zusammenhang zwischen Änderungen eines magnetischen Flusses und Änderungen des Druckes vorliegt. Daher können in verschiedenen Bereichen des magnetischen Flusses verschiedene Empfindlichkeiten bestimmt und gespeichert werden, welche später für die Interpretation bzw. Auswertung von weiteren Messkurven zur Druckbestimmung herangezogen werden können.

Eine hohe Genauigkeit des Verfahrens kann erzielt werden, wenn Wirbelströme innerhalb des Ankers oder anderer Elemente des Magnetventils relativ gering sind. Um geringe Wirbelströme zu gewährleisten, kann eine relativ langsame Ansteuerung zur Bestromung der Spule 3 verwendet werden. Dabei kann eine relativ geringe Boost-Spannung von z.B. zwischen 3V und 12V verwendet werden, wie auch im Zusammenhang mit Fig. 5 erwähnt wurde. Für diese relativ geringen Boost-Spannungen ist eine Bestimmung jedenfalls des Zustandes I auf zuverlässige Weise durchführbar. Alternativ oder zusätzlich kann ein Aktor (insbesondere den Anker und die Düse umfassend), verwendet werden, welcher in der Konstruktion verändert ist, um Wirbelströme zu vermindern. Dazu kann z.B. ein geschlitzter Anker bzw. ein Anker vorgesehen sein, welcher aus Schichten von ferromagnetischem Material ausgebaut ist, welche jeweils elektrisch voneinander isoliert sind. Mit einem solchen Anker kann die Spule des Magnetventils auch mittels der Standard-Ansteuerung mit Strom beaufschlagt werden, da die Kurvenverläufe bei den Hubbewegungen deutlicher ausgeprägt sind.

Wie die Druckbestimmung ist auch die Hubbestimmung ohne Messung der vollständigen Kurven möglich. Es kann z.B. ausreichend sein, die Kurven nur jeweils bis zu dem Zustand I zu vermessen. Vorteilhaft kann dabei sein, dass die Hubbestimmung ohne Injektor-Öffnen (Einspritzung) stattfinden kann. Somit kann die Messung ohne negativen Einfluss auf Emissionen durchgeführt werden.

Sowohl die Druckbestimmung als auch die Hubbestimmung kann dabei mit oder ohne Referenzdaten durchgeführt werden. Aus einer Differenz von magnetischem Fluss (unter verschiedenen Druck-
5 bedingungen) kann auf eine Differenz von Drücken geschlossen werden. Mittels Referenzdaten kann eine Kalibrierung vorgenommen werden, so dass auch eine absolute Druckbestimmung möglich ist. Das Verfahren kann z.B. in einem Motor-Steuerungsgerät im-
plementiert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs (19),
welcher über ein steuerbares Verschlusselement (11) eines
5 Magnetventils (1) in einen Verbrennungsraum (23) einzuspritzen
ist, wobei das Verfahren aufweist:

Erzeugen eines Stromflusses (i) durch eine Spule (3) des
Magnetventils (1), um ein Magnetfeld zu erzeugen, um eine
Magnetkraft auf einen Anker (9) zu erzeugen, die den Anker (9)
10 in Richtung zum Öffnen des Verschlusselements (11) verschiebt;

Bestimmen einer Größe eines magnetischen Flusses (Ψ) des
Magnetfeldes vor oder bei Erreichen eines ersten Zustandes (I),
bei dem der Anker beginnt, das Verschlusselement zu verschieben;
und

15 Bestimmen einer Größe des Druckes basierend auf der be-
stimmten Größe des magnetischen Flusses.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei aus vorherigen Messungen an
dem Magnetventil (1) eine Empfindlichkeit ($\Delta\Psi/\Delta\text{Druck}$) der Größe
20 des magnetischen Flusses abhängig von der Größe des Druckes oder
eine Empfindlichkeit der Größe des Druckes abhängig von der Größe
des magnetischen Flusses bekannt ist,

wobei das Bestimmen der Größe des Druckes als eine Be-
stimmung einer Druckänderung basierend auf der bestimmten Größe
25 des magnetischen Flusses, und der bekannten Empfindlichkeit
durchgeführt wird.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Größe des Drucks
ferner aus Referenzdaten (55, 57, 59, 61) bestimmt ist, die
30 zumindest eine Größe des magnetischen Flusses bei bekanntem Druck
enthalten.

4. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,
wobei die Größe des magnetischen Flusses bei Erreichen des
35 ersten Zustandes (I) bestimmt wird,

wobei die Größe des Drucks als proportional zum Quadrat der
Größe des magnetischen Flusses (Ψ) bestimmt wird.

5. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

wobei die Größe des magnetischen Flusses (Ψ) vor Erreichen des ersten Zustandes (I) bestimmt wird und daraus die Größe des Druckes und/oder eine Größe eines Leerhubs und/oder Arbeitshubs des Ankers bestimmt wird, wobei insbesondere eine Empfindlichkeit der Größe des magnetischen Flusses abhängig von der Größe des Leerhubs und/oder Arbeitshubs berücksichtigt wird.

6. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

10 wobei Paare einer Größe eines Stromes (i) und einer Größe des magnetischen Flusses (Ψ), insbesondere in einem Graphen, betrachtet werden, die einer Zustandstrajektorie des Verschusselements während eines Schließvorganges des Magnetventils entsprechen, und

15 wobei der erste Zustand (I) mit einem Paar assoziiert ist, bei dem sich, entlang der Zustandstrajektorie, ein Vorzeichen einer Steigung ändert.

7. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

20 wobei sich in einem Graphen, in dem auf der Abszisse der Strom (i) durch die Spule und auf einer Ordinate der magnetische Fluss (Ψ) aufgetragen ist, der erste Zustand (I) als der Stelle zugeordnet identifiziert wird, bei der sich eine positive Steigung in eine negative Steigung ändert,

25 oder wobei der erste Zustand als einer Stelle zwischen einem Abschnitt einer positiven Steigung und einem Abschnitt einer negativen Steigung zugeordnet identifiziert wird.

8. Verfahren gemäß einem der vorangehenden Ansprüche,

30 wobei zum Erzeugen des Stromflusses durch eine Spule zunächst eine Boostspannung, insbesondere zwischen 3 V und 65 V, und danach eine Haltespannung, insbesondere zwischen 6 V und 14 V, verwendet wird,

35 wobei der Anker (9) insbesondere ein geschlitztes ferromagnetisches Material und/oder voneinander elektrisch isolierte Schichten von ferromagnetischem Material umfasst, um Wirbelströme zu reduzieren.

9. Vorrichtung, insbesondere Motorsteuergerät, zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs, welcher über ein steuerbares Verschlusselement eines Magnetventils in einen Verbrennungsraum einzuspritzen ist, wobei die Vorrichtung aufweist:

- 5 einen Treiber zum Erzeugen eines Stromflusses durch eine Spule des Magnetventils, um ein Magnetfeld zu erzeugen, um eine Magnetkraft auf einen Anker zu erzeugen, die den Anker in Richtung zum Öffnen des Verschlusselements verschiebt;
- ein Bestimmungsmodul, welches zum
- 10 Bestimmen einer Größe eines magnetischen Flusses des Magnetfeldes vor oder bei Erreichen eines ersten Zustandes, bei dem der Anker beginnt, das Verschlusselement zu verschieben, und
- Bestimmen einer Größe des Druckes basierend auf der bestimmten Größe des magnetischen Flusses
- 15 ausgebildet ist.

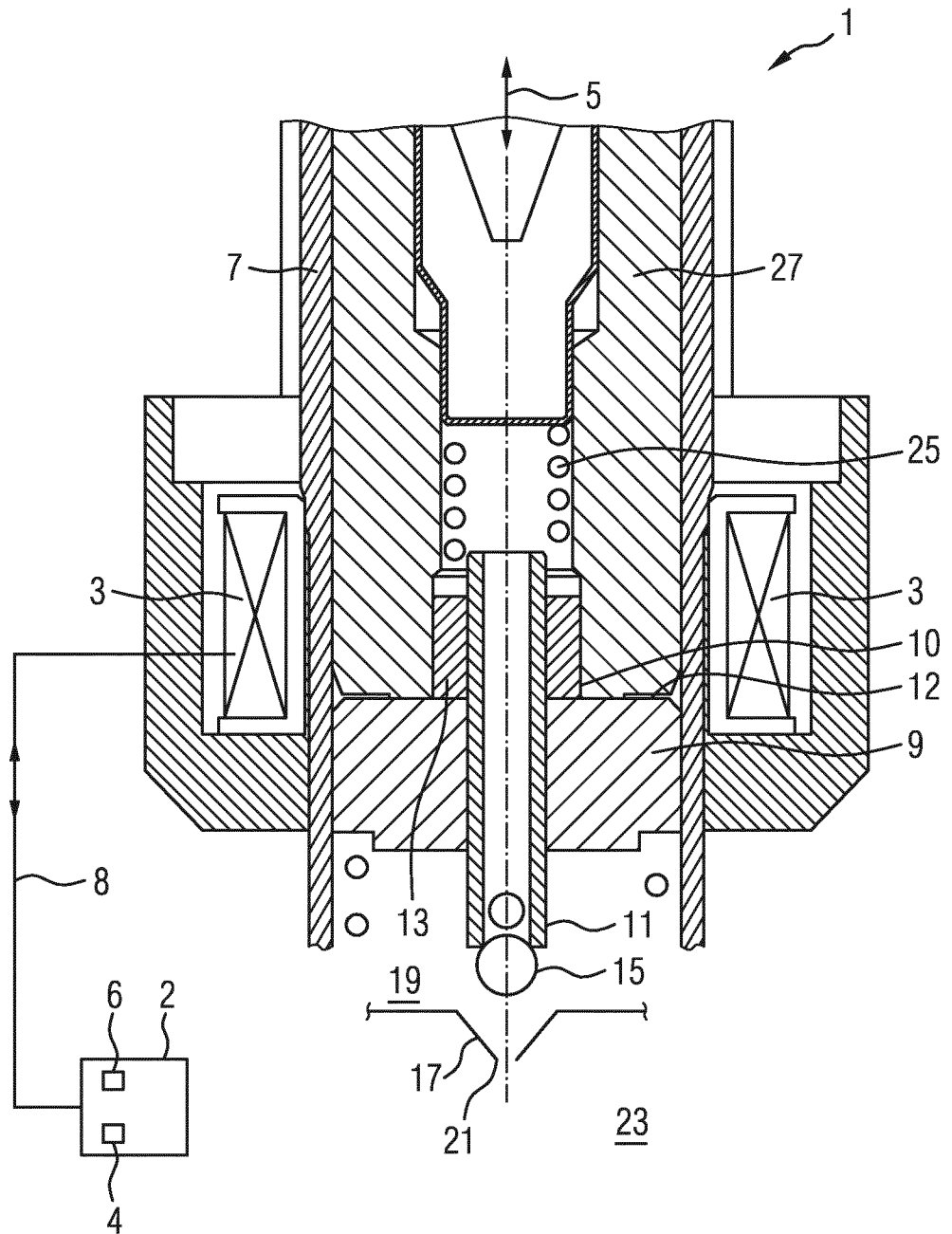
10. Druckmesssystem, aufweisend:

- ein Magnetventil mit einem steuerbaren Verschlusselement, einer Spule, und einem Anker, wobei durch Stromfluss durch die
- 20 Spule ein Magnetfeld erzeugt wird, um eine Magnetkraft auf den Anker zu erzeugen, die den Anker in Richtung zum Öffnen des Verschlusselements verschiebt; und
- eine Vorrichtung gemäß Anspruch 9 zum Bestimmen eines Druckes eines Kraftstoffs, welcher über das Verschlusselement
- 25 des Magnetventils in einen Verbrennungsraum einzuspritzen ist, wobei der Anker insbesondere ein geschlitztes ferromagnetisches Material und/oder voneinander elektrisch isolierte Schichten von ferromagnetischem Material umfasst, um Wirbelströme zu reduzieren.

30

1/5

FIG 1



2/5

FIG 2

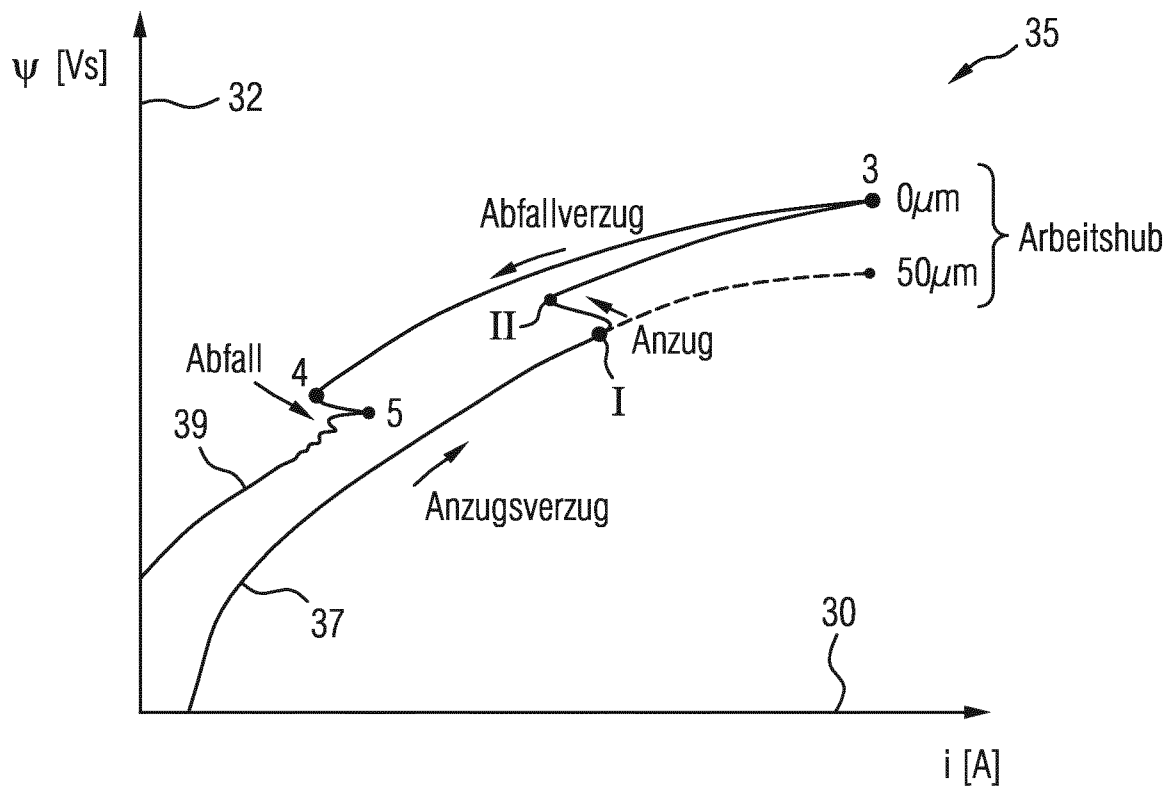
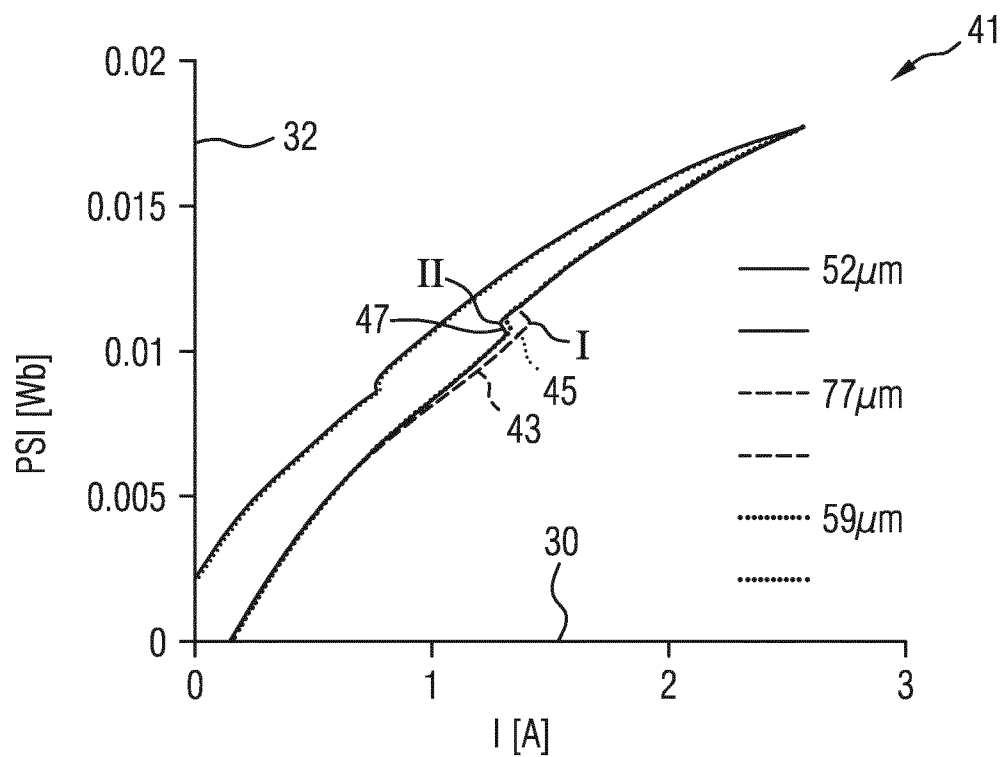


FIG 3



3/5

FIG 4

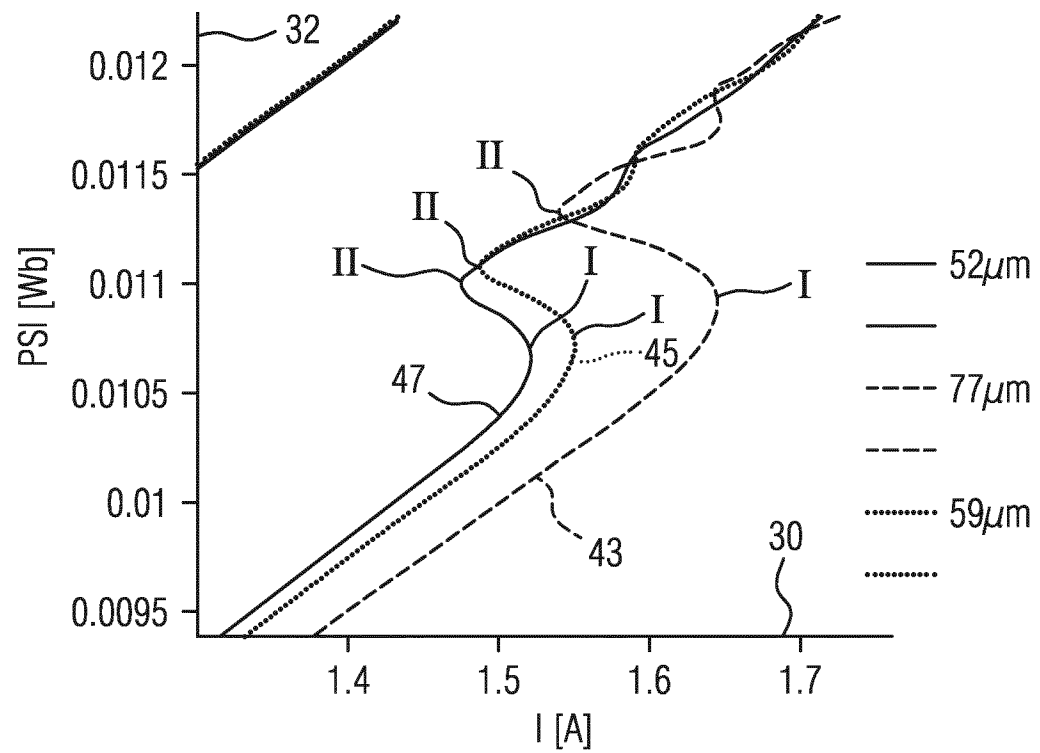


FIG 5

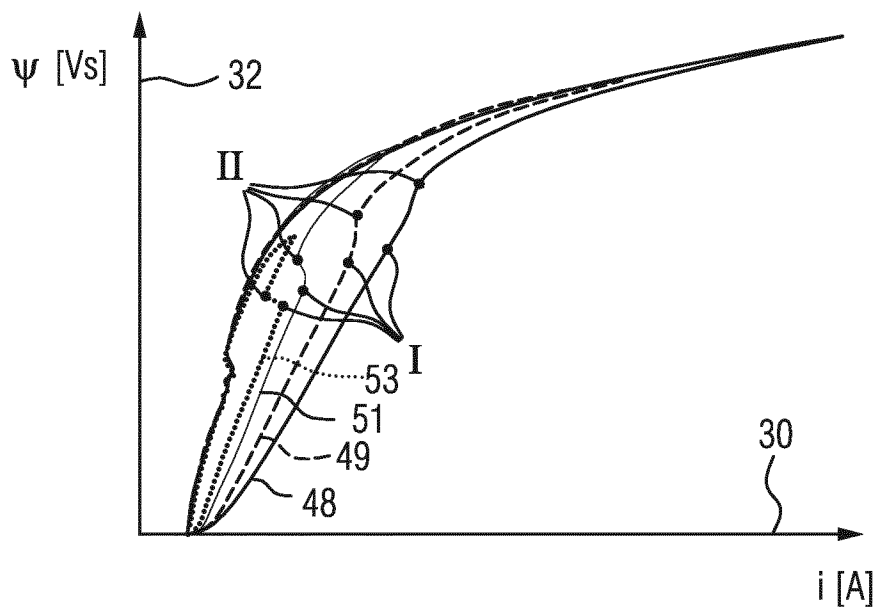


FIG 6

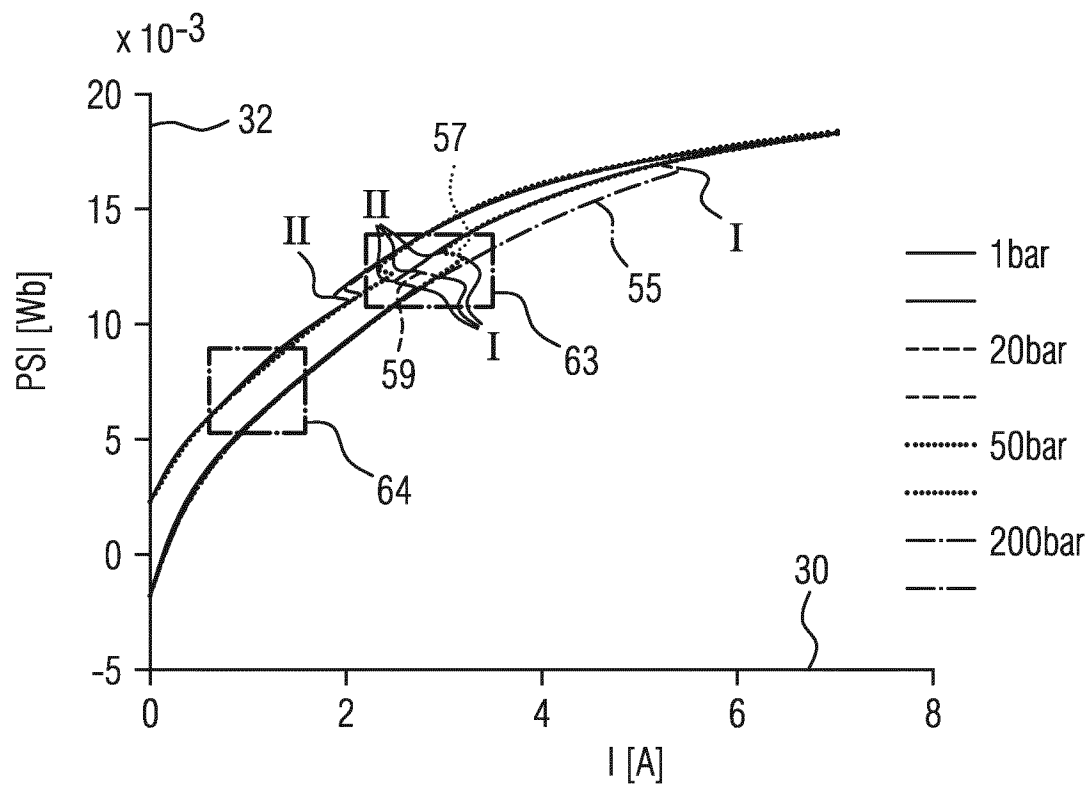
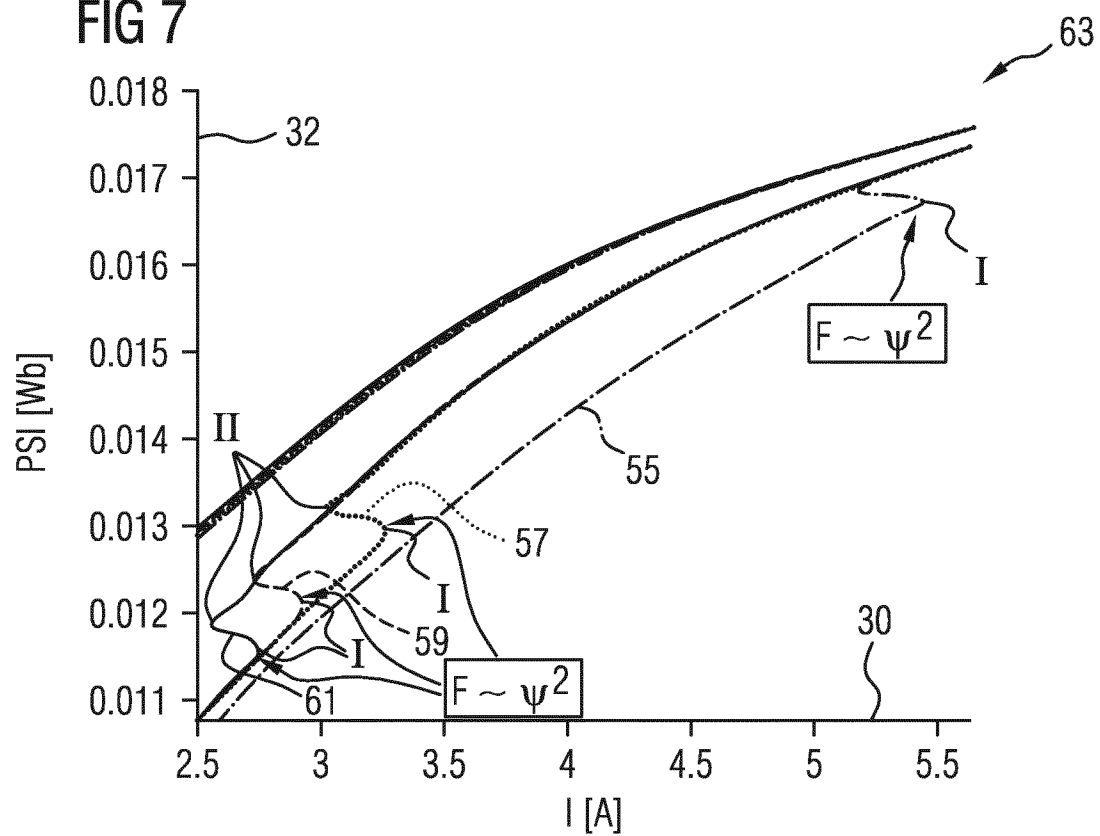
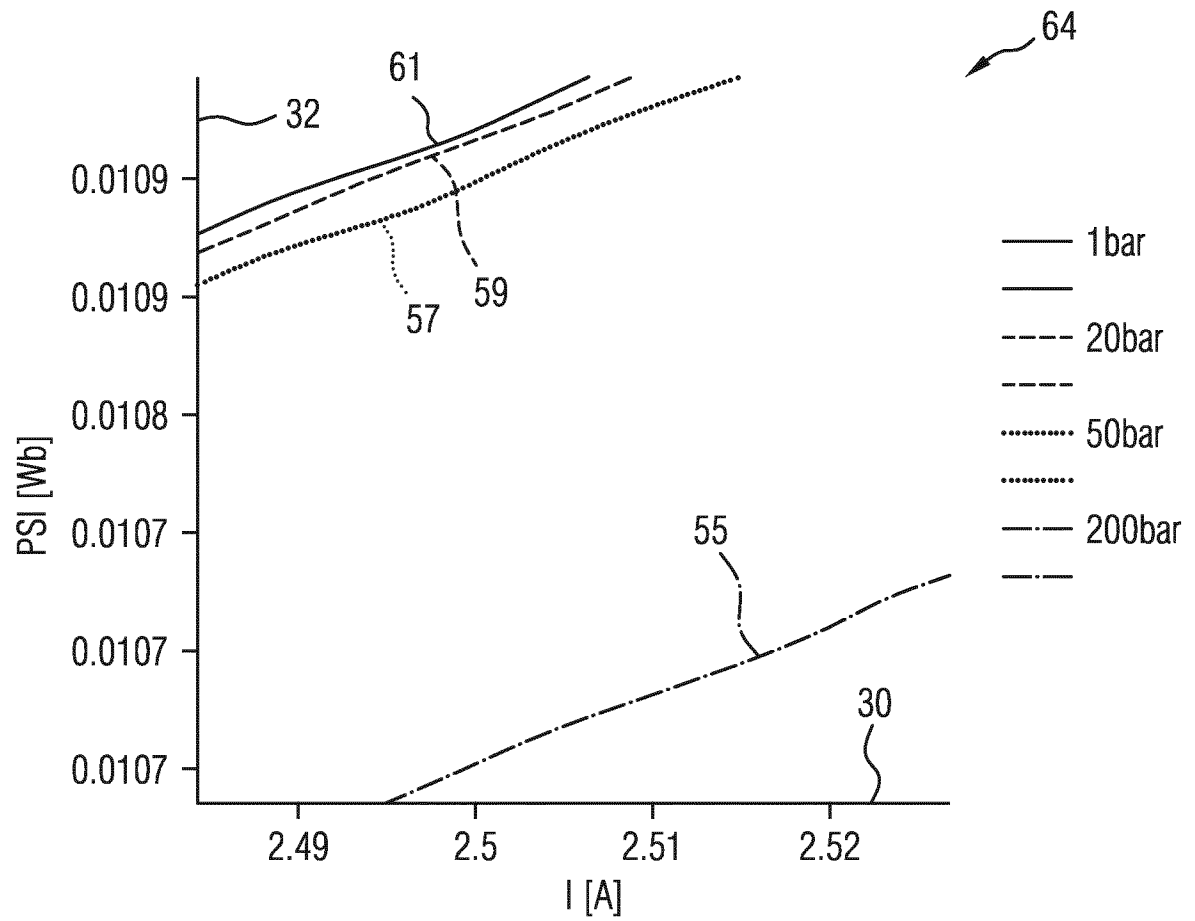


FIG 7



5/5

FIG 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/058173

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/20
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)
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 198 00 760 A1 (NIPPON SOKEN [JP]) 13 August 1998 (1998-08-13)	1-5,8-10
Y	column 3, line 61 - column 5, line 21 -----	6,7
X	DE 10 2008 040244 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 14 January 2010 (2010-01-14)	1-3,5, 8-10
Y	paragraph [0003] - paragraph [0010]; claims 1-6; figures 2, 3 -----	6,7
Y	DE 10 2011 075935 A1 (STEINBEIS GMBH & CO KG FUER TECHNOLOGIETRANSFER [DE]) 22 November 2012 (2012-11-22) claims 1-10 -----	6,7
A	EP 2 796 695 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 29 October 2014 (2014-10-29) paragraph [0015] - paragraph [0022]; claims 1,2; figure 3 ----- -/-	1,9



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 June 2016

Date of mailing of the international search report

01/07/2016

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

Cassiat, Clément

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2016/058173

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 2007 048609 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16 April 2009 (2009-04-16) claim 1; figures 2,3,4 -----	1,9
A	DE 10 2010 063009 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 14 June 2012 (2012-06-14) paragraph [0020]; claim 1; figure 1 -----	1,6,7,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/058173

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19800760 A1	13-08-1998	DE 19800760 A1	13-08-1998
		JP H10227268 A	25-08-1998
DE 102008040244 A1	14-01-2010	NONE	
DE 102011075935 A1	22-11-2012	NONE	
EP 2796695 A1	29-10-2014	NONE	
DE 102007048609 A1	16-04-2009	NONE	
DE 102010063009 A1	14-06-2012	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/20
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
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 198 00 760 A1 (NIPPON SOKEN [JP]) 13. August 1998 (1998-08-13)	1-5,8-10
Y	Spalte 3, Zeile 61 - Spalte 5, Zeile 21 -----	6,7
X	DE 10 2008 040244 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 14. Januar 2010 (2010-01-14)	1-3,5, 8-10
Y	Absatz [0003] - Absatz [0010]; Ansprüche 1-6; Abbildungen 2, 3 -----	6,7
Y	DE 10 2011 075935 A1 (STEINBEIS GMBH & CO KG FUER TECHNOLOGIETRANSFER [DE]) 22. November 2012 (2012-11-22) Ansprüche 1-10 -----	6,7
A	EP 2 796 695 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 29. Oktober 2014 (2014-10-29) Absatz [0015] - Absatz [0022]; Ansprüche 1,2; Abbildung 3 ----- -/-	1,9

☒ 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 er-
scheinen 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. Juni 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

01/07/2016

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

Cassiat, Clément

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 10 2007 048609 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 16. April 2009 (2009-04-16) Anspruch 1; Abbildungen 2,3,4 -----	1,9
A	DE 10 2010 063009 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 14. Juni 2012 (2012-06-14) Absatz [0020]; Anspruch 1; Abbildung 1 -----	1,6,7,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/058173

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19800760 A1	13-08-1998	DE 19800760 A1	13-08-1998
		JP H10227268 A	25-08-1998
DE 102008040244 A1	14-01-2010	KEINE	
DE 102011075935 A1	22-11-2012	KEINE	
EP 2796695 A1	29-10-2014	KEINE	
DE 102007048609 A1	16-04-2009	KEINE	
DE 102010063009 A1	14-06-2012	KEINE	