

(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
15. April 2021 (15.04.2021)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2021/069161 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/00 (2006.01) *F02D 41/20* (2006.01)
F02D 19/06 (2006.01) *F02D 41/06* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/074940

(22) Internationales Anmeldedatum:

07. September 2020 (07.09.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:

10 2019 215 482.4

09. Oktober 2019 (09.10.2019) DE

(71) Anmelder: **VITESCO TECHNOLOGIES GMBH**

[DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).

(72) Erfinder: **WIELAND, Anselm**; c/o Continental Automotive GmbH, Thomas-Dehler-Str. 27, 81737 München (DE).

(74) Anwalt: **WALDMANN, Alexander**; c/o Vitesco Technologies GmbH, P.O. Box 12 02, 82019 Taufkirchen (DE).

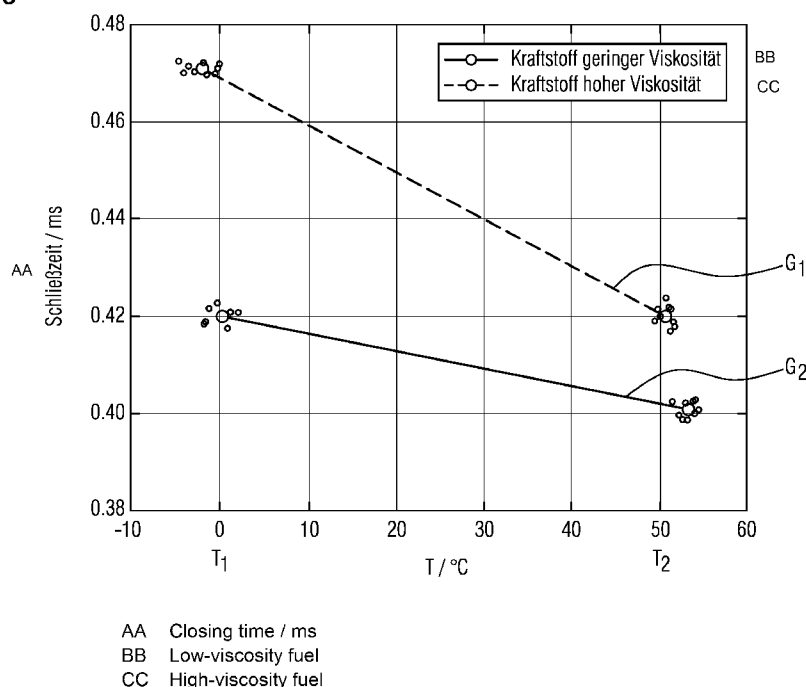
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für

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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR DETERMINING A CHANGE TO THE NATURE OF FLUID FLOWING THROUGH AN ACTUATOR

(54) Bezeichnung: VERFAHREN SOWIE VORRICHTUNG ZUM RÜCKSCHLIEßEN AUF EINE ÄNDERUNG DER ART EINES DURCH EINEN AKTOR STRÖMENDEN FLUIDS

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to a method for determining a change to the nature of fluid flowing through an actuator, the actuator being movable between an open position allowing the fluid flow and a closed position blocking the fluid flow, the method being characterised by the steps of: - ascertaining the closing time (t_{close}) of the actuator required to reach the closed position for at least two different temperatures (T_1 , T_2) of the fluid, - determining a deviation between the gradient of a straight line (G_1 , G_2) running through the ascertained closing times and a reference value for the gradient and/or establishing a deviation between an absolute value



(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:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

of the closing time lying on the straight line (G_1 , G_2) and a reference value for the closing time, - determining a change in relative viscosity of the fluid if the determined gradient deviates from the reference value for the gradient beyond a predetermined threshold value and/or if the established absolute value of the closing time deviates from the reference value for the closing time beyond a predetermined threshold value, - determining that the nature of the fluid has changed on the basis of the change in viscosity.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Rückschließen auf eine Änderung der Art eines durch einen Aktor strömenden Fluids, wobei der Aktor zwischen einer den Fluidstrom freigebenden Offenstellung und einer den Fluidstrom blockierenden Schließstellung verstellbar ist, gekennzeichnet durch die Schritte: - Ermitteln der zum Erreichen der Schließstellung benötigten Schließzeit (t_{close}) des Aktors bei zumindest zwei unterschiedlichen Temperaturen (T_1 , T_2) des Fluids, - Bestimmen einer Abweichung zwischen einer Steigung einer durch die ermittelten Schließzeiten verlaufenden Gerade (G_1 , G_2) und einem Referenzwert für die Steigung und/oder Bestimmen einer Abweichung zwischen einem auf der Gerade (G_1 , G_2) liegenden Absolutwert der Schließzeit und einem Referenzwert für die Schließzeit, - Rückschließen auf eine relative Viskositätsänderung des Fluids, wenn die bestimmte Steigung von dem Referenzwert für die Steigung über einen vorbestimmten Schwellenwert hinaus abweicht und/oder wenn der bestimmte Absolutwert der Schließzeit von dem Referenzwert für die Schließzeit über einen vorbestimmten Schwellenwert hinaus abweicht, - Rückschließen auf eine Änderung der Art des Fluids aufgrund der Viskositätsänderung.

Beschreibung

Verfahren sowie Vorrichtung zum Rückschließen auf eine Änderung der Art eines durch einen Aktor strömenden Fluids

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren sowie eine Vorrichtung zum Rückschließen auf eine Änderung der Art eines durch einen Aktor strömenden Fluids, wobei der Aktor zwischen einer den Fluidstrom freigebenden Offenstellung und einer den Fluidstrom blockierenden Schließstellung verstellbar ist. Das Fluid kann insbesondere ein Kraftstoff und der Aktor ein Injektor zum Einspritzen des Kraftstoffes in einen Verbrennungsraum eines Verbrennungsmotors sein. Das Verfahren bzw. die Vorrichtung können folglich dazu dienen, auf eine Änderung der Kraftstoffart rückzuschließen.

10

15 Üblicherweise sind Verbrennungsmotoren sowie die dazugehörigen Systeme für die Verwendung einer großen am Markt verfügbaren Bandbreite an Kraftstoffen ausgebildet. Die Kraftstoffe unterscheiden sich innerhalb gewisser Grenzen in einer Vielzahl von Eigenschaften, wie insbesondere der Dichte, dem Luftbedarf, dem Heizwert sowie der Viskosität. Zur Steuerung des Verbrennungsvorgangs werden robuste Regelstrukturen eingesetzt, die trotz der Unterschiede in den
20 Eigenschaften der Kraftstoffe ein gewünschtes Systemverhalten, wie insbesondere eine möglichst vollständige Verbrennung des Kraftstoffs, ermöglichen. Eine solche Regelstruktur ist beispielsweise der sogenannte Lambdaregler. Wie grundsätzlich bekannt, wird bei der Lambdaregelung im Abgas eines Verbrennungsmotors ein
25 gewünschtes Verbrennungsluftverhältnis eingestellt. Lambda steht für das Verhältnis Luft zu Brennstoff im Vergleich zu einem verbrennungsstöchiometrischen Gemisch.

30 Zwar ermöglichen solche Regelstrukturen den Betrieb des Verbrennungsmotors auch mit sich ändernden Kraftstoffeigenschaften. Allerdings lassen sich hieraus keine Informationen über die Eigenschaften bzw. die Änderungen der Eigenschaften von Kraftstoff zu Kraftstoff ableiten. Die Kenntnis dieser Informationen ist insbesondere für eine prädiktive Diagnose der Komponenten des

Verbrennungssystems förderlich. Für eine solche Diagnose können für die einzelnen Motorkomponenten Funktionen entwickelt werden, die eine Rückmeldung über den Verschleißgrad der jeweiligen Komponente geben, so dass vor dem Ausfall der Komponente rechtzeitig gewarnt werden kann. Die genannten

5 Eigenschaften des Kraftstoffes haben einen Einfluss auf den Verschleiß und sollten daher als Eingabewerte für die Funktionen berücksichtigt werden. Hierfür ist letztlich das Wissen um den jeweils eingesetzten Kraftstoff wünschenswert.

Es liegt daher der Erfindung die Aufgabe zugrunde, in möglichst einfacher und

10 effizienter Weise die Art des durch den Aktor strömenden Fluids bestimmen zu können.

Die Erfindung löst die Aufgabe durch ein Verfahren gemäß Anspruch 1 sowie durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 8. Vorteilhafte Ausgestaltungen sind

15 Gegenstand der abhängigen Ansprüche, der Beschreibung sowie der Figuren.

Das erfindungsgemäße Verfahren sieht die folgenden Schritte vor:

- 20 - Ermitteln der zum Erreichen der Schließstellung benötigten Schließzeit des Aktors bei zumindest zwei unterschiedlichen Temperaturen des Fluids,
- Bestimmen einer Abweichung zwischen einer Steigung einer durch die ermittelten Schließzeiten verlaufenden Gerade und einem Referenzwert für die Steigung und/oder Bestimmen einer Abweichung zwischen einem auf der Gerade liegenden Absolutwert der Schließzeit und einem Referenzwert für die Schließzeit,
- 25 - Rückschließen auf eine relative Viskositätsänderung des Fluids, wenn die bestimmte Steigung von dem Referenzwert für die Steigung über einen vorbestimmten Schwellenwert hinaus abweicht und/oder wenn der bestimmte Absolutwert der Schließzeit von dem Referenzwert für die Schließzeit über einen vorbestimmten Schwellenwert hinaus abweicht,
- 30 - Rückschließen auf eine Änderung der Art des Fluids aufgrund der Viskositätsänderung.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird letztlich aus einer Änderung der Schließzeit des Aktors auf eine Änderung der Viskosität des durch den Aktor strömenden Fluids geschlossen. Wird auf Grundlage der geänderten Schließzeit eine Änderung in der Viskosität festgestellt, so wird daraus gefolgert, dass sich die Art des Fluids geändert hat. Da die Schließzeit des Aktors auch von dem Druck des Fluids abhängt, wird dieser bevorzugt während des Verfahrens/der Messung konstant gehalten. Die Referenzwerte können im Rahmen von vorherigen Messungen der Schließzeit ermittelt werden. Die Schließzeit des Aktors meint die Zeit, die benötigt wird, um den Aktor von der Offenstellung in die Schließstellung zu verstellen. Insbesondere die Zeit, die benötigt wird, um den Aktor von einer vollständigen Offenstellung in die Schließstellung zu verstellen. Das Fluid ist insbesondere ein Kraftstoff und der Aktor ein Injektor zum Einspritzen des Kraftstoffes in einem Verbrennungsraum eines Verbrennungsmotors, wie bereits erwähnt. Der Injektor meint eine Einspritzdüse. Es handelt sich also insbesondere um ein Verfahren zum Rückschließen auf eine Änderung der Kraftstoffart eines durch den Injektor fließenden Kraftstoffes.

Erfindungsgemäß wird zunächst bei zumindest zwei unterschiedlichen Temperaturen eine Schließzeitmessung vorgenommen. Dies ist insbesondere sinnvoll, da die Schließzeit des Aktors auch von der Temperatur des Fluids abhängig ist. Insbesondere kann die Schließzeit bei den zu mindestens zwei unterschiedlichen Temperaturen des Fluids jeweils mehrfach ermittelt und ein Mittelwert aus den gemessenen Schließzeiten bestimmt werden. Die Schließzeit kann dann über der Temperatur aufgetragen werden. So wird anschließend eine Gerade durch die ermittelten Schließzeiten bzw. deren Mittelwerte gelegt. Verändert sich die Steigung bzw. ein auf der Gerade liegender Absolutwert über einen gewissen Schwellenwert hinaus, so kann daraus in einem weiteren Schritt abgeleitet werden, dass sich die Viskosität des Fluids geändert hat. Dies ist mit Rückschließen gemeint. Der auf der Geraden liegende Absolutwert kann insbesondere die ermittelte Schließzeit selbst sein. Auch kann es sich bei dem Absolutwert um einen Y-Achsenabschnitt der ermittelten Gerade handeln. Eine solche Änderung der Viskosität des Fluids wird als Änderung der Art des Fluids interpretiert, es erfolgt also ein Rückschluss auf die Art des Fluids.

- Dank des erfindungsgemäßen Verfahrens kann somit aus einer ermittelten Schließzeit des Aktors auf eine Eigenschaft des Fluids, nämlich die Viskosität, geschlossen und aus dieser wiederum auf eine Änderung der Fluidart geschlossen werden. So weisen Fluide unterschiedlicher Viskosität unterschiedliche Schließzeiten sowie eine unterschiedliche Änderung der Schließzeiten mit der Temperatur auf. Es werden sich also die Steigung sowie die Absolutwerte der Geraden für unterschiedlich viskose Fluide unterscheiden. Das erfindungsgemäße Verfahren lässt sich bei Verbrennungsmotoren insbesondere ohne eine hardwareseitige Änderung des Kraftstoffsystems anwenden, sofern das Kraftstoffsystem über die Möglichkeit einer softwareseitigen Schließzeitmessung verfügt. Damit lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren einfach für Kraftfahrzeuge mit Verbrennungsmotor nachrüsten.
- Sollte beispielsweise das erfindungsgemäße Verfahren ergeben, dass die ermittelten Schließzeiten – über den definierten Schwellenwert hinaus – unterhalb zuvor ermittelter Schließzeiten als Referenzwerte liegen und/oder die ermittelte Steigung der Geraden – über den definierten Schwellenwert hinaus – kleiner ist als die Steigung einer zuvor ermittelten Geraden als Referenzwert, so kann daraus geschlossen werden, dass das nun durch den Aktor strömende Fluid eine geringere Viskosität aufweist, als das zuvor durch den Aktor geströmte Fluid. Hieraus kann gefolgert werden, dass sich die Art des Fluids, also insbesondere die Kraftstoffart, geändert hat und zwar hin zu einem Kraftstoff mit geringerer Viskosität. Dies kann beispielsweise an der Verringerung des Ethanolanteils im Kraftstoff liegen. Ist der zuvor verwendete Kraftstoff bekannt, kann auf den nun verwendeten Kraftstoff geschlossen werden. Die somit ermittelte Kraftstoffart kann Eingang finden in eine den Verschleißgrad der Motorkomponenten beschreibenden Funktion.
- Es können auch mehr als zwei Schließzeiten bei zwei unterschiedlichen Temperaturen bestimmt werden. Insbesondere kann der Wert der Schließzeit vom Motorstart bis zum aufgeheizten Zustand des Motors aufgezeichnet werden. Aufgrund von Bauteiltoleranzen sowie Verschleiß der Komponenten können aus den ermittelten Schließzeitwerten, insbesondere aus der abgeleiteten Steigung, nur

bedingt absolute Werte für die Viskosität ermittelt werden. Dies ist bei dem erfindungsgemäßen Verfahren jedoch auch nicht notwendig, da hier Fluide, insbesondere getankte Kraftstoffe, untereinander verglichen werden, wie erläutert.

- 5 Nach einer Ausgestaltung ist dennoch vorgesehen, einen absoluten Viskositätswert aus den ermittelten Schließzeiten zu ermitteln. Dies kann insbesondere auf Grundlage der bestimmten Steigung der Geraden geschehen. Wie erläutert, ist ein solcher Viskositätswert zwar nur bedingt aussagekräftig, lässt also nur bedingt Rückschlüsse auf die tatsächliche verwendete Art des Fluids, also insbesondere die
- 10 Kraftstoffart zu. Zur genaueren Klassifikation des Fluids kann jedoch nach dieser Ausgestaltung der stöchiometrische Luftbedarf des Kraftstoffs hinzugezogen werden. So ist nach dieser Ausgestaltung das folgende Verfahren vorgesehen: Ermitteln eines absoluten Viskositätswerts aus den ermittelten Schließzeiten, Ermitteln des stöchiometrischen Luftbedarfs des Kraftstoffs, Ermitteln der
- 15 Kraftstoffart und/oder der Kraftstoffbestandteile aus dem ermittelten absoluten Viskositätswert und dem ermittelten Luftbedarf. Der stöchiometrische Luftbedarf bezeichnet in bekannter Weise genau die Luftmenge, die für eine vollständige Verbrennung des Kraftstoffs von Nöten ist. Ein Rückschluss auf die Art des verwendeten Fluids, also insbesondere des Kraftstoffs, allein aus dem
- 20 Viskositätswert, wäre zwar möglicherweise nicht aussagekräftig, wie erwähnt. Unter zusätzlicher Berücksichtigung des Luftbedarfs des jeweiligen Fluids kann jedoch eine zuverlässige Aussage über die Art des Kraftstoffs getroffen werden. Somit kann die Kraftstoffart nach dieser Ausgestaltung auch absolut bestimmt werden. Hierzu können in einer Steuereinheit Tabellen hinterlegt sein, die unterschiedlichen
- 25 Werten für die Viskosität und den Luftbedarf eine Kraftstoffart zuordnen.

Nach einer diesbezüglichen Ausgestaltung wird der stöchiometrische Luftbedarf gemäß der folgenden Beziehung ermittelt:

$$L_{st} = \frac{m_{l,st}}{m_f} = \frac{1}{\lambda} \frac{m_l}{m_f}$$

Wobei L_{st} der stöchiometrische Luftbedarf, $m_{l,st}$ die stöchiometrische Luftmasse, m_f die Kraftstoffmasse, m_l die Luftmasse, und λ das Verhältnis Luft zu Brennstoff im Vergleich zum verbrennungsstöchiometrischen Gemisch ist. Die Luftmasse m_l , die Fluidmasse m_f sowie der Lambdawert können in an sich bekannter Weise bestimmt werden. Beispielsweise kann die Luftmasse m_l über einen Luftmassensensor und/oder ein Luftmassenmodell und der Lambdawert aus dem Lambdasondensenal berechnet werden.

Nach einer Ausgestaltung wird abhängig von der ermittelten Kraftstoffart und/oder der Kraftstoffbestandteile der Verschleißgrad einer oder mehrerer Motorkomponenten ermittelt. Wie eingangs erläutert, können zur prädiktiven Diagnose Funktionen entwickelt werden, die eine Rückmeldung über den Verschleißgrad der jeweiligen Komponenten liefern. Dank der nun bekannten Kraftstoffart bzw. der Bestandteile als Eingangsparameter für diese Funktionen kann der Verschleißgrad ermittelt werden.

Nach einer Ausgestaltung wird die Schließzeit des Aktors aus der am Aktor anliegenden Steuerspannung, der Temperatur des Fluids sowie dem Druck des Fluids ermittelt. So kann insbesondere bei bekanntem Druck und bekannter Temperatur des Fluids die Steuerspannung über einen Schließvorgang hinweg ermittelt werden. Die Schließzeit kann bestimmt werden als Zeitdifferenz zwischen dem Beginn der Bestromung und dem Ende der Bestromung des Aktors, wobei die Bestromung die Ansteuerung des Aktors zum Verstellen in die Schließstellung bezeichnet. Insbesondere kann ein charakteristischer Wendepunkt im Spannungsverlauf das Ende der Bestromung kennzeichnen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Rückschließen auf eine Änderung der Art eines durch einen Aktor strömenden Fluids umfasst eine Steuereinheit, die dazu ausgebildet ist, das oben erläuterte Verfahren auszuführen. Zu dem Verfahren gemachte Erläuterungen gelten entsprechend für die Vorrichtung.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Figuren erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein normiertes Messsignal für die Injektorspannung sowie die Massenflussrate des Kraftstoffs durch den Injektor über der Zeit,

Figur 2 Temperatur-Druck-Diagramme für die Schließzeit des Injektors für zwei Kraftstoffe unterschiedlicher Viskosität,

Figur 3 das Verhalten der Schließzeit über der Temperatur für zwei Kraftstoffe unterschiedlicher Viskosität, und

Figur 4 ein Diagramm des Luftbedarfs aufgetragen über der Viskosität.

Die Erfindung wird im Folgenden für einen als Injektor ausgebildeten Aktor und einen Kraftstoff als Fluid erläutert. Der Injektor dient dem Einspritzen des Kraftstoffes in einen Verbrennungsraum eines Motors.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird zunächst die Schließzeit des Injektors ermittelt. Die Schließzeit t_{close} des Injektors kann dabei über eine Messung der Injektorspannung U_{inj} durch eine Steuereinheit, insbesondere das Motorsteuergerät, bestimmt werden. Figur 1 zeigt als gestrichelte Linie den normierten Verlauf der Injektorspannung U_{inj} über die Zeit. Zudem ist in Figur 1 der Massenstrom („Mass flow rate“) des Kraftstoffs durch den Injektor ebenfalls normiert zeitlich als durchgezogene Linie aufgetragen. Zwischen 0 und ca. 0,6 ms liegt der Massenstrom zunächst beim Wert 0, der Injektor befindet sich also in der Schließstellung. Bei ca. 0,6 ms wird der Injektor von der Schließstellung in die Offenstellung verstellt und somit der Kraftstoffstrom durch den Injektor freigegeben. Wie ersichtlich, steigt der Massenstrom auf den Wert 1. Bei ca. 1,5 ms wird der Injektor geschlossen, so dass der Massenstrom wieder auf den Wert null abfällt. Die Schließzeit t_{close} wird bestimmt als die Zeitdifferenz zwischen dem Beginn der Bestromung des Injektors zwecks Verstellung in die Schließstellung, zu sehen bei gut 1 ms, und dem Ende der Bestromung des Injektors bei gut 1,5 ms. In diesem Fall beträgt die Schließzeit also ca. $t_{\text{close}} = 0,5$ ms. Das Ende der Bestromung ist durch einen charakteristischen Wendepunkt im Spannungsverlauf der Injektorspannung gekennzeichnet.

Messungen der Schließzeit zeigen eine Abhängigkeit von Druck, Temperatur sowie Viskosität des durch den Injektor fließenden Kraftstoffes. Zudem beeinflussen auch Produktionsunterschiede, wie Bauteiltoleranzen, sowie Verschleiß der Bauteile des Injektors sowie weiterer am System teilnehmender Komponenten die Schließzeit. Daher wird die Schließzeit bei konstant gehaltenem Kraftstoffdruck bei mehreren unterschiedlichen Temperaturen des Kraftstoffs ermittelt. Insbesondere wird der Wert der Schließzeit vom Motorstart bis zum aufgeheizten Zustand des Motors aufgezeichnet. Die Temperatur des Kraftstoffs kann grundsätzlich über Sensoren bestimmt werden. Auch kann auf die Kraftstofftemperatur geschlossen werden. So kann beispielsweise nach längerem Stillstand des Fahrzeugs davon ausgegangen werden, dass beim Motorstart die Kraftstofftemperatur der Umgebungstemperatur, für die üblicherweise ein Sensorwert vorhanden ist, entspricht. Bei warmem Motor entspricht die Kraftstofftemperatur im Injektor üblicherweise ungefähr der ebenfalls messbaren Kühlwassertemperatur. Somit kann eine für den Injektor und den jeweiligen Kraftstoff charakteristische Änderung der Schließzeit über der Temperatur ermittelt werden.

Figur 2 stellt das Verhalten der Schließzeit des Injektors in Abhängigkeit von Temperatur T und Druck p für zwei Kraftstoffe unterschiedlicher Viskosität dar. In Figur 2 links sind Schließzeitkurven für einen Kraftstoff mit geringerer Viskosität und in Figur 2 rechts Schließzeitkurven für einen Kraftstoff mit hoher Viskosität dargestellt. Aufgrund von Produktionsunterschieden, insbesondere aufgrund von Part-to-Part-Streuungen, sowie aufgrund von Verschleiß ergeben sich gegebenenfalls für jeden Injektor unterschiedliche absolute Werte für die Viskosität auch bei der Verwendung desselben Kraftstoffs. Zuverlässig können daher mit dem erfindungsgemäßen Verfahren nur getankte Kraftstoffe untereinander verglichen werden. Die aus dem Wechsel von niedrigviskosem Kraftstoff zu hochviskosem Kraftstoff resultierende Schließzeitverlängerung lässt sich jedoch ohne Schwierigkeiten detektieren. Wird nun, wie erläutert, der Kraftstoffdruck konstant gehalten und die Schließzeit bei mehreren Temperaturen ermittelt, ergibt sich das in Figur 3 dargestellte charakteristische Verhalten der Schließzeiten über der Temperatur.

In Figur 3 ist ersichtlich, dass bei der Temperatur T_1 von 0 °C sowie bei einer Temperatur T_2 von knapp über 50 °C jeweils Schließzeiten des Injektors ermittelt wurden. Insbesondere kann die Schließzeit bei beiden Temperaturen jeweils
5 mehrfach ermittelt und aus diesen einzelnen Messwerten ein Mittelwert für die Schließzeit bestimmt werden. Bei einem ersten Messvorgang wurde bei der Temperatur von 0 °C eine Schließzeit von ca. 0,47 Sekunden und bei der Temperatur von über 50°C eine Schließzeit von ca. 0,42 ms ermittelt. Durch diese Absolutwerte der Schließzeit wurde eine in Figur 3 gestrichelt dargestellte Gerade
10 G_1 gelegt und deren Steigung bestimmt. Bei einem nachfolgenden Messvorgang wurde bei der Temperatur von 0 °C eine Schließzeit von ca. 0,42 ms und bei der Temperatur von knapp über 50° eine Schließzeit von ca. 0,4 ms ermittelt. Durch diese ermittelten Schließzeiten wurde eine mit durchgezogener Linie dargestellte Gerade G_2 gelegt und deren Steigung bestimmt.

15 Es ist ersichtlich, dass die Absolutwerte der ermittelten Schließzeit für die untere Gerade niedriger liegen als für die obere Gerade. Zudem weist die untere Gerade eine andere Steigung auf als die obere Gerade. Die ermittelten Schließzeiten für die obere Gerade oder auch andere auf der Gerade liegende Absolutwerte,
20 insbesondere der Y-Achsenabschnitt der oberen Gerade, sowie die Steigung der oberen Gerade dienen für das erfindungsgemäße Verfahren als Referenzwert. Es erfolgt also erfindungsgemäß ein Abgleich dieser Referenzwerte mit zumindest einem Absolutwert und der Steigung der unteren Gerade, wobei auch hier der Absolutwert ein bei entsprechender Temperatur auf der Gerade liegender Punkt,
25 insbesondere die tatsächlich ermittelten Schließzeiten oder auch der Y-Achsen-Abschnitt der unteren Gerade sein kann. Verändert sich die Steigung und der Absolutwert, also beispielsweise der Y-Achsenabschnitt, der unteren Geraden über einen gewissen Schwellenwert hinaus, wird daraus abgeleitet, dass sich die Viskosität des Kraftstoffes geändert hat. So kann festgestellt werden, dass bei dem
30 ersten Messvorgang ein höherviskoser Kraftstoff durch den Injektor strömte als bei dem zweiten Messvorgang. Dies wird daraus geschlossen, dass bekannterweise die Schließzeit des Injektors mit abnehmender Viskosität des Kraftstoffes zunimmt sowie dass sich auch das Temperaturverhalten der Schließzeit mit

unterschiedlicher Viskosität des Kraftstoffs ändert, also die Steigung verändert. Ist beispielsweise bekannt, dass beim ersten Messvorgang ein Benzin-Ethanol-Gemisch als Kraftstoff verwendet wurde, kann aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens darauf geschlossen werden, dass nun ein

5 Kraftstoff mit geringerer Viskosität, wie beispielsweise Benzin mit einem geringeren Ethanolanteil, verwendet wird.

Dank des erfindungsgemäßen Verfahrens kann der durch den Injektor strömende Kraftstoff zumindest relativ bestimmt werden. Der so bestimmte Kraftstoff kann

10 Eingang finden in die Ermittlung des Verschleißes des Injektors oder anderer Bauteile des Verbrennungssystems.

Nach einer Fortbildung des Verfahrens kann auch eine absolute Bestimmung der Kraftstoffart erfolgen, ohne Wissen über die zuvor durch den Injektor geströmte

15 Kraftstoffart zu haben. Hierbei wird zunächst ein Absolutwert der Viskosität ermittelt, wohl wissend, dass dieser aufgrund der erläuterten Produktionsunterschiede und des Verschleißes der Komponenten nur eine bedingte Aussagekraft hat. Es wird jedoch zur genaueren Klassifikation der stöchiometrische Luftbedarf des Kraftstoffs hinzugezogen. Der stöchiometrische Luftbedarf gibt, wie bekannt, an, wie viel

20 Luftmasse pro Kraftstoffmasse für eine stöchiometrische Verbrennung benötigt wird. Anhand von in der Steuereinheit hinterlegter Tabellen kann aus dem ermittelten Viskositätswert sowie dem ermittelten Luftbedarf die Kraftstoffart bzw. die Kraftstoffbestandteile ermittelt werden, wie in Figur 4 dargestellt. Dort ist der Luftbedarf L_{st} über der Viskosität μ aufgetragen. Beispielsweise bei einer

25 Temperatur von 80 °C sowie einem Druck von 300 bar für den Kraftstoff, lassen sich die Kraftstoffbestandteile Superplus, Ethanol und Methanol in der dargestellten Weise trennen. Es kann somit also insbesondere auch eine absolute Bestimmung der Kraftstoffart erfolgen.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Rückschließen auf eine Änderung der Art eines durch einen Aktor strömenden Fluids, wobei der Aktor zwischen einer den Fluidstrom freigebenden
- 5 Offenstellung und einer den Fluidstrom blockierenden Schließstellung verstellbar ist, gekennzeichnet durch die Schritte:
- Ermitteln der zum Erreichen der Schließstellung benötigten Schließzeit (t_{close}) des Aktors bei zumindest zwei unterschiedlichen Temperaturen (T_1 , T_2) des Fluids,
 - Bestimmen einer Abweichung zwischen einer Steigung einer durch die ermittelten

10 Schließzeiten verlaufenden Gerade (G_1 , G_2) und einem Referenzwert für die Steigung und/oder Bestimmen einer Abweichung zwischen einem auf der Gerade (G_1 , G_2) liegenden Absolutwert der Schließzeit und einem Referenzwert für die Schließzeit,

 - Rückschließen auf eine relative Viskositätsänderung des Fluids, wenn die

15 bestimmte Steigung von dem Referenzwert für die Steigung über einen vorbestimmten Schwellenwert hinaus abweicht und/oder wenn der bestimmte Absolutwert der Schließzeit von dem Referenzwert für die Schließzeit über einen vorbestimmten Schwellenwert hinaus abweicht,

 - Rückschließen auf eine Änderung der Art des Fluids aufgrund der

20 Viskositätsänderung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Fluid ein Kraftstoff und der Aktor ein Injektor zum Einspritzen des Kraftstoffes in einen Verbrennungsraum eines Verbrennungsmotors ist.

25

3. Verfahren nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch Ermitteln eines absoluten Viskositätswerts aus den ermittelten Schließzeiten (t_{close}), insbesondere aus der Steigung der Geraden (G_1 , G_2), Ermitteln des stöchiometrischen Luftbedarfs (L_{st}) des Kraftstoffs, Ermitteln der Kraftstoffart und/oder der Kraftstoffbestandteile aus

30 dem ermittelten absoluten Viskositätswert und dem ermittelten Luftbedarf (L_{st}).

4. Verfahren nach Anspruch 3, gekennzeichnet durch Ermitteln des stöchiometrischen Luftbedarfs gemäß der folgenden Beziehung:

$$L_{st} = \frac{m_{l,st}}{m_f} = \frac{1}{\lambda} \frac{m_l}{m_f}$$

wobei

- 5 L_{st} der stöchiometrische Luftbedarf,
 $m_{l,st}$ die stöchiometrische Luftmasse,
 m_f die Kraftstoffmasse,
 m_l die Luftmasse, und
 λ das Verhältnis Luft zu Brennstoff im Vergleich zum
10 verbrennungsstöchiometrischen Gemisch ist.

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig von der ermittelten Kraftstoffart und/oder der Kraftstoffbestandteile der Verschleißgrad einer oder mehrerer Motorkomponenten ermittelt wird.

15

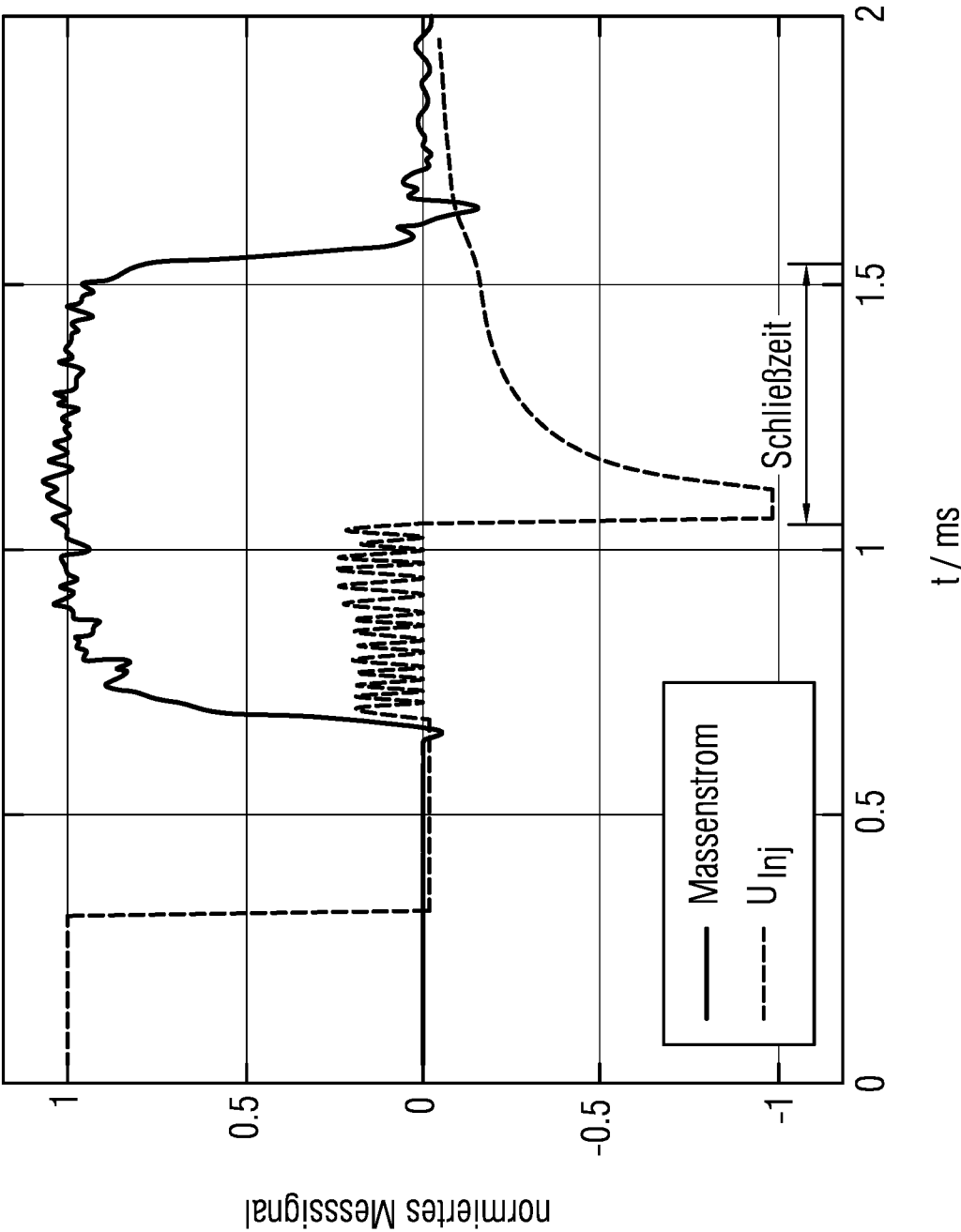
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Schließzeit (t_{close}) des Aktors aus der am Aktor anliegenden Steuerspannung (U_{inj}), der Temperatur (T) des Fluids sowie dem Druck (p) des Fluids ermittelt wird.

20

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der bestimmte Absolutwert ein Y-Achsenabschnitt der Gerade ist.

8. Vorrichtung zum Rückschließen auf eine Änderung der Art eines durch einen
25 Aktor strömenden Fluids umfassend eine Steuereinheit, die dazu ausgebildet ist, das Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche auszuführen.

FIG 1



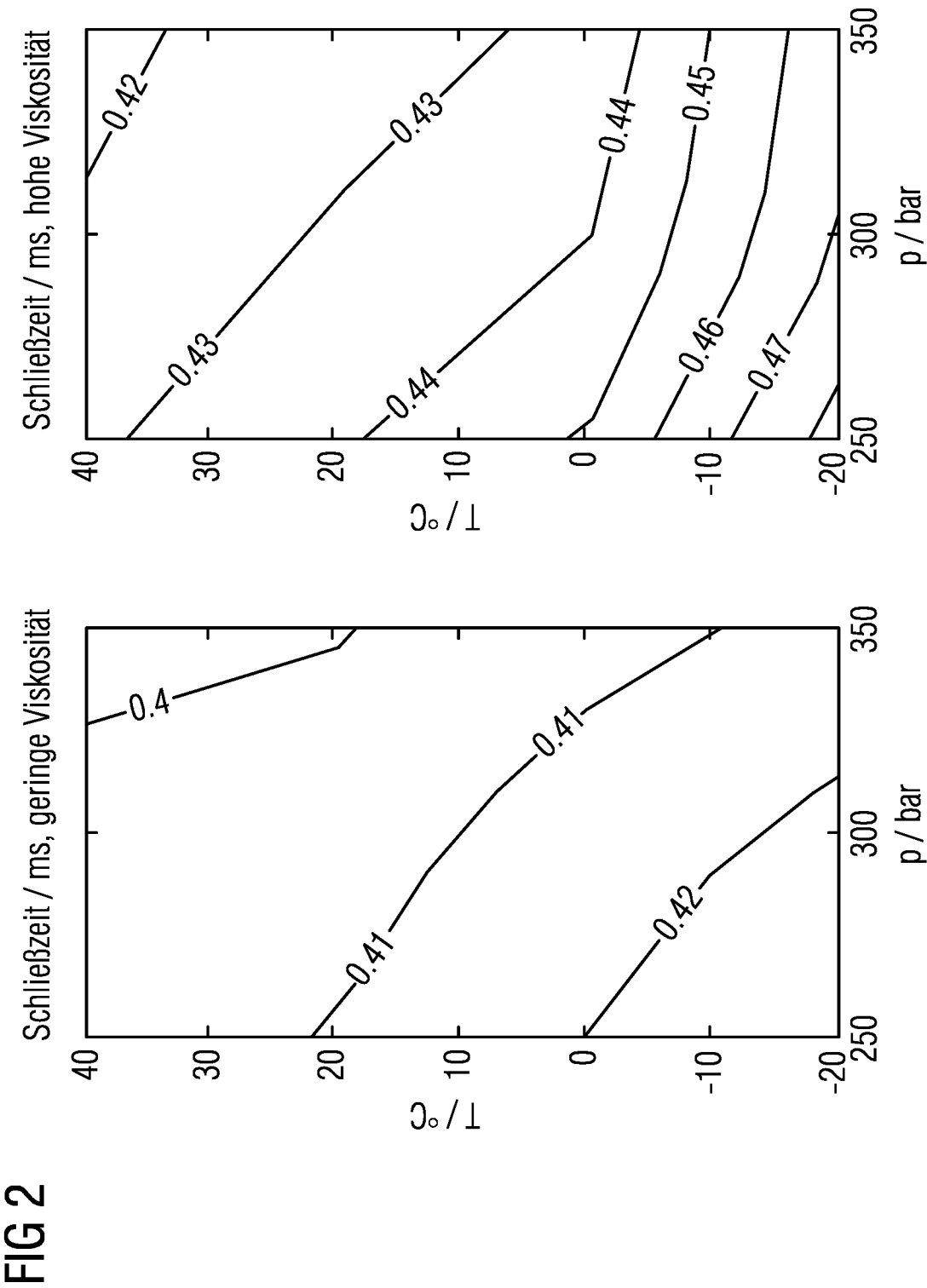


FIG 3

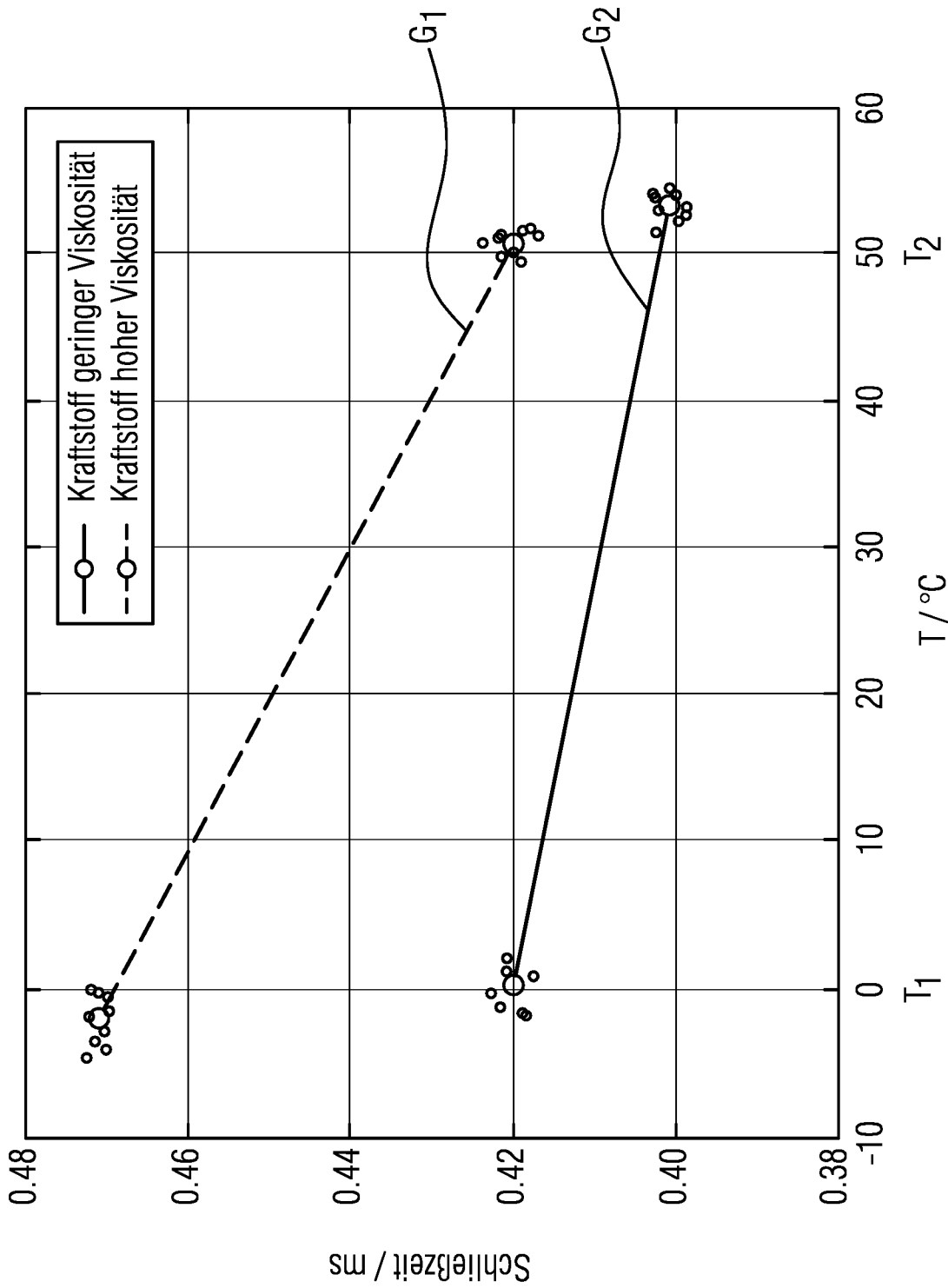
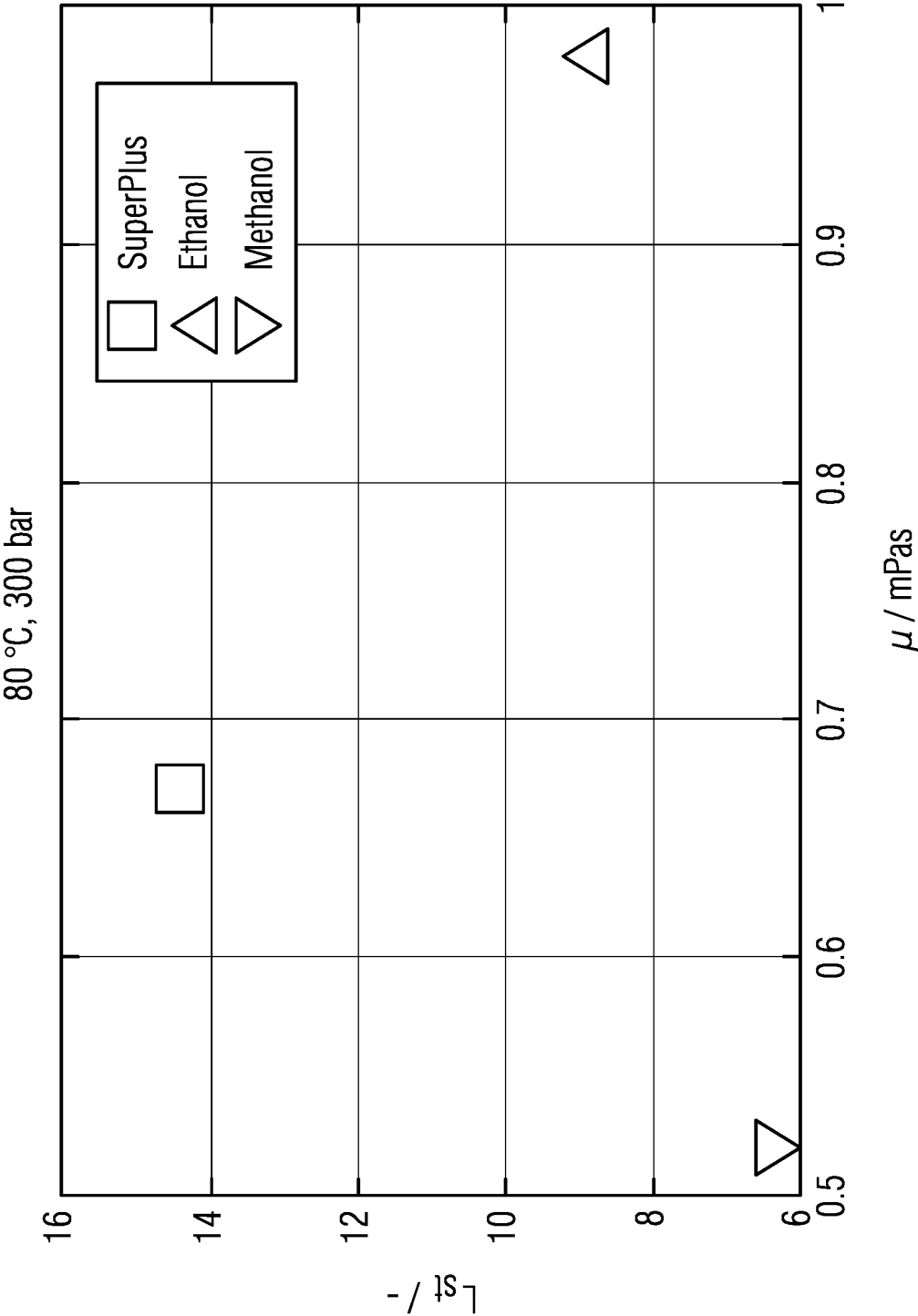


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/074940

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*F02D 41/00*(2006.01)i; *F02D 19/06*(2006.01)i; *F02D 41/20*(2006.01)n; *F02D 41/06*(2006.01)n

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; G05D; G01N

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.
A	DE 102017216973 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 28 March 2019 (2019-03-28) abstract; figures paragraphs [0003] - [0005], [0029], [0034] - [0042]	1-8
A	DE 102015113518 A1 (DENSO CORPORATION) 10 March 2016 (2016-03-10) abstract; figures paragraphs [0006], [0026] - [0048]	1-8
A	DE 102011005141 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 06 September 2012 (2012-09-06) abstract; figures paragraphs [0008] - [0012], [0028] - [0034]	1-8
A	DE 102013204369 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 18 September 2014 (2014-09-18) abstract; figures paragraphs [0030] - [0038]	1-8
A	US 2018291833 A1 (SUKEGAWA YOSHIHIRO; OKAMOTO TAKASHI) 11 October 2018 (2018-10-11) abstract; figures paragraphs [0060] - [0075]	1-8

☒ 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

04 December 2020

Date of mailing of the international search report

14 December 2020

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Döring, Marcus

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/074940

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2012006289 A1 (PETZ ANDREAS ET AL) 12 January 2012 (2012-01-12) abstract; figures paragraphs [0002], [0017], [0046] - [0071]	1-8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/074940

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
DE	102017216973	A1	28 March 2019	NONE	
DE	102015113518	A1	10 March 2016	DE 102015113518 A1	10 March 2016
				JP 6168016 B2	26 July 2017
				JP 2016050563 A	11 April 2016
				US 2016061705 A1	03 March 2016
DE	102011005141	A1	06 September 2012	BR 112013022480 A2	06 December 2016
				CN 103403329 A	20 November 2013
				DE 102011005141 A1	06 September 2012
				EP 2681434 A1	08 January 2014
				KR 20140048845 A	24 April 2014
				WO 2012119819 A1	13 September 2012
DE	102013204369	A1	18 September 2014	NONE	
US	2018291833	A1	11 October 2018	CN 107002585 A	01 August 2017
				EP 3228851 A1	11 October 2017
				JP 6416603 B2	31 October 2018
				JP 2016109013 A	20 June 2016
				US 2018291833 A1	11 October 2018
				WO 2016088608 A1	09 June 2016
US	2012006289	A1	12 January 2012	DE 102010020754 A1	17 November 2011
				EP 2388583 A1	23 November 2011
				US 2012006289 A1	12 January 2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F02D41/00 F02D19/06
ADD. F02D41/20 F02D41/06

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F02D G05D G01N

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.
A	DE 10 2017 216973 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 28. März 2019 (2019-03-28) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0003] - [0005], [0029], [0034] - [0042] -----	1-8
A	DE 10 2015 113518 A1 (DENSO CORPORATION) 10. März 2016 (2016-03-10) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0006], [0026] - [0048] -----	1-8
A	DE 10 2011 005141 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 6. September 2012 (2012-09-06) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0008] - [0012], [0028] - [0034] ----- -/-	1-8



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

4. Dezember 2020

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

14/12/2020

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

Döring, Marcus

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 2013 204369 A1 (ROBERT BOSCH GMBH) 18. September 2014 (2014-09-18) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0030] - [0038] -----	1-8
A	US 2018/291833 A1 (SUKEGAWA YOSHIHIRO; OKAMOTO TAKASHI) 11. Oktober 2018 (2018-10-11) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0060] - [0075] -----	1-8
A	US 2012/006289 A1 (PETZ ANDREAS ET AL) 12. Januar 2012 (2012-01-12) Zusammenfassung; Abbildungen Absätze [0002], [0017], [0046] - [0071] -----	1-8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/074940

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102017216973 A1	28-03-2019	KEINE	
DE 102015113518 A1	10-03-2016	DE 102015113518 A1	10-03-2016
		JP 6168016 B2	26-07-2017
		JP 2016050563 A	11-04-2016
		US 2016061705 A1	03-03-2016
DE 102011005141 A1	06-09-2012	BR 112013022480 A2	06-12-2016
		CN 103403329 A	20-11-2013
		DE 102011005141 A1	06-09-2012
		EP 2681434 A1	08-01-2014
		KR 20140048845 A	24-04-2014
		WO 2012119819 A1	13-09-2012
DE 102013204369 A1	18-09-2014	KEINE	
US 2018291833 A1	11-10-2018	CN 107002585 A	01-08-2017
		EP 3228851 A1	11-10-2017
		JP 6416603 B2	31-10-2018
		JP 2016109013 A	20-06-2016
		US 2018291833 A1	11-10-2018
		WO 2016088608 A1	09-06-2016
US 2012006289 A1	12-01-2012	DE 102010020754 A1	17-11-2011
		EP 2388583 A1	23-11-2011
		US 2012006289 A1	12-01-2012