(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
27. März 2014 (27.03.2014)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/044837 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/069670

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. September 2013 (23.09.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 217 121.5
24. September 2012 (24.09.2012) DE

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

(72) Erfinder: **BEER, Johannes**; Simmernstr. 43, 93051 Regensburg (DE). **ARTINGER, Alexander**; Hermann-Knoth-Straße 8, 08468 Reichenbach (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2014/044837 A1

(54) **Title**: ELECTRIC ACTUATION OF A VALVE BASED ON KNOWLEDGE OF THE CLOSING POINT AND OPENING POINT OF THE VALVE

(54) **Bezeichnung** : ELEKTRISCHE ANSTEUERUNG EINES VENTILS BASIEREND AUF KENNTNIS DES SCHLIESSZEITPUNKTS BZW. ÖFFNUNGSZEITPUNKTES DES VENTILS

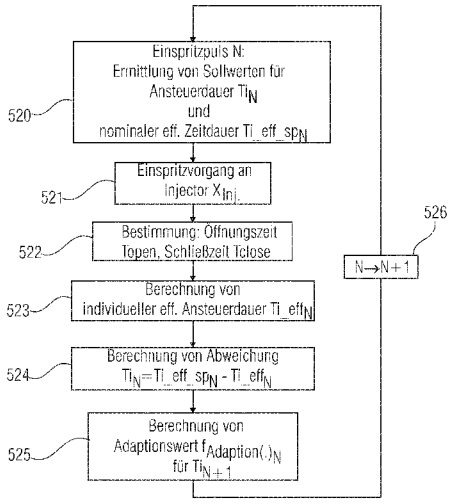


FIG 5

520 Injection pulse N: determining of setpoint values for actuation duration Ti_N and nominal effective time duration $Ti_eff_sp_N$

521 Injection operation at injector $X_{Inj.}$

522 Determining: opening time Topen, closing time Tclose

523 Calculation of individual effective time duration Ti_eff_N

524 Calculation of deviation $Ti_N = Ti\text{-}eff\text{-}sp_N - Ti_eff_N$

525 Calculation of adaptation value $f_{Adaption(.)N}$ for TI_{N+1}

(57) **Abstract**: A method is provided for determining an effective injection time of a valve which has a coil drive, wherein the method has the following steps: determining of an opening time (Topen) of the valve, determining of a closing time (Tclose) of the valve and determining of the effective injection time (Ti_N) of the electric actuation of the valve for an injection operation with consideration of the defined opening time and the defined closing time.

(57) **Zusammenfassung**: Es wird ein Verfahren zum Ermitteln einer effektiven Einspritzzeit eines einen Spulenantrieb aufweisenden Ventils geschaffen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Bestimmen einer Öffnungszeit (Topen) des Ventils, Bestimmen einer Schließzeit (Tclose) des Ventils und Ermitteln der effektiven Einspritzzeit (Ti_N) der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen Einspritzvorgang unter Berücksichtigung auf der bestimmten Öffnungszeit und der bestimmten Schließzeit.

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)*

Beschreibung

Elektrische Ansteuerung eines Ventils basierend auf Kenntnis des Schließzeitpunkts bzw. Öffnungszeitpunktes des Ventils

Die vorliegende Erfindung betrifft das technische Gebiet der Ansteuerung von Spulenantrieben für ein Ventil, insbesondere für ein Direkteinspritzventil für einen Verbrennungsmotor eines Kraftfahrzeuges. Die vorliegende Erfindung betrifft insbesondere ein Verfahren zum Ermitteln einer Einspritzzeit beim Betreiben eines Ventils mit einer verbesserten Mengengenauigkeit. Die vorliegende Erfindung betrifft ferner eine entsprechende Vorrichtung sowie ein Computerprogramm zur Durchführung des genannten Verfahrens.

Für den Betrieb moderner Verbrennungsmotoren und die Einhaltung strenger Emissionsgrenzwerte bestimmt eine Motorsteuerung über das sog. Zylinderfüllungsmodell die in einem Zylinder pro Arbeitsspiel eingeschlossene Luftmasse. Entsprechend der modellierten Luftmasse und dem gewünschten Verhältnis zwischen Luftmenge und Kraftstoffmenge (Lambda) wird der entsprechende Kraftstoffmengensollwert (MFF_SP) über ein Einspritzventil, welches in diesem Dokument auch als Injektor bezeichnet wird, eingespritzt. Damit kann die einzuspritzende Kraftstoffmenge so bemessen werden, dass ein für die Abgasnachbehandlung im Katalysator optimaler Wert für Lambda vorliegt. Für direkteinspritzende Ottomotoren mit innerer Gemischbildung wird der Kraftstoff mit einem Druck im Bereich von 40 bis 200 bar direkt in den Brennraum eingespritzt.

Hauptanforderung an das Einspritzventil ist neben Dichtheit gegen einen unkontrollierten Kraftstoffausfluss und der

Strahlaufbereitung des einzuspritzenden Kraftstoffs auch eine exakte Zumessung einer vorgegebenen Soll-Einspritzmenge. Insbesondere bei aufgeladenen direkteinspritzenden Ottomotoren ist eine sehr hohe Mengenspreizung der geforderten Kraftstoffmenge erforderlich. So muss beispielsweise für den aufgeladenen Betrieb an der motorischen Volllast eine maximale Kraftstoffmenge MFF_max pro Arbeitsspiel zugemessen werden, wohingegen im leerlaufnahen Betrieb eine minimale Kraftstoffmenge MFF_min zugemessen werden muss. Die beiden Kenngrößen MFF_max u. MFF_min definieren dabei die Grenzen des linearen Arbeitsbereichs des Einspritzventils. Dies bedeutet, dass für diese Einspritzmengen ein linearer Zusammenhang zwischen der elektrischen Ansteuerdauer (Ti) und der eingespritzten Kraftstoffmenge pro Arbeitsspiel (MFF) besteht.

Für Direkteinspritzventile mit Spulenantrieb beträgt die Mengenspreizung, welche bei konstantem Kraftstoffdruck als der Quotient zwischen der maximalen Kraftstoffmenge MFF_max und der minimalen Kraftstoffmenge MFF_min definiert ist, ungefähr 15. Für zukünftige Motoren mit dem Fokus auf einer Kohlendioxid-Reduktion wird der Hubraum der Motoren verkleinert und die Nennleistung des Motors über entsprechende Motoraufladeemechanismen beibehalten oder sogar angehoben. Somit entspricht die Anforderung an die maximale Kraftstoffmenge MFF_max mindestens den Anforderungen eines Saugmotors mit einem größeren Hubraum. Die minimale Kraftstoffmenge MFF_min wird jedoch über den leerlaufnahen Betrieb und der minimalen Luftmasse im Schubbetrieb des im Hubraum verkleinerten Motors bestimmt und somit verringert. Zusätzlich ermöglicht eine Direkteinspritzung eine Verteilung der gesamten Kraftstoffmasse auf mehrere Pulse, was z.B. in einem Katalysatorheizmodus durch eine sog. Gemischschichtung und einem späteren Zündzeitpunkt das Einhalten von verschärften Emissionsgrenzwerten ermöglicht. Für zukünftige Motoren wird sich aus den oben genannten Gründen eine

erhöhte Anforderung sowohl an die Mengenspreizung als auch an die minimale Kraftstoffmenge MFF_min ergeben.

Bei bekannten Einspritzsystemen kommt es bei Einspritzmengen, die kleiner sind als MFF_min, zu einer signifikanten Abweichung der Einspritzmenge von der nominalen Einspritzmenge. Diese systematisch auftretende Abweichung ist im Wesentlichen auf Fertigungstoleranzen am Injektor, sowie auf Toleranzen der den Injektor ansteuernden Endstufe in der Motorsteuerung und damit auf Abweichungen vom nominalen Ansteuerstromprofil zurückzuführen.

Die elektrische Ansteuerung eines Direkteinspritzventils erfolgt typischerweise über eine stromgeregelte Vollbrücken-Endstufe. Unter den Randbedingungen einer Fahrzeuganwendung ist nur eine begrenzte Genauigkeit des Stromprofils, mit dem der Injektor beaufschlagt wird, erreichbar. Die dadurch auftretende Variation des Ansteuerstroms, sowie die Toleranzen am Injektor haben insbesondere im Bereich von MFF_min und darunter signifikante Auswirkungen auf die erreichbare Genauigkeit der Einspritzmenge.

Die Kennlinie eines Einspritzventils definiert den Zusammenhang zwischen der eingespritzten Kraftstoffmenge MFF und der Zeitdauer oder Einspritzzeit Ti der elektrischen Ansteuerung sowie des Kraftstoffdrucks FUP (MFF = f(Ti,FUP)). Die Invertierung dieser Beziehung $Ti=f^{-1}(MFF_SP,FUP)$ wird in der Motorsteuerung genutzt, um die Soll-Kraftstoffmenge (MFF_SP) in die erforderliche Einspritzzeit umzurechnen. Die in diese Berechnung zusätzlichen eingehenden Einflussgrößen wie zum Beispiel der Zylinderinnendruck (P_{zyl}) während des Einspritzvorgangs, Kraftstofftemperatur ($\vartheta_{Kraftstoff}$) sowie mögliche Variationen der Versorgungsspannung werden hier zur Vereinfachung weggelassen.

Figur 1 zeigt die Kennlinie eines Direkteinspritzventils. Dabei ist die eingespritzte Kraftstoffmenge MFF in Abhängigkeit von der Zeitdauer Ti der elektrischen Ansteuerung aufgetragen. Wie aus Figur 1 ersichtlich, ergibt sich für Zeitdauern Ti größer als Ti_min ein in sehr guter Näherung linearer Arbeitsbereich. Dies bedeutet, dass die eingespritzte Kraftstoffmenge MFF direkt proportional zu der Zeitdauer Ti der elektrischen Ansteuerung ist. Für Zeitdauern Ti kleiner als Ti_min ergibt sich ein stark nicht lineares Verhalten. In dem dargestellten Beispiel ist Ti_min ungefähr 0,5 ms.

Die Steigung der Kennlinie im linearen Arbeitsbereich entspricht dem statischen Durchfluss des Einspritzventils, d.h. der Kraftstoffdurchflussrate, die bei vollständigem Ventilhub dauerhaft erreicht wird. Die Ursache für das nicht lineare Verhalten für Zeitdauern oder Einspritzzeiten Ti kleiner als ungefähr 0,5 ms bzw. für Kraftstoffmengen MFF < MFF_min liegt insbesondere in der Trägheit eines Injektor-Federmassesystems sowie dem zeitlichen Verhalten beim Auf- und Abbau des Magnetfeldes durch eine Spule, welches Magnetfeld die Ventilnadel des Einspritzventils betätigt. Durch diese dynamischen Effekte wird in dem sog. ballistischen Bereich der vollständige Ventilhub nicht mehr erreicht. Dies bedeutet, dass das Ventil wieder geschlossen wird, bevor die konstruktiv vorgegebene Endposition, welche den maximalen Ventilhub definiert, erreicht wurde.

Um eine definierte und reproduzierbare Einspritzmenge zu gewährleisten, werden Direkteinspritzventile üblicherweise in ihrem linearen Arbeitsbereich betrieben. Derzeit wird ein Betrieb im nicht-linearen Bereich nicht durchgeführt, da es aufgrund der oben erwähnten Toleranzen im Stromverlauf bzw. im Stromprofil und von mechanischen Toleranzen von Einspritzventilen (z.B. Vorspannkraft der Schließfeder, Hub der

Ventilnadel, innere Reibung im Anker/Nadelsystem) zu einem signifikanten systematischen Fehler der Einspritzmenge kommt. Für einen zuverlässigen Betrieb eines Einspritzventils ergibt sich daraus eine minimale Kraftstoffmenge MFF_min pro Einspritzpuls, welche mindestens gegeben sein muss, um die gewünschte Einspritzmenge mengengenau realisieren zu können. In dem In Figur 1 dargestellten Beispiel ist diese minimale Kraftstoffmenge MFF_min etwas kleiner als 5 mg.

Die elektrische Ansteuerung eines Direkteinspritzventils erfolgt üblicherweise über stromgeregelte Vollbrücken-Endstufen der Motorsteuerung. Eine Vollbrücken-Endstufe erlaubt es, das Einspritzventil mit einer Bordnetzspannung des Kraftfahrzeugs und alternativ mit einer Verstärkungsspannung zu beaufschlagen. Die Verstärkungsspannung wird häufig auch als Boostspannung (U_boost) bezeichnet und kann beispielsweise ca. 60V bis 65V betragen. Die Verstärkungsspannung wird üblicherweise durch einen DC/DC-Wandler zur Verfügung gestellt.

Figur 2 zeigt ein typisches Strom-Ansteuerprofil I (dicke durchgezogene Linie) für ein Direkteinspritzventil mit einem Spulenantrieb. Figur 2 zeigt ferner die entsprechende Spannung U (dünne durchgezogene Linie), die an den dem Direkteinspritzventil anliegt. Die Ansteuerung gliedert sich in folgende Phasen:

A) Pre-Charge-Phase: Während dieser Phase der Dauer t_pch wird durch die Brückenschaltung der Endstufe die Batteriespannung U_bat, welche der Bordnetzspannung des Kraftfahrzeugs entspricht, an den Spulenantrieb des Einspritzventils angelegt. Bei Erreichen eines Stromsollwertes I_pch wird die Batteriespannung U_bat durch einen Zweipunktregler abgeschaltet, nach Unterschreiten einer weiteren Stromschwelle wird U_bat wieder eingeschaltet.

B) Boost-Phase: An die Pre-Charge Phase schließt sich die Boost-Phase an. Dazu wird von der Endstufe die Verstärkungsspannung U_boost solange an den Spulenantrieb angelegt, bis ein Maximalstrom I_peak erreicht ist. Durch den schnellen Stromaufbau öffnet das Einspritzventil beschleunigt. Nach Erreichen von I_peak schließt sich bis zum Ablauf von t_1 eine Freilaufphase an, während dieser wiederum die Batteriespannung U_bat an den Spulenantrieb angelegt wird. Die Zeitdauer Ti der elektrischen Ansteuerung wird ab dem Beginn der Boost-Phase gemessen. Dies bedeutet, dass der Übergang in die Freilaufphase durch das Erreichen des vorgegebenen Maximalstroms I_peak getriggert wird. Die Dauer t_1 der Boost-Phase ist in Abhängigkeit des Kraftstoffdrucks fest vorgegeben.

C) Abkommutierungs-Phase: Nach Ablauf von t_1 folgt eine Abkommutierungs-Phase. Durch Abschalten der Spannung entsteht hier eine Selbstinduktionsspannung, welche im Wesentlichen auf die Boostspannung U_boost begrenzt wird.
Die Abkommutierungs-Phase endet nach Ablauf einer weiteren Zeitspanne t_2.

D) Halte-Phase: An die Abkommutierungs-Phase schließt sich die sog. Haltephase an. Hier wird wiederum über einen Zweipunktregler der Sollwert für den Haltestromsoll I_hold über die Batteriespannung U_bat eingeregelt.

E) Abschalt-Phase: Durch Abschalten der Spannung entsteht eine Selbstinduktionsspannung, welche, wie oben erläutert, auf die Rekuperationsspannung begrenzt wird. Dadurch entsteht ein Stromfluss durch die Spule, welcher nun das Magnetfeld abbaut. Nach Überschreiten der hier negativ dargestellten Rekuperationsspannung fließt kein Strom mehr. Dieser Zustand wird auch als "open coil" bezeichnet. Aufgrund der ohmschen Widerstände des magnetischen Materials klingen die beim

Feldabbau der Spule induzierten Wirbelströme ab. Die Abnahme der Wirbelströme führt wiederum zu einer Feldänderung in der Magnetspule und somit zu einer Spannungsinduktion. Dieser Induktionseffekt führt dazu, dass der Spannungswert am Injektor ausgehend vom Niveau der Rekuperationsspannung nach dem Verlauf einer Exponentialfunktion auf den Wert "Null" ansteigt. Der Injektor schließt nach Abbau der Magnetkraft über die Federkraft und die durch den Kraftstoffdruck verursachte hydraulische Kraft.

Die beschriebene Ansteuerung eines Einspritzventils hat den Nachteil, dass sowohl der toleranzbehaftete Zeitpunkt des Öffnen bzw. des Schließens des Einspritzventils bzw. des Injektor in der "open coil" Phase einen negativen Einfluss auf die Mengengenauigkeit des eingespritzten Kraftstoffes hat.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Ansteuerung eines Einspritzventils dahingehend zu verbessern, dass insbesondere bei geringen Einspritzmengen, beispielsweise bei solchen die kleiner als MFF_min sind, eine größere Mengengenauigkeit erreicht werden kann.

Diese Aufgabe wird gelöst durch den Gegenstand der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

Gemäß einem ersten Aspekt wird ein Verfahren zum Ermitteln einer effektiven Einspritzzeit eines einen Spulenantrieb aufweisenden Ventils geschaffen, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist: Bestimmen einer Öffnungszeit (Topen) des Ventils, Bestimmen einer Schließzeit (Tclose) des Ventils und Ermitteln

der effektiven Einspritzzeit (Ti_N) der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen Einspritzvorgang unter Berücksichtigung auf der bestimmten Öffnungszeit und der bestimmten Schließzeit.

Insbesondere kann die ermittelte effektive Einspritzzeit für einen zukünftigen Einspritzvorgang berechnet werden. Beispielsweise kann das Bestimmen der Öffnungszeit und der Schließzeit durch direkte Messung bzw. durch Messung und Auswertung einer geeigneten Größe durchgeführt werden. Insbesondere kann die gemessene Größe eine elektrische Größe, z.B. Strom oder Spannung, sein, welche durch eine elektrische Messung bestimmt wird. Anschließend kann die gemessene Größe dann ausgewertet oder analysiert werden, um die Öffnungszeit und/oder die Schließzeit zu bestimmen.

Beispielsweise kann der Begriff Öffnungszeit eines Ventils eine Zeitdauer oder Einspritzzeit bedeuten, welche durch einen Anfangszeitpunkt und einen Endzeitpunkt gegeben ist. Vorzugsweise kann als Anfangszeitpunkt der Zeitpunkt verwendet werden, welcher durch ein Anlegen einer Spannung, z.B. der Boostspannung, gegeben sein gegeben ist. Alternativ könnte der Anfangszeitpunkt auch durch den Beginn einer Öffnungsbewegung gegeben sein. Der Endzeitpunkt ist vorzugsweise durch das Ende der Öffnungsbewegung, beispielsweise durch ein Anschlagen der Ventilnadel an einem Anschlag oder im Falle einer ballistischen Öffnungsbewegung durch eine Bewegungsrichtungsumkehr, d.h. einem Beginn einer Schließbewegung, gegeben.

Gemäß einem weiteren exemplarischen Aspekt wird eine Vorrichtung, insbesondere eine Motorsteuerung, zum Ermitteln einer effektiven Einspritzzeit eines einen Spulenantrieb aufweisenden Ventils geschaffen, wobei die Vorrichtung aufweist: eine Einheit zum Bestimmen einer Öffnungszeit des Ventils, eine Einheit zum Bestimmen einer Schließzeit (Tclose) des Ventils und

eine Einheit zum Ermitteln der effektiven Einspritzzeit (Ti_N) der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen Einspritzvorgang basierend auf der bestimmten Öffnungszeit und der bestimmten Schließzeit.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Computerprogramm zum Ermitteln einer Zeitdauer oder Einspritzzeit für eine elektrische Ansteuerung eines einen Spulenantrieb aufweisenden Ventils, insbesondere eines Direkteinspritzventils für einen Verbrennungsmotor, beschrieben. Das Computerprogramm ist, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird, zum Steuern des oben genannten Verfahrens eingerichtet.

Im Sinne dieses Dokuments ist die Nennung eines solchen Computerprogramm gleichbedeutend mit dem Begriff eines Programm-Elements, eines Computerprogrammprodukts und/oder eines computerlesbaren Mediums, das Anweisungen zum Steuern eines Computersystems enthält, um die Arbeitsweise eines Systems bzw. eines Verfahrens in geeigneter Weise zu koordinieren, um die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren verknüpften Wirkungen zu erreichen.

Das Computerprogramm kann als computerlesbarer Anweisungscode in jeder geeigneten Programmiersprache wie beispielsweise in JAVA, C++ etc. implementiert sein. Das Computerprogramm kann auf einem computerlesbaren Speichermedium (CD-Rom, DVD, Blu-ray Disk, Wechsellaufwerk, flüchtiger oder nicht-flüchtiger Speicher, eingebauter Speicher/Prozessor etc.) abgespeichert sein. Der Anweisungscode kann einen Computer oder andere programmierbare Geräte wie insbesondere ein Steuergerät für einen Motor eines Kraftfahrzeugs derart programmieren, dass die gewünschten Funktionen ausgeführt werden. Ferner kann das Computerprogramm in einem Netzwerk wie beispielsweise dem Internet bereitgestellt

werden, von dem es bei Bedarf von einem Nutzer herunter geladen werden kann.

Die Erfindung kann sowohl mittels eines Computerprogramms, d.h. mittels einer Software, als auch mittels einer oder mehrerer spezieller elektrischer Schaltungen, d.h. in Hardware oder in beliebig hybrider Form, d.h. mittels Software-Komponenten und Hardware-Komponenten, realisiert werden.

Eine Grundidee eines beispielhaften Aspekts kann es sein zur möglichst genauen Einspritzzeitermittlung oder Ansteuerzeitermittlung neben den Schließzeiten auch die Öffnungszeiten von Injektoren eines Ventils zu berücksichtigen. Hierdurch kann es möglich sein Abweichungen real eingespritzten Kraftstoffmengen von der über den Setpoint MFF_SP definierten nominalen Menge zu erfassen und die elektrische Ansteuerdauer eines Einspritzventils über einen Korrekturwert, welcher von der Ventil individuell erfassten Injektoröffnungszeit und -schließzeit abhängt, so anzupassen, dass die Abweichung von der nominalen Kraftstoffmenge möglicherweise minimiert wird. Durch dieses Verfahren kann möglicherweise insbesondere für Einspritzmengen die kleiner sind als MFF_min die Genauigkeit der Einspritzmenge deutlich verbessert werden.

Insbesondere kann mittels eines Verfahrens gemäß einem exemplarischen Aspekt eine Variation im Öffnungsverhalten und Schließverhalten des Injektors eines Ventils berücksichtigt und möglicherweise zumindest teilweise ausgeglichen oder korrigiert werden. Beispielsweise können Variationen in der Einspritzmenge des Kraftstoffes, welche sich durch Toleranzen in den Bauteilen des Ventils ergeben, reduziert werden.

Im Folgenden werden Weiterbildungen des Verfahrens zum Ermitteln einer effektiven Einspritzzeit beschrieben. Die Ausgestaltungen gelten jedoch auch für die Vorrichtung und das Computerprogramm.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird das Ermitteln der effektiven Einspritzzeit mittels der Formel Ti_eff = Ti + (Topen - Topen_nom) + Tclose durchgeführt, wobei Topen, die bestimmte Öffnungszeit, Tclose die bestimmte Schließzeit, Topen_nom eine nominale Öffnungszeit für ein Ventil und Ti die berechnete nominale elektrische Ansteuerdauer ist.

Ti ist hierbei insbesondere die elektrische Ansteuerdauer, welche eine Funktion der Sollkraftstoffmasse (MFF_SP), des Kraftstoffdrucks (FUP), des Druckes in einem Zylinder P_{Zyl} ist, welcher das entsprechende Ventil aufweist und der Temperatur des eingespritzten Kraftstoffes ($\vartheta_{Kraftstoff}$) ist. In Form einer Funktionenschreibweise kann somit Ti als $Ti = f(MFF_SP, FUP, P_{zyl}, \vartheta_{Kraftstoff})$ geschrieben werden.

Topen_nom kann vorzugsweise im Voraus aus Messungen bestimmt werden, beispielsweise mittels eines nominalen Injektors, und dann in einem Kennfeld oder Tabelle in einem Speicher einer Motorsteuerung hinterlegt werden. Alternativ oder zusätzlich kann auch die elektrische Ansteuerdauer Ti in vorhinein bestimmt werden, beispielsweise mittels einer Berechnung oder einer Messung, und dann in einem Speicher der Motorsteuerung hinterlegt werden, beispielsweise mittels eines Kennfeldes.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel des Verfahrens weist die Bestimmung der Öffnungszeit folgende Schritte auf Bestimmen eines Stromverlaufs an einem Element des Ventils, insbesondere einem Solenoid eines Magnetventils, und Bestimmen

der Öffnungszeit unter Berücksichtigung des bestimmten Stromverlaufs.

Insbesondere kann zur Bestimmung des Stromverlaufs an einem Element ein charakteristisches oder modifiziertes Ansteuerprofil verwendet werden. Der Begriff „modifiziertes Ansteuerprofil" kann in diesem Zusammenhang insbesondere bedeuten, dass das Ansteuerprofil gegenüber dem Ansteuerprofil, wie es im normalen Betrieb der Motorsteuerung verwendet wird, spezifisch abgeändert wurde. Ein solches modifiziertes Ansteuer- oder Stromprofil kann insbesondere dahingehend modifiziert sein, dass zur Bestimmung der Öffnungszeit einer Injektornadel des Ventils auf ein Ansteuerprofil mit reduzierter zeitlicher Dauer der Boostphase umgeschaltet wird. Das Ansteuerprofil mit reduzierter Boostphase kann insbesondere derart modifiziert sein, dass ein Maximalstrom während der Boostphase derart festgelegt ist, dass a) der Strom zum Messzeitpunkt einen Maximalwert nicht überschreitet, insbesondere derart eingestellt, dass ein Signal/Rauschverhältnis wählbar ist, und dass b) der Maximalstrom während der Boostphase so hoch als möglich ist, um eine Verfahrenstoleranz für eine Realisierung der Einspritzmenge klein zu halten. Ein entsprechendes Verfahren ist beispielsweise aus der unveröffentlichten Patentanmeldung DE 10 2011 005 672 zu entnehmen.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel des Verfahrens weist die Bestimmung der Schließzeit folgende Schritte auf: Abschalten eines Stromflusses durch eine Spule des Spulenantriebs, so dass die Spule stromlos ist, Erfassen eines zeitlichen Verlaufs einer in der stromlosen Spule induzierten Spannung und Bestimmen des Schließzeitpunktes des Ventils basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf.

Insbesondere kann das Bestimmen des Schließzeitpunktes ein Berechnen der zeitlichen Ableitung des erfassten zeitlichen Verlaufs der in der stromlosen Spule induzierten Spannung aufweisen. Beispielsweise kann das Bestimmen des Schließzeitpunktes ein Vergleichen des erfassten zeitlichen Verlaufs der in der Spule induzierten Spannung mit einem Referenzspannungsverlauf umfassen.

Insbesondere kann bei dem Verfahren der Referenzspannungsverlauf ermittelt werden, indem während einer Fixierung eines Magnetankers des Spulenantriebs in der geschlossenen Position des Ventils die in der stromlosen Spule induzierte Spannung erfasst wird, nachdem das Ventil wie im realen Betrieb elektrisch angesteuert wurde.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel des Verfahrens weist das Bestimmen des Schließzeitpunktes ein Vergleichen (a) einer zeitlichen Ableitung des erfassten zeitlichen Verlaufs der in der Spule induzierten Spannung mit (b) einer zeitlichen Ableitung des Referenzspannungsverlaufs auf.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel des Verfahrens erfolgt das Ermitteln der Einspritzzeit (Ti_N) mittels einer iterativen Prozedur für eine Abfolge von verschiedenen Einspritzpulsen, bei welcher Prozedur ein Korrekturwert ($f_{Adaption}(MFF_SP, FUP, P_{zyl}, \vartheta_{Kraftstoff})_N$) für die Einspritzzeit der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen künftigen Einspritzvorgang bestimmt wird in Abhängigkeit von

(a) einem Korrekturwert für die Einspritzzeit der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen vorhergehenden Einspritzvorgang und

(b) einer Zeitdifferenz (ΔTi_N) zwischen

(b1) einer nominalen effektiven Einspritzzeit ($Ti_eff_sp_N$) für die elektrische Ansteuerung des Ventils, und
(b2) einer individuellen effektiven Einspritzzeit (Ti_eff_N) für die elektrische Ansteuerung des Ventils für den vorhergehenden Einspritzvorgang, wobei sich die individuelle effektive Einspritzzeit (Ti_eff_N) aus der Zeitdifferenz zwischen dem Beginn der elektrischen Ansteuerung des Ventils für den vorhergehenden Einspritzvorgang und dem bestimmten Schließzeitpunkt für den vorhergehenden Einspritzvorgang ergibt.

Insbesondere kann die individuelle effektive Einspritzzeit gemäß der Formel Ti_eff = Ti + (Topen - Topen_nom) + Tclose abgeschätzt bzw. berechnet werden, wobei Topen, die bestimmte Öffnungszeit, Tclose die bestimmte Schließzeit, Topen_nom eine nominale Öffnungszeit für ein Ventil und Ti die berechnete nominale elektrische Ansteuerdauer ist.

Unter dem Begriff „nominale effektive Einspritzzeit" ist dabei eine für den verwendeten Typ von Einspritzventil charakteristische Zeitdauer oder Einspritzzeit zu verstehen, welche auftritt, wenn keine Toleranzen an Injektor u. Endstufe auftreten. Daher kann die nominale effektive Zeitdauer auch als die effektive Einspritzzeit eines baugleichen nicht toleranzbehafteten Einspritzventils verstanden werden, welche sich aus der Zeitdauer der elektrischen Ansteuerung eines baugleichen Einspritzventils und der Schließzeit Tclose ergibt. Dabei ist die Schließzeit Tclose durch die Zeitdifferenz zwischen dem Abschalten des Ansteuerstroms und dem bestimmten Schließen des Ventils bzw. der Ventilnadel des baugleichen nicht toleranzbehafteten Einspritzventils definiert.

Die nominale effektive Einspritzzeit kann im Vorfeld experimentell mittels einer typischen Injektorendstufe mit

nominalem Verhalten und mittels eines baugleichen Einspritzventils mit nominalem Verhalten bestimmt werden. Die individuelle effektive Einspritzzeit kann, wie oben beschrieben, basierend auf dem bestimmten Schließzeitpunkt für die elektrische Ansteuerung bestimmt werden.

Anschaulich ausgedrückt wird bei dem beschriebenen Verfahren die Information "Injektorschließzeit" genutzt, um die Abweichung der real eingespritzten Kraftstoffmenge von der über den Sollwert MFF_SP definierten nominalen einzuspritzenden Kraftstoffmenge zu erfassen und die elektrische Ansteuerdauer des Einspritzventils über einen Korrekturwert so anzupassen, dass die Abweichung von der nominalen Kraftstoffmenge minimiert wird. Durch dieses Verfahren kann insbesondere für Einspritzmengen, die kleiner als die minimale Kraftstoffmenge MFF_min sind, die Genauigkeit der Einspritzmenge deutlich verbessert werden.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird die Zeitdifferenz (ΔTi_N) zwischen der nominalen effektiven Einspritzzeit und der individuellen effektiven Einspritzzeit mit einem Wichtungsfaktor (c) gewichtet.

Gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel des Verfahrens wird ein Ansteuern des Ventils basierend auf der ermittelten effektive Einspritzzeit (Ti_N) durchgeführt.

Zusammenfassend kann ein Grundgedanke eines exemplarischen Ausführungsbeispiels darin gesehen werden, dass bei einem Verfahren zum Ermitteln einer effektiven Einspritzdauer oder Ansteuerzeit eines Ventils tatsächlich bestimmte oder ermittelte Öffnungszeiten und Schließzeiten berücksichtigt werden, um insbesondere bei kurzen Ansteuerzeiten eine verbesserte Kraftstoffmengeneinspritzung zu ermöglichen. Hierbei wird die Öffnungszeit beispielweise in einem Verfahren zur Detektion des

mechanischen Öffnungszeitpunktes der Ventilnadel eines Kraftstoffeinspritzventils mit Solenoidantrieb bestimmt. Sobald beim Bestromen des Solenoids die sich aufbauende Magnetkraft zwischen Hubanker und Spulenkern die Reibungskräfte sowie die mit dem Anker gekoppelte Ventilnadel die in schließende Richtung wirkende hydraulische Kraft des Kraftstoffdrucks überwindet, bewegt ich der Hubanker in Richtung Solenoid und verringert so bis zum Erreichen eines oberen Anschlage den Luftspalt zwischen Hubanker und Solenoid. Durch die zeitliche Änderung des Luftspaltes im Magnetkreis ergibt sich eine dynamische Änderung in der elektrischen Induktivität. Die bewegungsinduzierte Induktivitätsänderung führt beim Anschlagen des Hubankers am oberen Anschlag zu einem charakteristischen Stromverlauf am Solenoid. Damit ergibt sich ein detektionsfähiges Merkmal im Verlauf des Ansteuerstromes, aus welchem sich der Zeitpunkt der vollständigen mechanischen Öffnung der Ventilnadel bestimmen lässt. Dieses Merkmal kann mit hoher Präzision gemessen werden und ist charakteristisch für den gesamten Kennlinienbereich des Injektors. Durch die Ansteuerung des Injektors mit einem modifizierten Ansteuerprofil kann die Detektion des Merkmals verbessert werden. Die Kenntnis des mechanischen Öffnungs-zeitpunktes erlaubt die Bestimmung der Injektoröffnungszeit Topen, welche als die Zeitdifferenz zwischen Anschalten des Injektorstromes (Boost-Phase) und dem detektierten vollständigen Öffnen der Ventilnadel definiert ist.

Ferner kann der Schließzeitpunkt in einem Verfahren zur Detektion des mechanischen Schließzeitpunktes einer Ventilnadel ermittelt werden. Die Detektion des Schließzeitpunkts beruht hierbei prinzipiell auf dem gleichen physikalischen Effekt wie die des Öffnungszeitpunktes. Beim spulengetriebenen Einspritzventil kommt es nach Abschalten de Injektorstroms zu einem Abbau der Magnetkraft. Durch Federvorspannung und hydraulische Kraft, ergibt sich eine resultierende Kraft, welche Magnetanker und

Ventilnadel in Richtung Ventilsitz beschleunigt. Unmittelbar vor dem Aufschlag des Ventilsitzes erreichen Anker und Ventilnadel ihre maximale Geschwindigkeit. Mit dieser Geschwindigkeit vergrößert sich der Luftspalt zwischen Spulenkern und Magnetanker. Aufgrund der Bewegung des Magnetankers und der damit einhergehenden Luftspalterhöhung, führt der remanente Magnetismus des Magnetankers zu einer Spannungsinduktion in der Injektorspule. Die maximal auftretende Bewegungs-Induktions-spannung kennzeichnet die maximale Geschwindigkeit der Magnetnadel und damit den Zeitpunkt des mechanischen Schließens der Ventilnadel.

Die Kenntnis des mechanischen Schließzeitpunktes erlaubt die Bestimmung der Injektorschließzeit Tclose, welche als die Zeitdifferenz zwischen Abschalten des Injektorstroms und dem detektierten Schließen der Ventilnadel definiert ist.

Es wird darauf hingewiesen, dass es zur Durchführung des beschriebenen Verfahrens nicht erforderlich ist, die gesamte Dynamik des Öffnungsvorganges bzw. des Schließvorgangs des Ventils zu bestimmen. Zur Optimierung der Ventilansteuerung ist es ausreichend, lediglich den Öffnungszeitpunkt bzw. Schließ-zeitpunkt zu bestimmen. Dadurch werden die Anforderungen an die Rechenleistung eines Motorsteuergerätes in vorteilhafter Weise reduziert.

Es wird ferner darauf hingewiesen, dass sich die beschriebene Einspritzzeit von einer bekannten Einspritzzeit für die zeitliche Ansteuerung eines Einspritzventils dadurch unterscheidet, dass bei der beschriebenen Einspritzzeit eine zuvor eingeholte Erkenntnis über den tatsächlichen Öffnungszeitpunkt bzw. Schließzeitpunkt des Ventils berücksichtigt ist.

Es wird darauf hingewiesen, dass Ausführungsformen der Erfindung mit Bezug auf unterschiedliche Erfindungsgegenstände beschrieben wurden. Insbesondere sind einige Ausführungsformen der Erfindung mit Verfahrensansprüchen und andere Ausführungsformen der Erfindung mit Vorrichtungsansprüchen beschrieben. Dem Fachmann wird jedoch bei der Lektüre dieser Anmeldung sofort klar werden, dass, sofern nicht explizit anders angegeben, zusätzlich zu einer Kombination von Merkmalen, die zu einem Typ von Erfindungsgegenstand gehören, auch eine beliebige Kombination von Merkmalen möglich ist, die zu unterschiedlichen Typen von Erfindungsgegenständen gehören.

Weitere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Erfindung ergeben sich aus der folgenden beispielhaften Beschreibung derzeit bevorzugter Ausführungsformen. Die einzelnen Figuren der Zeichnung dieser Anmeldung sind lediglich als schematisch und als nicht maßstabsgetreu anzusehen.

Figur 1 zeigt die Kennlinie eines bekannten Direkteinspritzventils, dargestellt in einem Diagramm, in dem die eingespritzte Kraftstoffmenge MFF in Abhängigkeit von der Einspritzzeit Ti der elektrischen Ansteuerung aufgetragen ist.

Figur 2 zeigt ein typisches Strom-Ansteuerprofil und den entsprechenden Spannungsverlauf für ein Direkteinspritzventil mit einem Spulenantrieb.

Figur 3 zeigt die Auswirkungen von Variationen in der Öffnungszeit und der Schließzeit.

Figur 4 zeigt die Variationen in der aufintegrierten Kraftstoffeinspritzmenge für die vier Ventile der Figur 3 nach einer Korrektur für Variationen in der Schließzeit.

Figur 5 stellt schematisch ein Algorithmus zum Bestimmen einer Ansteuerzeit dar.

Figur 6 zeigt Variationen in der aufintegrierten Kraftstoffeinspritzmenge für die vier Ventile der Figur 3 nach einer Korrektur für Variationen in der Schließzeit und Öffnungszeit.

Es wird darauf hingewiesen, dass Merkmale bzw. Komponenten von unterschiedlichen Ausführungsformen, die mit den entsprechenden Merkmalen bzw. Komponenten der Ausführungsform nach gleich oder zumindest funktionsgleich sind, mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind. Zur Vermeidung von unnötigen Wiederholungen werden bereits anhand einer vorher beschriebenen Ausführungsform erläuterte Merkmale bzw. Komponenten an späterer Stelle nicht mehr im Detail erläutert.

Figur 3 zeigt die Auswirkungen von Variationen in der Öffnungszeit und der Schließzeit. Insbesondere zeigt Figur 3 die die Auswirkung der auftretenden Variationen der Injektorschließzeit (Tclose) und der Injektoröffnungszeit (Topen). An den Einspritzratenverläufen (ROI) 301, 302, 303 und 304 ohne Ti-Korrektur, welche durch die durchgezogenen Linien dargestellt sind, erkennt man, dass die Ratenverläufe sowohl beim Schließen als auch beim Öffnen stark von Injektor zu Injektor variieren. Hierbei werden alle Einspritzventile mit identischem Stromprofil angesteuert. Ferner sind in Figur 3 noch die Einspritzmengenverläufe 305, 306 und 307 für korrigierte

Einspritzzeiten bzw. Ansteuerzeiten dargestellt, welche injektorindividuell unter Berücksichtigung des Injektorschließverhaltens korrigiert wurden. Hierbei ist zu beachten, dass, da ein Injektor als Referenz zur Korrektur verwendet wurde und somit verfahrensbedingt keine Abweichung mehr zeigt, nur drei korrigierte Verläufe gezeigt sind. Insbesondere kann man aus Figur 3 ersehen, dass die punktierten Strom- und Spannungsverläufe zu einer deutlich verbesserten Angleichung und Verringerung der Variationen führen. Im Wesentlichen ergibt sich eine Gleichstellung der Einspritzratenverläufe (ROI) während des Injektorschließens.

Man erkennt jedoch die bestehende Variation im Einspritzratenverlauf nach Injektoröffnen. Da sich die eingespritzte Kraftstoffmenge aus der zeitlichen Integration des Einspritzratenverlaufes ergibt, folgt eine erhebliche Abweichung der real eingespritzten Kraftstoffmenge vom Kraftstoffmengensollwert (MFF_ SP).

Figur 4 zeigt die Variationen in der aufintegrierten Kraftstoff-einspritzmenge für die vier Ventile der Figur 3 nach einer Korrektur für Variationen in der Schließzeit. Figur 4 zeigt die aufintegrierten injektor- u. pulsindividuellen Einspritzmengen (in mg) über die effektive Einspritzzeit oder Ansteuerzeit Ti_eff (in ms), wobei Ti_eff eine Funktion von Ti und Tclose ist. Insbesondere zeigt Figur 4 das Ergebnis der durch den ersten Schritt erzielbaren Gleichstellung der Einspritzmengen, wenn die Variationen durch unterschiedliches Schließverhalten korrigiert sind. Man erkennt, dass auch nach Korrektur der Einspritzzeit unter Berücksichtigung des Injektorschließverhaltens zwar eine Verringerung der Variationen erzielt wird, jedoch eine signifikante Abweichung der injektorindividuellen Einspritz-mengen verbleibt. Insbesondere ist in Figur 4 die Spreizung der

verschiedenen Einspritzmengen der verschiedenen Ventile zu erkennen, welche mit dem Doppelpfeil 410 gekennzeichnet ist.

Nachfolgend wird ein Verfahren gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel genauer beschrieben. Das Verfahren beruht auf der Idee, dass sich für einen nominalen Injektor folgende Beziehung für die nominale Injektoröffnungszeit Topen_nom bestimmen lässt. Dieser Zusammenhang kann beispielweise über Kennfelder im Speicher einer Motorsteuerung abgelegt werden.

$$Topen_nom = f(MFF_SP, FUP, P_{zyl}, \vartheta_{Kraftstoff}), \quad (1)$$

wobei MFF_SP die Sollkraftstoffmasse oder Kraftstoffmengensollwert, FUP der Kraftstoffdruck, P_{Zyl} der Druck in einem Zylinder und $\vartheta_{Kraftstoff}$ die Temperatur des eingespritzten Kraftstoffes ist.

Unter Einbeziehung der mit den beschriebenen Verfahren bestimmten Größen Topen und Tclose wird folgende Transformation der elektrischen Ansteuerzeit oder Ansteuerdauer Ti durchgeführt:

$$Ti_eff = Ti + (Topen - Topen_nom) + Tclose, \quad (2)$$

wobei Topen die Öffnungszeit, Topen_nom die oben bestimmte nominale Öffnungszeit, Tclose die Schließzeit und Ti_eff die effektive Ansteuerzeit ist.

Wie bereits oben beschrieben, ist die Öffnungszeit Topen die Zeitdifferenz zwischen dem Anschalten des Ansteuerstroms bis zum maximalen Ausschlag der Injektornadel bzw. Öffnen des Ventils definiert. Die Schließzeit Tclose ist als die Zeitdifferenz

zwischen dem Abschalten des Ansteuerstroms und dem detektiertem Schließen des Ventils definiert.

Beispielsweise wird die elektrische Ansteuerdauer Ti in der Motorsteuerung als Kennfeld bzw. als ein Satz von Kennfeldern, abgelegt. Als zusätzliche Einflussgrößen werden der während der Einspritzung anliegende Zylinderinnendruck und die Kraftstofftemperatur verwendet.

$$Ti = f1(MFF_SP, FUP, P_{zyl}, \vartheta_{Kraftstoff}) \quad (3)$$

Zusätzlich wird nun auch ein Kennfeld für den Setpoint der effektiven Einspritzzeit Ti_eff_sp eingeführt. Diese Beziehung wird anhand einer Injektorendstufe und eines Injektors mit nominalem Verhalten experimentell bestimmt.

$$Ti_eff_sp = f2(MFF_SP, FUP, P_{zyl}, \vartheta_{Kraftstoff}) \quad (4)$$

Im Folgenden wird eine optimierte Sollwert-Bestimmung für die elektrische Ansteuerung eines Einspritzventils zur Verbesserung der Mengengenauigkeit beschrieben. Die bestimmte Führungsgröße Ti_eff_sp wird für einen geregelten Betrieb des Einspritzventils zur Verbesserung der Mengengenauigkeit verwendet.

Über Gleichung (4) wird für die nominale Einspritzmenge MFF die zugehörige effektive Einspritzdauer Ti_eff_sp bestimmt. Eine Abweichung der realen Einspritzmenge von der nominalen Menge MFF_SP kann über eine Abweichung von Ti_eff vom Nominalwert Ti_eff_sp erkannt werden.

Für den geregelten Betrieb ergibt sich folgender Algorithmus, welcher schematisch in Figur 5 dargestellt ist und der für jeden

Injektor N_{Inj} individuell durchgeführt wird. Die Betrachtung beginnt hierbei beim N-ten Einspritzpuls:

Schritt 520:

In dem Schritt 520 werden Sollwerte oder Setpoints für (A) die Ansteuerdauer Ti_N und (B) die nominale eff. Einspritzzeit $Ti_eff_sp_N$ ermittelt.

(A) Die Ansteuerdauer Ti_N für den N-ten Einspritzpuls ergibt sich dabei aus folgender Gleichung (5):

$$Ti_N = f_1(.) + f_{Adaption}(.)_{N-1} \qquad (5)$$

Dabei gilt

$f_1(.) = f_1(MFF_SP, FUP, P_{Zyl}, \vartheta_{Kraftstoff})$ (vgl. o.g. Gleichung (3))

und

$f_{Adaption}(.)_{N-1} = f_{Adaption}(MFF_SP, FUP, P_{Zyl}, \vartheta_{Kraftstoff}, X_{Inj})_{N-1}$

Das Adaptionskennfeld $f_{Adaption}$ wird gemäß dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel in der Motorsteuerung online adaptiert. Die Adaption erfolgt individuell für jeden Injektor Bei einem neuen Einspritzsystem (N=1), bei dem im nichtflüchtigem Speicher der Motorsteuerung noch keine Werte gespeichert sind, erfolgt keine Korrektur der Einspritzzeit, da noch keine Korrekturen gelernt wurden. Dies bedeutet, dass $f_{Adaption}$ den Wert Null hat.

(B) Der Sollwert für die nominale effektive Einspritzzeit $Ti_eff_sp_N$ für den N-ten Einspritzpuls ergibt sich aus der o.g. Gleichung (4):

$$Ti_eff_sp_N = f_2(MFF_SP, FUP, P_{Zyl}, \vartheta_{Kraftstoff})_N \qquad (6)$$

Schritt 521:

In dem Schritt 521 wird basierend auf den bestimmten Werten für Ti_N und $Ti_eff_sp_N$ der N-te Einspritzvorgang an Injektor X_{Inj} ausgeführt.

Schritt 522:

In dem Schritt 522 wird mit dem oben erläuterten Verfahren die Öffnungszeit Topen, die nominale Öffnungszeit Topen_nom und die Schließzeit $Tclose_N$ bestimmt bzw. gemessen.

Schritt 523:

In dem Schritt 523 wird für den jeweiligen Injektor die individuelle effektive Ansteuerdauer Ti_eff_N für den durchgeführten N-ten Einspritzvorgang berechnet. Dies erfolgt entsprechend der o.g. Gleichung (2):

$$Ti_eff = Ti + (Topen - Topen_nom) + Tclose, \quad (7)$$

wobei Topen die Öffnungszeit, Topen_nom die oben bestimmte nominale Öffnungszeit, Tclose die Schließzeit und Ti_eff die effektive Ansteuerzeit ist.

Schritt 524:

In dem Schritt 524 wird die Abweichung ΔTi_N berechnet. Dabei gilt:

$$\Delta Ti_N = Ti_eff_sp_N - Ti_eff_N \quad (8)$$

Schritt 525:

In dem Schritt 562 wird ein neuer Adaptionswert $f_{Adaption}(.)_N$ für einen nächsten Einspritzvorgang berechnet. Der neue Adaptionswert $f_{Adaption}(.)_N$ ergibt sich in rekursiver Weise aus der folgenden Gleichung (9):

$$f_{Adaption}(.)_N = c \cdot \Delta Ti_N + f_{Adaption}(.)_{N-1} \quad (9)$$

Dabei gilt

$f_{Adaption}(.)_N = f_{Adaption}(MFF_SP,\ FUP,\ P_{Zyl},\ \vartheta_{Kraftstoff},\ X_{Inj})_N$ und

$f_{Adaption}(.)_{N-1} = f_{Adaption}(MFF_SP,\ FUP,\ P_{Zyl},\ \vartheta_{Kraftstoff},\ X_{Inj})_{N-1}$

Dies bedeutet, dass der Adaptionswert $f_{Adaption}$ in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen gelernt wird.

Der Wichtungsfaktor c kann über ein Kennfeld von den jeweiligen Betriebsbedingungen abhängen. Die Ermittlung der Abhängigkeit von c erfolgt bevorzugt offline auf Basis von experimentellen Untersuchungen. Dies bedeutet, dass folgendes gilt:

$$c = f3\ (MFF_SP, FUP, P_{Zyl}, \vartheta_{Kraftstoff}) \quad (10)$$

Er wird angemerkt, dass eine direkte zeitdiskrete Regelung nicht durchgeführt werden kann, da die ermittelte Regelabweichung ΔTi_N nur für die bei diesem Einspritzpuls auftretenden Betriebsbedingungen gültig ist. Aus diesem Grund ist eine Adaption in Abhängigkeit der Betriebsbedingungen erforderlich.

Schritt 526:

In dem Schritt 526 wird der Index N auf den neuen aktuellen Index N+1 geändert. Das Verfahren wird mit dem oben beschriebenen Schritt 520 weitergeführt.

Um bei jedem Motorstart jeden Einspritzimpuls mit einer sehr hohen Mengengenauigkeit von Beginn an auszuführen zu können, kann für jeden Injektor das Adaptionskennfeld $f_{Adaption}(MFF_SP, FUP, P_{Zyl}, \vartheta_{Kraftstoff}, X_{Inj})$ injektorindividuell während des Nachlaufs der Motorsteuerung im nichtflüchtigem Speicher der Motorsteuerung gespeichert werden.

Es wird darauf hingewiesen, dass es für den Betrieb mit Mehrfacheinspritzung erforderlich ist, dass die Adaption $f_{Adaption}$ nicht nur individuell für jeden Injektor, sondern auch individuell für jeden Einspritzpuls durchgeführt wird.

Figur 6 zeigt ein Diagramm, in welchem Variationen in der aufintegrierten Kraftstoffeinspritzmenge für die vier Ventile der Figur 3 nach einer Korrektur für Variationen in der Schließzeit und Öffnungszeit dargestellt sind. Wie in Figur 4 zeigt Figur 6 die aufintegrierten Einspritzmengen (in mg) über die effektive Einspritzzeit oder Ansteuerzeit Ti_eff (in ms), wobei hier, im Gegensatz zu Figur 4, Ti_eff jedoch eine Funktion von Ti, Topen, Topen_nom und Tclose ist. Es ist der Figur 6 zu entnehmen, dass die Berücksichtigung auch des Öffnungsverhaltens des Injektors zu einer Verringerung der Variationen oder Spreizungen der Einspritzmengen für die einzelnen Injektoren bzw. Ventile führt. Zur Verdeutlichung dieses Effekts ist wie in Figur 4 ein Doppelpfeil 630 eingezeichnet, welcher die Variation darstellt. Somit zeigt Figur 6 die Verbesserung der injektor-individuellen Mengengenauigkeit durch die beschriebene Berücksichtigung von T_open bei der Korrektur der elektrischen Injektor-Ansteuerdauer.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „aufweisend" keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und „eine" oder „ein" keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsformen beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsformen verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Bezugszeichenliste

301	Unkorrigierter Verlauf Ventil 1
302	Unkorrigierter Verlauf Ventil 2
303	Unkorrigierter Verlauf Ventil 3
304	Unkorrigierter Verlauf Ventil 4
305	Korrigierter Verlauf Ventil 2
306	Korrigierter Verlauf Ventil 3
307	Korrigierter Verlauf Ventil 4
410	Variation Einspritzmenge
520	erster Schritt
521	zweiter Schritt
522	dritter Schritt
523	vierter Schritt
524	fünfter Schritt
525	sechster Schritt
526	siebter Schritt
630	Variation Einspritzmenge

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer effektiven Einspritzzeit eines einen Spulenantrieb aufweisenden Ventils, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

Bestimmen einer Öffnungszeit des Ventils (522);

Bestimmen einer Schließzeit des Ventils (522);

Ermitteln der effektiven Einspritzzeit (Ti_eff_sp) der elektrischen Ansteuerung (520) des Ventils für einen Einspritzvorgang unter Berücksichtigung der bestimmten Öffnungszeit und der bestimmten Schließzeit, das Ermitteln der Einspritzzeit (Ti_N) mittels einer iterativen Prozedur für eine Abfolge von verschiedenen Einspritzpulsen erfolgt, bei welcher Prozedur

ein Korrekturwert ($f_{Adaption}(.)_N$) für die Einspritzzeit der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen künftigen Einspritzvorgang bestimmt wird in Abhängigkeit von

(a) einem Korrekturwert für die Einspritzzeit der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen vorhergehenden Einspritzvorgang und

(b) einer Zeitdifferenz (ΔTi_N) zwischen

(b1) einer nominalen effektiven Einspritzzeit ($Ti_eff_sp_N$) für die elektrische Ansteuerung des Ventils, und

(b2) einer individuellen effektiven Einspritzzeit (Ti_eff_N) für die elektrische Ansteuerung des Ventils für den vorhergehenden Einspritzvorgang, wobei sich die individuelle effektive Einspritzzeit (Ti_eff_N) aus der Zeitdifferenz zwischen dem Beginn der elektrischen Ansteuerung des Ventils für den vorhergehenden Einspritzvorgang und dem bestimmten Schließzeitpunkt für den vorhergehenden Einspritzvorgang ergibt.

2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei das Ermitteln der effektiven Einspritzzeit mittels der Formel

$$Ti_eff = Ti + (Topen - Topen_nom) + Tclose$$

durchgeführt wird,

wobei Topen, die bestimmte Öffnungszeit, Tclose die bestimmte Schließzeit, Topen_nom eine nominale Öffnungszeit für ein Ventil und Ti eine berechnete nominale Einspritzzeit ist.

3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei die Bestimmung der Öffnungszeit folgende Schritte aufweist:

Bestimmen eines Stromverlaufs an einem Element des Ventils, insbesondere einem Solenoid eines Magnetventils, und

Bestimmen der Öffnungszeit (522) unter Berücksichtigung des bestimmten Stromverlaufs.

4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Bestimmung der Schließzeit folgende Schritte aufweist:

Abschalten eines Stromflusses durch eine Spule des Spulenantriebs, so dass die Spule stromlos ist,

Erfassen eines zeitlichen Verlaufs einer in der stromlosen Spule induzierten Spannung, und

Bestimmen des Schließzeitpunktes des Ventils (522) basierend auf dem erfassten zeitlichen Verlauf.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei
das Bestimmen des Schließzeitpunktes (522) ein Vergleichen
(a) einer zeitlichen Ableitung des erfassten zeitlichen Verlaufs der in der Spule induzierten Spannung mit
(b) einer zeitlichen Ableitung des Referenzspannungsverlaufs aufweist.

6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Zeitdifferenz (ΔTi_N) zwischen der nominalen effektiven Einspritzzeit (Ti_eff_sp) und der individuellen effektiven Einspritzzeit (Ti_N) mit einem Wichtungsfaktor c gewichtet wird.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, ferner aufweisend

- Ansteuern des Ventils basierend auf der ermittelten Einspritzzeit (Ti_N).

8. Vorrichtung, insbesondere eine Motorsteuerung, zum Ermitteln einer effektiven Einspritzzeit eines einen Spulenantrieb aufweisenden Ventils, wobei die Vorrichtung aufweist:

eine Einheit zum Bestimmen einer Öffnungszeit des Ventils;

eine Einheit zum Bestimmen einer Schließzeit (Tclose) des Ventils;

eine Einheit zum Ermitteln der effektiven Einspritzzeit (Ti_eff_N) der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen Einspritzvorgang basierend auf der bestimmten Öffnungszeit und der bestimmten Schließzeit, das Ermitteln der Einspritzzeit (Ti_N) mittels einer iterativen Prozedur für eine Abfolge von verschiedenen Einspritzpulsen erfolgt, bei welcher Prozedur ein Korrekturwert ($f_{Adaption}(.)_N$) für die Einspritzzeit der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen künftigen Einspritzvorgang bestimmt wird in Abhängigkeit von

(a) einem Korrekturwert für die Einspritzzeit der elektrischen Ansteuerung des Ventils für einen vorhergehenden Einspritzvorgang und

(b) einer Zeitdifferenz (ΔTi_N) zwischen

(b1) einer nominalen effektiven Einspritzzeit ($Ti_eff_sp_N$) für die elektrische Ansteuerung des Ventils, und

(b2) einer individuellen effektiven Einspritzzeit (Ti_eff_N) für die elektrische Ansteuerung des Ventils für den vorhergehenden Einspritzvorgang, wobei sich die individuelle effektive

Einspritzzeit (Ti_eff_N) aus der Zeitdifferenz zwischen dem Beginn der elektrischen Ansteuerung des Ventils für den vorhergehenden Einspritzvorgang und dem bestimmten Schließzeitpunkt für den vorhergehenden Einspritzvorgang ergibt.

9. Computerprogramm zum Ermitteln einer Einspritzzeit (Ti_N) für eine elektrische Ansteuerung eines einen Spulenantrieb aufweisenden Ventils, insbesondere eines Direkteinspritzventils für einen Verbrennungsmotor, wobei das Computerprogramm, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird, zum Steuern des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 eingerichtet ist.

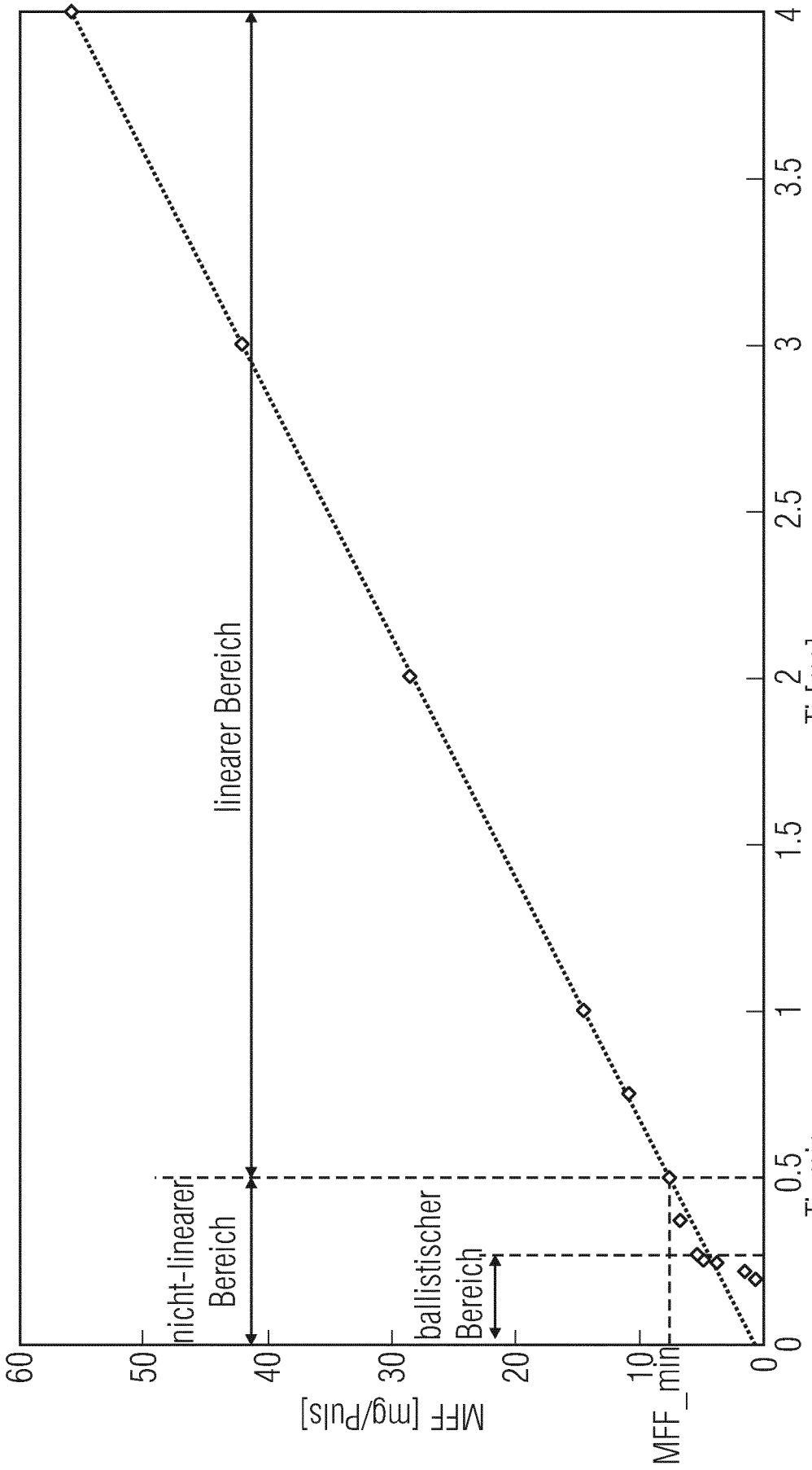


FIG 1
(Stand der Technik)

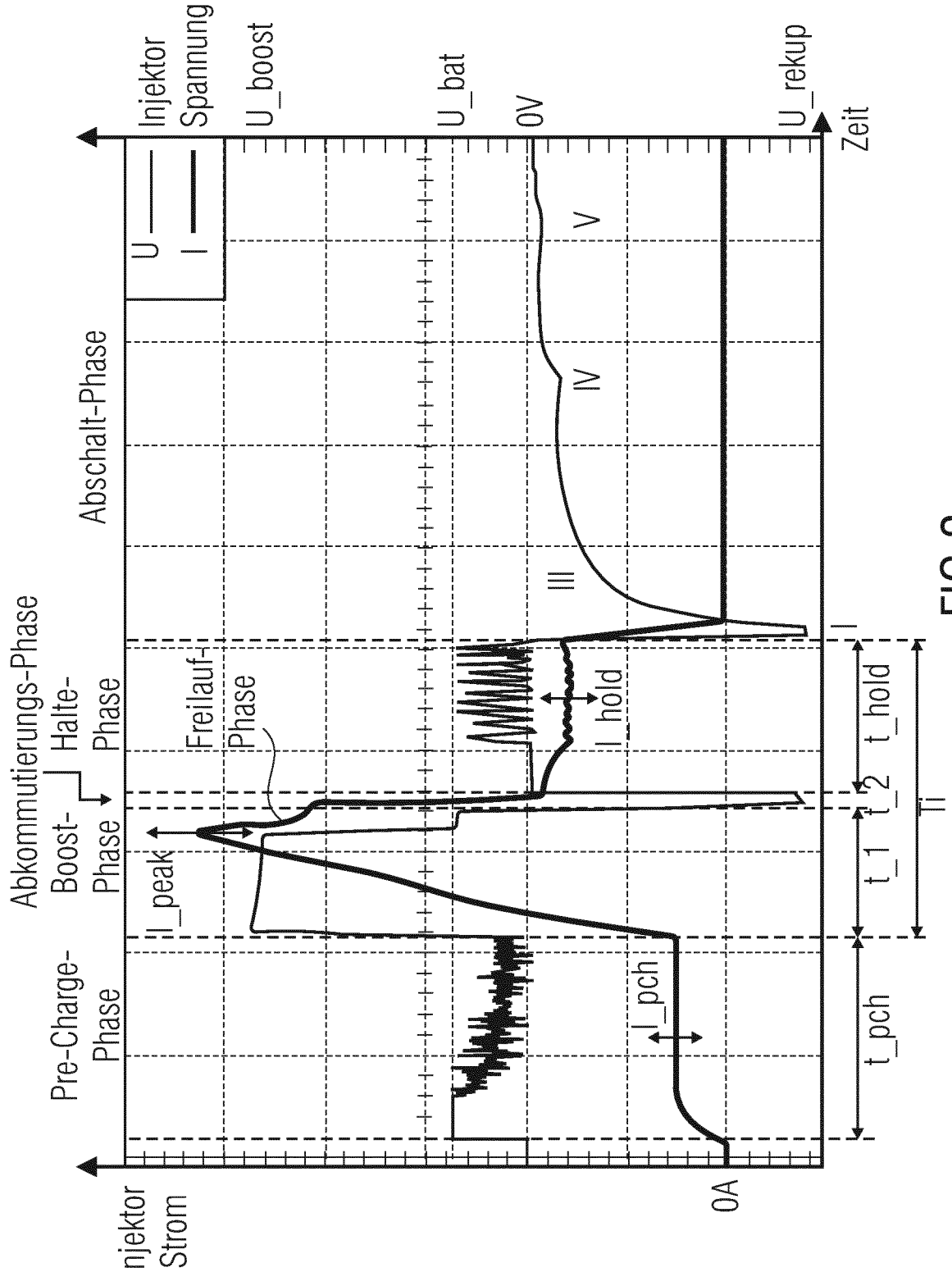


FIG 2
(Stand der Technik)

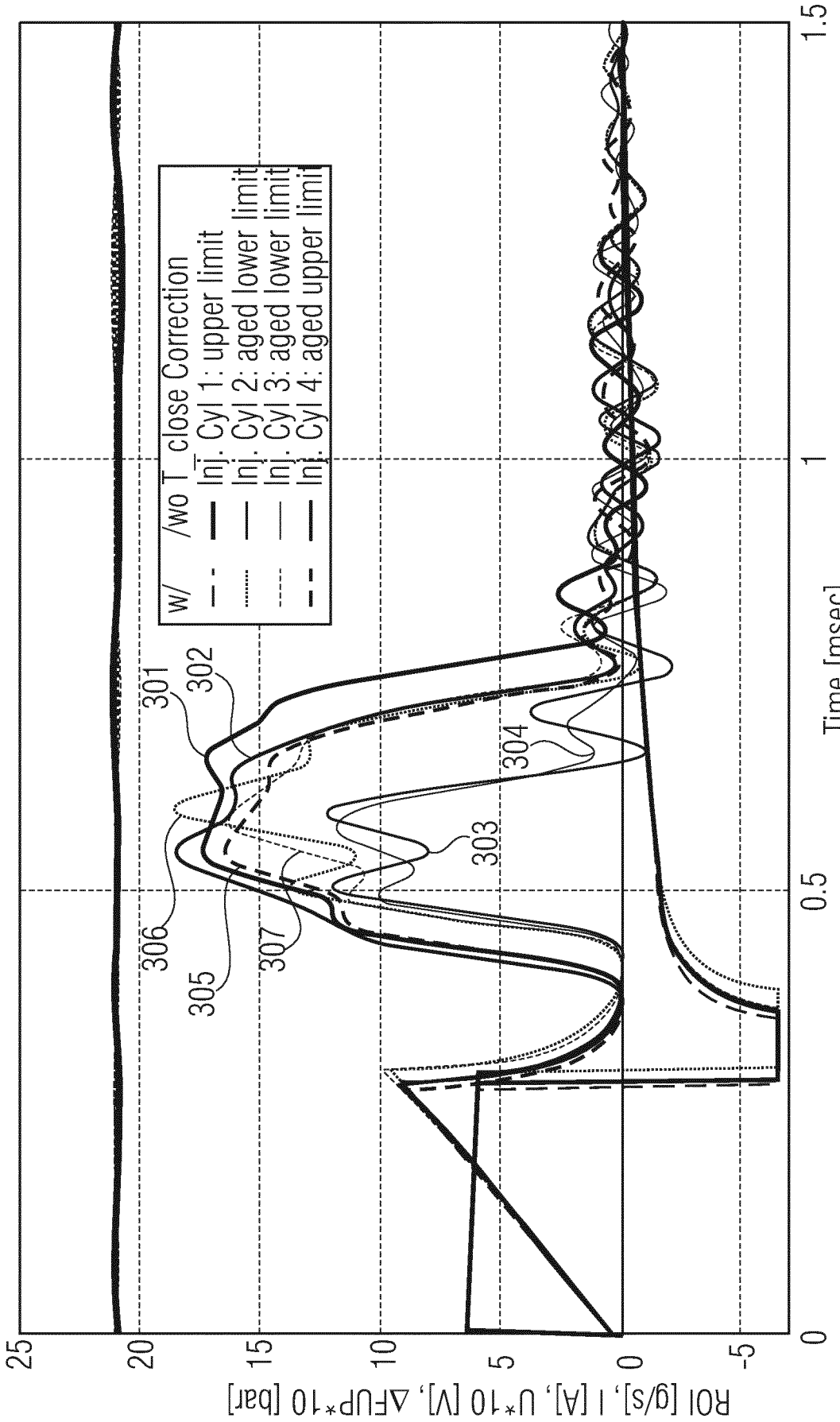

w/ /wo T_close Correction
Inj. Cyl 1: upper limit
Inj. Cyl 2: aged lower limit
Inj. Cyl 3: aged lower limit
Inj. Cyl 4: aged upper limit
301
302
303
304
305
306
307
ROI [g/s], I [A], U*10 [V], ΔFUP*10 [bar]
Time [msec]
25
20
15
10
5
0
-5
0
0.5
1
1.5

FIG 3

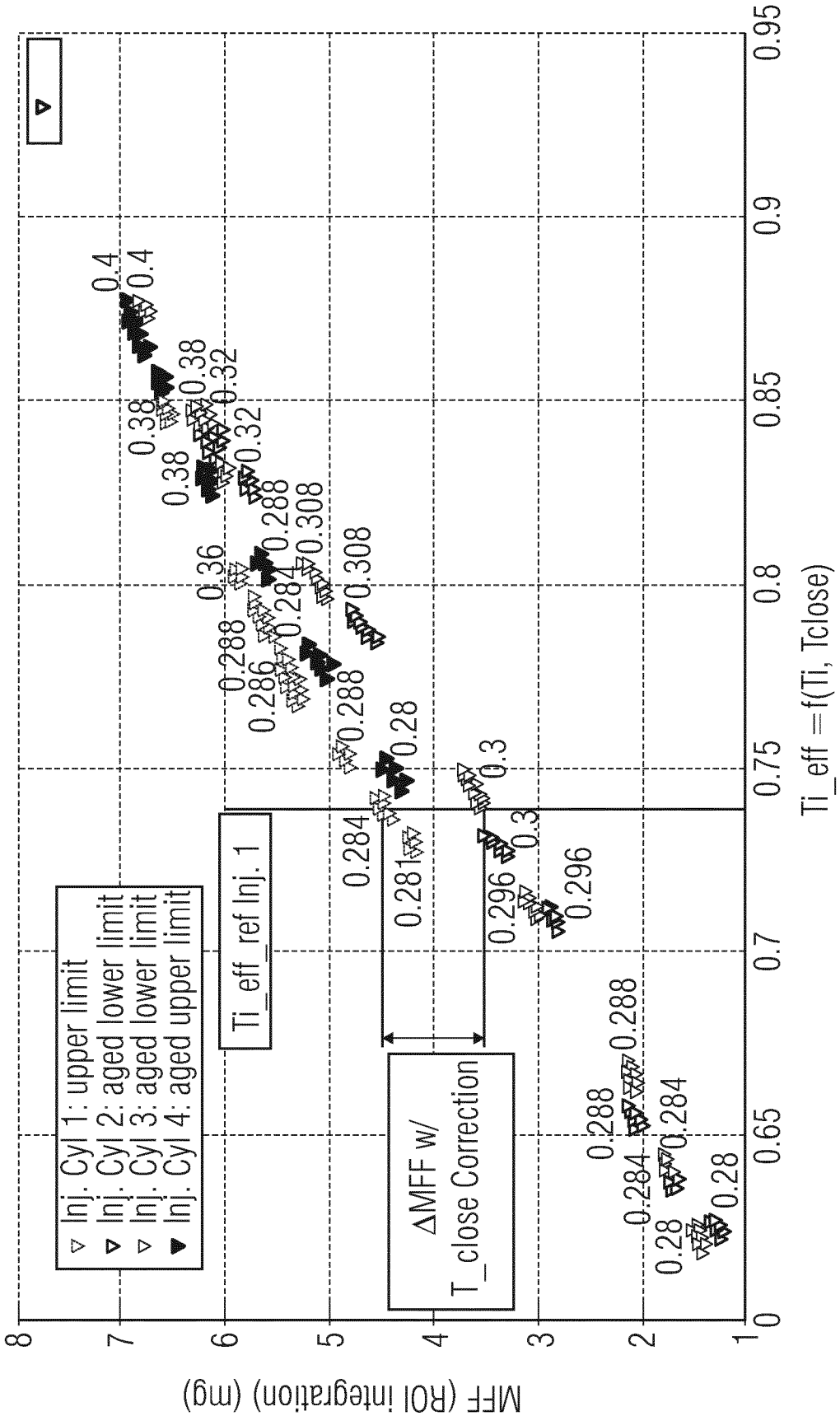

Inj. Cyl 1: upper limit
Inj. Cyl 2: aged lower limit
Inj. Cyl 3: aged lower limit
Inj. Cyl 4: aged upper limit
Ti_eff_ref Inj. 1
ΔMFF w/
T_close Correction
MFF (ROI integration) (mg)
Ti_eff =f(Ti, Tclose)
0
0.65
0.7
0.75
0.8
0.85
0.9
0.95
1
2
3
4
5
6
7
8

FIG 4

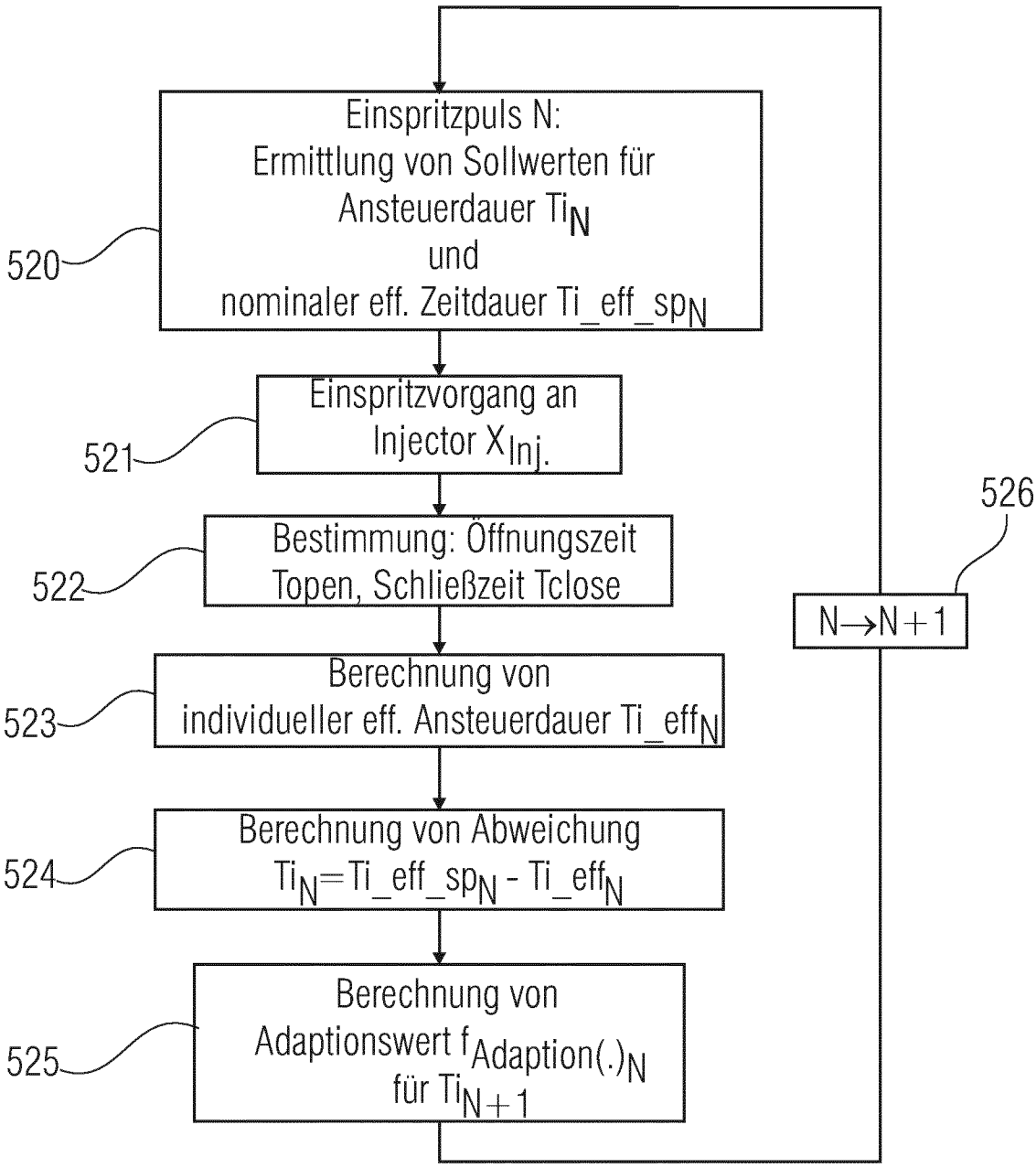

Einspritzpuls N:
Ermittlung von Sollwerten für
Ansteuerdauer Ti_N
und
nominaler eff. Zeitdauer $Ti_eff_sp_N$
520
Einspritzvorgang an
Injector $X_{Inj.}$
521
Bestimmung: Öffnungszeit
Topen, Schließzeit Tclose
522
Berechnung von
individueller eff. Ansteuerdauer Ti_eff_N
523
Berechnung von Abweichung
$Ti_N = Ti_eff_sp_N - Ti_eff_N$
524
Berechnung von
Adaptionswert $f_{Adaption(.)N}$
für Ti_{N+1}
525
N→N+1
526

FIG 5

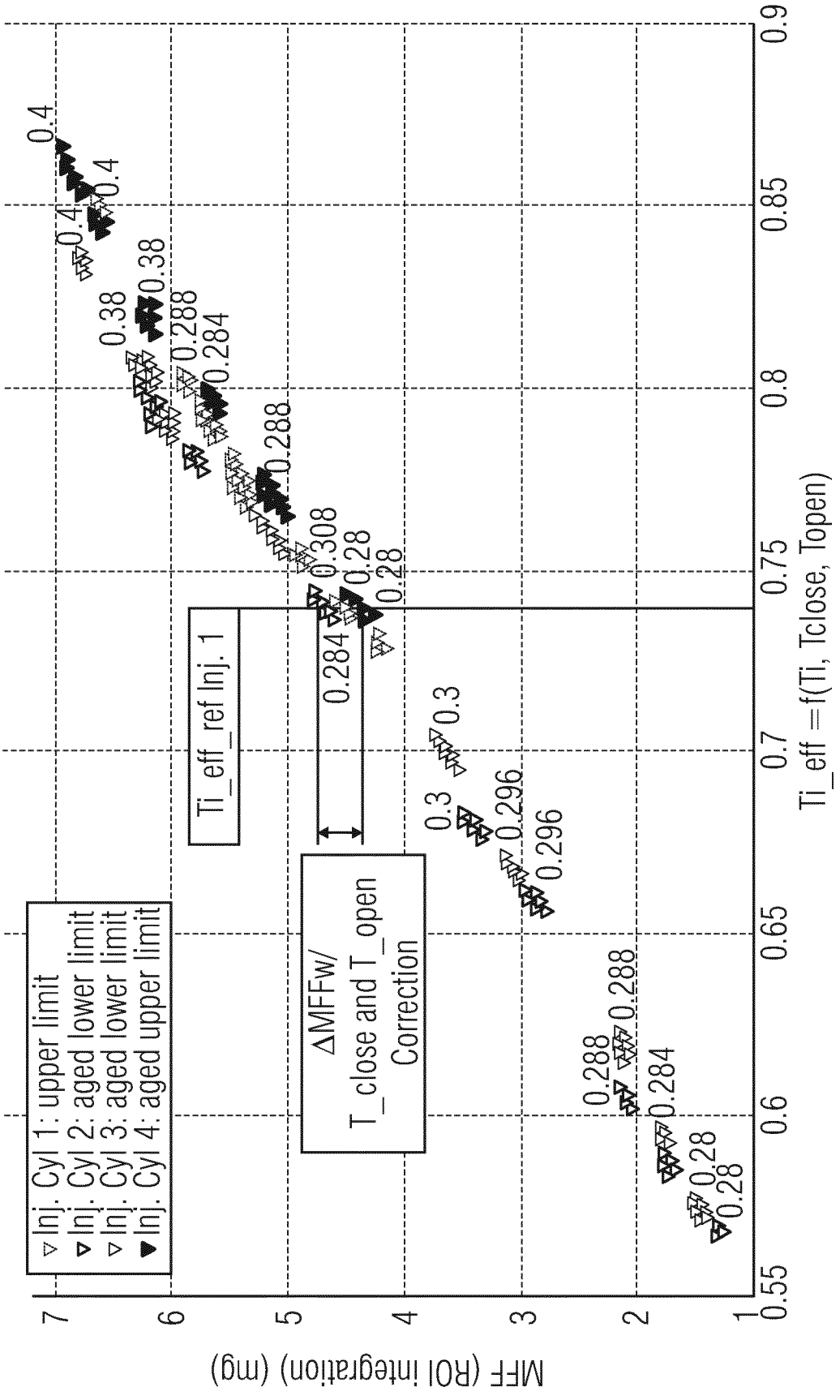

Inj. Cyl 1: upper limit
Inj. Cyl 2: aged lower limit
Inj. Cyl 3: aged lower limit
Inj. Cyl 4: aged upper limit
Ti_eff_ref Inj. 1
ΔMFFw/
T_close and T_open
Correction
MFF (ROI integration) (mg)
Ti_eff =f(Ti, Tclose, Topen)
7
6
5
4
3
2
1
0.55
0.6
0.65
0.7
0.75
0.8
0.85
0.9
0.4
0.38
0.288
0.284
0.308
0.28
0.3
0.296

FIG 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/069670

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/24
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.
Y	WO 2011/134794 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]; BEER JOHANNES [DE]; ACHLEITNER ERWIN) 3 November 2011 (2011-11-03) the whole document -----	1-9
Y	GB 2 450 523 A (WOODWARD GOVERNOR CO [US]) 31 December 2008 (2008-12-31) page 3, line 1 - line 10 page 3, line 21 - page 4, line 17 page 4, line 25 - page 6, line 2 page 7, line 23 - page 8, line 9 figures 1,2 ----- -/--	1-9

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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	Date of mailing of the international search report
21 November 2013	03/12/2013

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Wettemann, Mark

2

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (April 2005)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/069670

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2009 029590 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24 March 2011 (2011-03-24) paragraph [0001] paragraphs [0004] - [0008] paragraphs [0011] - [0016] paragraphs [0035] - [0043] paragraphs [0049] - [0085] -----	1-9
A	DE 10 2010 042852 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26 April 2012 (2012-04-26) abstract paragraph [0002] paragraphs [0005] - [0010] -----	1-9
A	DE 10 2011 005672 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 20 September 2012 (2012-09-20) cited in the application the whole document -----	1-9

2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2013/069670

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2011134794 A1	03-11-2011	CN 102959218 A	06-03-2013
		DE 102010018290 A1	27-10-2011
		KR 20130097078 A	02-09-2013
		WO 2011134794 A1	03-11-2011
GB 2450523 A	31-12-2008	DE 102008002901 A1	29-01-2009
		GB 2450523 A	31-12-2008
		JP 2009036196 A	19-02-2009
		KR 20090003127 A	09-01-2009
		US 2009005955 A1	01-01-2009
DE 102009029590 A1	24-03-2011	CN 102498276 A	13-06-2012
		DE 102009029590 A1	24-03-2011
		EP 2478199 A1	25-07-2012
		US 2012239278 A1	20-09-2012
		WO 2011032804 A1	24-03-2011
DE 102010042852 A1	26-04-2012	CN 103154484 A	12-06-2013
		DE 102010042852 A1	26-04-2012
		EP 2633175 A1	04-09-2013
		WO 2012055680 A1	03-05-2012
DE 102011005672 A1	20-09-2012	DE 102011005672 A1	20-09-2012
		WO 2012123445 A1	20-09-2012

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/069670

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/24
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.
Y	WO 2011/134794 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]; BEER JOHANNES [DE]; ACHLEITNER ERWIN) 3. November 2011 (2011-11-03) das ganze Dokument -----	1-9
Y	GB 2 450 523 A (WOODWARD GOVERNOR CO [US]) 31. Dezember 2008 (2008-12-31) Seite 3, Zeile 1 - Zeile 10 Seite 3, Zeile 21 - Seite 4, Zeile 17 Seite 4, Zeile 25 - Seite 6, Zeile 2 Seite 7, Zeile 23 - Seite 8, Zeile 9 Abbildungen 1,2 ----- -/--	1-9

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
21. November 2013	03/12/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Wettemann, Mark

2

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2009 029590 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 24. März 2011 (2011-03-24) Absatz [0001] Absätze [0004] - [0008] Absätze [0011] - [0016] Absätze [0035] - [0043] Absätze [0049] - [0085] -----	1-9
A	DE 10 2010 042852 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 26. April 2012 (2012-04-26) Zusammenfassung Absatz [0002] Absätze [0005] - [0010] -----	1-9
A	DE 10 2011 005672 A1 (CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH [DE]) 20. September 2012 (2012-09-20) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2013/069670

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2011134794 A1	03-11-2011	CN 102959218 A	06-03-2013
		DE 102010018290 A1	27-10-2011
		KR 20130097078 A	02-09-2013
		WO 2011134794 A1	03-11-2011
GB 2450523 A	31-12-2008	DE 102008002901 A1	29-01-2009
		GB 2450523 A	31-12-2008
		JP 2009036196 A	19-02-2009
		KR 20090003127 A	09-01-2009
		US 2009005955 A1	01-01-2009
DE 102009029590 A1	24-03-2011	CN 102498276 A	13-06-2012
		DE 102009029590 A1	24-03-2011
		EP 2478199 A1	25-07-2012
		US 2012239278 A1	20-09-2012
		WO 2011032804 A1	24-03-2011
DE 102010042852 A1	26-04-2012	CN 103154484 A	12-06-2013
		DE 102010042852 A1	26-04-2012
		EP 2633175 A1	04-09-2013
		WO 2012055680 A1	03-05-2012
DE 102011005672 A1	20-09-2012	DE 102011005672 A1	20-09-2012
		WO 2012123445 A1	20-09-2012