

(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
22. April 2010 (22.04.2010)

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/043479 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
F02D 41/00 (2006.01) *F02D 41/24* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2009/062361
- (22) Internationales Anmeldedatum:
24. September 2009 (24.09.2009)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
10 2008 051 820.4
15. Oktober 2008 (15.10.2008) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH** [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9, 30165 Hannover (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HAUSER, Christian** [DE/DE]; Goethestraße 44, 93138 Lappersdorf (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: **CONTINENTAL AUTOMOTIVE GMBH**; Postfach 22 16 39, 80506 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: METHOD FOR CORRECTING INJECTION QUANTITIES AND/OR TIMES OF A FUEL INJECTOR

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR KORREKTUR VON EINSPRITZMENGEN BZW. -DAUERN EINES KRAFTSTOFF-INJEKTORS

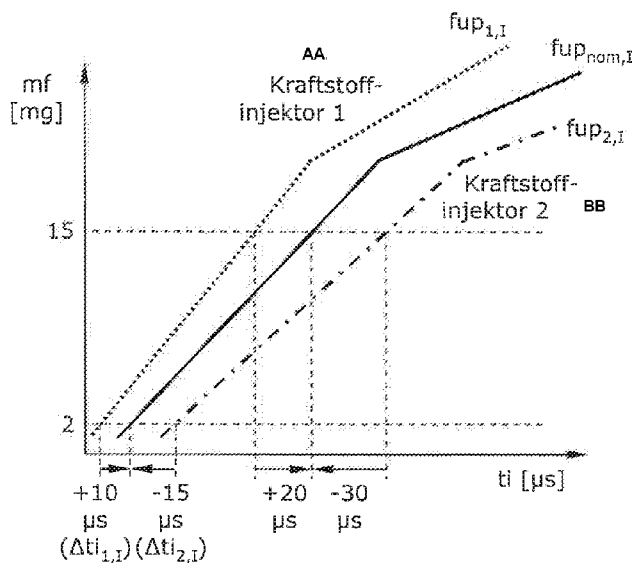


Fig. 7

AA...FUEL INJECTOR 1
BB...FUEL INJECTOR 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for individually correcting injection quantities and/or times ($mf_1, mf_2, mf...$; $ti_1, ti_2, ti...$) in particular for a ballistic operating range of a fuel injector (1, 2,...), wherein a quantity deviation of an actual injection quantity ($mf_1, mf_2, mf...$) from a nominal injection quantity (mf_{nom}) of the fuel injector (1, 2,...) during operation of the fuel injector (1, 2,...) is determined, and a typical injection characteristic ($fup_1, fup_2, fup...$) of the fuel injector (1, 2,...) is adapted to a nominal injection characteristic (fup_{nom}) based on said quantity deviation. Furthermore, the invention relates to a controller, in particular an engine controller, by which a method according to the invention can be implemented and is implemented.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur individuellen Korrektur von Einspritzmengen bzw. -dauern ($mf_1, mf_2, mf...$; $ti_1, ti_2, ti...$) insbesondere für einen ballistischen Betriebsbereich eines Kraftstoffinjektors (1, 2,...), wobei in einem Betrieb des Kraftstoffinjektors (1, 2,...) eine Mengen-Abweichung einer tatsächlichen Einspritzmenge ($mf_1, mf_2, mf...$) von einer nominalen Einspritzmenge (mf)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



_{nom}) des Kraftstoffinjektors (1, 2,...) ermittelt wird, und durch diese Mengen-Abweichung eine typische Einspritz-Kennlinie (f_{up_1} , f_{up_2} , $f_{up...}$) des Kraftstoffinjektors (1, 2,...) an eine nominale Einspritz-Kennlinie ($f_{up_{nom}}$) adaptiert wird. Ferner betrifft die Erfindung eine Steuerung, insbesondere eine Motorsteuerung, mittels welcher ein erfindungsgemäßes Verfahren durchführbar ist und durchgeführt wird.

Beschreibung

Verfahren zur Korrektur von Einspritzmengen bzw. -dauern ei-
5 nes Kraftstoffinjektors

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur individuellen Kor-
rektur von Einspritzmengen bzw. Einspritzdauern insbesondere
für einen ballistischen Betriebsbereich eines Kraftstoffin-
10 jektors. Ferner betrifft die Erfindung eine Steuerung, insbe-
sondere eine Motorsteuerung, welche ein erfindungsgemäßes
Verfahren durchführt.

Immer strenger werdende, gesetzliche Vorschriften bezüglich
15 zulässiger Schadstoffemissionen von Verbrennungsmotoren für
Kraftfahrzeuge machen es erforderlich, Maßnahmen zu treffen,
durch welche die Schadstoffemissionen gesenkt werden können.
Ein Ansatzpunkt hierbei ist es, eine verbesserte Gemischauf-
bereitung in den Zylindern des Verbrennungsmotors zu erzie-
20 len. Eine entsprechend verbesserte Gemischaufbereitung kann
erreicht werden, wenn Kraftstoff unter einem bestimmten Druck
mittels Kraftstoffinjektoren zugemessen wird. Im Falle eines
Diesel-Verbrennungsmotors betragen solche Kraftstoffdrücke
bis über 2.000 bar.

25 Bei einem Kraftstoffinjektor erfolgt eine Steuerung einer
Einspritzung von Kraftstoff üblicherweise mittels einer Dü-
sennadel, die in einer Düsenbaugruppe des Kraftstoffinjektors
verschiebbar gelagert ist und ein oder eine Mehrzahl von
30 Spritzlöchern eines Düsenkörpers der Düsenbaugruppe in Abhän-
gigkeit von ihrer Stellung für den einzuspritzenden Kraft-
stoff freigibt oder verschließt. Eine mechanische Ansteuerung
der Düsennadel erfolgt üblicherweise durch einen Aktor, be-
vorzugt einen Piezoaktor, der entweder mechanisch mit der Dü-
35 sennadel, oder über ein Servoventil und einen Steuerraum auf
ein Übertragungsglied (Kolben) wirkt, welches mit der Düsen-
nadel mechanisch zusammenwirkt oder mit dieser integral aus-
gebildet ist. Die Düsennadel und das Übertragungsglied sind

hierbei üblicherweise in einer Gleitführung mit einem geringen Spiel gleitgelagert, wobei eine Schmierung dieser Lagerung in der Regel durch den einzuspritzenden Kraftstoff erfolgt.

5

Um die Schadstoffemissionen zu senken und auch einen Verbrauch des Verbrennungsmotors so gering wie möglich zu halten, ist es wünschenswert, eine möglichst optimale Verbrennung innerhalb der Zylinder des Verbrennungsmotors zu erzielen. Für eine gute Prozessführung bzw. Steuerung/Regelung einer Verbrennung in den Zylindern des Verbrennungsmotors ist es notwendig, den einzuspritzenden Kraftstoff möglichst genau dosieren zu können, um zu jedem Zeitpunkt eine möglichst optimale Verbrennung und/oder eine möglichst vollständige Regenerierung eines Partikelfilters zu erreichen.

15

Drehmomentanforderungen des Verbrennungsmotors werden in Einspritzmengen umgerechnet. Jede Einspritzmenge korreliert mit einer Einspritzdauer in Abhängigkeit eines Einspritzdrucks.

20

Die daraus resultierenden Einspritz-Kennlinien werden als ein nominales Einspritz-Kennfeld (siehe auch Fig. 1) in einer Software einer Steuerung für den Verbrennungsmotor abgelegt. Diese Korrelationen werden für alle Kraftstoffinjektoren verwendet, wobei individuelle Unterschiede der Kraftstoffinjektoren, verursacht z. B. durch Fertigungsabweichungen oder Alterung und Verschleiß der Bauteile, während der gesamten Lebensdauer der Kraftstoffinjektoren nicht berücksichtigt werden.

25

Abweichungen der Ist-Einspritzmengen von den Soll-Einspritzmengen (siehe auch Fig. 2), letztere werden im Folgenden als nominale Einspritzmengen bezeichnet, haben immer negative Auswirkungen auf eine Verbrennung bzw. die dadurch entstehenden Schadstoffemissionen. Sind die Einspritzmengen zu klein und somit die Ansteuerdauern der Kraftstoffinjektoren zu kurz, so kann es darüber hinaus zu einem Ausbleiben von Einspritzungen und somit zu einer Laufunruhe des betreffenden Verbrennungsmotors kommen. Sind die Einspritzmengen der

35

Kraftstoffinjektoren zu groß bzw. deren Ansteuerdauern zu lang, so kann eine Überhitzung des Verbrennungsmotors die Folge sein.

- 5 Aus diesen Gründen ist eine individuelle Anpassung der Einspritzmengen bzw. -dauern der betreffenden Kraftstoffinjektoren wünschenswert. D. h. die Einspritzmengen bzw. -dauern eines jeden Kraftstoffinjektors sollen an das nominale Einspritzdauer- bzw. Einspritzmengen-Kennfeld angepasst werden.
- 10 Dies ist insbesondere aufgrund ständig sinkender gesetzlicher Emissionsgrenzwerte erforderlich.

- Im Stand der Technik (siehe auch unten) existieren zwei Verfahren, durch welche eine injektorindividuelle Anpassung an
- 15 das nominale Einspritz-Kennfeld teilweise realisiert wird. Dies ist die so genannte IIC (Injector Individual Correction) und die MFMA (Minimum Fuel Mass Adaption), wobei die MFMA nur für einen unteren ballistischen Bereich einer Düsennadelbewegung für Einspritzmengen bis ca. 3mg geeignet ist, und die
- 20 IIC im ballistischen Bereich zu ungenau arbeitet.

- Es ist daher eine Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren zur individuellen Korrektur von Einspritzmengen bzw. Einspritzdauern insbesondere für einen ballistischen Be-
- 25 triebsbereich eines Kraftstoffinjektors anzugeben. Das erfindungsgemäße Verfahren soll dabei während eines bestimmungsgemäßen Betriebs des Kraftstoffinjektors durchführbar sein, um Alters- bzw. Verschleißerscheinungen des Kraftstoffinjektors kompensieren zu können. Ferner soll das erfindungsgemäße Ver-
- 30 fahren kostengünstig implementierbar und schnell durchführbar sein.

- Die Aufgabe der Erfindung wird durch ein Verfahren zur individuellen Korrektur von Einspritzmengen bzw. Einspritzdauern insbesondere für einen ballistischen Betriebsbereich eines
- 35 Kraftstoffinjektors, nach Anspruch 1 gelöst. Ferner wird die Aufgabe der Erfindung mittels einer Steuerung, insbesondere einer Motorsteuerung, nach Anspruch 17 gelöst, welche ein er-

findungsgemäßes Verfahren durchführen kann. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

5 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur individuellen Korrektur von Einspritzmengen und/oder Einspritzdauern wird in einem Betrieb des Kraftstoffinjektors eine Mengen-Abweichung einer tatsächlichen Einspritzmenge von einer nominalen Einspritzmenge und/oder eine Zeitdauer-Abweichung einer tatsächlichen Einspritzdauer von einer nominalen Einspritzdauer des Kraftstoffinjektors ermittelt. Durch diese Mengen- und/oder Zeitdauer-Abweichung wird dann im Anschluss daran eine für den Kraftstoffinjektor typische Einspritz-Kennlinie an eine nominale Einspritz-Kennlinie adaptiert bzw. angepasst. Hierdurch kann eine für den Kraftstoffinjektor korrigierte, also individuelle Einspritz-Kennlinie erhalten werden.

Hierbei kann die jeweilige Einspritz-Kennlinie eine Einspritzdauer- oder eine Einspritzmengen-Kennlinie aus einem entsprechenden Einspritz-Kennfeld sein. Bevorzugt wird eine Einspritzdauer-Kennlinie aus einem Einspritzdauer-Kennfeld ausgewählt. Es kann gemäß der Erfindung aus der ermittelten Mengen-Abweichung eine Zeitdauer-Abweichung einer tatsächlichen Einspritzdauer von einer nominalen Einspritzdauer berechnet werden. Gemäß der Erfindung wird dann durch die Zeitdauer-Abweichung die typische Einspritz-Kennlinie des Kraftstoffinjektors an die nominale Einspritz-Kennlinie adaptiert bzw. angepasst.

30 Gemäß der Erfindung kann aus der Abweichung der tatsächlichen Einspritzmenge und/oder -dauer von der nominalen Einspritzmenge bzw. -dauer, die korrigierte Einspritz-Kennlinie aufgestellt werden, durch welche der Kraftstoffinjektor erfindungsgemäß angesteuert wird. Hierbei kann die typische Einspritz-Kennlinie unter Berücksichtigung ihrer ursprünglichen Lage bzw. Position gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie an die nominale Einspritz-Kennlinie adaptiert werden. Dies erfolgt bevorzugt unter Berücksichtigung eines ab-

schnittsweisen Parallel-, Aufspreiz-, Polynom- oder Exponentialverhaltens der typischen Einspritz-Kennlinie gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie.

- 5 In bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wird anhand der Mengen- und/oder Zeitdauer-Abweichung die für den Kraftstoffinjektor typische Einspritz-Kennlinie in die nominale Einspritz-Kennlinie verschoben und/oder gedreht. Hierbei ist es bevorzugt, dass die für den Kraftstoffinjektor typische
- 10 Einspritz-Kennlinie um die Abweichung wenigstens parallel verschoben wird. Dies erfolgt wenigstens für einen Teilabschnitt der für den Kraftstoffinjektor typischen Einspritz-Kennlinie, an einen Teilabschnitt der nominalen Einspritz-Kennlinie.
- 15 D. h. die typische Einspritz-Kennlinie wird um die ermittelte Mengen- und/oder Zeitdauer-Abweichung innerhalb ihres Einspritz-Kennfelds zunächst parallel verschoben. Zeitlich daran anschließend oder dem zeitlich vorausgehend, kann ein wie
- 20 auch immer geartetes, sich bei einer Mehrzahl von Kraftstoffinjektoren wiederholendes, Kennlinien-Verhalten gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie, auf die typische Einspritz-Kennlinie angewendet werden. Die typische Einspritz-Kennlinie kann dabei neben einem Verschieben im Einspritz-
- 25 Kennfeld, in ihrer Lage gedreht oder in ihrer Form angepasst werden. Die typische Einspritz-Kennlinie erhält dann in ihrer neuen Lage im Einspritz-Kennfeld eine Form und/oder Lage, die der nominalen Einspritz-Kennlinie nahe kommt.
- 30 In Ausführungsformen der Erfindung wird anhand der Mengen- und/oder Zeitdauer-Abweichung wenigstens ein Teilabschnitt der für den Kraftstoffinjektor typischen Einspritz-Kennlinie an einen korrespondierenden Teilabschnitt der nominalen Einspritz-Kennlinie adaptiert. Bevorzugt wird das Verfahren über
- 35 im Wesentlichen den gesamten ballistischen Betriebsbereich des Kraftstoffinjektors durchgeführt. Ferner ist es möglich, das erfindungsgemäße Verfahren auch in einem Nadelanschlag-Betriebsbereich des Kraftstoffinjektors durchzuführen, wobei

es bevorzugt ist, das Verfahren in einem Übergangsbereich zwischen dem ballistischen Betriebsbereich und dem Nadelanschlag-Betriebsbereich durchzuführen.

5 In Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens kann eine Mengen-Abweichung einer tatsächlichen Einspritzmenge von der nominalen Einspritzmenge des Kraftstoffinjektors bezüglich einer ersten nominalen Einspritz-Kennlinie ermittelt werden, wobei im Anschluss daran durch diese Mengen-Abweichung
10 eine für den Kraftstoffinjektor typische zweite Einspritz-Kennlinie an eine zweite nominale Einspritz-Kennlinie adaptiert wird. Dies erfolgt dann wie oben beschrieben und kann natürlich auch wieder über die Zeitdauer-Abweichung erfolgen. Hierbei repräsentiert die zweite Kennlinie einen anderen Einspritzdruck als die Erste. Bei der Adaption der typischen zweiten Einspritz-Kennlinie an die zweite nominale
15 Einspritz-Kennlinie kann eine Korrekturfunktion oder ein Korrekturwert berücksichtigt werden, der z. B. empirisch ermittelt wurde.

20 Gemäß der Erfindung ist es ausreichend, dass die Mengen- und/oder Zeitdauer-Abweichung für das Aufstellen einer oder einer Mehrzahl von korrigierten Einspritz-Kennlinien nur an einem einzigen Betriebspunkt des Kraftstoffinjektors ermittelt wird. Dies erfolgt bevorzugt in einem Kleinstmengen-Einspritzbereich des Kraftstoffinjektors. Ferner ist es bevorzugt, dass die Mengen- und/oder Zeitdauer-Abweichung der tatsächlichen Einspritzmenge/-dauer von der nominalen Einspritzmenge/-dauer in einem Schubbetrieb eines betreffenden Ver-
25 brennungsmotors ermittelt wird, wobei eine Drehzahländerung aufgrund einer oder einer Mehrzahl von Einspritzungen ermittelt wird. Bevorzugt erfolgt dies im Rahmen einer Anpassung einer minimalen Einspritzmenge des Kraftstoffinjektors (MFMA).

35 Gemäß der Erfindung ist eine injektorindividuelle Korrektur von Abweichungen der Einspritzmengen durch eine Extrapolation von Messabweichungen durch Bereitstellung einer geeigneten

Funktion möglich. Hierdurch ist es möglich, eine wesentliche Verringerung der injektorindividuellen Abweichungen der Einspritzmengen zu erzielen. Dies ist gemäß der Erfindung vor Allem im gesamten ballistischen Betriebsbereich eines Kraftstoffinjektors möglich. Ferner kann das erfindungsgemäße Verfahren kostengünstig umgesetzt werden, da nur eine Anpassung von Ansteuerzeiten des Kraftstoffinjektors erfolgt, und keine baulichen Veränderungen vorgenommen werden müssen. Darüber hinaus werden Alterungs- und Verschleißprozesse des Kraftstoffinjektors berücksichtigt.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügte schematische Zeichnung näher erläutert. In den Diagrammen der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 ein nominales Einspritz-Kennfeld für einen Kraftstoffinjektor, mit drei Einspritz-Kennlinien, die jeweils einen Einspritzdruck repräsentieren;
- Fig. 2 individuelle Einspritz-Kennlinien zweier Kraftstoffinjektoren, deren Einspritzmengen von den nominalen Einspritzmengen bei zugehörigen Einspritzdauern abweichen;
- Fig. 3 zwei zeitliche Verläufe einer Drehzahl eines Verbrennungsmotors in einer Schubphase mit und ohne MFMA (Minimum Fuel Mass Adaption);
- Fig. 4 eine allgemeine Form einer gesamten Einspritz-Kennlinie eines Kraftstoffinjektors in einem ballistischen Betriebsbereich und einen Nadelanschlags-Betriebsbereich des Kraftstoffinjektors;
- Fig. 5 eine individuelle Abweichung einer Einspritzmenge eines Kraftstoffinjektors im ballistischen Betriebsbereich von einer nominalen Einspritzmenge;
- Fig. 6 eine erfindungsgemäße Verlagerung einer typischen Einspritz-Kennlinie eines Kraftstoffinjektors an die nominale Einspritz-Kennlinie;

Fig. 7 eine erfindungsgemäße Adaption von typischen Einspritz-Kennlinien zweier Kraftstoffinjektoren an die nominale Einspritz-Kennlinie; und

5 Fig. 8 eine erfindungsgemäße Übertragung einer bezüglich einer ersten nominalen Einspritz-Kennlinie ermittelten Abweichung einer Einspritzmenge, auf eine zweite typische Einspritz-Kennlinie gegenüber einer zweiten nominalen Einspritz-Kennlinie.

10 Wenn im Folgenden von einer „Kennlinie“ die Rede ist, so sollen damit auch die Begriffe „Kennfeld“ oder „Kennbereich“ umfasst sein. D. h. eine Kennlinie kann selbst auch wiederum ein Kennfeld bzw. ein Kennbereich sein. Wenn ferner im Folgenden von einer typischen Kennlinie die Rede ist, so soll
15 damit eine allgemeine, eine Mehrzahl von Kraftstoffinjektoren betreffende Kennlinie gemeint sein. D. h. eine solche Kennlinie ist eine für eine Mehrzahl von Kraftstoffinjektoren gemittelte Kennlinie. Hieraus ergibt sich dann gemäß der Erfindung eine korrigierte bzw. individuelle Kennlinie eines
20 Kraftstoffinjektors unter der Voraussetzung, dass eine Abweichung der typischen Kennlinie zu einer nominalen bzw. idealen Kennlinie in wenigstens einem Punkt bekannt ist und so die typische Kennlinie gegenüber der nominalen Kennlinie positionierbar ist.

25 Die Fig. 1 zeigt ein nominales Einspritzmengen-Kennfeld mit drei nominalen Einspritz-Kennlinien $f_{up_{nom,I}}$, $f_{up_{nom,II}}$, $f_{up_{nom,III}}$, welche jeweils einen bestimmten Einspritzdruck repräsentieren. Diese nominalen Einspritz-Kennlinien $f_{up_{nom,I}}$, $f_{up_{nom,II}}$, $f_{up_{nom,III}}$
30 stellen ein gewünschtes ideales Verhalten aller Kraftstoffinjektoren für eine bestimmte Anwendung dar, die alle bei einer bestimmten Einspritzdauer t_i eine bestimmte Einspritzmenge m_f abgeben sollen.

35 Die Fig. 2 zeigt nun ein reales Verhalten zweier Kraftstoffinjektoren 1, 2 gegenüber dem idealen nominalen Verhalten. Über den gesamten Betriebsbereich hinweg differieren die Einspritzmengen von den idealen Einspritzmengen, was in der Fig.

2 bei der Zeitdauer t dargestellt ist. Hierbei ist die eingespritzte Kraftstoffmenge $mf_1(t)$ des Kraftstoffinjektors 1 größer als die nominal einzuspritzende Kraftstoffmenge $mf_{nom}(t)$, welche wiederum größer als die vom Kraftstoffinjektor 2 eingespritzte Kraftstoffmenge $mf_2(t)$ ist. Dies gilt auch für die in der Fig. 2 nicht dargestellten anderen Einspritz-Kennlinien für die Kraftstoffinjektoren 1, 2 bei anderen Einspritzdrücken.

10 Derzeit gibt es zwei Verfahren, die eine injektorindividuelle Anpassung von Einspritzmengen-Kennfeldern zumindest teilweise ermöglichen. Dies ist die oben schon erwähnte IIC (Injector Individual Correction) und die ebenfalls schon genannte MFMA (Minimum Fuel Mass Adaption).

15 Die IIC wurde ursprünglich entwickelt, um eine auszubringende Anzahl von Kraftstoffinjektoren aus der Fertigung zu erhöhen. Hierbei werden bei einer großen Anzahl an Kraftstoffinjektoren die Einspritzmengen-Kennfelder mittels einer Mengen-Mess-
20 technik vermessen und ein mittleres Einspritzmengen-Kennfeld errechnet. Die Abweichungen des Einspritzmengen-Kennfelds aller anschließend vermessenen Kraftstoffinjektoren zum mittleren Einspritzmengen-Kennfeld werden bei bestimmten Messpunkten gemessen, anhand statistischer Methoden für das gesamte
25 Einspritzmengen-Kennfeld extrapoliert und für einen Fahrzeugbetrieb in entsprechenden Einspritzmengen-Kennfeldern abgelegt. Die Vermessung muss wegen der benötigten Messmittel an einem Prüfstand durchgeführt werden, wodurch eine Wiederholung im Fahrbetrieb nicht möglich ist. D. h. es kann keine
30 Korrektur während der Lebensdauer der Kraftstoffinjektoren vorgenommen werden. Ferner ergibt sich insbesondere im ballistischen Betriebsbereich der Kraftstoffinjektoren nur eine geringe Genauigkeit.

35 Bei der MFMA werden während der Lebensdauer die Abweichungen der Ist- von den Soll-Einspritzmengen von Kraftstoffinjektoren in einem Kleinstmengen-Einspritzbereich mittels Drehzahländerungen bestimmt und angepasst. Hierbei wird in Schubpha-

sen des Verbrennungsmotors (siehe auch Fig. 3), in welchen normalerweise keine Einspritzungen stattfinden, in einem Zylinder Einspritzungen mit sehr geringen Mengen vorgenommen und über eine dadurch erfolgende Änderung einer Drehzahl n (gepunktete Linie in Fig. 3) eine zugehörige Einspritzmenge anhand von Modellen errechnet. Die sich dadurch ergebenden Korrekturgrößen werden injektorindividuell für die geprüften Kleinstmengen in Einspritzmengen-Kennfeldern abgelegt. Problematisch bei der MFMA ist, dass diese nur in einem Kleinstmengen-Einspritzbereich anwendbar ist, da ansonsten die Einspritzungen vom Fahrer akustisch oder als eine Beschleunigung wahrgenommen werden.

In einem Nadelanschlag-Betriebsbereich des Kraftstoffinjektors 1, 2 kann zur Mengenkorrektur ICC, und in einem ballistischen Betriebsbereich bis ca. 3mg pro Einspritzung kann die MFMA angewendet werden; siehe hierzu die Fig. 4. In dem Bereich von ca. 3mg bis ca. 15-20mg pro Einspritzung gibt es derzeit kein ausreichend genaues Korrekturverfahren. Der Nadelanschlag-Betriebsbereich (Einspritzmengen von mehr als ca. 15-20mg pro Einspritzung) und der ballistische Betriebsbereich (Einspritzmengen bis ca. 15-20mg pro Einspritzung) des Kraftstoffinjektors 1, 2 sind durch eine Gradientenänderung (Knick) in der jeweiligen Einspritz-Kennlinie voneinander unterscheidbar.

Eine Korrektur für ein vollständiges Einspritz-Kennfeld während einer gesamten Lebensdauer des Kraftstoffinjektors 1, 2 ist mit den zur Verfügung stehenden Verfahren nicht möglich. Insbesondere steht kein Verfahren zur Verfügung, durch welches eine ausreichende Korrektur für den vollständigen ballistischen Betriebsbereich möglich wäre.

Gemäß der Erfindung kann eine injektorindividuelle Korrektur der Einspritzmengen-Abweichungen über den gesamten ballistischen Betriebsbereich einer Düsenadel erfolgen. Darüber hinaus ist es möglich, das erfindungsgemäße Verfahren auch in einem Übergangsbereich vom ballistischen Betriebsbereich in

den Nadelanschlags-Betriebsbereich sowie im gesamten Nadelanschlags-Betriebsbereich des Kraftstoffinjektors 1, 2 anzuwenden.

5 Eine Vermessung von mehreren Kraftstoffinjektoren 1, 2, ... hat gezeigt, dass die individuellen Abweichungen der jeweiligen Kraftstoffinjektoren 1, 2, ... insbesondere im ballistischen Betriebsbereich aber auch im Nadelanschlags-Betriebsbereich
10 vorhersagbaren Mustern entsprechen. D. h. die Kraftstoffinjektoren 1, 2, ... besitzen im Wesentlichen alle ein gemeinsames Verhalten; die jeweiligen individuellen Kennlinien f_{up1} , f_{up2} , $f_{up...}$ sind zueinander ähnlich, befinden sich jedoch jeweils in einer anderen Lage im Einspritz-Kennfeld. Dieses
15 Muster ist abhängig von einer konstruktiven, also mechanischen und hydraulischen, Auslegung der Kraftstoffinjektoren 1, 2, ...

So nimmt bei bestimmten Kraftstoffinjektoren 1, 2, ... z. B. mit zunehmender Einspritzmenge mf_1 , mf_2 , $mf...$ eine Abweichung
20 zur nominalen Einspritzmenge mf_{nom} zu, d. h. die betreffende individuelle Einspritz-Kennlinie f_{up1} , f_{up2} , $f_{up...}$ klappt gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie $f_{up_{nom}}$ auf, was in den Fig. 5 bis 8 dargestellt ist. D. h. die Abweichungen sind
25 als eine Spreizung zur nominalen Einspritz-Kennlinie $f_{up_{nom}}$ feststellbar.

Darüber hinaus sind andere einer Mehrzahl von Kraftstoffinjektoren 1, 2, ... gemeinsame Verhalten möglich. So kann sich die jeweilige individuelle Einspritz-Kennlinie f_{up1} , f_{up2} ,
30 $f_{up...}$ parallel zur nominalen Einspritz-Kennlinie $f_{up_{nom}}$ erstrecken. Auch ein Polynom- oder Exponentialverhalten ist möglich. Hierbei kann das jeweilige Parallel-, Aufspreiz-, Polynom- oder Exponentialverhalten auch nur abschnittsweise gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie $f_{up_{nom}}$ in Erscheinung
35 treten.

Ist nun eine jeweilige Abweichung $\Delta mf_{1,I}$, $\Delta mf_{2,I}$, $\Delta mf_{...,I}$ einer Einspritzmenge $mf_{1,I}$, $mf_{2,I}$, $mf_{...,I}$ an nur einem einzigen Punkt,

also für nur eine einzige Einspritzdauer $t_{i1,I}$, $t_{i2,I}$, $t_{i\ldots,I}$ bekannt, so ist es gemäß der Erfindung möglich, die Abweichungen für alle anderen Punkte der betreffenden individuellen Kennlinie $fup_{1,I}$, $fup_{2,I}$, $fup_{\ldots,I}$ (siehe auch Fig. 5 bis 7) und
 5 auch die anderen betreffenden individuellen Kennlinien $fup_{1,II}$, $fup_{2,II}$, $fup_{\ldots,II}$; $fup_{1,\ldots}$, $fup_{2,\ldots}$, $fup_{\ldots,\ldots}$; ... (siehe auch Fig. 8) des Einspritz-Kennfelds zu berechnen und entsprechend zu korrigieren. D. h. es werden jeweils korrigierte Einspritz-Kennlinien $fup_{1,I,korr}$, $fup_{2,I,korr}$, $fup_{\ldots,I,korr}$;
 10 $fup_{1,II,korr}$, $fup_{2,II,korr}$, $fup_{\ldots,II,korr}$; $fup_{1,\ldots,korr}$, $fup_{2,\ldots,korr}$, $fup_{\ldots,\ldots,korr}$; ... aufgestellt. Der Index I, II, ... repräsentiert dabei unterschiedliche Einspritzdrücke.

Die in Fig. 5 dargestellte individuelle Einspritz-Kennlinie
 15 $fup_{1,I}$ des Kraftstoffinjektors 1 weicht von der ebenfalls in der Fig. 5 dargestellten nominalen Einspritz-Kennlinie $fup_{nom,I}$ ab. Hierbei ist in Fig. 5 nur der jeweilige ballistische Betriebsbereich des Kraftstoffinjektors 1 bzw. die entsprechenden Abschnitte der Einspritz-Kennlinien $fup_{1,I}$, $fup_{nom,I}$
 20 dargestellt. Mit einer zunehmenden Ansteuerdauer t_i des Kraftstoffinjektors 1 weicht die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge mf_1 immer mehr von der nominal einzuspritzen- den Kraftstoffmenge mf_{nom} ab.

D. h. die individuelle Einspritz-Kennlinie $fup_{1,I}$ spreizt sich gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie $fup_{nom,I}$ auf, ist also nicht nur parallel verschoben, sondern auch um einen gewissen Winkelbetrag gedreht gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie $fup_{nom,I}$ vorgesehen. Diese individuelle Einspritz-Kennlinie $fup_{1,I}$ wird dadurch erhalten, dass eine vielen Kraftstoffinjektoren gemeinsame, mittlere bzw. typische Einspritz-Kennlinie fup_I durch eine Ermittlung einer real eingespritzten Kraftstoffmenge mf_1 eines Kraftstoffinjektors 1 in ihrer Lage im Einspritz-Kennfeld bekannt ist. Die individuelle Einspritz-Kennlinie $fup_{1,I}$ unterscheidet sich von einer typischen Einspritz-Kennlinie fup_I dadurch, dass ihre Position im Einspritz-Kennfeld genau bekannt ist, eine Form
 35

entspricht nach wie vor der typischen Einspritz-Kennlinie f_{up_I} .

Gemäß der Erfindung wird nun bei einer bestimmten Ansteuer-
 5 dauer t_1 eine durch den Kraftstoffinjektor 1 bei einem Einspritzdruck I real eingespritzte Kraftstoffmenge $mf_{1,I}(t_1)$ bestimmt; siehe Fig. 5. Dies kann z. B. in einem bestimmungsge-
 mäßigen Betrieb des Kraftstoffinjektors 1 in einem Verbrennungsmotor während einer Fahrt, z. B. mittels MFMA oder über
 10 die Ermittlung eines generierten Drehmoments in einem jeweiligen Zylinder des Verbrennungsmotors, erfolgen. Darüber hinaus ist aus der zugeordneten nominalen Einspritz-Kennlinie $f_{up_{nom,I}}$ für die Ansteuerdauer $t_1 = t_{nom}$ die eigentlich einzuspritzende Kraftstoffmenge $mf_{nom,I}(t_1)$ bekannt.

15 Somit kann die Mengen-Abweichung $\Delta mf_{1,I}(t_1) = |mf_{1,I}(t_1) - mf_{nom,I}(t_1)|$ der real eingespritzten Kraftstoffmenge $mf_{1,I}(t_1)$ mit der nominal einzuspritzenden Kraftstoffmenge $mf_{nom,I}$ bestimmt werden. Aus der Mengen-Abweichung $\Delta mf_{1,I}(t_1)$ kann eine
 20 Zeitdauer-Abweichung $\Delta ti_{1,I}(t_1)$ bestimmt werden, mit welcher dann eine tatsächliche Ansteuerdauer t_2 des Kraftstoffinjektors 1 bestimmbar ist, damit dieser die gewünschte Kraftstoffmenge $mf_{nom,I}(t_1)$ einspritzt. Im vorliegenden Beispiel ist dies $t_2 = t_1 - \Delta ti_{1,I}(t_1)$, wobei $\Delta ti_{1,I}(t_1)$ vorzeichenbehaftet
 25 eingeht.

Somit ist es möglich, die individuelle Einspritz-Kennlinie $f_{up_{1,I}}$ und auch die typische Einspritz-Kennlinie f_{up_I} an die nominale Einspritz-Kennlinie $f_{up_{nom,I}}$ zu adaptieren bzw. anzupassen, was in der Fig. 6 dargestellt ist. Hierbei wird die
 30 individuelle Einspritz-Kennlinie $f_{up_{1,I}}$ oder die typische Einspritz-Kennlinie f_{up_I} bei $mf_{nom,I}(t_1)$ bei t_1 mit der nominalen Einspritz-Kennlinie $f_{up_{nom,I}}$ zur Deckung gebracht, d. h. hier schneiden sich die beiden Kennlinien $f_{up_{1,I}}/f_{up_I}$, $f_{up_{nom,I}}$.

35 Ferner ist es möglich, die individuelle Einspritz-Kennlinie $f_{up_{1,I}}$ oder die typische Einspritz-Kennlinie f_{up_I} zusätzlich an die nominale Einspritz-Kennlinie $f_{up_{nom,I}}$ anzupassen, so-

weit ein gegenseitiges Verhalten bekannt ist. Fig. 6 zeigt z. B. zusätzlich die Möglichkeit, die individuelle Einspritz-Kennlinie $f_{up1,I}$ oder die typische Einspritz-Kennlinie f_{upI} gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie $f_{upnom,I}$ zu ver-
5 drehen; siehe auch unten. Darüber hinaus sind auch noch andere Anpassungsfunktionen (Polynom-, Exponential-Funktionen, etc.) anwendbar.

Fig. 7 erläutert die Erfindung an einem Beispiel. Bei einer
10 Einspritzmenge von $mf_1 = mf_2 = 2\text{mg}$ Kraftstoff beträgt die jeweilige Zeitabweichung $\Delta ti_{1,I}$, $\Delta ti_{2,I}$ für den Kraftstoffinjektor 1 $\Delta ti_{1,I} = 10\mu\text{s}$ und für den Kraftstoffinjektor 2 $\Delta ti_{2,I} = -15\mu\text{s}$. Durch die Aufspreizung betragen diese Zeit-Abweichungen bei einer Einspritzmenge von $mf_1 = mf_2 = 15\text{mg}$ Kraftstoff $20\mu\text{s}$
15 bzw. $-30\mu\text{s}$. D. h. erfindungsgemäß werden die Zeitabweichungen bei $mf_1 = mf_2 = 2\text{mg}$ mit dem Faktor 2 multipliziert, um die Zeitabweichungen bei $mf_1 = mf_2 = 15\text{mg}$ zu berechnen und zu korrigieren. Zwischenwerte werden entsprechend interpoliert.

Fig. 8 zeigt in den Schritten A, B, C eine Übertragung eines adaptierten Werts von einer Einspritz-Kennlinie f_{upI} ($f_{up1,I}$, $f_{upnom,I}$) auf eine zweite Einspritz-Kennlinie f_{upII} ($f_{up1,II}$, $f_{upnom,II}$). Der bei der Einspritz-Kennlinie f_{upI} bei der Einspritzmenge $mf = 2\text{mg}$ adaptierte Wert wird mittels einer Funk-
25 tion auf die Einspritz-Kennlinie f_{upII} übertragen. Da der Verlauf der Einspritz-Kennlinie f_{upII} ebenfalls bekannt ist, ist es nun erfindungsgemäß möglich, bei der Einspritz-Kennlinie f_{upII} bei der Einspritzmenge $mf = 2\text{mg}$ alle anderen Einspritzmengen bei f_{upII} zu bestimmen, was in der Fig. 8
30 beispielhaft für die Einspritzmenge $mf = 12\text{mg}$ dargestellt ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur individuellen Korrektur von Einspritzmen-
5 gen bzw. -dauern ($mf_1, mf_2, mf_{\dots}; ti_1, ti_2, ti_{\dots}$) insbesondere für einen ballistischen Betriebsbereich eines Kraftstoffinjektors (1, 2, ...), wobei
in einem Betrieb des Kraftstoffinjektors (1, 2, ...) eine Mengen-Abweichung ($\Delta mf_1, \Delta mf_2, \Delta mf_{\dots}$) einer tatsächlichen
10 Einspritzmenge ($mf_1, mf_2, mf_{\dots}$) von einer nominalen Einspritzmenge (mf_{nom}) des Kraftstoffinjektors (1, 2, ...) ermittelt wird, und
durch diese Mengen-Abweichung ($\Delta mf_1, \Delta mf_2, \Delta mf_{\dots}$) eine injektorindividuell typische Einspritz-Kennlinie ($fup_1, fup_2, fup_{\dots}$) des Kraftstoffinjektors (1, 2, ...) an eine
15 nominale Einspritz-Kennlinie (fup_{nom}) adaptiert wird, wobei eine typische Einspritz-Kennlinie (fup) für den Kraftstoffinjektor (1, 2, ...) eine allgemeine, eine Mehrzahl von Kraftstoffinjektoren betreffende Einspritz-Kennlinie ist.
20
2. Verfahren gemäß Anspruch 1, wobei die injektorindividuell typische Einspritz-Kennlinie ($fup_1, fup_2, fup_{\dots}$) aus der typischen Einspritz-Kennlinie (fup) erhalten wird,
25 indem ein betreffender Punkt der typischen Einspritz-Kennlinie (fup) in einen Punkt einer tatsächlichen Einspritzmenge ($mf_1, mf_2, mf_{\dots}$) verlagert wird.
3. Verfahren gemäß Anspruch 1 oder 2, wobei aus der ermittelten, insbesondere einzigen, Mengen-Abweichung ($\Delta mf_1, \Delta mf_2, \Delta mf_{\dots}$) unter Berücksichtigung der nominalen
30 Einspritz-Kennlinie (fup_{nom}) die tatsächliche Einspritz-Kennlinie für den Kraftstoffinjektor (1, 2, ...) berechnet wird.
35
4. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei aus der Mengen-Abweichung ($\Delta mf_1, \Delta mf_2, \Delta mf_{\dots}$) eine Zeitdauer-Abweichung ($\Delta ti_1, \Delta ti_2, \Delta ti_{\dots}$) einer tatsächlichen Ein-

spritzdauer ($ti_1, ti_2, ti_{\dots}$) von einer nominalen Einspritzdauer (ti_{nom}) berechnet wird, wobei durch die Zeitdauer-Abweichung ($\Delta ti_1, \Delta ti_2, \Delta ti_{\dots}$) die injektorindividuell typische Einspritz-Kennlinie ($fup_1, fup_2, fup_{\dots}$) an die nominale Einspritz-Kennlinie (fup_{nom}) adaptiert wird.

5. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei aus der Abweichung ($\Delta mf_1, \Delta mf_2, \Delta mf_{\dots}; \Delta ti_1, \Delta ti_2, \Delta ti_{\dots}$) der tatsächlichen Einspritzmenge/-dauer ($mf_1, mf_2, mf_{\dots}; ti_1, ti_2, ti_{\dots}$) von der nominalen Einspritzmenge/-dauer ($mf_{nom}; ti_{nom}$), eine korrigierte Einspritz-Kennlinie ($fup_{1,korr}, fup_{2,korr}, fup_{\dots,korr}$) aufgestellt wird, durch welche der Kraftstoffinjektor (1, 2, ...) angesteuert wird.

6. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die injektorindividuell typische Einspritz-Kennlinie ($fup_1, fup_2, fup_{\dots}$) unter Berücksichtigung ihrer Lage gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie (fup_{nom}) an diese adaptiert wird.

7. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die injektorindividuell typische Einspritz-Kennlinie ($fup_1, fup_2, fup_{\dots}$) unter Berücksichtigung eines Parallel-, eines Aufspreiz-, eines Polynom- oder Exponentialverhaltens gegenüber der nominalen Einspritz-Kennlinie (fup_{nom}) an diese adaptiert wird.

8. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei anhand der Abweichung ($\Delta mf_1, \Delta mf_2, \Delta mf_{\dots}; \Delta ti_1, \Delta ti_2, \Delta ti_{\dots}$) die injektorindividuell typische Einspritz-Kennlinie ($fup_1, fup_2, fup_{\dots}$) in die nominale Einspritz-Kennlinie (fup_{nom}) verschoben und/oder ggf. gedreht wird.

9. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die injektorindividuell typische Einspritz-Kennlinie ($fup_1, fup_2, fup_{\dots}$) um die Abweichung ($\Delta mf_1, \Delta mf_2, \Delta mf_{\dots}; \Delta ti_1, \Delta ti_2, \Delta ti_{\dots}$) parallel verschoben wird.

10. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei anhand der Abweichung (Δmf_1 , Δmf_2 , $\Delta mf_{\dots}$; Δti_1 , Δti_2 , $\Delta ti_{\dots}$) ein Teilabschnitt der injektorindividuell typischen Einspritz-Kennlinie (fup_1 , fup_2 , $fup_{\dots}$) an einen Teilabschnitt der nominalen Einspritz-Kennlinie (fup_{nom}) adaptiert wird.
11. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei durch eine Abweichung ($\Delta mf_{1,I}$, $\Delta mf_{2,I}$, $\Delta mf_{\dots,I}$; $\Delta ti_{1,I}$, $\Delta ti_{2,I}$, $\Delta ti_{\dots,I}$) bezüglich einer ersten nominalen Einspritz-Kennlinie ($fup_{nom,I}$), eine injektorindividuell typische zweite Einspritz-Kennlinie ($fup_{1,II}$, $fup_{2,II}$, $fup_{\dots,II}$) an eine zweite nominale Einspritz-Kennlinie ($fup_{nom,II}$) adaptiert wird.
12. Verfahren gemäß Anspruch 11, wobei bei der Adaption der injektorindividuell typischen zweiten Einspritz-Kennlinie ($fup_{1,II}$, $fup_{2,II}$, $fup_{\dots,II}$) an die zweite nominale Einspritz-Kennlinie ($fup_{nom,II}$), eine Korrekturfunktion (f) oder ein Korrekturwert (f) berücksichtigt wird.
13. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Abweichung (Δmf_1 , Δmf_2 , $\Delta mf_{\dots}$; Δti_1 , Δti_2 , $\Delta ti_{\dots}$) für das Aufstellen einer ($fup_{1,korr}$, $fup_{2,korr}$, $fup_{\dots,korr}$) oder einer Mehrzahl von korrigierten Einspritz-Kennlinien ($fup_{1,I,korr}$, $fup_{2,I,korr}$, $fup_{\dots,I,korr}$; $fup_{1,II,korr}$, $fup_{2,II,korr}$, $fup_{\dots,II,korr}$; ...) nur an einem einzigen Betriebspunkt des Kraftstoffinjektors (1, 2, ...) ermittelt wird.
14. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Abweichung (Δmf_1 , Δmf_2 , $\Delta mf_{\dots}$; Δti_1 , Δti_2 , $\Delta ti_{\dots}$) der tatsächlichen Einspritzmenge/-dauer (mf_1 , mf_2 , $mf_{\dots}$; ti_1 , ti_2 , $ti_{\dots}$) des Kraftstoffinjektors (1, 2, ...) von der nominalen Einspritzmenge/-dauer (mf_{nom} , ti_{nom}) in einem Kleinstmengen-Einspritzbereich des Kraftstoffinjektors (1, 2, ...) ermittelt wird.

15. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Abweichung (Δmf_1 , Δmf_2 , $\Delta mf_{\dots}$; Δti_1 , Δti_2 , $\Delta ti_{\dots}$) der tatsächlichen Einspritzmenge/-dauer (mf_1 , mf_2 , $mf_{\dots}$; ti_1 , ti_2 , $ti_{\dots}$) von der nominalen Einspritzmenge/-dauer (mf_{nom} , ti_{nom}) in einem Schubbetrieb eines betreffenden Verbrennungsmotors ermittelt wird.
16. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die Abweichung (Δmf_1 , Δmf_2 , $\Delta mf_{\dots}$; Δti_1 , Δti_2 , $\Delta ti_{\dots}$) der tatsächlichen Einspritzmenge/-dauer (mf_1 , mf_2 , $mf_{\dots}$; ti_1 , ti_2 , $ti_{\dots}$) von der nominalen Einspritzmenge (mf_{nom} , ti_{nom}) durch eine Drehzahländerung aufgrund einer Einspritzung ermittelt wird.
17. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei das Verfahren im ballistischen Betriebsbereich, bevorzugt über im Wesentlichen den gesamten ballistischen Betriebsbereich des Kraftstoffinjektors (1, 2, ...), und/oder in einem Nadelanschlag-Betriebsbereich des Kraftstoffinjektors (1, 2, ...) durchgeführt wird.
18. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17, wobei das Verfahren in einem bestimmungsgemäßen Betrieb des Kraftstoffinjektors im Verbrennungsmotor, durchgeführt wird.
19. Steuerung, insbesondere Motorsteuerung, die ausgebildet ist, ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18 durchzuführen.

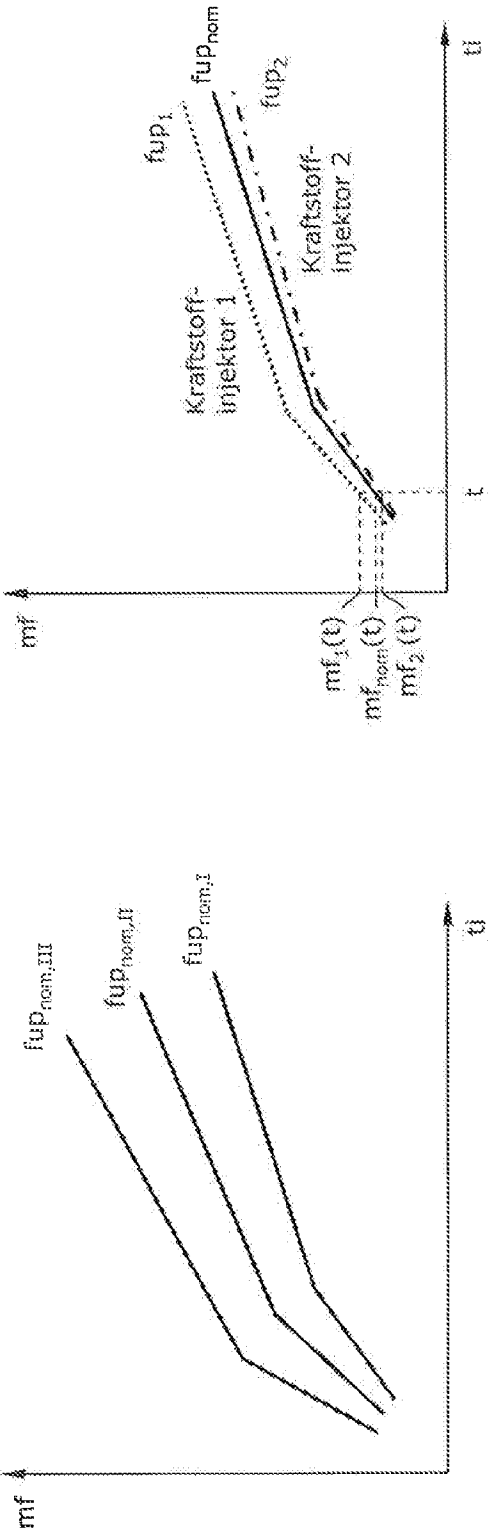


Fig. 1

Fig. 2

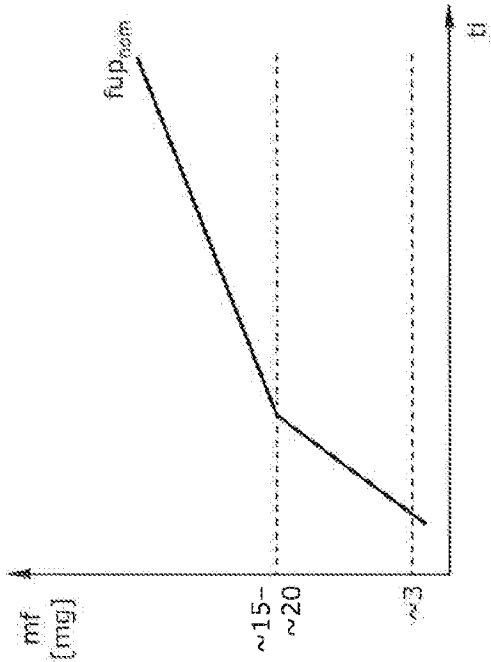


Fig. 4

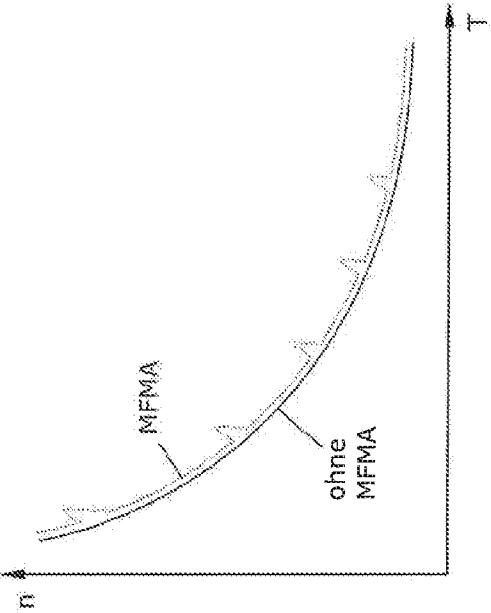


Fig. 3

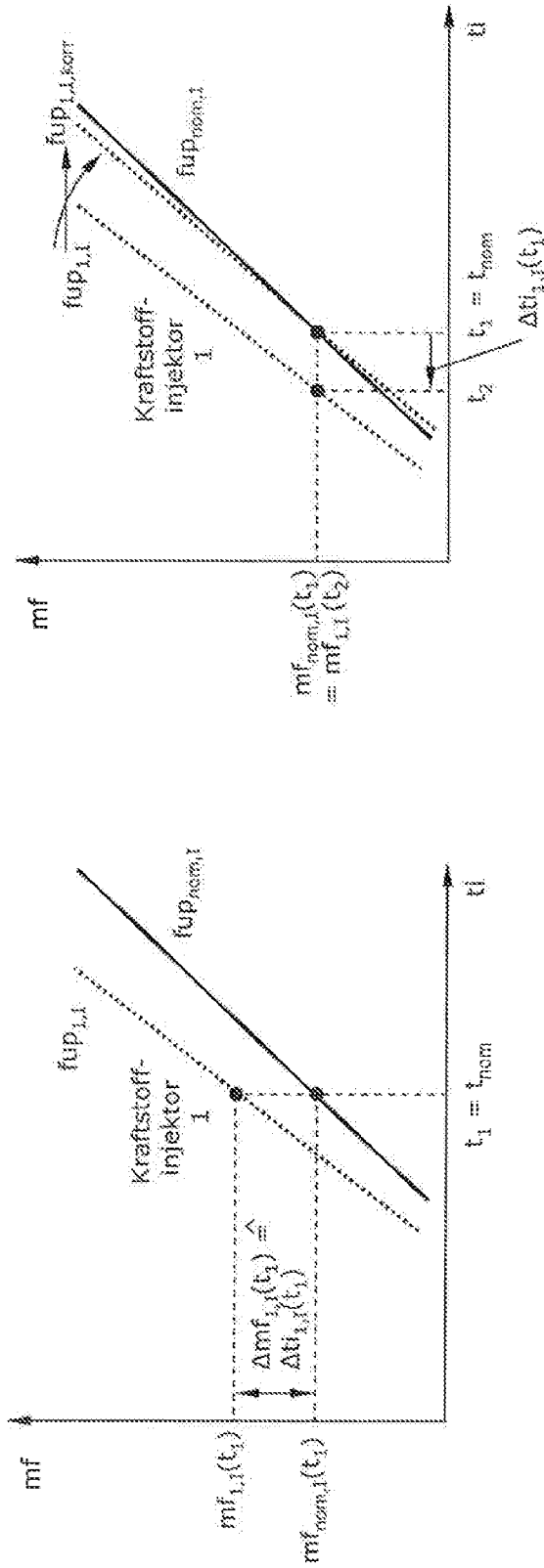
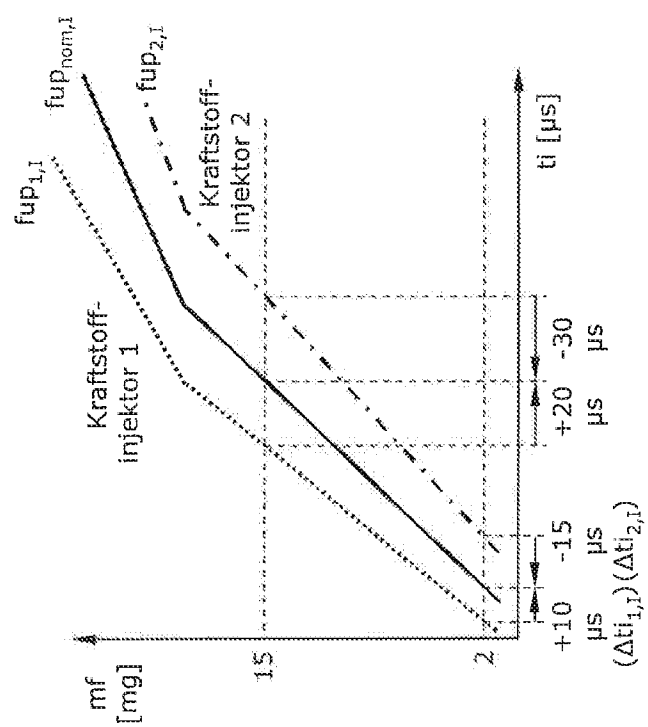
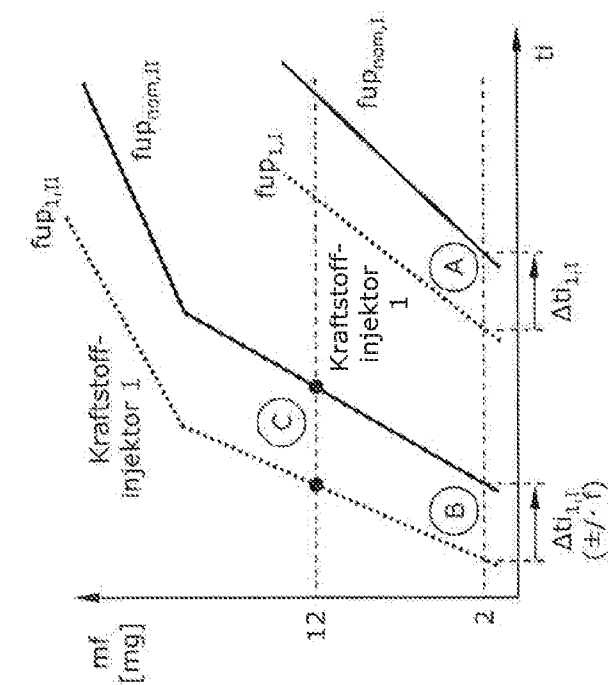


Fig. 6

Fig. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/062361

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F02D41/00 F02D41/24

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 practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 198 45 441 A1 (FICHT GMBH & CO KG [DE]) 13 April 2000 (2000-04-13) abstract column 4, line 18 - column 5, line 51 column 6, line 54 - column 8, line 7 figures 1-3	1-19
X	DE 10 2004 050761 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 20 April 2006 (2006-04-20) abstract paragraph [0002] - paragraph [0005] paragraphs [0007], [0008] claims 1,2,4	1,16, 18-19
A	DE 10 2004 007799 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 8 September 2005 (2005-09-08) the whole document	1-19
	-/--	

☒ 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 document 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

10 November 2009

Date of mailing of the international search report

18/11/2009

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Wettemann, Mark

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2009/062361

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X,P	DE 10 2007 018627 A1 (SIEMENS AG [DE]; SIEMENS VDO AUTOMOTIVE [FR] CONTINENTAL AUTOMOTIVE FR) 23 October 2008 (2008-10-23) paragraph [0013] - paragraph [0015] paragraph [0020] - paragraph [0025] figures 1,2 -----	1-19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2009/062361

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 19845441 A1	13-04-2000	AU 1230299 A	26-04-2000
		CA 2325392 A1	13-04-2000
		WO 0020755 A1	13-04-2000
		EP 1117930 A1	25-07-2001
		JP 2002526717 T	20-08-2002
		US 6615128 B1	02-09-2003
DE 102004050761 A1	20-04-2006	FR 2876743 A1	21-04-2006
DE 102004007799 A1	08-09-2005	NONE	
DE 102007018627 A1	23-10-2008	WO 2008128980 A1	30-10-2008

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/062361

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/00 F02D41/24

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

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 198 45 441 A1 (FICHT GMBH & CO KG [DE]) 13. April 2000 (2000-04-13) Zusammenfassung Spalte 4, Zeile 18 - Spalte 5, Zeile 51 Spalte 6, Zeile 54 - Spalte 8, Zeile 7 Abbildungen 1-3	1-19
X	DE 10 2004 050761 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 20. April 2006 (2006-04-20) Zusammenfassung Absatz [0002] - Absatz [0005] Absätze [0007], [0008] Ansprüche 1,2,4	1,16, 18-19
A	DE 10 2004 007799 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 8. September 2005 (2005-09-08) das ganze Dokument	1-19
	----- -/--	

☒ 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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

10. November 2009

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

18/11/2009

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

Wettemann, Mark

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/062361

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X,P	DE 10 2007 018627 A1 (SIEMENS AG [DE]; SIEMENS VDO AUTOMOTIVE [FR] CONTINENTAL AUTOMOTIVE FR) 23. Oktober 2008 (2008-10-23) Absatz [0013] - Absatz [0015] Absatz [0020] - Absatz [0025] Abbildungen 1,2 -----	1-19

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2009/062361

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 19845441 A1	13-04-2000	AU 1230299 A	26-04-2000
		CA 2325392 A1	13-04-2000
		WO 0020755 A1	13-04-2000
		EP 1117930 A1	25-07-2001
		JP 2002526717 T	20-08-2002
		US 6615128 B1	02-09-2003
DE 102004050761 A1	20-04-2006	FR 2876743 A1	21-04-2006
DE 102004007799 A1	08-09-2005	KEINE	
DE 102007018627 A1	23-10-2008	WO 2008128980 A1	30-10-2008