

(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
18. Juni 2009 (18.06.2009)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2009/074397 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/20 (2006.01) **F02M 45/12** (2006.01)
F02D 41/24 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/064671

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Oktober 2008 (29.10.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2007 059 535.4
11. Dezember 2007 (11.12.2007) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02
20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GLASER, Andreas**
[DE/DE]; Wildunger Str. 60, 70372 Stuttgart (DE).
HEINSTEIN, Axel [DE/DE]; Wasenweg 14/1, 71299

Wimsheim (DE). **STORCH, Axel** [DE/DE]; Reichenberg-
erstr. 19, 74321 Bietigheim-Bissingen (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ROBERT BOSCH GMBH**;
Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

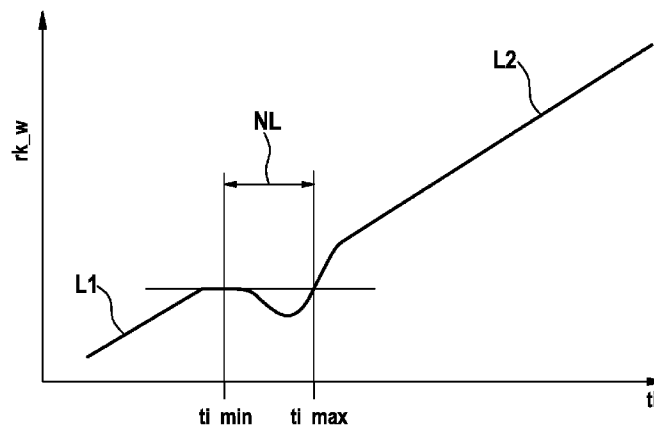
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE,
EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID,
IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER BRENNKRAFTMASCHINE



NL... no linear

Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine comprising at least one injection valve (11) with an electrically controlled actuator (12), the injection valve (11) having a non-linear progression of the relationship between the injection duration and the injection quantity, at least in one range of an injection duration between a lower threshold (ti_{min}) and an upper threshold (ti_{max}). According to said method, an injection duration (ti) is determined from a required quantity of fuel (rw_k) and a required injection duration (ti_{erf}) is determined from said required quantity of fuel (rw_k). When the required injection duration (ti_{erf}) is in the range between the lower threshold (ti_{min}) and the upper threshold (ti_{max}) an injection duration (ti_{aus}) with a value outside the range between the lower threshold (ti_{min}) and the upper threshold (ti_{max}) is output.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2009/074397 A1



EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF,
BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN,
TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Einspritzventil (11) mit einem elektrisch angesteuerten Aktor (12), wobei das Einspritzventil (11) zumindest in einem Bereich einer Einspritzzeitdauer zwischen einer unteren Grenze (ti_{min}) und einer oberen Grenze (ti_{max}) einen nichtlinearen Verlauf der Beziehung zwischen Einspritzzeitdauer und Einspritzmenge aufweist, wobei aus einer erforderlichen Kraftstoffmasse (rw_k) eine Einspritzzeitdauer (ti) ermittelt wird, wobei aus der erforderlichen Kraftstoffmasse (rw_k) eine erforderliche Einspritzzeitdauer (ti_{erf}) ermittelt wird und bei einer erforderlichen Einspritzzeitdauer (ti_{erf}) im Bereich zwischen der unteren Grenze (ti_{min}) und der oberen Grenze (ti_{max}) eine Einspritzzeitdauer (ti_{aus}) mit einem Wert außerhalb des Bereiches zwischen der unteren Grenze (ti_{min}) und der oberen Grenze (ti_{max}) ausgegeben wird.

5 Beschreibung

Titel

Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine

10 Stand der Technik

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

15 Hochdruck-Einspritzventile für Brennkraftmaschinen weisen bei kurzen Einspritzzeiten (< etwa 0,5 bis 0,7 Millisekunden) eine nicht lineare, unstetige Kennlinie auf. Nach dem Stand der Technik wird dieser Bereich sowie der gesamte Bereich mit kurzen Einspritzzeiten als dieser Bereich nicht genutzt, da die großen Streuungen und Nichtlinearitäten in diesem Bereich zu unerwünschtem Motorverhalten wie schlechten Emissionswerten oder Verbrennungsaussetzern führen kann.

20

Offenbarung der Erfindung

25

Dieses Problem wird gelöst durch ein Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Einspritzventil mit einem elektrisch angesteuerten Aktor, wobei das Einspritzventil zumindest in einem Bereich einer Einspritzzeitdauer zwischen einer unteren Grenze und einer oberen Grenze einen unstetigen Verlauf der Beziehung zwischen Einspritzzeitdauer und Einspritzmenge aufweist, wobei aus einer erforderlichen Kraftstoffmasse eine Einspritzzeitdauer ermittelt wird und wobei aus der erforderlichen Kraftstoffmasse zunächst eine erforderliche Einspritzzeitdauer ermittelt wird und bei einer erforderlichen Einspritzzeitdauer im Bereich zwischen der unteren Grenze und der oberen Grenze eine Einspritzzeitdauer mit einem Wert außerhalb des Bereiches zwischen der unteren Grenze und der oberen Grenze ausgegeben wird. Auf diese Weise wird der unstetige Bereich des Einspritzventils aus dem nutzbaren Be-

30

triebsbereich ausgeblendet. Die Bereiche außerhalb des ausgeblendeten Bereiches werden genutzt. Der Zumessbereich des Injektors kann so deutlich vergrößert werden, was dessen Einsatzbereich erweitert. So können z. B. für Motoren mit homogener Selbstzündung, wie im HCCI oder CAI Modus oder bei einer Doppeleinspritzung im geschichteten Betrieb kleinste Mengen realisiert werden.

Bei einer erforderlichen Einspritzzeitdauer mit einem Wert im Bereich zwischen der unteren Grenze und der oberen Grenze wird bevorzugt eine Einspritzzeitdauer mit dem Wert der oberen Grenze oder alternativ mit dem Wert der unteren Grenze ausgegeben.

Die Verschiebung der erforderlichen Einspritzdauer auf einen Wert an der unteren bzw. oberen Grenze ist besonders einfach ohne großen Rechen- und Zeitaufwand möglich. Gegebenenfalls können Werte folgender Einspritzung, beispielsweise wenn eine Vor- und eine Haupteinspritzung aufeinander folgen und die Voreinspritzung aus dem ausgeblendeten Bereich verschoben werden musste, ebenso korrigiert werden, um die gesamte Einspritzkraftstoffmenge für die aufeinander folgenden Einspritzungen konstant zu halten.

Bei einer erforderlichen Einspritzzeitdauer mit einem Wert im Bereich zwischen der unteren Grenze und der oberen Grenze wird in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform derjenige Wert der beiden Grenzen ausgegeben, der näher an der erforderlichen Einspritzzeitdauer liegt. Der ausgegebene Wert für die Einspritzzeitdauer liegt durch diese Maßnahme näher an der erforderlichen Einspritzdauer, so dass auch die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmenge näher an der gewünschten Kraftstoffmenge liegt.

Ein Wechsel der Ausgabe zwischen den beiden Grenzen unterliegt vorzugsweise einer Hysterese. Eine Hysterese bedeutet in diesem Fall, dass ein Wechsel beispielsweise von der unteren Grenze auf die obere Grenze erst bei Überschreiten eines Werts für die erforderliche Einspritzmenge erfolgt, der höher liegt als ein Wert, der unterschritten werden muss, um einen Wechsel in der oberen Grenze zur unteren Grenze zu bewirken.

Die obere und untere Grenze sind vorzugsweise entweder als gemeinsame Konstanten für alle Einspritzventile der Brennkraftmaschine identisch festgelegt oder als eigene Konstante für jedes Einspritzventil der Brennkraftmaschine festgelegt. Die Ablage dieser Werte als gemeinsame Konstanten kann erfolgen, indem beispielsweise eine große Anzahl von Einspritzventilen einer Serie durchgemessen wird und so ein statistischer Mittelwert für die obere und untere Grenze gefunden wird. Die Ablage jeweils einzelner Konstanten pro Einspritzventil erfordert, dass diese jeweils einzeln durchgemessen werden und die Werte entsprechend kodiert und abgelegt werden und beispielsweise bei der Montage in ein Steuergerät übertragen werden. Die Ablage gemeinsamer Konstanten für alle Einspritzventile ist besonders einfach zu realisieren, die Ablage jeweils einzelner Konstanten für die Einspritzventile erbittet eine größere Genauigkeit in der Zumessung.

Die Konstanten werden in einer weiteren bevorzugten Ausführung adaptiv im Betrieb der Brennkraftmaschine ermittelt. Eine adaptive Ermittlung der Konstanten, diese kann für alle Einspritzventile gemeinsam oder besser noch für jedes Einspritzventil als eigenständige Konstante erfolgen, erübrigt eine gesonderte Messung der Konstanten, die dann während des Einbaus der Einspritzventile in eine Brennkraftmaschine in ein Steuergerät übertragen werden müssten. Der Mess- und Montageaufwand wird also in eine Applikation eines Steuergeräts verlagert, wobei durch die adaptive Bestimmung der Konstanten ein Nachführen der Konstanten über die Lebensdauer der Einspritzventile möglich ist.

Das eingangs genannte Problem wird auch gelöst durch eine Vorrichtung, insbesondere Steuergerät oder Brennkraftmaschine, die zur Durchführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist. Das eingangs genannte Problem wird auch gelöst durch ein Computerprogramm mit Programmcode zur Durchführung aller Schritte nach einem erfindungsgemäßen Verfahren, wenn das Programm in einem Computer ausgeführt wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung anhand der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Kraftstoffeinspritzanlage eines Kraftfahrzeugs mit einem einen piezoelektrischen Aktor aufweisenden Einspritzventil;

5 Fig. 2 eine Kennlinie der Einspritzmenge über der Einspritzzeitdauer;

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

10 Ausführungsformen der Erfindung

In der Figur 1 ist eine Kraftstoffeinspritzanlage eines Kraftfahrzeugs dargestellt, die ein Steuergerät 10 und ein Einspritzventil 11 aufweist. Das Einspritzventil 11 ist entweder wie hier dargestellt mit einem piezoelektrischen Aktor 12 oder einem induktiven Aktor
15 (gehäusefeste Spule und Düsenadel mit Magnetanker) versehen, der von dem Steuergerät 10 angesteuert wird. Weiterhin weist das Einspritzventil 11 eine Ventilmadel 13 auf, die auf einem Ventilsitz 14 im Inneren des Gehäuses des Einspritzventils 11 aufsitzen kann.

Ist die Ventilmadel 13 von dem Ventilsitz abgehoben, so ist das Einspritzventil 11 geöffnet und es wird Kraftstoff eingespritzt. Dieser Zustand ist in der Figur 1 dargestellt. Sitzt die Ventilmadel 13 auf dem Ventilsitz 14 auf, so ist das Einspritzventil 11 geschlossen. Der Übergang von dem geschlossenen in den geöffneten Zustand wird mit Hilfe des piezoelektrischen Aktors 12 bewirkt. Hierzu wird eine elektrische Spannung
20 an den Aktor 12 angelegt, die eine Längenänderung eines Piezostapels hervorruft, die ihrerseits zum Öffnen bzw. Schließen des Einspritzventils 11 ausgenutzt wird. Das Einspritzventil 11 weist einen hydraulischen Koppler 15 auf. Zu diesem Zweck ist innerhalb des Einspritzventils 11 ein Kopplergehäuse 16 vorhanden, in dem zwei Kolben 17, 18 geführt sind. Der Kolben 17 ist mit dem Aktor 12 und der Kolben 18 ist mit der
25 Ventilmadel 13 verbunden. Zwischen den beiden Kolben 17, 18 ist eine Kammer 19 angeordnet, die ein Kolben/Zylindersystem zur Übertragung der von dem Aktor 12 ausgeübten Kraft auf die Ventilmadel 13 bildet.
30

Der Koppler 15 ist von unter Druck stehendem Kraftstoff umgeben. Das Volumen der Kammer 19 ist ebenfalls mit Kraftstoff gefüllt. Über die Führungsspalte zwischen den beiden Kolben 17, 18 und dem Kopplergehäuse 16 kann sich das Volumen der Kammer 19 über einen längeren Zeitraum hinweg an die jeweils vorhandene Länge des Aktors 12 anpassen. Bei kurzzeitigen Änderungen der Länge des Aktors 12 bleibt das Volumen der Kammer 19 und damit deren Länge jedoch nahezu unverändert und die Änderung der Länge des Aktors 12 wird auf die Ventilnadel 13 übertragen. Die Führungsspalte zwischen den beiden Kolben 17, 18 und dem Kopplergehäuse 16 können ein Ventil bilden, das in unterschiedlichen Strömungsrichtungen oder abhängig von der Stellung der Kolben 17, 18 zum Kopplergehäuse 16 unterschiedliche Strömungswiderstände bzw. Durchflussbeiwerte aufweist. Beispielsweise kann einer oder beide Kolben Nute mit veränderlicher Tiefe der Nutböden oder dergleichen aufweisen, um die wirksame durchströmbare Fläche zwischen den Kolben 17, 18 und dem Kopplergehäuse 16 zu verändern. Die Einstellung der Bewegungsgeschwindigkeit der Kolben 17, 18 zueinander erfolgt z.B. durch die Führungsspiele zwischen den Kolben 17, 18 und dem Kopplergehäuse 16 oder durch eine kleine Drossel mit richtungsabhängigem Durchflussbeiwert.

Das Einspritzventil 11 befindet sich unabhängig vom Arbeitspunkt des Aktors 12 immer dann in seinem geschlossenen Zustand, wenn der Aktor 12 über einen längeren Zeitraum hinweg unverändert an einem beliebigen Punkt seiner Hysteresekurve verbleibt. Ein Öffnen des Einspritzventils 11 erfolgt dann durch eine vergleichsweise schnelle Verkürzung des Aktors 12 aus diesem Punkt der Hysteresekurve heraus. Ein Schließen des Einspritzventils 11 wird durch die Rückkehr des Aktors 12 in seinen vor Beginn der Einspritzung vorliegenden Arbeitspunkt erreicht.

Fig. 2 zeigt eine Kennlinie der Einspritzmenge rk_w über der Einspritzzeitdauer t_i eines Einspritzventils für einen konstanten Raildruck. Die Kennlinie gilt vom Prinzip her sowohl für piezoelektrische als auch magnetische Aktoren. Prinzipiell nimmt die Einspritzmenge rk_w bei einer Erhöhung der Einspritzzeitdauer t_i zu. Die Einspritzzeitdauer t_i ist die Zeit zwischen dem Beginn des Öffnens der Ventilnadel 13 bis zum Schließen der Ventilnadel 13. Oberhalb einer oberen Grenze t_{i_max} der Einspritzzeitdauer t_i besteht ein stetiger Zusammenhang zwischen der Einspritzmenge rk_w und der Einspritzzeitdauer t_i . Bei einer Einspritzzeitdauer t_i kleiner dem Wert t_{i_max}

schließt sich zunächst ein unstetiger und nichtlinearer Bereich an, woraufhin unterhalb einer unteren Grenze t_{i_min} der Einspritzzeitdauer t_i wiederum ein stetiger Bereich der Beziehung zwischen der Einspritzmenge rk_w und der Einspritzzeitdauer t_i beginnt. In den Bereichen $0 \leq t_i \leq t_{i_min}$ ist die Beziehung zwischen Einspritzmenge rk_w und Einspritzzeitdauer t_i also linear, ebenso gilt dies für einen Bereich $t_{i_max} \leq t_{i_aus}$. In einem Bereich $t_{i_min} \leq t_i < t_{i_max}$ besteht ein nichtlinearer Zusammenhang zwischen der Einspritzmenge rk_w und der Einspritzzeitdauer t_{i_aus} . Der Bereich der Einspritzzeitdauer t_i zwischen t_{i_min} und t_{i_max} wird als ungenutzter Bereich bezeichnet. Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, den ungenutzten Bereich zwischen den Einspritzzeitdauern t_{i_min} und t_{i_max} auszublenden und die Bereiche außerhalb zu nutzen.

Der lineare Bereich $t_i < t_{i_min}$ ist in Fig. 2 mit R1 bezeichnet, der nicht lineare Bereich zwischen $t_{i_min} \leq t_i \leq t_{i_max}$ ist mit dem Bezugszeichen NL versehen, der lineare Bereich für $t_i > t_{i_max}$ ist mit dem Bezugszeichen L2 bezeichnet.

Im Betrieb der Brennkraftmaschine wird die Einspritzzeitdauer t_i aus einer erforderlichen Kraftstoffmasse rk_w ermittelt. Vorgegeben ist also die erforderliche Kraftstoffmasse rk_w , aus der anhand bestehender Randbedingungen wie Raildruck, Zylindergegendruck und so weiter eine erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} bestimmt wird. Die erforderliche Einspritzzeitdauer wird entweder unverändert oder -im Stand der Technik beispielsweise wenn diese in dem nichtlinearen Bereich NL liegt- um einen Faktor oder Summanden korrigiert als ausgegebene Einspritzzeitdauer t_{i_aus} an eine Endstufe zur Ansteuerung des jeweiligen Einspritzventils übergeben.

Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betrieb einer Brennkraftmaschine. In dem Block RKT1 wird aus der angeforderten berechneten relativen Kraftstoffmasse rk_w eine erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} berechnet. Die erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} ist die Einspritzzeitdauer t_i , die bei einer stetigen Kennlinie und den jeweiligen Randbedingungen erforderlich ist, um die geforderte Kraftstoffmasse rk_w einzuspritzen. Zu den Randbedingungen gehören insbesondere der Raildruck und der Gegendruck im Zylinder. In einem Block RKT1 wird in Schritt 101 neben der relativen Kraftstoffmasse rk_w der Kraftstoffdruck p_k , eine oder mehrere Konstanten k_x , einer oder mehrere Korrekturfaktoren kor_x sowie gegebenenfalls weitere Werte zur Bestimmung der erforderlichen

Einspritzzeitdauer t_{i_erf} ausgewertet. Ergebnis der in Schritt 101 berechneten Funktion RKTi ist die in Schritt 102 ausgegebene erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} . In Schritt 103 wird nun geprüft, ob die in Schritt 102 ausgegebene Einspritzzeitdauer t_{i_erf} größer als eine obere Grenze $t_{iaus_max_zx}$ ist. Die obere Grenze $t_{iaus_max_zx}$ kann identisch mit der oberen Grenze t_{i_max} in Fig. 2 sein, kann aber auch um einen Sicherheitsabstand größer sein. Ist dies der Fall, durch die Option J gekennzeichnet, wird in Schritt 104 verzweigt und es wird der auszugebenden Einspritzzeitdauer t_{i_out} der in Schritt 102 ausgegebene Wert t_{i_erf} für die Einspritzzeitdauer zugewiesen. In dem darin anschließenden Schritt 105 liegt die Einspritzzeitdauer $t_i = t_{i_out}$ fest, die in Schritt 106 an die Endstufen zur Ansteuerung des Einspritzventils übergeben wird. Ergab die Überprüfung in Schritt 103, dass die erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} nicht größer als die obere Grenze $t_{iaus_max_zx}$ ist, in Schritt 103 durch die Option N gekennzeichnet, so wird in dem sich anschließenden Schritt 107 geprüft, ob die erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} größer als die untere Grenze $t_{iaus_min_zx}$ ist. Die untere Grenze $t_{iaus_min_zx}$ kann identisch mit der unteren Grenze t_{i_min} in Fig. 2 sein, kann aber auch um einen Sicherheitsabstand kleiner sein. Ist die erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} kleiner als die untere Grenze $t_{iaus_min_zx}$ und liegt damit in dem linearen Bereich L1 gemäß Fig. 2, so wird wiederum in Schritt 104 verzweigt. Ist die erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} bei der Prüfung in Schritt 107 größer als die untere Grenze $t_{iaus_min_zx}$, durch die Option J gekennzeichnet, so wird in Schritt 108 verzweigt und es wird der Wert der oberen Grenze $t_{iaus_max_zx}$ dem auszugebenden Wert für die Einspritzzeitdauer t_{i_out} zugewiesen. Darauf wird in Schritt 105 und danach in Schritt 106 verzweigt. Bei dem in Fig. 3 dargestellten Verfahren wird also dem an die Endstufe zu übergebende Wert t_{i_out} für die Einspritzzeitdauer t_i der erforderliche Wert für die Einspritzzeitdauer t_{i_erf} zugewiesen, wenn der erforderliche Wert für die Einspritzzeitdauer t_{i_erf} in den linearen Bereichen L1 oder L2 gemäß Fig. 2 liegt. Liegt der erforderliche Wert für die Einspritzzeitdauer t_{i_erf} in dem nicht linearen Bereich NL gemäß Fig. 2, so wird der Wert der oberen Grenze $t_{iaus_max_zx}$ als Einspritzzeitdauer t_{i_out} ausgegeben. Nach der Prüfung, ob die erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} in dem ausgeblendeten Bereich zwischen $t_{iaus_min_zx}$ und $t_{iaus_max_zx}$ liegt, wird die entsprechende Einspritzzeitdauer t_{i_out} an weitere Funktionen sowie die Endstufe ausgegeben.

Das zuvor dargestellte Verfahren kann in weiteren Ausführungsbeispielen verfeinert werden. In dem Fall, indem die erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} in dem ausgeblendeten Bereich zwischen $t_{iaus_min_zx}$ und $t_{iaus_max_zx}$ liegt, kann je nachdem, ob die erforderliche Einspritzzeitdauer t_{i_erf} näher an der unteren Grenze $t_{iaus_min_zx}$ oder näher an der oberen Grenze $t_{iaus_max_zx}$ liegt, entsprechend der Wert der unteren Grenze $t_{iaus_min_zx}$ oder der Wert der oberen Grenze $t_{iaus_max_zx}$ ausgegeben werden.

Ebenso kann eine Hysterese eingebaut werden, so dass ein ständiges Springen zwischen den Werten der unteren Grenze $t_{iaus_min_zx}$ und dem Wert der oberen Grenze $t_{iaus_max_zx}$ vermieden wird.

Voraussetzung zu einer Ausblendung bestimmter Kennlinienbereich ist die Kenntnis, an welcher Stelle der Kennlinie sich diese Bereiche befinden. Hier können verschiedene Verfahren zur zumindest bereichsweisen Ermittlung der Kennlinie zum Einsatz kommen.

1. Es kann durch eine Messung einer Vielzahl von Einspritzventilen eine für eine gesamte Serie gültige untere Grenze $t_{iaus_min_zx}$ und eine obere Grenze $t_{iaus_max_zx}$ ermittelt werden. Diese Werte sind damit für alle Einspritzventile und über deren gesamte Lebensdauer vorgegeben und können fest in einem Steuergerät abgelegt werden.
2. Jedes produzierte Einspritzventil wird einzeln vermessen bezüglich der unteren Grenze $t_{iaus_min_zx}$ und der oberen Grenze $t_{iaus_max_zx}$. Die Daten jedes individuellen Einspritzventils werden bei dessen Einbau in einer Brennkraftmaschine in ein Steuergerät z. B. über eine Kodierung eingelesen und dort entsprechend abgelegt.
3. Es kann eine Adaption der Ausblendung erfolgen, indem der nicht lineare Bereich NL des Betriebs einer Brennkraftmaschine für jedes einzelne Einspritzventil vermessen wird.

Bei der Adaption ist ein zusätzliches Verfahren für die Adaption notwendig, welches die Grenzen für die Kennlinienausblendung des Zylinders spezifisch auswertet.

5 Ansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Einspritzventil (11) mit einem elektrisch angesteuerten Aktor (12), wobei das Einspritzventil (11) zumindest in einem Bereich einer Einspritzzeitdauer zwischen einer unteren Grenze (ti_{min}) und einer oberen Grenze (ti_{max}) einen nichtlinearen Verlauf der Beziehung zwischen Einspritzzeitdauer und Einspritzmenge aufweist, wobei aus einer erforderlichen Kraftstoffmasse (rw_k) eine Einspritzzeitdauer (ti) ermittelt wird, dadurch gekennzeichnet, dass aus der erforderlichen Kraftstoffmasse (rw_k) eine erforderliche Einspritzzeitdauer (ti_{erf}) ermittelt wird und bei einer erforderlichen Einspritzzeitdauer (ti_{erf}) im Bereich zwischen der unteren Grenze (ti_{min}) und der oberen Grenze (ti_{max}) eine Einspritzzeitdauer (ti_{aus}) mit einem Wert außerhalb des Bereiches zwischen der unteren Grenze (ti_{min}) und der oberen Grenze (ti_{max}) ausgegeben wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer erforderlichen Einspritzzeitdauer (ti_{erf}) mit einem Wert im Bereich zwischen der unteren Grenze (ti_{min}) und der oberen Grenze (ti_{max}) eine Einspritzzeitdauer (ti_{aus}) mit dem Wert der oberen Grenze (ti_{max}) ausgegeben wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer erforderlichen Einspritzzeitdauer (ti_{erf}) mit einem Wert im Bereich zwischen der unteren Grenze (ti_{min}) und der oberen Grenze (ti_{max}) eine Einspritzzeitdauer mit dem Wert der unteren Grenze (ti_{min}) ausgegeben wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer erforderlichen Einspritzzeitdauer (ti_{erf}) mit einem Wert im Bereich zwischen der unteren Grenze (ti_{min}) und der oberen Grenze (ti_{max}) derjenige Wert der beiden Grenzen ausgegeben wird, der näher an der erforderlichen Einspritzzeitdauer liegt.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Wechsel der Ausgabe zwischen den beiden Grenzen einer Hysterese unterliegt.
- 5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die obere und untere Grenze als gemeinsame Konstanten für alle Einspritzventile der Brennkraftmaschine festgelegt sind.
- 10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die obere und untere Grenze jeweils als eigene Konstante für jedes Einspritzventil der Brennkraftmaschine festgelegt sind.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Konstanten adaptiv im Betrieb der Brennkraftmaschine ermittelt werden.
- 15 9. Vorrichtung, insbesondere Steuergerät oder Brennkraftmaschine, die zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 8 eingerichtet ist.
- 20 10. Computerprogramm mit Programmcode zur Durchführung aller Schritte nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wenn das Programm in einem Computer ausgeführt wird.

1 / 3

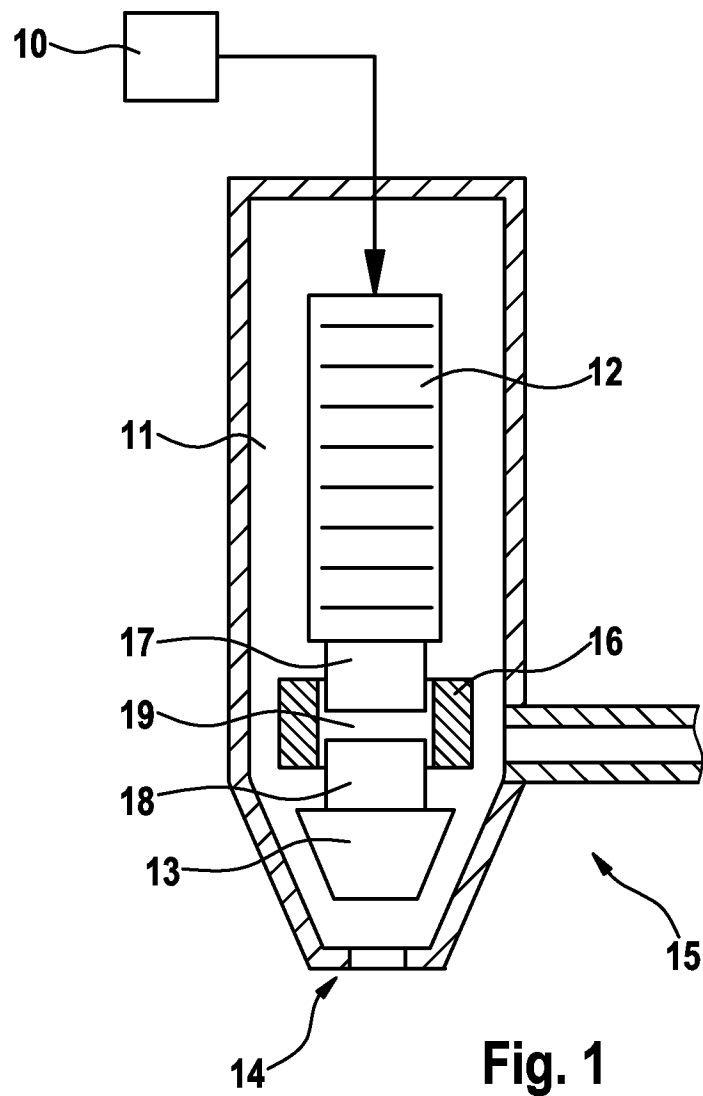


Fig. 1

2 / 3

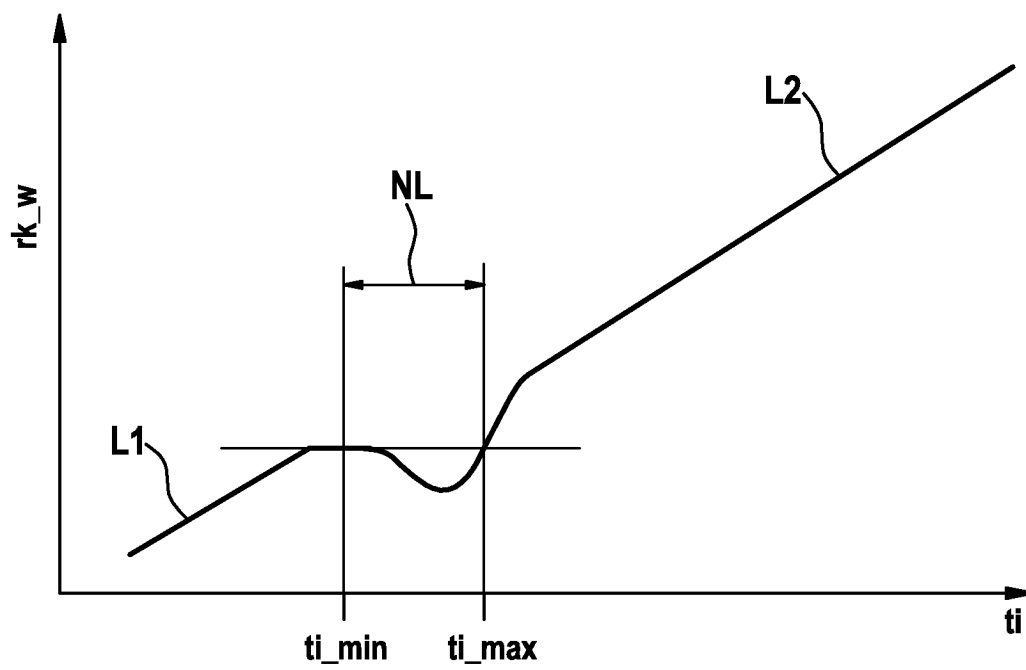


Fig. 2

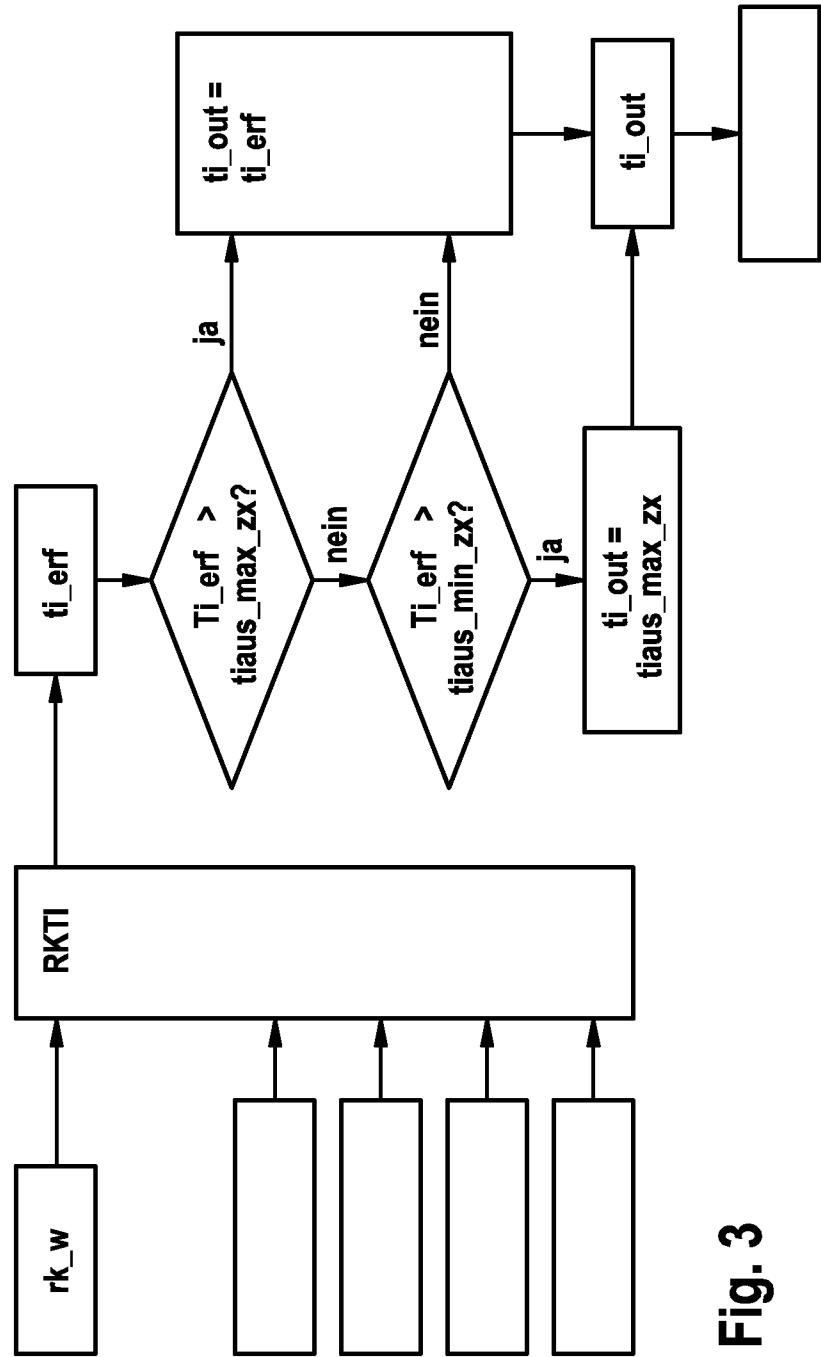


Fig. 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2008/064671

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02D41/20 F02D41/24 F02M45/12

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 F02M

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	US 5 499 608 A (MEISTER STEVEN F [US] ET AL) 19 March 1996 (1996-03-19) abstract column 1, line 30 - line 59 column 1, line 66 - column 2, line 20 column 3, line 10 - line 22 page 3, line 40 - page 5, line 3 figures 1,2	1,9,10
A	JP 10 018892 A (FUJI HEAVY IND LTD) 20 January 1998 (1998-01-20) abstract	1,9,10
A	JP 02 005737 A (AISAN IND) 10 January 1990 (1990-01-10) abstract	1,9,10
	----- -/-- -----	

☒ 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

23 März 2009

Date of mailing of the international search report

31/03/2009

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/EP2008/064671

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 691 067 A (HITACHI LTD [JP]) 16 August 2006 (2006-08-16) abstract paragraphs [0023], [0024] paragraphs [0058] - [0069] figures 5-7	
A	DE 10 2006 009920 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6 September 2007 (2007-09-06) paragraphs [0001], [0002] paragraphs [0004] - [0006]	1,9,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2008/064671

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5499608	A	19-03-1996	GB 2302417 A JP 9014076 A	15-01-1997 14-01-1997
JP 10018892	A	20-01-1998	NONE	
JP 2005737	A	10-01-1990	NONE	
EP 1691067	A	16-08-2006	JP 2006220098 A US 2006180122 A1	24-08-2006 17-08-2006
DE 102006009920 A1		06-09-2007	WO 2007101766 A1	13-09-2007

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/064671

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F02D41/20 F02D41/24 F02M45/12

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F02D F02M

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	US 5 499 608 A (MEISTER STEVEN F [US] ET AL) 19. März 1996 (1996-03-19) Zusammenfassung Spalte 1, Zeile 30 - Zeile 59 Spalte 1, Zeile 66 - Spalte 2, Zeile 20 Spalte 3, Zeile 10 - Zeile 22 Seite 3, Zeile 40 - Seite 5, Zeile 3 Abbildungen 1,2	1,9,10
A	JP 10 018892 A (FUJI HEAVY IND LTD) 20. Januar 1998 (1998-01-20) Zusammenfassung	1,9,10
A	JP 02 005737 A (AISAN IND) 10. Januar 1990 (1990-01-10) Zusammenfassung	1,9,10
	----- -/-- -----	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ☒ Siehe Anhang Patentfamilie

- | | |
|--|---|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <p>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>*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)</p> <p>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> | <p>*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</p> <p>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>*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</p> <p>*&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p> |
|--|---|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. März 2009

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

31/03/2009

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/EP2008/064671

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 691 067 A (HITACHI LTD [JP]) 16. August 2006 (2006-08-16) Zusammenfassung Absätze [0023], [0024] Absätze [0058] - [0069] Abbildungen 5-7	
A	----- DE 10 2006 009920 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 6. September 2007 (2007-09-06) Absätze [0001], [0002] Absätze [0004] - [0006] -----	1,9,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2008/064671

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5499608	A	19-03-1996	GB	2302417 A	15-01-1997
			JP	9014076 A	14-01-1997
JP 10018892	A	20-01-1998	KEINE		
JP 2005737	A	10-01-1990	KEINE		
EP 1691067	A	16-08-2006	JP	2006220098 A	24-08-2006
			US	2006180122 A1	17-08-2006
DE 102006009920	A1	06-09-2007	WO	2007101766 A1	13-09-2007