

(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
1. Dezember 2016 (01.12.2016)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2016/188768 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/14 (2006.01) *F02P 5/145* (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01) *F02D 41/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2016/060741

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. Mai 2016 (12.05.2016)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2015 209 392.1 22. Mai 2015 (22.05.2015) DE

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

(72) Erfinder: **GUILLEN CASTILLO, Fernando;**
Prüfening Str. 73, 93049 Regensburg (DE). **HSU, Kia;**
Aufeldstr.6, 93055 Regensburg (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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

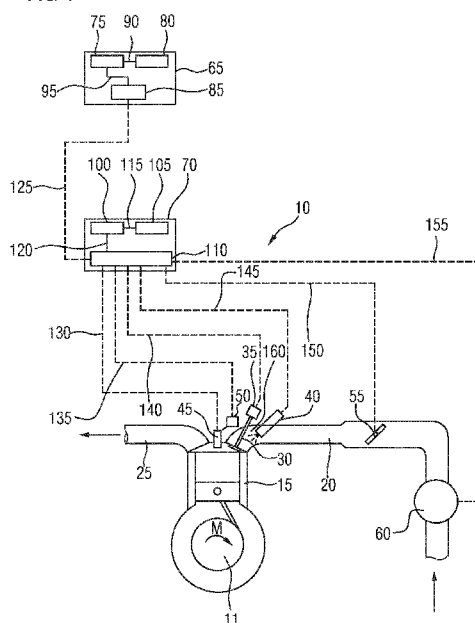
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A SWITCHING PROCESS OF A VALVE, AND CONTROL UNIT

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM STEuern EINES UMSCHALTVORGANGS EINES VENTILS UND STEUERGERÄT

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method and to a control unit, wherein a first valve cross-section of the valve for controlling an air mass in the internal combustion engine is provided before the switching process, wherein a second valve cross-section of the valve to be set after the switching process is provided, wherein at least one first control parameter of the internal combustion engine is provided before the switching process, wherein the internal combustion engine is controlled in accordance with the first control parameter and the first valve cross-section before the switching process, wherein a first torque output by the internal combustion engine is calculated on the basis of a first parameter model, the first control parameter, and the first valve cross-section, wherein a second torque that can be provided by the internal combustion engine after the switching process is calculated on the basis of the first parameter model, the first control parameter, and the second valve cross-section, wherein the difference between the first torque and the second torque is determined, wherein at least one second control parameter is determined on the basis of the second valve cross-section, the difference of the torque, the first torque, and a second parameter model in such a way that the difference of the torque is reduced, wherein the internal combustion engine is controlled in accordance with the second control parameter and the second valve cross-section after the switching process.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Die Erfindung betrifft ein Verfahren und ein Steuergerät, wobei vor dem Umschaltvorgang ein erster Ventilquerschnitt des Ventils zur Steuerung einer Luftmasse in der Brennkraftmaschine bereitgestellt wird, wobei ein nach dem Umschaltvorgang anzusteuender zweiter Ventilquerschnitt des Ventils bereitgestellt wird, wobei wenigstens ein erster Steuerparameter der Brennkraftmaschine vor dem Umschaltvorgang bereitgestellt wird, wobei die Brennkraftmaschine vor dem Umschaltvorgang in Abhängigkeit des ersten Steuerparameters und des ersten Ventilquerschnitts gesteuert wird, wobei auf Grundlage eines ersten Parametermodells, des ersten Steuerparameters und des ersten Ventilquerschnitts ein durch die Brennkraftmaschine abgegebenes erstes Drehmoment errechnet wird, wobei auf Grundlage des ersten Parametermodells, des ersten Steuerparameters und des zweiten Ventilquerschnitts ein durch die Brennkraftmaschine nach dem Umschaltvorgang bereitstellbares zweites Drehmoment errechnet wird, wobei eine Differenz aus dem ersten Drehmoment und dem zweiten Drehmoment ermittelt wird, wobei auf Grundlage des zweiten Ventilquerschnitts, der Differenz des Drehmoments, des ersten Drehmoments und einem zweiten Parametermodell wenigstens ein zweiter Steuerparameter derart ermittelt wird, dass die Differenz des Drehmoments reduziert ist, wobei nach dem Umschaltvorgang in Abhängigkeit des zweiten Steuerparameters und des zweiten Ventilquerschnitts die Brennkraftmaschine gesteuert wird.

Beschreibung

Verfahren zum Steuern eines Umschaltvorgangs eines Ventils und Steuergerät

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß Patentanspruch 1 und ein Steuergerät gemäß Patentanspruch 13.

10

Aus der DE 102 58 803 B4 ist ein Verfahren zum Steuern eines Umschaltvorgangs im Betrieb einer Brennkraftmaschine bekannt, bei dem ein durch den Umschaltvorgang allenfalls erzeugter Drehmomentsprung vermieden oder zumindest reduziert wird.

15

Es ist Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren und ein verbessertes Steuergerät bereitzustellen.

20

Diese Aufgabe wird mittels eines Verfahrens gemäß Patentanspruch 1 und mittels eines verbesserten Steuergeräts gemäß Patentanspruch 13 gelöst.

25

Erfindungsgemäß wurde erkannt, dass ein verbessertes Verfahren zur Steuerung eines Umschaltvorgangs eines Ventils und ein verbessertes Steuergerät dadurch bereitgestellt werden kann, dass vor dem Umschaltvorgang ein erster Ventilquerschnitt des Ventils zur Steuerung einer Luftmasse in der Brennkraftmaschine bereitgestellt wird, wobei ein nach dem Umschaltvorgang anzusteuender zweiter Ventilquerschnitt des Ventils bereitgestellt wird, wobei wenigstens ein erster Steuerparameter der Brennkraftmaschine vor dem Umschaltvorgang bereitgestellt wird, wobei die Brennkraftmaschine vor dem Umschaltvorgang in Abhängigkeit des ersten Steuerparameters und des ersten Ventilquerschnitts gesteuert wird, wobei auf Grundlage eines ersten Parametermodells, des ersten Steuerparameters und des ersten Ventilquerschnitts ein durch die Brennkraftmaschine abgegebenes erstes Drehmoment errechnet wird, wobei auf Grundlage des ersten Parametermodells, des ersten Steuerparameters und des zweiten Ventilquerschnitts ein durch die Brennkraftmaschine nach dem Umschaltvorgang bereitstellbares zweites Drehmoment errechnet

35

wird, wobei eine Differenz aus dem ersten Drehmoment und dem zweiten Drehmoment ermittelt wird, wobei auf Grundlage des zweiten Ventilquerschnitts, der Differenz des Drehmoments, des ersten Drehmoments und einem zweiten Parametermodell wenigstens
5 ein zweiter Steuerparameter derart ermittelt wird, dass die Differenz des Drehmoments gegenüber der errechneten Differenz reduziert ist, wobei nach dem Umschaltvorgang in Abhängigkeit des zweiten Steuerparameters und des zweiten Ventilquerschnitts die Brennkraftmaschine gesteuert wird.

10

Auf diese Weise wird ein Drehmomentsprung beim Umschalten des Ventilquerschnitts vom ersten Ventilquerschnitt auf den zweiten Ventilquerschnitt vermieden. Dies führt zu einem erhöhten Fahrkomfort und gleichzeitig zu einer reduzierten Belastung von
15 Komponenten im Antriebsstrang des Kraftfahrzeugs.

20

In einer weiteren Ausführungsform ist der erste Steuerparameter ein erster Zündwinkel der Brennkraftmaschine und/oder eine erste Luftmasse. Zusätzlich oder alternativ ist der zweite Steuerparameter ein zweiter Zündwinkel der Brennkraftmaschine.

25

In einer weiteren Ausführungsform werden als erster Steuerparameter ein minimaler Zündwinkel und ein Basisbrennwinkel bereitgestellt, wobei bei der Bestimmung des zweiten Zündwinkels
25 der minimale Zündwinkel und ein Basisbrennwinkel berücksichtigt werden.

30

In einer weiteren Ausführungsform wird als erster Ventilquerschnitt ein erster Ventilhub eines Einlassventils und als
30 zweiter Ventilquerschnitt ein zweiter Ventilhub des Einlassventils der Brennkraftmaschine bereitgestellt.

35

In einer weiteren Ausführungsform wird auf Grundlage des zweiten Ventilquerschnitts, des ersten Steuerparameters und eines
35 Vorhersagemodells eine zweite Luftmasse bestimmt, wobei die zweite Luftmasse bei der Ermittlung des zweiten Drehmoments berücksichtigt wird.

In einer weiteren Ausführungsform wird eine erste Drosselventilstellung eines Drosselventils der Brennkraftmaschine als erster Steuerparameter bereitgestellt, wobei auf Grundlage des zweiten Parametermodells eine zweite Drosselventilstellung, ein
5 vordefiniertes Zeitintervall und eine dritte Drosselventilstellung ermittelt wird, wobei in Abhängigkeit des Zeitintervalls vor dem Umschaltvorgang des Ventils das Drosselventil von der ersten Drosselventilstellung in die zweite Drosselventilstellung verfahren wird, wobei im Wesentlichen im
10 Zeitpunkt des Umschaltvorgangs das Drosselventil von der zweiten Drosselventilstellung in die dritte Drosselventilstellung verfahren wird.

In einer weiteren Ausführungsform wird eine erste
15 Verdichterstellung, insbesondere eines Turboladers oder eines Kompressors, als erster Steuerparameter bereitgestellt, wobei auf Grundlage des zweiten Parametermodells eine zweite Verdichterstellung ermittelt wird, wobei in Abhängigkeit des Zeitintervalls vor dem Umschaltvorgang der Verdichter von der
20 ersten Verdichterstellung in die zweite Verdichterstellung verfahren wird.

In einer weiteren Ausführungsform wird auf Grundlage des zweiten Parametermodells eine dritte Verdichterstellung des Turboladers
25 oder des Kompressors ermittelt, wobei im Wesentlichen zum Zeitpunkt des Umschaltvorgangs des Ventils der Verdichter von der zweiten Verdichterstellung in die dritte Verdichterstellung verfahren wird.

30 In einer weiteren Ausführungsform wird der zweite Steuerparameter für einen nächst verbrennenden Zylinder der Brennkraftmaschine, vorzugsweise wenigstens 360 Grad Kurbelwellenwinkel, vor Beginn eines Zündens von Brennstoffgas in dem Zylinder, ermittelt.

35 In einer weiteren Ausführungsform wird die Differenz des Drehmoments mit einem vordefinierten Schwellenwert verglichen, wobei in Abhängigkeit eines Ergebnisses des Vergleichs ein

Freigabesignal zur Umschaltung des ersten Ventilquerschnitts auf den zweiten Ventilquerschnitt bereitgestellt wird.

5 In einer weiteren Ausführungsform weist das zweite Parametermodell eine Optimierungsstufe auf, wobei mittels der Optimierungsstufe ein Abstand des zweiten Zündwinkels zum Basisbrennwinkel und die Differenz reduziert wird.

10 In einer weiteren Ausführungsform ist das erste Parametermodell als Vorwärtsmodell ausgebildet und das zweite Parametermodell zumindest teilweise als Rückwärtsmodell des ersten Parametermodells ausgebildet und/oder wobei das erste und/oder das zweite Parametermodell als mathematische Funktion und/oder Algorithmus und/oder Kennfeld und/oder Kennlinie und/oder
15 parametrisches Modell ausgebildet ist, und/oder wobei das zweite Parametermodell wenigstens eine Ausgangsgröße des ersten Parametermodells als Eingangsgröße verwendet.

20 Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden, wobei

25

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine;

30 Figur 2 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betrieb der in Figur 1 gezeigten Brennkraftmaschine; und

Figur 3 eine Weiterbildung des in Figur 2 gezeigten Verfahrens; darstellt.

35

Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine 10. Die Brennkraftmaschine 10 ist an einer Ausgangsseite mit einem Antriebsstrang eines Kraftfahrzeugs

verbunden. Die Brennkraftmaschine 10 stellt an der Ausgangsseite 11 ein Drehmoment M zum Antrieb des Kraftfahrzeugs bereit. Die Ausgangsseite 11 kann eine Kupplung sein.

5 Die Brennkraftmaschine 10 ist vom Ottotyp. Die Brennkraftmaschine 10 weist mehrere Zylinder 15 auf, von denen in Figur 1 einer angedeutet ist. Ferner umfasst die Brennkraftmaschine 10 einen Ansaugtrakt 20, einen Abgastrakt 25, ein Einlassventil 30, ein nicht dargestelltes Auslassventil, einen Aktuator mit einer
10 Verstelleinrichtung 35 zum diskreten Verstellen eines als Ventilquerschnitt ausgebildeten Ventilhubs des Einlassventils 30, ein Einspritzventil 40 zum Einspritzen von Kraftstoff, eine Zündkerze 45 mit einer Zündwinkel-Verstelleinrichtung 50, ein im Ansaugtrakt 20 angeordnetes Drosselventil 55 in Form einer
15 Drosselklappe und einen im Ansaugtrakt 20 angeordneten Verdichter 60. Ferner umfasst die Brennkraftmaschine 10 ein Steuergerät 65 und ein Betriebssteuergerät 70.

Das Steuergerät 65 umfasst eine Steuereinrichtung 75, einen
20 ersten Speicher 80 und eine erste Schnittstelle 85. Die Steuereinrichtung 75 ist über eine erste Verbindung 90 mit dem ersten Speicher 80 verbunden. Die erste Schnittstelle 85 ist mit der ersten Steuereinrichtung 75 mittels einer zweiten Verbindung 95 verbunden.

25 Im ersten Speicher 80 der Steuereinrichtung 75 ist ein erstes Parametermodell und ein zweites Parametermodell der Brennkraftmaschine 10 abgelegt. Das erste und/oder das zweite Parametermodell und/oder Vorhersagemodell kann dabei als mathematische Funktion und/oder Algorithmus und/oder Kennfeld
30 und/oder Kennlinie und/oder parametrisches Modell ausgebildet sein. Ferner ist im Speicher 80 ein vordefinierter Schwellenwert abgelegt. Der Schwellenwert ist in der Ausführungsform beispielsweise als Toleranzband ausgebildet.

35 Das erste und/oder das zweite Parametermodell bilden dabei ein physikalisches Modell der Brennkraftmaschine 10 aus. Dabei unterscheidet sich das erste Parametermodell dahingehend vom

zweiten Parametermodell, dass die Eingangsgrößen des ersten Parametermodells teilweise unterschiedlich zu den Eingangsgrößen des zweiten Parametermodells sind. Dabei ist ferner eine Ausgangsgröße des ersten Parametermodells eine der Eingangsgrößen des zweiten Parametermodells.

Das Betriebssteuergerät 70 umfasst eine Betriebssteuereinrichtung 100, einen zweiten Speicher 105 und eine zweite Schnittstelle 110. Der zweite Speicher 105 ist mittels einer dritten Verbindung 115 mit der Betriebssteuereinrichtung 100 verbunden. Die zweite Schnittstelle 110 ist mittels einer vierten Verbindung 120 mit der Betriebssteuereinrichtung 100 verbunden.

Die zweite Schnittstelle 110 ist mittels einer fünften Verbindung 125 mit der ersten Schnittstelle 85 verbunden. Ferner ist die zweite Schnittstelle 110 mittels einer sechsten Verbindung 130 mit der Zündkerze 45 und mittels einer siebten Verbindung 135 mit der Zündwinkel-Verstelleinrichtung 50 verbunden. Die Verstelleinrichtung 35 ist mittels einer achten Verbindung 140 mit der zweiten Schnittstelle 110 verbunden. Des Weiteren ist das Einspritzventil 40 mittels einer neunten Verbindung 145 und das Drosselventil 55 mittels einer zehnten Verbindung 150 mit der zweiten Schnittstelle 110 verbunden.

Der Verdichter 60 ist in der Ausführungsform als verstellbarer Verdichter, insbesondere als Turbolader oder Kompressor ausgebildet. Der Verdichter 60 ist zur Ansteuerung am Betriebssteuergerät 70 mittels einer elften Verbindung 155 mit der zweiten Schnittstelle 110 verbunden.

Die Betriebssteuereinrichtung 100 steuert in Abhängigkeit eines im zweiten Speicher 105 abgelegten Steueralgorithmus mittels über die zweite Schnittstelle 110 bereitgestellte Steuersignale die Brennkraftmaschine 10. Dabei wird mittels des Ansaugtrakts 20 ein Brennstoffluftgemisch 160 oder Luft in den Zylinder 15 gefördert.

Das Steuer- bzw. gegebenenfalls das Regelverfahren sind dem Fachmann grundsätzlich bekannt, sodass hierauf nur insofern eingegangen wird, als es für das Verständnis des im Weiteren beschriebenen Verfahrens zum Steuern von Umschaltvorgängen erforderlich ist. Im Rahmen der Steuerung bzw. Regelung der Brennkraftmaschine wird mittels der Verstelleinrichtung 35 auf Grundlage eines Steuersignals des Betriebssteuergeräts 70 der Ventilhub zwischen einem als erster Ventilquerschnitt ausgebildeten ersten Ventilhub und einem als zweiter Ventilquerschnitt ausgebildeten zweiten Ventilhub des Einlassventils 30 verändert.

Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betrieb der in Figur 1 gezeigten Brennkraftmaschine 10.

In einem ersten Verfahrensschritt 300 stellt das Betriebssteuergerät 70 an der zweiten Schnittstelle 110 ein erstes Informationssignal bereit. Das erste Informationssignal wird über die fünfte Verbindung 125 an die erste Schnittstelle übertragen und von dieser erfasst. Die erste Schnittstelle 85 stellt das erste Informationssignal der Steuereinrichtung 75 bereit.

Das erste Informationssignal beinhaltet zylinderabhängige Informationen der durch die Betriebssteuereinrichtung 70 gesteuerten Brennkraftmaschine 10. Dabei beinhaltet das erste Informationssignal eine Information über den aktuellen ersten Ventilhub des Einlassventils 30 (erster Ventilquerschnitt) und den neuen, vom aktuellen Ventilhub abweichenden nach dem Umschaltvorgang angesteuerten zweiten Ventilhub (zweiter Ventilquerschnitt). In der Ausführungsform soll beispielhaft der erste Ventilhub geringer sein als der zweite Ventilhub. Selbstverständlich ist auch denkbar, dass der zweite Ventilhub geringer als der erste Ventilhub ist. Das Betriebssteuergerät 70 steuert die Brennkraftmaschine 10 vor dem Umschaltvorgang auf Grundlage des ersten Steuerparameters und des ersten Ventilhubs.

Ferner beinhaltet das erste Informationssignal eine Information über einen Zeitpunkt der Umschaltung des Ventilhubes des Einlassventils 30 und einen ersten Steuerparameter. In der Ausführungsform weist der erste Steuerparameter als Kenngrößen

5 einen ersten Zündwinkel, einen Basiszündwinkel, einen minimalen Brennwinkel und eine erste Luftmasse auf. Dabei ist der Basiszündwinkel als frühestzulässiger Kurbelwellenwinkel definiert, bis zu welchem keine klopfende Verbrennung in der Brennkraftmaschine 10 stattfindet. Dabei wird unter einem

10 minimalen Brennwinkel der Kurbelwellenwinkel verstanden, zu welchem noch eine Verbrennung des Brennstoffluftgemischs 160 startbar ist. Selbstverständlich ist auch denkbar, dass der erste Steuerparameter weitere Kenngrößen der Brennkraftmaschine 10 umfasst.

15 Bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine 10 ermittelt die Steuereinrichtung 75 auf Grundlage des ersten Informationssignals und eines Vergleichs der Informationen zwischen den Zylindern in einem ersten Verfahrensschritt 300 welcher der

20 Zylinder 15 als nächster gezündet wird. Dabei führt die Steuereinrichtung 75 die im Folgenden beschriebenen Verfahrensschritte für den nächsten zündenden Zylinder, vorzugsweise bei einem 4-Zylindermotor wenigstens 360 Grad Kurbelwellenwinkel, vor einem Zünden des Zylinders durch.

25 In einem zweiten Verfahrensschritt 305, der auf den ersten Verfahrensschritt 300 folgt, errechnet die Steuereinrichtung 75 auf Grundlage des ersten Parametermodells sowie auf Grundlage des ersten Ventilhubes und des ersten Steuerparameters ein durch die

30 Brennkraftmaschine 10 an der Ausgangsseite 11, vorzugsweise an einer Kupplung bereitgestelltes erstes Drehmoment M1. Dabei sind der erste Ventilhub und der erste Steuerparameter Eingangsgrößen des ersten Parametermodells und das erste Drehmoment M1 eine Ausgangsgröße des ersten Parametermodells.

35 Dabei können in dem ersten Parametermodell Verluste, die das abzugebende erste Drehmoment M1 reduzieren, mit berücksichtigt werden. Dabei können insbesondere Reibungsverluste und/oder Strömungsverluste und/oder Pumpverluste der Luft und/oder des

Luftbrennstoffgemischs und/oder eines Abgases in der Brennkraftmaschine 10 mit berücksichtigt werden.

5 In einem dritten Verfahrensschritt 310, der auf den zweiten Verfahrensschritt 305 folgt, wird das errechnete erste Drehmoment M_1 im ersten Speicher 80 durch die Steuereinrichtung 75 abgelegt.

10 In einem vierten Verfahrensschritt 315, der auf den ersten Verfahrensschritt 300 folgt und vorzugsweise parallel zum zweiten Verfahrensschritt 305 durchgeführt wird, ermittelt die Steuereinrichtung auf Grundlage des Vorhersagemodells, des ersten Steuerparameters und des zweiten Ventilhubs eine zweite Luftmasse. Das Vorhersagemodell kann auch in das erste Parametermodell integriert sein.

Des Weiteren errechnet die Steuereinrichtung 75 auf Grundlage des ersten Parametermodells, des ersten Steuerparameters, des zweiten Ventilhubs und der zweiten Luftmasse ein durch die Brennkraftmaschine 10 nach dem Umschaltvorgang des Einlassventils 30 an der Ausgangsseite 11 der Brennkraftmaschine 10 bereitstellbares zweites Drehmoment M_2 . Hierbei wird bei dem ersten Steuerparameter anstatt der ersten Luftmasse die ermittelte zweite Luftmasse bei der Berechnung des zweiten

25 Drehmoments M_2 berücksichtigt. Dabei sind der zweite Ventilhub und der erste Steuerparameter sowie die zweite Luftmasse Eingangsgrößen des ersten Parametermodells und das zweite Drehmoment M_2 die Ausgangsgröße des ersten Parametermodells.

30 Ein beispielhaft gegenüber dem ersten Ventilhub vergrößerter zweiter Ventilhub des Einlassventils 30 führt zu einer verstärkten Füllung des Zylinders 15 mit Brennstoffluftgemisch 160 und durch die verstärkte Füllung zu einer entsprechenden Erhöhung des Drehmoments M an der Ausgangsseite 11 der Brennkraftmaschine

35 10.

Wird beispielhaft angenommen, dass mit dem ersten Ventilhub die Brennkraftmaschine 10 das erste Drehmoment M_1 von 100 Nm be-

reitstellt, so führt beispielsweise einer Erhöhung des ersten Ventilhubs zum zweiten Ventilhub, sodass beim zweiten Ventilhub der Zylinder 15 gegenüber dem ersten Ventilhub mit 50 Prozent mehr Brennstoffluftgemisch 160 gefüllt ist, zu einer entsprechenden

5 Steigerung des Drehmoments M an der Ausgangsseite 11 um 50 Prozent. Somit ergäbe sich bei dem zweiten Ventilhub an der Ausgangsseite 11 das zweite Drehmoment M_2 von 150 Nm.

In einem fünften Verfahrensschritt 320, der auf den vierten

10 Verfahrensschritt 315 folgt, wird das errechnete zweite Drehmoment M_2 im ersten Speicher 80 durch die Steuereinrichtung 75 abgelegt.

In einem sechsten Verfahrensschritt 325, der auf den dritten

15 Verfahrensschritt 310 und auf den fünften Verfahrensschritt 320 folgt, ermittelt die Steuereinrichtung 75 auf Grundlage des im ersten Speicher 80 abgelegten ersten Drehmoments M_1 und des zweiten Drehmoments M_2 eine Differenz ΔM aus dem ersten Drehmoment M_1 und dem zweiten Drehmoment M_2 .

20 In einem siebten Verfahrensschritt 330, der auf den sechsten Verfahrensschritt 325 folgt, legt die Steuereinrichtung 75 das Ergebnis der Differenz ΔM in dem ersten Speicher 80 ab.

25 In einem achten Verfahrensschritt 335 vergleicht die Steuereinrichtung 75 die Differenz ΔM mit dem vordefinierten Schwellenwert. In der Ausführungsform ist der Schwellenwert beispielsweise als Toleranzband ausgebildet. Das Toleranzband kann beispielsweise eine Breite von ± 5 Nm aufweisen. Liegt die

30 Differenz ΔM außerhalb des Toleranzbands, so fährt die Steuereinrichtung 75 mit einem neunten Verfahrensschritt 340 fort. Liegt die Differenz ΔM innerhalb des Toleranzbands, so stellt die Steuereinrichtung 75 dem Betriebssteuergerät 70 über die fünfte Verbindung 125 ein Freigabesignal bereit, um die Ventilhub-

35 umschaltung mit dem zweiten Ventilhub mittels der Verstell-einrichtung 35 durchzuführen. Dabei steuert das Betriebssteuergerät 70 nach dem Umschaltvorgang die Brennkraftmaschine

10 auf Grundlage des ersten Steuerparameters und des ersten Ventilhubes.

In dem neunten Verfahrensschritt 340 ermittelt die Steuer-
5 einrichtung 75 auf Grundlage der Differenz des Drehmoments ΔM und
des ersten Drehmoments M_1 , dem zweiten Parametermodell und dem
zweiten Ventilhub wenigstens einen zweiten Steuerparameter.
Hierbei verwendet die Steuereinrichtung die zweite Luftmasse im
10 Rahmen des ersten Steuerparameters. Dabei kann die zweite
Luftmasse erneut wie oben beschrieben mittels des Vorhersa-
gemodells ermittelt werden oder die Steuereinrichtung 70 be-
rücksichtigt die im vierten Verfahrensschritt 315 ermittelte
zweite Luftmasse.

15 Die Steuereinrichtung 75 wählt den zweiten Steuerparameter
derart, dass das durch die Brennkraftmaschine 10 nach dem
Umschaltvorgang im Wesentlichen abgebbare Drehmoment M dem
ersten Drehmoment M_1 entspricht und somit die Differenz ΔM
gegenüber der im sechsten Verfahrensschritt 325 errechneten
20 Differenz ΔM reduziert ist.

Dabei können in dem zweiten Parametermodell Verluste, die das
abzugebende zweite Drehmoment M_2 beeinflussen, mit berück-
sichtigt werden. Insbesondere können Reibungsverluste, Strö-
25 mungsverluste und/oder Pumpverluste der Luft und/oder des
Luftbrennstoffgemischs und/oder eines Abgases in der Brenn-
kraftmaschine 10 mit berücksichtigt werden.

Hierbei sind der zweite Ventilhub und die Differenz ΔM des
30 Drehmoments und der Basisbrennwinkel und der minimale Zündwinkel
sowie die zweite Luftmasse Eingangsgrößen des zweiten Para-
metermodells und der zweite Steuerparameter die Ausgangsgröße
des zweiten Parametermodells. Damit bildet das zweite Para-
metermodell zumindest teilweise eine Art „Rückwärts-Modell“
35 gegenüber dem als „Vorwärts-Modell“ ausgebildeten ersten Pa-
rametermodell aus. Mit anderen Worten ist zumindest teilweise das
zweite Parametermodell das inverse erste Parametermodell.

Der zweite Steuerparameter kann dabei ein zweiter Zündwinkel sein. Alternativ ist auch denkbar, dass der zweite Steuerparameter eine oder mehrere andere Kenngröße(n) der Brennkraftmaschine 10, beispielsweise eine Brennstoffmenge, die durch das Einspritzventil 40 bereitgestellt wird und/oder eine dritte Luftmenge, die in den Zylinder gefördert wird, ist. Wird der zweite Zündwinkel als zweiter Steuerparameter bestimmt, berücksichtigt die Steuereinrichtung den minimalen Zündwinkel und den Basisbrennwinkel bei der Ermittlung des zweiten Zündwinkels.

Das zweite Parametermodell kann dabei eine Optimierungsstufe aufweisen, so dass ein zweiter Zündwinkel einen möglichst geringen Abstand zum Basisbrennwinkel aufweist, so dass ein Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine 10 möglichst hoch ist.

Gleichzeitig wird in der Optimierungsstufe der Zündwinkel derart gewählt, dass die Differenz ΔM möglichst gering ist. Die Optimierungsstufe kann beispielsweise als Pareto-Optimierung ausgebildet sein.

In einem zehnten Verfahrensschritt 345 stellt die Steuereinrichtung 75 dem Betriebssteuergerät 70 über die fünfte Verbindung 125 ein zweites Informationssignal über den zweiten Steuerparameter, beispielsweise den zweiten Zündwinkel, bereit.

In einem elften Verfahrensschritt 350 schaltet das Betriebssteuergerät 70 vom ersten Ventilhub auf den zweiten Ventilhub um und berücksichtigt den zweiten Steuerparameter und den zweiten Ventilhub bei dem Steuer- bzw. Regelverfahren der Brennkraftmaschine 10.

Durch die oben beschriebene beispielhafte 50-prozentige Erhöhung der Füllung des Zylinders 15 ermittelt die Steuereinrichtung 75 einen gegenüber dem ersten Zündwinkel erhöhten zweiten Zündwinkel, sodass die Zündkerze 45 später nach dem Umschaltvorgang also vor dem Umschaltvorgang des Ventilhubes das Brenngas 160 in dem Zylinder 15 zündet. Dadurch stellt die Brennkraftmaschine 10 an ihrer Ausgangsseite 11 sowohl vor als auch nach dem Umschaltvorgang ein im Wesentlichen konstantes Drehmoment M

bereit. Ein weiterer Vorteil ist, dass von einem stöchiometrisch fetteren Betrieb der Brennkraftmaschine auf einen stöchiometrisch mageren Betrieb der Brennkraftmaschine 10 umgeschaltet werden kann, ohne dass sprungartig an der Ausgangsseite 11 das Drehmoment der Brennkraftmaschine 10 erhöht wird. Dadurch wird ein besonders ruckelarmer Betrieb der Brennkraftmaschine 10 gewährleistet. Ferner kann schnelleres Umschalten vom ersten auf den zweiten Ventilhub gewährleistet werden, so dass zusätzlich der Verbrauch der Brennkraftmaschine 10 dadurch reduziert ist.

Im ersten, zweiten und vierten Verfahrensschritt 300, 305, 315 ist selbstverständlich auch denkbar, dass weitere Kenngrößen der Brennkraftmaschine 10 durch das Betriebssteuergerät 70 dem Steuergerät 65 als erste Steuerparameter bereitgestellt werden und durch das Steuergerät 65 bei der Ermittlung des ersten bzw. zweiten Drehmoments M_1 , M_2 diese berücksichtigt.

Figur 3 zeigt eine Weiterbildung des in Figur 2 beschriebenen Verfahrens. Zusätzlich wird dazu im ersten Verfahrensschritt 300 als erster Steuerparameter zusätzlich zum ersten Zündwinkel eine erste Drosselventilstellung des Drosselventils 55 als weitere Kenngröße des ersten Steuerparameters bereitgestellt. Ferner wird im ersten Verfahrensschritt 300 eine erste Verdichterstellung des Verdichters 60 als weitere Kenngröße des ersten Steuerparameters bereitgestellt.

Der zweite bis achte Verfahrensschritte 305 – 335 entsprechen den in Figur 2 beschriebenen zweiten bis achten Verfahrensschritten 305 – 335, wobei die Steuereinrichtung 75 bei der Ermittlung der Drehmomente M_1 , M_2 die erste Verdichterstellung und die erste Drosselventilstellung als ersten Steuerparameter mit berücksichtigt.

Zusätzlich ist im Speicher 80 ein Ansaugmodell abgelegt. Das Ansaugmodell kann unterschiedlich oder identisch zum Vorhersagemodell ausgebildet sein. Ferner ist denkbar, dass das Ansaugmodell im zweiten Parametermodell integriert ist. Dabei spiegelt das Ansaugmodell ein physikalisches Verhalten des

Ansaugtrakts 25 der Brennkraftmaschine 10 wider. Das Ansaugmodell kann dabei als mathematische Funktion und/oder Algorithmus und/oder Kennfeld und/oder Kennlinie und/oder parametrisches Modell ausgebildet sein.

5

Im neunten Verfahrensschritt 340 ermittelt die Steuereinrichtung 75 zusätzlich zu dem in Figur 2 beschriebenen neunten Verfahrensschritt 340 nach Ermittlung des zweiten Steuerparameters auf Grundlage des zweiten Steuerparameters und des Ansaugmodells eine zweite Drosselventilstellung, ein vordefiniertes Zeitintervall und eine dritte Drosselventilstellung. Des Weiteren wird auf Grundlage des zweiten Steuerparameters und des Ansaugmodells eine zweite Verdichterstellung des Verdichters 60 ermittelt. Das vordefinierte Zeitintervall definiert dabei einen Zeitpunkt vor dem Umschaltvorgang von dem ersten Ventilhub auf den zweiten Ventilhub.

Die zweite Drosselventilstellung, das vordefinierte Zeitintervall und die dritte Drosselventilstellung sowie die zweite Verdichterstellung des zweiten Informationssignals werden von dem Steuergerät 65 an das Betriebssteuergerät 70 mittels der fünften Verbindung 125 im zehnten Verfahrensschritt 340 im Rahmen des zweiten Informationssignals bereitgestellt.

In einem elften Verfahrensschritt 350, der auf den zehnten Verfahrensschritt 345 folgt, steuert das Betriebssteuergerät 70 das Drosselventil 55 derart an, dass die erste Drosselventilstellung im Abstand vom ermittelten vordefinierten Zeitintervall vor dem Umschaltvorgang von der ersten Drosselventilstellung in die zweite Drosselventilstellung verfahren wird. Im Wesentlichen zeitgleich wird der Verdichter 60 durch das Betriebssteuergerät 70 derart angesteuert, dass der Verdichter 60 von der ersten Verdichterstellung in die zweite Verdichterstellung verfahren wird.

35

In der Ausführungsform ist beispielsweise die zweite Drosselventilstellung gegenüber der ersten Drosselventilstellung so gewählt, dass die zweite Drosselventilstellung einer geringeren

Öffnung des Drosselventils 55 entspricht. Die zweite Verdichterstellung ist gegenüber der ersten Verdichterstellung derart gewählt, dass der Verdichter 60 einen höheren Druck im Ansaugtrakt 20 bereitstellt.

5

In einem zwölften Verfahrensschritt 355 wird zum Zeitpunkt des Umschaltvorgangs vom ersten Ventilhub auf den zweiten Ventilhub das Drosselventil 55 in die dritte Drosselventilstellung verfahren. Gleichzeitig wird zum Zeitpunkt des Umschaltvorgangs der Verdichter 60 von der zweiten Verdichterstellung in die dritte Verdichterstellung verfahren. Auch berücksichtigt das Betriebssteuergerät nach dem Umschaltvorgang den zweiten Steuerparameter bei dem Steuer- bzw. Regelverfahren der Brennkraftmaschine 10.

15

Dies bewirkt, dass im Zeitintervall vor dem Umschalten ein Aufstau vor dem Drosselventil 55 der in den Zylinder 15 zu fördernden Luft entsteht, der beim Umschaltvorgang des Einlassventils 30 von der ersten Ventilstellung in die zweite Ventilstellung in den Zylinder 15 strömt und somit zu einer verbesserten Füllung des Zylinders 15 führt. Dies ist insbesondere dann von Relevanz, wenn die zweite Ventilstellung einen geringeren Ventilhub aufweist als der erste Ventilhub und somit ein Einlassquerschnitt des Einlassventils 30 beim zweiten Ventilhub geringer ist als beim ersten Ventilhub.

Diese Ausgestaltung hat den Vorteil, dass das Drehmoment M über die Umschaltung des Ventilhubes hinweg an der Ausgangsseite 11 der Brennkraftmaschine 10 besonders gut konstant gehalten werden kann.

Es wird darauf hingewiesen, dass das Betriebssteuergerät 70 und das Steuergerät 65 integriert ausgebildet sind, und die oben beschriebenen Verfahren durch das integrierte Steuergerät durchgeführt werden. Insbesondere ist denkbar, dass die oben beschriebene Steuerung der Brennkraftmaschine 10 nach dem Stand der Technik und das oben beschriebene Verfahren auf einem gemeinsamen Prozessor durchgeführt werden.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

5

Bezugszeichenliste

	10	Brennkraftmaschine
	11	Ausgangsseite
5	15	Zylinder
	20	Ansaugtrakt
	25	Abgastrakt
	30	Einlassventil
	35	Verstelleinrichtung
10	40	Einspritzventil
	45	Zündkerze
	50	Zündwinkel - Verstelleinrichtung
	55	Drosselventil
	60	Verdichter
15	65	Steuergerät
	70	Betriebssteuergerät
	75	Steuereinrichtung
	80	erster Speicher
	85	erste Schnittstelle
20	90	erste Verbindung
	95	zweite Verbindung
	100	Betriebssteuereinrichtung
	105	zweiter Speicher
	110	zweite Schnittstelle
25	115	dritte Verbindung
	120	vierte Verbindung
	125	fünfte Verbindung
	130	sechste Verbindung
	135	siebte Verbindung
30	140	achte Verbindung
	145	neunte Verbindung
	150	zehnte Verbindung
	155	elfte Verbindung
	160	Brennstoffluftgemisch
35		
	300	erster Verfahrensschritt
	305	zweiter Verfahrensschritt
	310	dritter Verfahrensschritt

315 vierter Verfahrensschritt
320 fünfter Verfahrensschritt
325 sechster Verfahrensschritt
330 siebter Verfahrensschritt
5 335 achter Verfahrensschritt
340 neunter Verfahrensschritt
345 zehnter Verfahrensschritt
350 elfter Verfahrensschritt
355 zwölfter Verfahrensschritt

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines Umschaltvorgangs eines Ventils (30) einer Brennkraftmaschine (10),

- 5 - wobei vor dem Umschaltvorgang ein erster Ventilquerschnitt des Ventils (30) zur Steuerung einer Luftmasse in der Brennkraftmaschine (10) bereitgestellt wird,
- wobei ein nach dem Umschaltvorgang anzusteuender zweiter Ventilquerschnitt des Ventils (30) bereitgestellt wird,
- 10 - wobei wenigstens ein erster Steuerparameter der Brennkraftmaschine (10) vor dem Umschaltvorgang bereitgestellt wird,
- wobei die Brennkraftmaschine (10) vor dem Umschaltvorgang in Abhängigkeit des ersten Steuerparameters und des ersten
- 15 Ventilquerschnitts gesteuert wird,
- wobei auf Grundlage eines ersten Parametermodells, des ersten Steuerparameters und des ersten Ventilquerschnitts ein durch die Brennkraftmaschine (10) abgegebenes erstes Drehmoment (M1) errechnet wird,
- 20 - wobei auf Grundlage des ersten Parametermodells, des ersten Steuerparameters und des zweiten Ventilquerschnitts ein durch die Brennkraftmaschine (10) nach dem Umschaltvorgang bereitstellbares zweites Drehmoment (M2) errechnet wird,
- wobei eine Differenz (ΔM) aus dem ersten Drehmoment (M1) und
- 25 dem zweiten Drehmoment (M2) ermittelt wird,
- wobei auf Grundlage des zweiten Ventilquerschnitts, der Differenz (ΔM) des Drehmoments, des ersten Drehmoments und einem zweiten Parametermodell wenigstens ein zweiter Steuerparameter derart ermittelt wird, dass die Differenz
- 30 (ΔM) des Drehmoments gegenüber der errechneten Differenz (ΔM) reduziert ist,
- wobei nach dem Umschaltvorgang in Abhängigkeit des zweiten Steuerparameters und des zweiten Ventilquerschnitts die Brennkraftmaschine (10) gesteuert wird.

35

2. Verfahren nach Anspruch 1,

- wobei der erste Steuerparameter ein erster Zündwinkel der Brennkraftmaschine (10) und/oder eine erste Luftmasse ist,

- und/oder wobei der zweite Steuerparameter ein zweiter Zündwinkel der Brennkraftmaschine (10) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2,

- wobei als erster Steuerparameter ein minimaler Zündwinkel und ein Basisbrennwinkel bereitgestellt wird,
- wobei bei der Bestimmung des zweiten Zündwinkels der minimale Zündwinkel und ein Basisbrennwinkel berücksichtigt werden.

10

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,

wobei als erster Ventilquerschnitt ein erster Ventilhub eines Einlassventils (30) und als zweiter Ventilquerschnitt ein zweiter Ventilhub des Einlassventils (30) der Brennkraftmaschine (10) bereitgestellt wird.

15

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

- wobei auf Grundlage des zweiten Ventilquerschnitts, des ersten Steuerparameters und eines Vorhersagemodells eine zweite Luftmasse bestimmt wird,
- wobei die zweite Luftmasse bei der Ermittlung des zweiten Drehmoments berücksichtigt wird.

20

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,

25

- wobei eine erste Drosselventilstellung eines Drosselventils (55) der Brennkraftmaschine (10) als erster Steuerparameter bereitgestellt wird,
- wobei auf Grundlage des zweiten Parametermodells eine zweite Drosselventilstellung, ein vordefiniertes Zeitintervall und eine dritte Drosselventilstellung ermittelt wird,
- wobei in Abhängigkeit des Zeitintervalls vor dem Umschaltvorgang des Ventils (30) das Drosselventil (55) von der ersten Drosselventilstellung in die zweite Drosselventilstellung verfahren wird,
- wobei im Wesentlichen im Zeitpunkt des Umschaltvorgangs das Drosselventil (55) von der zweiten Drosselventilstellung in die dritte Drosselventilstellung verfahren wird.

30

35

7. Verfahren nach Anspruch 6,

- wobei eine erste Verdichterstellung, insbesondere eines Turboladers oder eines Kompressors, als erster Steuerparameter bereitgestellt wird,

5 - wobei auf Grundlage des zweiten Parametermodells eine zweite Verdichterstellung ermittelt wird,

- wobei in Abhängigkeit des Zeitintervalls vor dem Umschaltvorgang der Verdichter (60) von der ersten Verdichterstellung in die zweite Verdichterstellung

10 verfahren wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7,

- wobei auf Grundlage des zweiten Parametermodells eine dritte Verdichterstellung des Turboladers oder des Kompressors ermittelt wird,

15

- wobei im Wesentlichen zum Zeitpunkt des Umschaltvorgangs des Ventils (30) der Verdichter (60) von der zweiten Verdichterstellung in die dritte Verdichterstellung verfahren wird.

20

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,

wobei der zweite Steuerparameter für einen nächst verbrennenden Zylinder (15) der Brennkraftmaschine (10), vorzugsweise wenigstens 360 Grad Kurbelwellenwinkel vor Beginn eines Zündens von Brennstoffgas (160) in dem Zylinder (15), ermittelt wird.

25

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,

- wobei die Differenz (ΔM) des Drehmoments mit einem vordefinierten Schwellenwert verglichen wird,

30

- wobei in Abhängigkeit eines Ergebnisses des Vergleichs ein Freigabesignal zur Umschaltung des ersten Ventilquerschnitts auf den zweiten Ventilquerschnitt bereitgestellt wird.

35

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 10, wobei das zweite Parametermodell eine Optimierungsstufe aufweist, wobei mittels der Optimierungsstufe ein Abstand des zweiten Zündwinkels zum Basisbrennwinkel und die Differenz (ΔM) reduziert werden.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,

- wobei das erste Parametermodell als Vorwärtsmodell ausgebildet ist und das zweite Parameter zumindest teilweise als Rückwärtsmodell des ersten Parametermodells ausgebildet ist,

5

- und/oder wobei das erste und/oder das zweite Parametermodell als mathematische Funktion und/oder Algorithmus und/oder Kennfeld und/oder Kennlinie und/oder parametrisches Modell ausgebildet ist,

10

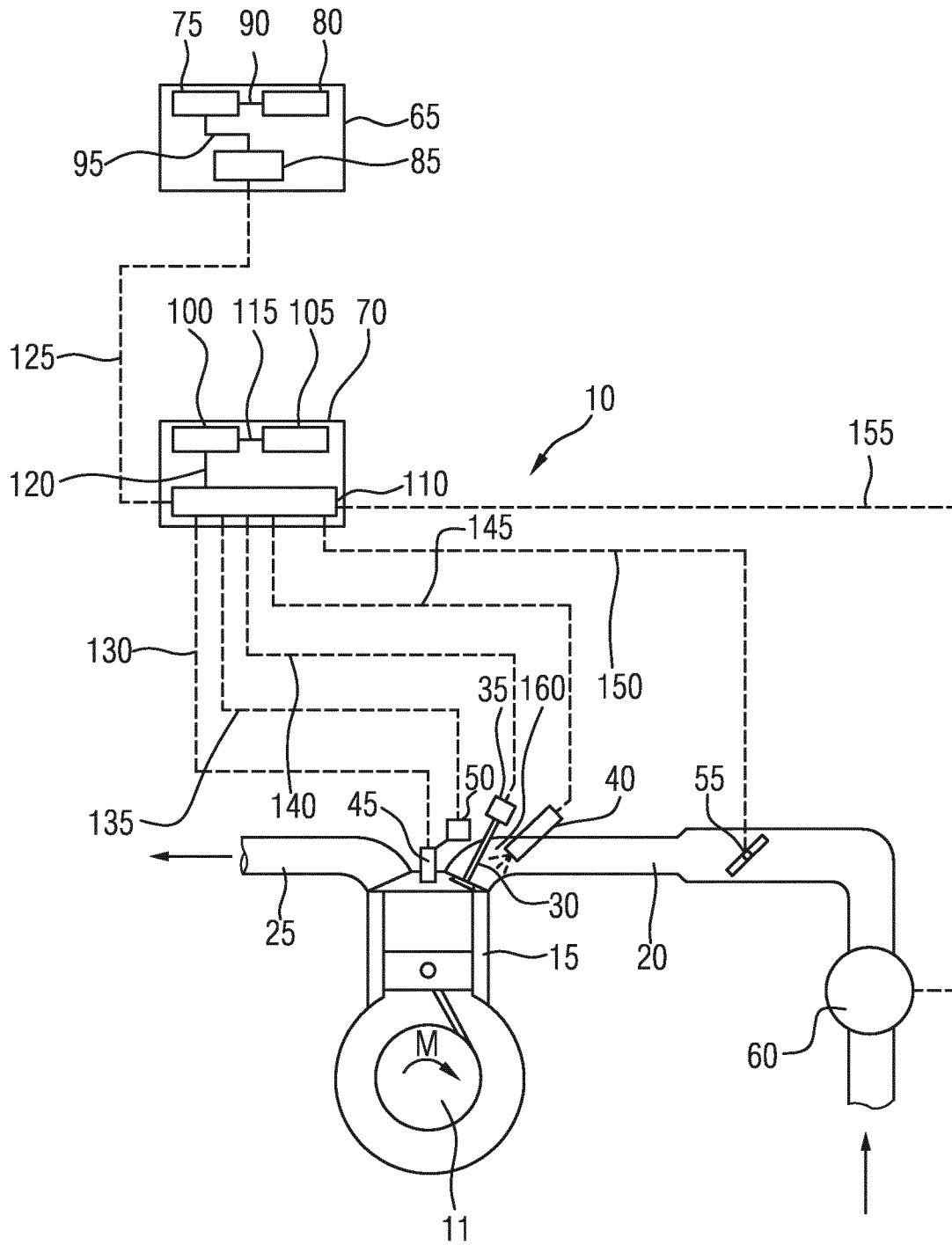
- und/oder wobei das zweite Parametermodell wenigstens eine Ausgangsgröße des ersten Parametermodells als Eingangsgröße verwendet.

13. Steuergerät (65) das ausgebildet ist, ein Verfahren gemäß

15

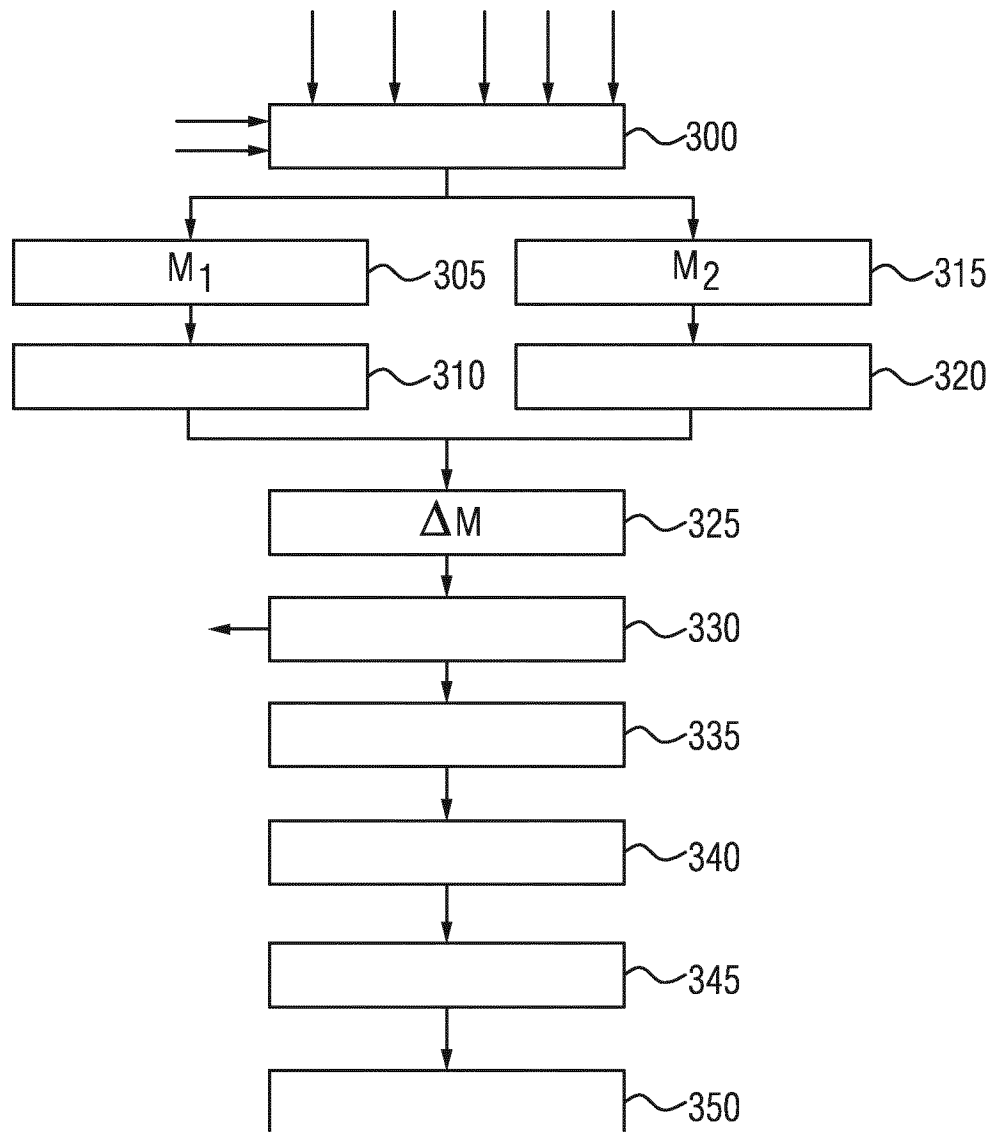
einem der Ansprüche 1 bis 12 durchzuführen.

FIG 1



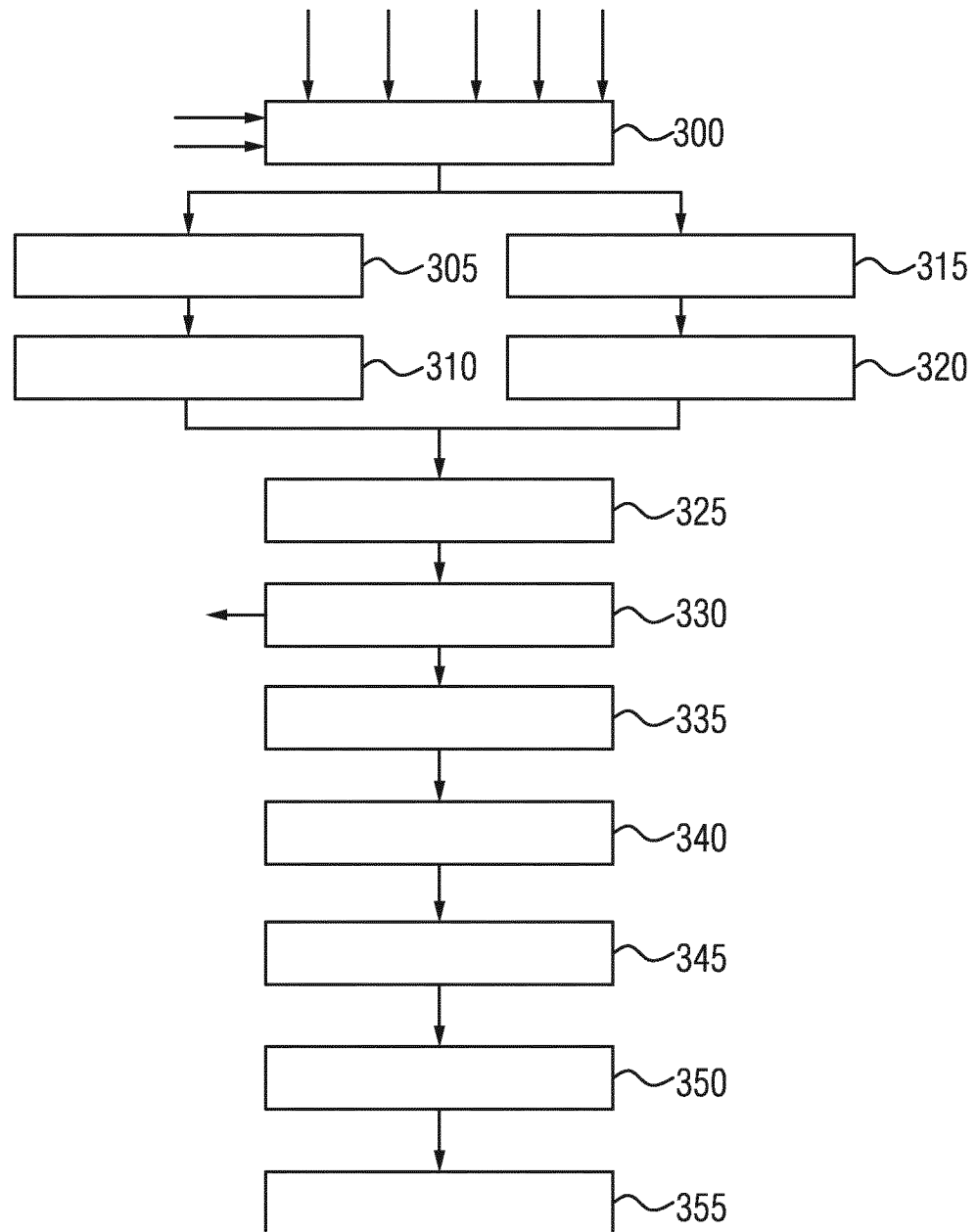
2/3

FIG 2



3/3

FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/060741

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02D41/14 F02D13/02 F02P5/145
ADD. F02D41/00

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 F02P

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 103 40 816 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31 March 2005 (2005-03-31) paragraphs [0002], [0003], [0006] - [0010], [0014], [0015], [0017] - [0020]; figures 2, 3, 4 -----	1-10, 12, 13
X Y	DE 10 2004 061142 A1 (AUDI AG [DE]) 13 July 2006 (2006-07-13) paragraphs [0003], [0005] - [0007], [0009] - [0010], [0012] - [0014]; figure 1 -----	1, 2, 4-6, 9, 13 3, 12
X Y A	US 2004/173172 A1 (HARADA TAKESHI [JP] ET AL) 9 September 2004 (2004-09-09) paragraphs [0005] - [0007], [0009], [0021] - [0029], [0110], [0131] - [0142], [0151], [0156] ----- -/-	1, 2, 4, 9, 13 3, 12 5, 6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 July 2016

Date of mailing of the international search report

03/08/2016

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Ducloyer, Stéphane

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2016/060741

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2006 042969 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3 April 2008 (2008-04-03) paragraphs [0001], [0003] - [0006], [0009] -----	1,2,4,13
A	DE 10 2009 003948 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 10 September 2009 (2009-09-10) paragraphs [0002] - [0007], [0032] - [0033] -----	7,8
A	DE 102 31 143 A1 (SIEMENS AG [DE]) 5 February 2004 (2004-02-05) paragraphs [0003], [0010], [0011] -----	10
X	US 5 143 037 A (SAWAMOTO KUNIFUMI [JP]) 1 September 1992 (1992-09-01)	1,13
A	column 1, lines 5-21; figure 4 column 1, line 49 - column 2, line 23; figures 14-16 column 6, lines 18-36 -----	5,6
A	DE 10 2004 031295 A1 (AUDI AG [DE]) 26 January 2006 (2006-01-26) paragraphs [0005], [0007], [0008], [0010] - [0013], [0016] -----	1,2,4,13
A	EP 1 775 448 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18 April 2007 (2007-04-18) paragraphs [0001], [0003] - [0009] -----	1,13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2016/060741

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10340816 A1	31-03-2005	DE 10340816 A1	31-03-2005
		JP 5189241 B2	24-04-2013
		JP 2005083377 A	31-03-2005
		US 2005065705 A1	24-03-2005
DE 102004061142 A1	13-07-2006	NONE	
US 2004173172 A1	09-09-2004	US 2004173172 A1	09-09-2004
		US 2006118071 A1	08-06-2006
		US 2007193539 A1	23-08-2007
DE 102006042969 A1	03-04-2008	DE 102006042969 A1	03-04-2008
		WO 2008031642 A1	20-03-2008
DE 102009003948 A1	10-09-2009	CN 101498247 A	05-08-2009
		DE 102009003948 A1	10-09-2009
		US 2009173314 A1	09-07-2009
DE 10231143 A1	05-02-2004	DE 10231143 A1	05-02-2004
		FR 2842252 A1	16-01-2004
		US 2004074475 A1	22-04-2004
US 5143037 A	01-09-1992	JP 2722815 B2	09-03-1998
		JP H04191449 A	09-07-1992
		US 5143037 A	01-09-1992
DE 102004031295 A1	26-01-2006	NONE	
EP 1775448 A1	18-04-2007	AT 387576 T	15-03-2008
		DE 102005048703 B3	05-04-2007
		EP 1775448 A1	18-04-2007
		ES 2303313 T3	01-08-2008
		KR 20070040318 A	16-04-2007
		US 2007088486 A1	19-04-2007

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F02D41/14 F02D13/02 F02P5/145
 ADD. F02D41/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 F02D F02P

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 103 40 816 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 31. März 2005 (2005-03-31) Absätze [0002], [0003], [0006] - [0010], [0014], [0015], [0017] - [0020]; Abbildungen 2, 3, 4 -----	1-10, 12, 13
X	DE 10 2004 061142 A1 (AUDI AG [DE]) 13. Juli 2006 (2006-07-13)	1, 2, 4-6, 9, 13
Y	Absätze [0003], [0005] - [0007], [0009] - [0010], [0012] - [0014]; Abbildung 1 -----	3, 12
X	US 2004/173172 A1 (HARADA TAKESHI [JP] ET AL) 9. September 2004 (2004-09-09)	1, 2, 4, 9, 13
Y	Absätze [0005] - [0007], [0009], [0021]	3, 12
A	- [0029], [0110], [0131] - [0142], [0151], [0156] ----- -/-	5, 6

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

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

25. Juli 2016

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

03/08/2016

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

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

Bevollmächtigter Bediensteter

Ducloyer, Stéphane

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2006 042969 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3. April 2008 (2008-04-03) Absätze [0001], [0003] - [0006], [0009] -----	1,2,4,13
A	DE 10 2009 003948 A1 (GM GLOBAL TECH OPERATIONS INC [US]) 10. September 2009 (2009-09-10) Absätze [0002] - [0007], [0032] - [0033] -----	7,8
A	DE 102 31 143 A1 (SIEMENS AG [DE]) 5. Februar 2004 (2004-02-05) Absätze [0003], [0010], [0011] -----	10
X	US 5 143 037 A (SAWAMOTO KUNIFUMI [JP]) 1. September 1992 (1992-09-01)	1,13
A	Spalte 1, Zeilen 5-21; Abbildung 4 Spalte 1, Zeile 49 - Spalte 2, Zeile 23; Abbildungen 14-16 Spalte 6, Zeilen 18-36 -----	5,6
A	DE 10 2004 031295 A1 (AUDI AG [DE]) 26. Januar 2006 (2006-01-26) Absätze [0005], [0007], [0008], [0010] - [0013], [0016] -----	1,2,4,13
A	EP 1 775 448 A1 (SIEMENS AG [DE]) 18. April 2007 (2007-04-18) Absätze [0001], [0003] - [0009] -----	1,13

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2016/060741

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 10340816 A1	31-03-2005	DE 10340816 A1	31-03-2005
		JP 5189241 B2	24-04-2013
		JP 2005083377 A	31-03-2005
		US 2005065705 A1	24-03-2005
DE 102004061142 A1	13-07-2006	KEINE	
US 2004173172 A1	09-09-2004	US 2004173172 A1	09-09-2004
		US 2006118071 A1	08-06-2006
		US 2007193539 A1	23-08-2007
DE 102006042969 A1	03-04-2008	DE 102006042969 A1	03-04-2008
		WO 2008031642 A1	20-03-2008
DE 102009003948 A1	10-09-2009	CN 101498247 A	05-08-2009
		DE 102009003948 A1	10-09-2009
		US 2009173314 A1	09-07-2009
DE 10231143 A1	05-02-2004	DE 10231143 A1	05-02-2004
		FR 2842252 A1	16-01-2004
		US 2004074475 A1	22-04-2004
US 5143037 A	01-09-1992	JP 2722815 B2	09-03-1998
		JP H04191449 A	09-07-1992
		US 5143037 A	01-09-1992
DE 102004031295 A1	26-01-2006	KEINE	
EP 1775448 A1	18-04-2007	AT 387576 T	15-03-2008
		DE 102005048703 B3	05-04-2007
		EP 1775448 A1	18-04-2007
		ES 2303313 T3	01-08-2008
		KR 20070040318 A	16-04-2007
		US 2007088486 A1	19-04-2007