



(11) **EP 1 857 659 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
21.11.2007 Patentblatt 2007/47

(51) Int Cl.:
F02D 35/02^(2006.01) F02D 41/34^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07104735.1**

(22) Anmeldetag: **23.03.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT 80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Kettl, Thomas 94348, Atting (DE)**
• **Zhang, Hong 93105, Tegernheim (DE)**

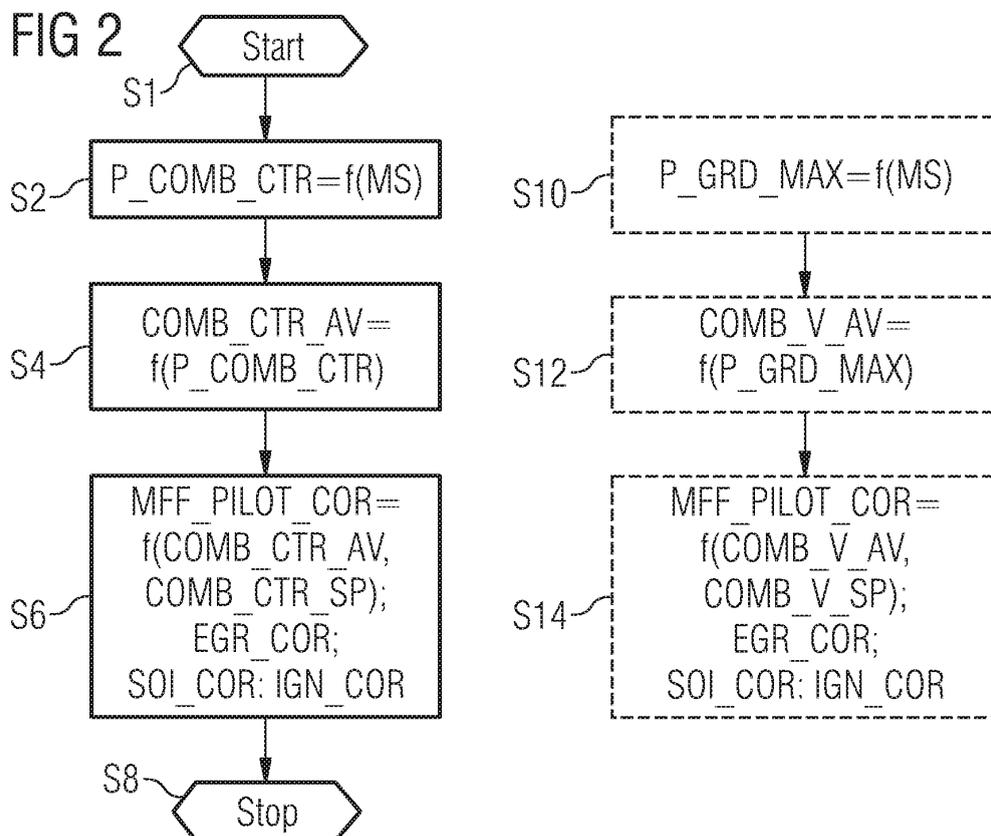
(30) Priorität: **18.05.2006 DE 102006023473**

(54) **Verfahren und Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

(57) Eine Brennkraftmaschine hat mehrere Zylinder, bei denen mindestens ein Zylinder als Referenzzylinder ausgebildet ist, dem ein Zylinderdrucksensor zugeordnet ist, wobei den Zylindern mindestens je ein Stellglied zugeordnet ist und ein Kurbelwellenwinkelsensor vorgesehen ist.

Ein Verbrennungskennwert, der für den Ablauf der

Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder charakteristisch ist, wird abhängig von dem Messsignal (MS) des Zylinderdrucksensors ermittelt. Mindestens eine Stellgröße für mindestens ein Stellglied wird bezüglich mehrerer Zylinder abhängig von dem Verbrennungskennwert im Sinne einer Anpassung des Ablaufs der Verbrennung in dem Referenzzylinder an einen vorgegebenen Ablauf der Verbrennung angepasst.



EP 1 857 659 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern. Eine derartige Brennkraftmaschine kann beispielsweise Benzinoder Diesel-betrieben sein.

[0002] Immer strengere gesetzliche Vorschriften bezüglich zulässiger Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen, in denen Brennkraftmaschinen angeordnet sind, machen es erforderlich, die Schadstoffemissionen beim Betrieb der Brennkraftmaschine so gering wie möglich zu halten. Dies kann zum einen dadurch erfolgen, dass die Schadstoffemissionen verringert werden, die während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder der Brennkraftmaschine entstehen. Zum anderen sind in Brennkraftmaschinen Abgasnachbehandlungssysteme im Einsatz, die die Schadstoffemissionen, die während des Verbrennungsprozesses des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in den jeweiligen Zylindern erzeugt werden, in unschädliche Stoffe umwandeln. Allen Ansätzen ist gemeinsam, dass eine präzise Steuerung der Brennkraftmaschine, dazu beitragen kann, die Schadstoffemissionen in geeigneter Art und Weise gering zu halten.

[0003] Ferner machen auch hohe Anforderungen im Hinblick auf den Fahrkomfort ein präzises Steuern der Brennkraftmaschine erforderlich.

[0004] Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zu schaffen, das bzw. die einfach ist und einen präzisen Betrieb einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern ermöglicht.

[0005] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0006] Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern. Mindestens einer der Zylinder ist als ein Referenzzylinder ausgebildet, dem ein Zylinderdrucksensor zugeordnet ist. Den Zylindern ist mindestens je ein Stellglied zugeordnet. Ferner ist ein Kurbelwellenwinkelsensor vorgesehen. Ein Verbrennungskennwert wird abhängig von dem Messsignal des Zylinderdrucksensors ermittelt. Der Verbrennungskennwert ist charakteristisch für den Ablauf der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder. Mindestens eine Stellgröße für mindestens ein Stellglied wird bezüglich mehrerer Zylinder abhängig von dem Verbrennungskennwert im Sinne einer Anpassung des Ablaufs der Verbrennung in dem Referenzzylinder an einen vorgegebenen Ablauf der Verbrennung angepasst.

[0007] Auf diese Weise wird die Erkenntnis genutzt, dass das Anpassen der Stellgröße für mindestens ein Stellglied, das dem Referenzzylinder zugeordnet ist, abhängig von dem Verbrennungskennwert im Sinne einer Anpassung des Ablaufs der Verbrennung in dem Referenzzylinder an einen vorgegebenen Ablauf der Verbren-

nung auch einfach übertragbar ist auf weitere Zylinder, wie z. B. alle Zylinder einer Zylinderbank der Brennkraftmaschine oder auch beispielsweise alle weiteren Zylinder der Brennkraftmaschine. Auf diese Weise wird der Aufwand für die benötigte Sensorik, also insbesondere die Anzahl der Zylinderdrucksensoren, deutlich verringert und es ist dennoch ein sehr präzises Steuern der Brennkraftmaschine möglich.

[0008] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Verbrennungskennwert repräsentativ für einen Schwerpunkt der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder. Diesbezüglich hat sich gezeigt, dass so der Verbrennungskennwert besonders geeignet ist zum Ermöglichen eines sehr präzisen Betriebs der Brennkraftmaschine.

[0009] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Verbrennungskennwert abhängig von einem von dem Messsignal des Zylinderdrucksensors hergeleiteten Druckschwerpunkts über den Verdichtungstakt und den Arbeitstakt des Referenzzylinders ermittelt. In diesem Zusammenhang wird die Erkenntnis genutzt, dass der Druckschwerpunkt mit dem Schwerpunkt der Verbrennung korreliert. Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Verbrennungskennwert repräsentativ für eine Geschwindigkeit der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder. Auch hier wird die Erkenntnis genutzt, dass bei der Kenntnis der Geschwindigkeit der Verbrennung ein sehr präziser Betrieb der Brennkraftmaschine möglich ist.

[0010] Unter der Geschwindigkeit der Verbrennung wird insbesondere die Geschwindigkeit der Ausbreitung der jeweiligen Flammenfront verstanden.

[0011] In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn der Verbrennungskennwert abhängig von einem von dem Messsignal des Zylinderdrucksensors hergeleiteten maximalen Gradienten des Drucks in dem Referenzzylinder während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder ermittelt wird. Der maximale Gradient zeichnet sich dadurch aus, dass er sehr stark mit der Geschwindigkeit der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder korreliert und einfach zu ermitteln ist.

[0012] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung beeinflusst die mindestens eine Stellgröße für mindestens ein Stellglied bezüglich mehrerer Zylinder eine Abgasrückführung oder eine zuzumessende Voreinspritzmenge oder eine auf den Kurbelwellenwinkel bezogene Lage eines Haupteinspritzmusters oder einen Zündwinkel. Ein Haupteinspritzmuster kann beispielsweise durch einen einzigen Einspritzpuls, aber auch durch mehrere Einspritzpulse charakterisiert sein. Auf diese Weise können die Anpassungen besonders präzise bezüglich der mehreren Zylinder durchgeführt werden.

[0013] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird in einem quasi-stationären Betrieb der Brennkraftmaschine je ein Beschleunigungs-

kennwert für eine Winkelbeschleunigung während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder zylinderindividuell ermittelt. Dabei wird die Erkenntnis genutzt, dass die Winkelbeschleunigung während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches jeweils repräsentativ ist für den jeweiligen Drehmomentbeitrag, der durch die jeweilige Verbrennung in dem jeweiligen Zylinder erzeugt wird.

[0014] Mindestens eine Stellgröße wird jeweils zylinderindividuell im Sinne einer Angleichung der den jeweiligen Zylindern zugeordneten Beschleunigungskennwerten angepasst. Auf diese Weise kann eine Gleichstellung der in den jeweiligen Zylindern erzeugten Drehmomentbeiträgen einfach und zuverlässig durchgeführt werden und zwar relativ zueinander. Im Zusammenhang mit dem Anpassen der mindestens einen Stellgröße für mindestens ein Stellglied bezüglich mehrerer Zylinder abhängig von dem Verbrennungskennwert im Sinne der Anpassung des Ablaufs der Verbrennungen im Referenzzylinder an den vorgegebenen Ablauf der Verbrennung kann auch in den jeweiligen Zylindern eine absolut genaue Einstellung der Drehmomentbeiträge erreicht werden. Dies ermöglicht eine besonders präzise und somit auch komfortable Steuerung der Brennkraftmaschine.

[0015] In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn die mindestens eine zylinderindividuell anzupassende Stellgröße eine in den jeweiligen Zylinder zuzumessende Kraftstoffmenge beeinflusst. Auf diese Weise ist eine besonders einfache und präzise Beeinflussung des jeweiligen absoluten Drehmomentbeitrags möglich.

[0016] In diesem Zusammenhang ist es ferner vorteilhaft, wenn die mindestens eine zylinderindividuell anzupassende Stellgröße eine auf den Kurbelwellenwinkel bezogene Lage eines Haupteinspritzmusters in den jeweiligen Zylinder beeinflusst. Auch auf diese Weise ist eine besonders einfache und präzise Beeinflussung des jeweiligen absoluten Drehmomentbeitrags möglich.

[0017] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Beschleunigungskennwert abhängig von der Winkelbeschleunigung während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder zylinderindividuell ermittelt. Dies ist besonders präzise.

[0018] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Beschleunigungskennwert abhängig von der Zeitdauer eines vorgebbaren Winkelsegments ermittelt. Dies ist besonders einfach. Unter einem Winkelsegment ist ein vorgegebener Winkelbereich bezüglich des Kurbelwellenwinkels zu verstehen, der bevorzugt auf einen jeweiligen Referenzpunkt bezüglich des individuellen Zylinders, wie z. B. einen oberen Totpunkt des oberen Kolbens, bezogen ist.

[0019] In diesem Zusammenhang ist es besonders vorteilhaft, wenn das Winkelsegment das jeweilige Zylindersegment ist. Als das Zylindersegment wird derjenige Kurbelwellenwinkelbereich bezeichnet innerhalb eines Arbeitsspiels einer Brennkraftmaschine, während

dessen das jeweils erzeugte Drehmoment je einem der Zylinder zuzuordnen ist. Der Kurbelwellenwinkelbereich, den ein Zylindersegment einnimmt, beträgt bei einer Viertakt-Brennkraftmaschine 720° Kurbelwellenwinkel geteilt durch die Anzahl der Zylinder.

[0020] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird abhängig von dem Messsignal des Zylinderdrucksensors ein Ist-Drehmoment ermittelt. Ein Drehmomentmodell, dessen Ausgangsgrößen Stellgrößen sind, wird abhängig von dem Ist-Drehmoment für mehrere Zylinder angepasst. Dies ermöglicht dann eine besonders präzise Steuerung des Drehmoments.

[0021] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert:

[0022] Es zeigen:

Figur 1 eine Brennkraftmaschine,

Figur 2 ein Ablaufdiagramm eines ersten Programms zum Betreiben der Brennkraftmaschine,

Figur 3 ein Ablaufdiagramm eines zweiten Programms zum Betreiben der Brennkraftmaschine,

Figur 4 ein Ablaufdiagramm eines dritten Programms zum Betreiben der Brennkraftmaschine und

Figur 5 ein Ablaufdiagramm eines vierten Programms zum Betreiben der Brennkraftmaschine.

[0023] Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

[0024] Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Abgastrakt 4. Der Ansaugtrakt 1 umfasst vorzugsweise eine Drosselklappe 5, ferner einen Sammler 6 und ein Saugrohr 7, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Motorblock geführt ist. Der Motorblock 2 umfasst ferner eine Kurbelwelle 8, welche über eine Pleuelstange 10 mit dem Kolben 11 des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

[0025] Der Zylinderkopf 3 umfasst einen Ventiltrieb mit einem Gaseinlassventil 12 und einem Gasauslassventil 13. Der Zylinderkopf 3 umfasst ferner ein Einspritzventil 18 und gegebenenfalls eine Zündkerze 19. Alternativ kann das Einspritzventil 18 auch in dem Saugrohr 7 angeordnet sein.

[0026] Eine Abgasrückführung 15 ist vorgesehen, durch die abhängig von einer Stellung eines Abgasrückführventils 16 Abgas in den Ansaugtrakt 1 zurückgeführt werden kann.

[0027] In dem Abgastrakt 4 ist ein Katalysator 21 vorgesehen.

[0028] Eine Steuervorrichtung 25 ist vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Wert der Messgröße er-

mitteln. Betriebsgrößen umfassen die Messgrößen und von diesen abgeleitete Größen. Die Steuervorrichtung ermittelt abhängig von mindestens einer der Betriebsgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder der Brennkraftmaschine mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden. Die Steuervorrichtung kann auch als Vorrichtung zum Betreiben der Brennkraftmaschine bezeichnet sein.

[0029] Die Brennkraftmaschine hat mehrere Zylinder Z1-Z4, wobei dem jeweiligen Zylinder Z1-Z4 dann jeweils entsprechende Stellglieder und gegebenenfalls auch Sensoren zugeordnet sind.

[0030] Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 26, welcher eine Fahrpedalstellung eines Fahrpedals 27 erfasst, ein Luftmassensensor 28, welcher einen Luftmassenstrom von aufwärts der Drosselklappe erfasst, ein erster Temperatursensor 32, welcher eine Ansauglufttemperatur erfasst, ein Saugrohrdrucksensor 34, welcher einen Saugrohrdruck in dem Sammler 6 erfasst, ein Kurbelwinkelwellensensor 36, welcher einen Kurbelwellenwinkel erfasst, dem dann eine Drehzahl zugeordnet wird, und ein zweiter Temperatursensor 38, welcher eine Temperatur innerhalb des Kurbelwellengehäuses erfasst.

[0031] Ferner ist einem Zylinder Z1, der als Referenzzylinder ausgebildet ist, ein Zylinderdrucksensor 39 zugeordnet, dessen Messsignal repräsentativ ist für einen Druckverlauf in dem Referenzzylinder.

[0032] Eine Abgassonde 43 ist vorgesehen, die in dem Katalysator 21 angeordnet sein kann oder auch stromaufwärts des Katalysators 21 angeordnet sein kann und die einen Restsauerstoffgehalt des Abgases erfasst.

[0033] Je nach Ausführungsform der Brennkraftmaschine kann eine beliebige Untermenge der genannten Sensoren vorhanden sein oder es können auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

[0034] Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe 5, die Gaseinlass- und Gasauslassventile 12, 13, das Abgasrückführventil 16, das Einspritzventil 18 oder die Zündkerze 19. Insbesondere im Falle einer Diesel-betriebenen Brennkraftmaschine kann auch auf die Drosselklappe 5 und die Zündkerze 19 verzichtet sein.

[0035] Programme zum Betreiben der Brennkraftmaschine sind in einem Speicher der Brennkraftmaschine gespeichert und werden während des Betriebs der Brennkraftmaschine in der Steuervorrichtung 25 abgearbeitet.

[0036] Ein erstes in Figur 2 wiedergegebene Programm zum Betreiben einer Brennkraftmaschine wird in einem Schritt S1 gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden. Der Start kann beispielsweise während des Betriebs in vorgebbaren Zeitabständen erfolgen. Er kann jedoch auch erfolgen, wenn vorgegebene Betriebsgrößen bestimmte Werte oder Wertebereiche einnehmen.

[0037] In einem Schritt S2 wird ein Druckschwerpunkt P_COMB_CTR über den Verdichtungstakt und den Arbeitstakt des Referenzzylinders abhängig von dem

Messsignal MS des Zylinderdrucksensors 39 ermittelt.

[0038] In einem Schritt S4 wird dann ein Schwerpunkt COMB_CTR_AV der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder Z1 ermittelt und zwar abhängig von dem Druckschwerpunkt P_COMB_CTR über den Verdichtungstakt und den Arbeitstakt des Referenzzylinders Z1. Dies kann beispielsweise durch eine direkte zeitliche Gleichsetzung des Schwerpunkts COMB_CTR_AV der Verbrennung mit dem Druckschwerpunkt P_COMB_CTR erfolgen. Gegebenenfalls kann jedoch auch ein korrelierender Zeitversatz zwischen beiden hierbei berücksichtigt werden.

[0039] In einem Schritt S6 wird dann ein Voreinspritzmengen-Korrekturwert MFF_PILOT_COR abhängig von dem Schwerpunkt COMB_CTR_AV der Verbrennung und einem vorgegebenen Schwerpunkt COMB_CTR_SP der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder Z1 ermittelt und zwar im Sinne einer Angleichung der beiden aneinander. Dazu kann beispielsweise auch ein Regler vorgesehen sein, der beispielsweise einen P-, einen I- oder einen D-Anteil aufweisen kann. Ferner kann der Voreinspritzmengen-Korrekturwert MFF_PILOT_COR auch abhängig von einem Kennfeld ermittelt werden.

[0040] Bevorzugt erfolgt das Ermitteln des Voreinspritzmengen-Korrekturwertes MFF_PILOT_COR dann bezogen auf den jeweiligen aktuellen Lastpunkt, der beispielsweise durch ein einzustellendes Drehmoment vorgegeben sein kann.

[0041] Alternativ oder zusätzlich können auf entsprechende Weise auch ein Abgasrückführatenkorrekturwert EGR_COR und/oder ein Einspritzbeginnwinkelkorrekturwert SOI_COR zum Korrigieren eines Einspritzbeginnwinkels SOI eines Haupteinspritzmusters ermittelt werden und ebenso wie der Voreinspritzmengenkorrekturwert MFF_PILOT_COR in dem Speicher der Steuervorrichtung für den weiteren Bereich der Brennkraftmaschine gespeichert werden. Bevorzugt erfolgt dies im Sinne einer Adaption, wobei abhängig von Betriebsgrößen dazu beispielsweise ein Kennfeld vorgesehen sein kann. Es können so die in dem Schritt S6 ermittelten Korrekturwerte beispielsweise zugeordnet zu einer Lastgröße, wie dem einzustellenden Drehmoment, abgespeichert werden. Bevorzugt werden die Korrekturwerte im Sinne einer Adaption abgespeichert.

[0042] In einem Schritt S8 wird das Verfahren anschließend beendet.

[0043] Alternativ kann auch auf den Schritt S4 verzichtet sein und statt dessen die Berechnungen in dem Schritt S6 dann entsprechend abhängig von dem Druckschwerpunkt P_COMB_CTR und einem entsprechend vorgegebenen Druckschwerpunkt erfolgen.

[0044] Ferner können alternativ oder zusätzlich zu den Schritten S2 bis S6 auch Schritte S10 bis S14 vorgesehen sein. In einem Schritt S10 wird ein maximaler Gradient P_GRD_MAX des Drucks in dem Referenzzylinder während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder abhängig von dem

Messsignal MS des Zylinderdrucksensors 39 ermittelt. Dies erfolgt bevorzugt innerhalb eines Kurbelwellenwinkelfensters von etwa dem oberen Totpunkt bei der Verbrennung und etwa 30 bis 40° Kurbelwellenwinkel danach.

[0045] In einem Schritt S12 wird dann eine Geschwindigkeit COMB_V_AV der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder ermittelt und zwar abhängig von dem maximalen Gradienten P_GRD_MAX des Drucks in dem Referenzzylinder während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches. Dies erfolgt bevorzugt mittels einer fest vorgegebenen vorab ermittelten Zuordnungsvorschrift, beispielsweise durch eine proportionale Zuordnung.

[0046] Anschließend wird in einem Schritt S14 der Voreinspritzmengenkorrekturwert MFF_PILOT_COR abhängig von der Geschwindigkeit COMB_V_AV der Verbrennung und einer vorgegebenen Geschwindigkeit COMB_V_SP der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder Z1 entsprechend des Vorgehens des Schrittes S6 ermittelt. Entsprechend werden auch alternativ oder zusätzlich der Einspritzbeginnwinkelkorrekturwert SOI_COR und/oder der Abgasrückföhratenkorrekturwert EGR_COR in dem Schritt 14 ermittelt.

[0047] Entsprechend zu dem Vorgenannten kann analog zu dem Schritt S4 auch hier auf den Schritt S12 verzichtet sein und eine entsprechend angepasste Berechnung in dem Schritt S14 erfolgen. Bei einer Durchführung sowohl der Schritte S6 als auch S14 wird dementsprechend bei dem Ermitteln der Korrekturwerte sowohl ein Anpassen des Schwerpunktes COMB_CTR_AV an den vorgegebenen Schwerpunkt COMB_CTR_SP der Verbrennung als auch eine Anpassung der Geschwindigkeit COMB_V_AV der Verbrennung an die vorgegebene Geschwindigkeit COMB_V_SP der Verbrennung begünstigt.

[0048] Die in den Schritten S16 und/oder S14 ermittelten Korrekturwerte werden im weiteren Betrieb der Brennkraftmaschine bezüglich mehrerer Zylinder Z1-Z4 eingesetzt. Dabei kann es sich beispielsweise um die Zylinder Z1-Z4 einer Zylinderbank oder beispielsweise auch um alle Zylinder Z1-Z4 der Brennkraftmaschine handeln.

[0049] In einem Schritt S16 (Figur 3) wird ein zweites Programm gestartet. In dem Schritt S16 können gegebenenfalls Variablen initialisiert werden. Das zweite Programm wird bevorzugt in vorgebbaren Zeitabständen während des Betriebs der Brennkraftmaschine gestartet. Es kann jedoch auch gestartet werden, wenn eine Untermenge der Betriebsgrößen vorgebbare Werte oder Wertebereiche einnehmen.

[0050] In einem Schritt S18 wird geprüft, ob ein quasistationärer Betrieb BZ_STAT der Brennkraftmaschine vorliegt. Der quasistationäre Betrieb BZ_STAT ist typischerweise durch eine im Wesentlichen konstante Drehzahl und ein im Wesentlichen konstantes Drehmoment gekennzeichnet und zwar über mehrere Arbeitsspiele.

Ist die Bedingung des Schrittes S18 nicht erfüllt, so wird das zweite Programm bevorzugt in dem Schritt S26 beendet. Ist die Bedingung des Schrittes S18 hingegen erfüllt, so wird in einem Schritt S20 eine Winkelbeschleunigung A_i während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder Z1 bis Z4 ermittelt.

[0051] Ein "i" ist ein Platzhalter für den jeweiligen Zylinder Z1 bis Z4 und könnte daher auch als Index dargestellt sein. Der Platzhalter "i" kann Werte von 1 bis I annehmen, wobei I der Anzahl beispielsweise der Zylinder Z1-Z4 einer Zylinderbank oder auch aller Zylinder Z1-Z4 der Brennkraftmaschine entspricht.

[0052] In einem Schritt S22 wird eine mittlere Winkelbeschleunigung A_MEAN durch Mitteln der in dem Schritt S20 ermittelten Winkelbeschleunigungen A_i während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in den jeweiligen Zylindern ermittelt.

[0053] In einem Schritt S24 wird anschließend ein zylinderindividueller Kraftstoffmengenkorrekturwert MFF_COR_i für den jeweiligen Zylinder Z1-Z4 abhängig von der ihm zugeordneten Winkelbeschleunigung A_i während der Verbrennung und der mittleren Winkelbeschleunigung A_MEAN ermittelt und zwar im Sinne einer Angleichung der jeweiligen Winkelbeschleunigung A_i des jeweiligen Zylinders Z1-Z4 an die mittlere Winkelbeschleunigung A_MEAN. Dazu kann beispielsweise ein entsprechender Regler vorgesehen sein oder beispielsweise der jeweilige zylinderindividuelle Kraftstoffmengenkorrekturwert MFF_COR_i abhängig von einem Kennfeld ermittelt werden. Entsprechend kann in dem Schritt S24 auch jeweils ein zylinderindividueller Einspritzbeginnwinkelkorrekturwert SOI_COR_i ermittelt werden.

[0054] Bevorzugt werden die in dem Schritt S24 ermittelten Korrekturwerte dann zylinderindividuell und bevorzugt bezogen auf den aktuell vorliegenden Lastpunkt in dem Speicher der Steuervorrichtung 25 für den weiteren Betrieb abgespeichert. Dazu kann beispielsweise ein Kennfeld vorgesehen sein, in dem die jeweiligen zylinderindividuellen Korrekturwerte lastpunktabhängig abgespeichert werden können. Bevorzugt erfolgt das Anpassen der jeweiligen Kennfeldwerte im Sinne einer Adaption.

[0055] Anschließend wird das Verfahren in dem Schritt S26 beendet.

[0056] Alternativ zu den Schritten S20 bis S24 können auch Schritte S28 bis S32 vorgesehen sein. Die Schritte S28 bis S32 korrespondieren zu den Schritten S20 bis S24 mit dem Unterschied, dass als Beschleunigungskennwert für die Winkelbeschleunigung während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in den jeweiligen Zylindern Z1 bis Z4, die zylinderindividuell ermittelt werden, jeweils Winkelsegmentzeitdauern, insbesondere bevorzugt Zylindersegmentzeitdauern T_SEG_i, zylinderindividuell ermittelt werden und in dem Schritt S30 eine mittlere Zylindersegmentzeitdauer T_SEG_MEAN ermittelt wird.

[0057] Das Programm gemäß Figur 3 wird in einem Schritt S26 beendet.

[0058] Ein drittes Programm (Figur 4) wird in einem Schritt S34 gestartet. In dem Schritt S34 können beispielsweise Variablen initialisiert werden. Bevorzugt erfolgt der Start des dritten Programms zeitnah zu einem Motorstart der Brennkraftmaschine.

[0059] In einem Schritt S36 werden zylinderindividuelle Stellsignale SG_INJ_i für die jeweiligen Einspritzventile 18, die den jeweiligen Zylindern Z1 bis Z4 zugeordnet sind, ermittelt. Dazu wird beispielsweise von weiteren Funktionen, die in Form von Programmen in der Steuervorrichtung abgespeichert sind, eine zuzumessende Kraftstoffmenge MFF und/oder eine zuzumessende Voreinspritzmenge MFF_PILOT und/oder ein Einspritzbeginnwinkel SOI im Hinblick auf ein Haupteinspritzmuster vorgegeben. Der Einspritzbeginnwinkel ist somit repräsentativ für eine Kurbelwellenwinkel bezogene Lage des Haupteinspritzmusters. Das Haupteinspritzmuster kann beispielsweise lediglich einen Einspritzpuls umfassen; es kann jedoch auch mehrere Einspritzpulse umfassen.

[0060] Ferner werden der jeweilige zylinderindividuelle Kraftstoffmengenkorrekturwert MFF_COR_i und/oder der jeweilige zylinderindividuelle Einspritzbeginnwinkelkorrekturwert SOI_COR_i und/oder der jeweilige zugeordnete Voreinspritzmengenkorrekturwert MFF_PILOT_COR ermittelt. Dies erfolgt bevorzugt lastabhängig oder auch abhängig von dem Wert weiterer Betriebsgrößen unter entsprechender Berücksichtigung der in den Schritten S6 und/oder S14 und/oder S24 und/oder S32 ermittelten Korrekturwerte. Anschließend wird dann das jeweilige Einspritzventil 18 mittels des zylinderindividuellen Stellsignals SG_INJ_i entsprechend angesteuert.

[0061] In einem Schritt S38, der gegebenenfalls auch quasi parallel zu dem Schritt S36 durchgeführt werden kann, wird ein Stellsignal SG_EGR für das Abgasrückführventil 16 abhängig von einer einzustellen Abgasrückführtrate EGR, die von einem anderen Programm der Steuervorrichtung ermittelt wird, und dem Abgasrückführatenkorrekturwert EGR_COR ermittelt. In diesem Zusammenhang wird ebenfalls das Abgasrückführatenkorrekturwert EGR_COR bevorzugt lastabhängig oder abhängig von weiteren Betriebsgrößen abhängig von einem entsprechenden Kennfeld ermittelt, dessen Kennfeldwerte bei den entsprechenden Durchläufen der Schritte S6 oder S14 entsprechend angepasst bzw. adaptiert werden.

[0062] Entsprechend des Stellsignals SG_EGR wird dann da Abgasrückführventil 16 angesteuert. In einem Schritt S40 verharret das Programm bevorzugt für eine vorgebbare Zeitdauer, die auch einem vorgebbaren Kurbelwellenwinkel entsprechen kann, der bevorzugt so vorgegeben ist, dass die Schritte S36 und S38 jeweils beispielsweise einmal pro Zylindersegment abgearbeitet werden.

[0063] Ferner kann auch ein viertes Programm vorge-

sehen sein, das im Folgenden anhand des Ablaufdiagramms der Figur 5 näher erläutert ist. Das vierte Programm wird in einem Schritt S42 gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden können. Der Start in dem Schritt S42 kann beispielsweise in vorgegebenen Zeitabständen während des Betriebs der Brennkraftmaschine erfolgen.

[0064] In einem Schritt S44 wird ein Ist-Drehmoment TQI_AV abhängig von dem Messsignal MS des Zylinderdrucksensors 39 ermittelt.

[0065] In einem Schritt S46 wird dann ein Drehmomentmodell TQI_MOD, dessen Ausgangsgrößen Stellgrößen sind, abhängig von dem Ist-Drehmoment TQI_AV angepasst. Dies erfolgt bevorzugt durch Vergleich eines korrespondierenden Soll-Drehmoments TQI_SP mit dem ermittelten Ist-Drehmoment TQI_AV. Ein derartiges Drehmomentmodell ist beispielsweise in dem Handbuch Verbrennungsmotor, 2. Auflage Juni 2002, Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig/Wiesbaden, Seiten 554 bis 556 offenbart, deren Inhalt hiermit diesbezüglich einbezogen ist.

[0066] Die Anpassung des Drehmomentmodells TQI_MOD erfolgt bevorzugt ebenfalls adaptiv. Sie erfolgt ferner nicht nur im Hinblick auf den Referenzzylinder sondern auch die mehreren Zylinder.

[0067] Das Programm wird anschließend in einem Schritt S48 beendet.

[0068] In den Schritten S6 und/oder S14 kann auch jeweils ein Zündwinkelkorrekturwert IGN_COR entsprechend ermittelt werden. In dem Programm gemäß der Figur 4 kann dann auch ein Stellsignal zum Ansteuern der jeweiligen Zündkerzen 19 ermittelt werden und zwar abhängig von einem anderweitig ermittelten Zündwinkel und dem Zündwinkelkorrekturwert IGN_COR.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern (Z1 bis Z4), bei denen mindestens ein Zylinder (Z1) als Referenzzylinder ausgebildet ist, dem ein Zylinderdrucksensor (39) zugeordnet ist, wobei den Zylindern (Z1 bis Z4) mindestens je ein Stellglied zugeordnet ist und ein Kurbelwellenwinkelsensor (36) vorgesehen ist, bei dem

- ein Verbrennungskennwert, der für den Ablauf der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder charakteristisch ist, abhängig von dem Messsignal (MS) des Zylinderdrucksensors (39) ermittelt wird und
 - mindestens eine Stellgröße für mindestens ein Stellglied bezüglich mehrerer Zylinder (Z1 bis Z4) abhängig von dem Verbrennungskennwert im Sinne einer Anpassung des Ablaufs der Verbrennung in dem Referenzzylinder an einen vorgegebenen Ablauf der Verbrennung angepasst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem der Verbrennungskennwert repräsentativ ist für einen Schwerpunkt der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Zylinder.
3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem der Verbrennungskennwert abhängig von einem von dem Messsignal (MS) des Zylinderdrucksensors (39) hergeleiteten Druckschwerpunkt (P_COMB_CTR) über den Verdichtungstakt und den Arbeitstakt des Referenzzylinders ermittelt wird.
4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Verbrennungskennwert repräsentativ ist für eine Geschwindigkeit in der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder.
5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem der Verbrennungskennwert abhängig von einem von dem Messsignal (MS) des Zylinderdrucksensors (39) hergeleiteten maximalen Gradienten (P_GRD_MAX) des Drucks in dem Referenzzylinder während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder ermittelt wird.
6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die mindestens eine Stellgröße für mindestens ein Stellglied bezüglich mehrerer Zylinder eine Abgasrückführung oder eine zuzumessende Voreinspritzmenge (MFF_PILOT) oder eine auf den Kurbelwellenwinkel bezogene Lage eines Haupteinspritzmusters oder einen Zündwinkel beeinflusst.
7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem in einem quasi-stationären Betrieb (BZ_STAT) der Brennkraftmaschine je ein Beschleunigungskennwert für eine Winkelbeschleunigung während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) zylinderindividuell ermittelt wird und mindestens eine Stellgröße jeweils zylinderindividuell im Sinne einer Angleichung der den jeweiligen Zylindern (Z1 bis Z4) zugeordneten Beschleunigungskennwerten angepasst wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die mindestens eine zylinderindividuell anzupassende Stellgröße eine in den jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) zuzumessende Kraftstoffmenge (MFF) beeinflusst.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, bei dem die mindestens eine zylinderindividuell anzupassende Stellgröße eine auf den Kurbelwellenwinkel bezogene Lage eines Haupteinspritzmusters in den jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) beeinflusst.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, bei dem der Beschleunigungskennwert abhängig von
- der Winkelbeschleunigung (A_i) während der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder (Z1 bis Z4) zylinderindividuell ermittelt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 10, bei dem der Beschleunigungskennwert abhängig von der Zeitdauer eines vorgebbaren Winkelsegments ermittelt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem das Winkelsegment das jeweilige Zylindersegment ist.
13. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem abhängig von dem Messsignal (MS) des Zylinderdrucksensors (39) ein Ist-Drehmoment (TQI_AV) ermittelt wird und ein Drehmomentmodell (TQI_MOD), dessen Ausgangsgrößen Stellgrößen sind, abhängig von dem Ist-Drehmoment (TQI_AV) für mehrere Zylinder (Z1 bis Z4) angepasst wird.
14. Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern (Z1 bis Z4), bei denen mindestens ein Zylinder (Z1) als Referenzzylinder ausgebildet ist, dem ein Zylinderdrucksensor (39) zugeordnet ist, wobei den Zylindern (Z1 bis Z4) mindestens je ein Stellglied zugeordnet ist und ein Kurbelwellenwinkelsensor (36) vorgesehen ist, wobei die Vorrichtung dazu ausgebildet ist,
- einen Verbrennungskennwert, der für den Ablauf der Verbrennung des Luft-/Kraftstoff-Gemisches in dem Referenzzylinder charakteristisch ist, abhängig von den Messsignalen (MS) des Zylinderdrucksensors (39) zu ermitteln und
 - mindestens eine Stellgröße für mindestens ein Stellglied bezüglich mehrerer Zylinder (Z1 bis Z4) abhängig von dem Verbrennungskennwert im Sinne einer Anpassung des Ablaufs der Verbrennung in dem Referenzzylinder an einen vorgegebenen Ablauf der Verbrennung anzupassen.

FIG 1

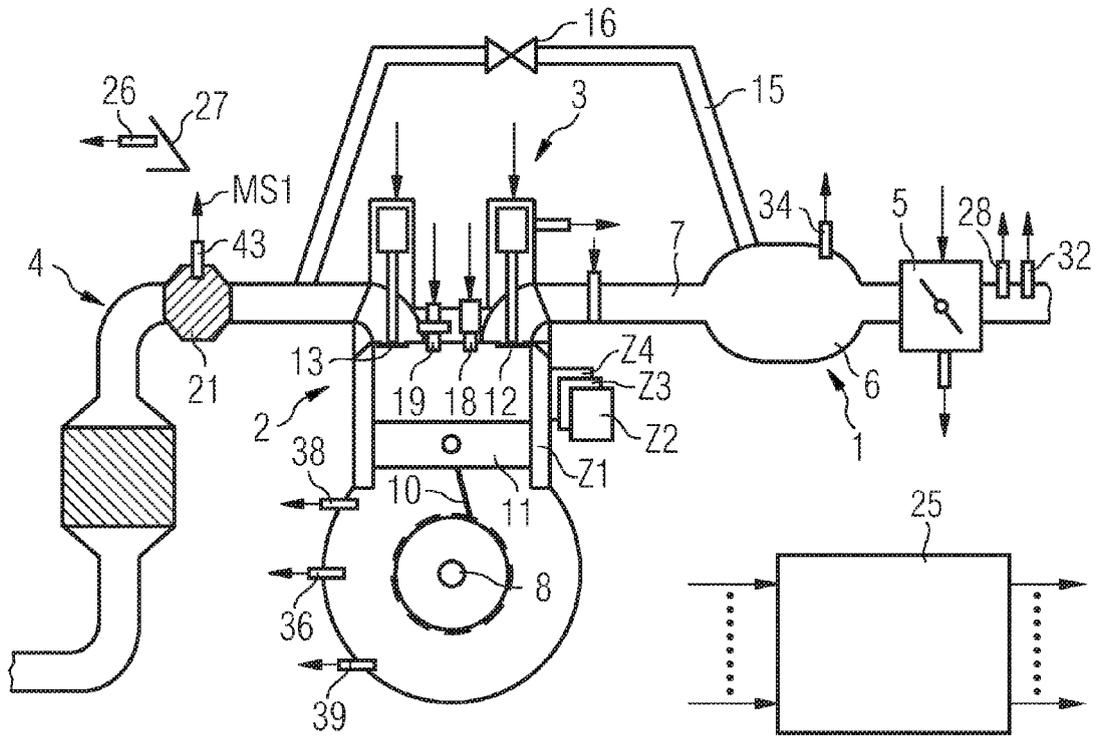


FIG 2

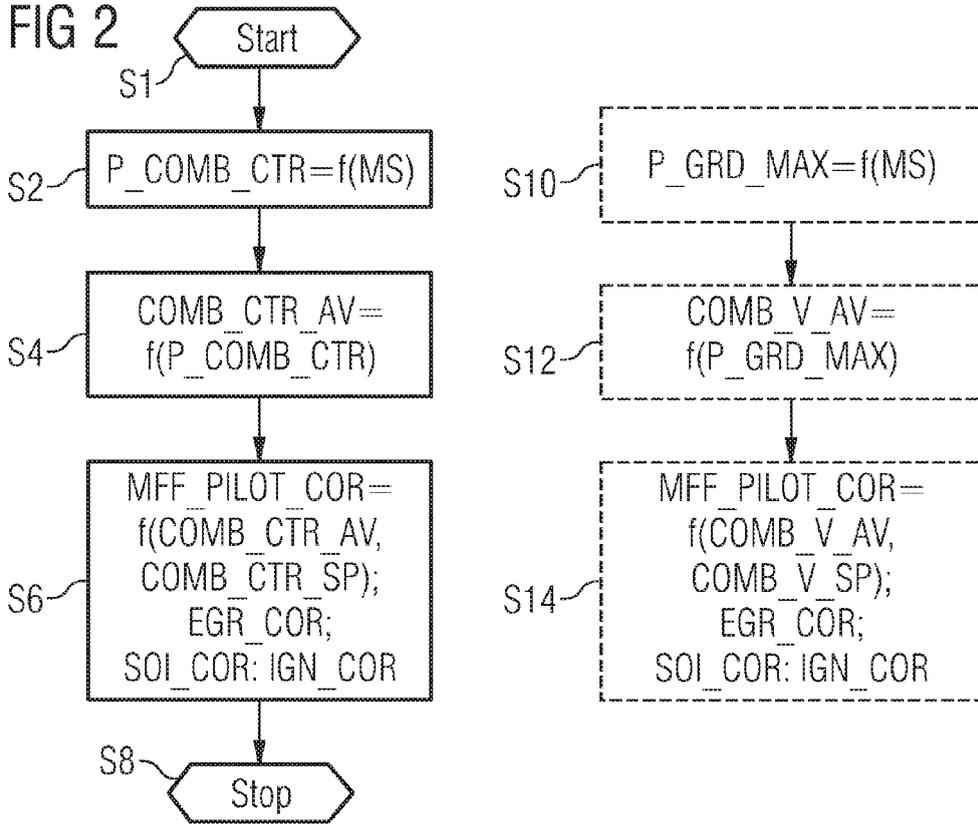


FIG 3

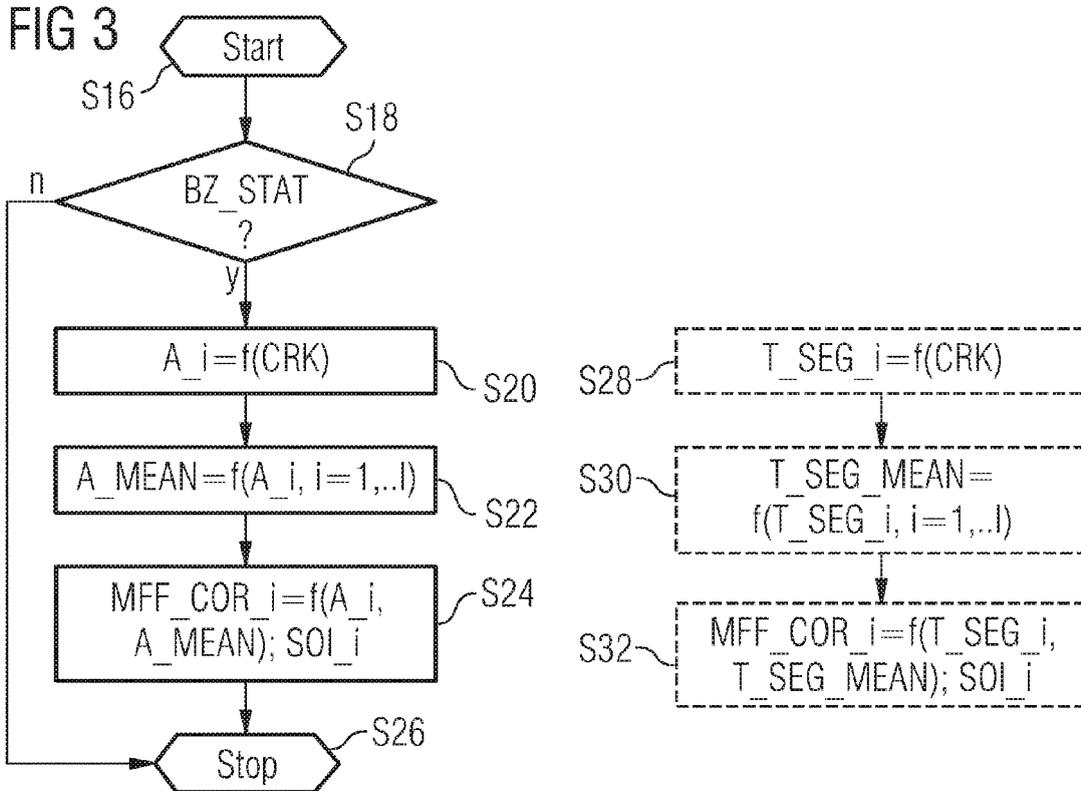


FIG 4

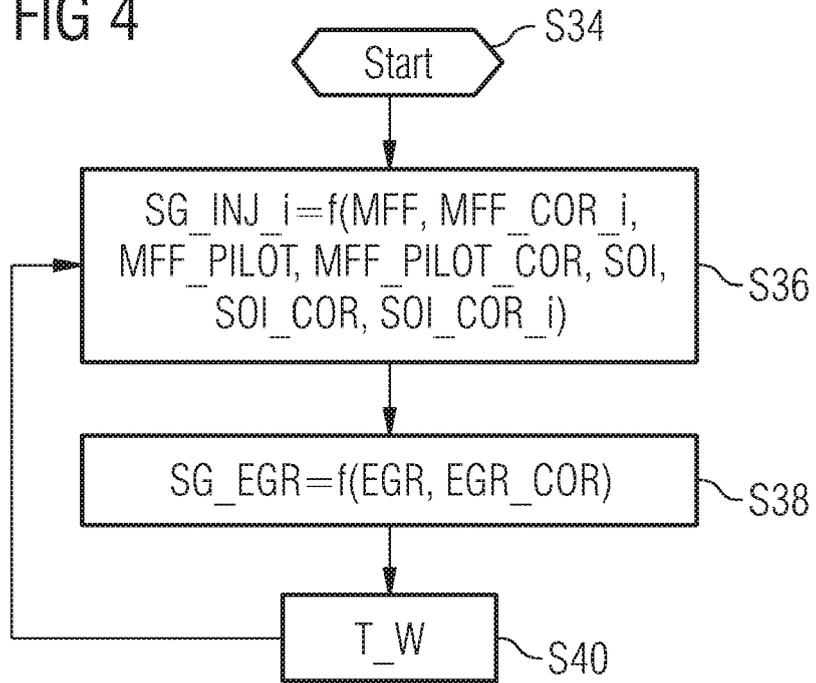
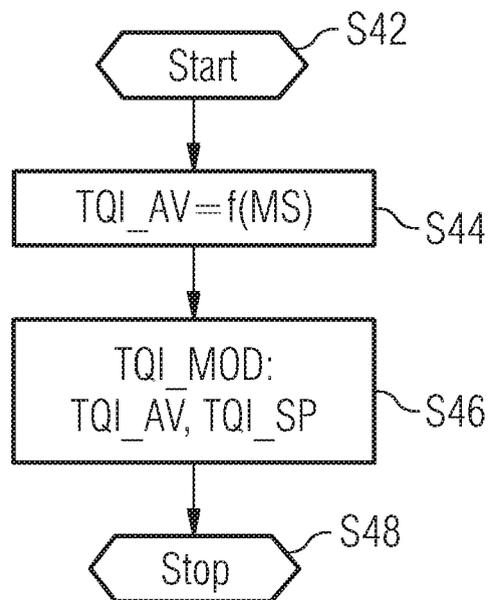


FIG 5



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- Handbuch Verbrennungsmotor. Friedrich Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Juni 2002, 554-556
[0065]