

(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. Januar 2018 (18.01.2018)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2018/010963 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F02D 41/10 (2006.01) *F02D 13/02* (2006.01)
F02D 41/40 (2006.01) *F02D 37/02* (2006.01)
F02P 5/15 (2006.01) *F02D 41/00* (2006.01)
F02P 5/152 (2006.01) *F02D 41/02* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/066091

(22) Internationales Anmeldedatum:
29. Juni 2017 (29.06.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 212 945.7
15. Juli 2016 (15.07.2016) DE

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

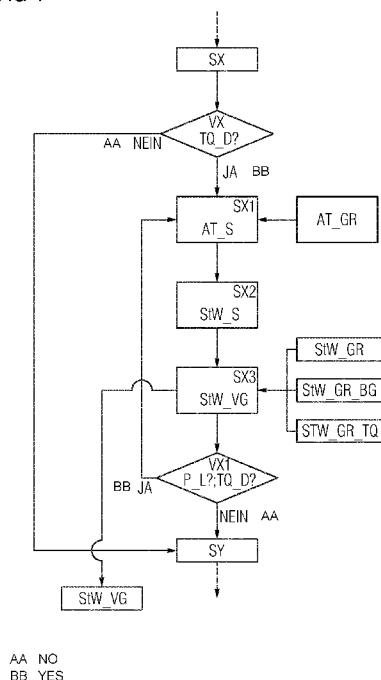
(72) Erfinder: DELP, Matthias; Kurt-Schumacher-Straße 13,
93077 Bad Abbach (DE). SÜDHOLT, Michael; Lud-
wig-Thoma-Str. 28, 84085 Langquaid (DE).

(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, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, 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.

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE HAVING AN EXHAUST
TURBOCHARGER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM STEUERN EINES VERBRENNUNGSMOTORS MIT EINEM
ABGASTURBOLADER

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a method and to a device for controlling an internal combustion engine, which has at least one exhaust turbocharger, wherein, in the case of an increase in the performance requirement of the internal combustion engine, a speed increase of the turbocharger is supported by an increase to the exhaust temperature. In dependence on the performance requirement and the current operating point of the exhaust turbocharger, a current target exhaust temperature and, proceeding therefrom, a target control value required to achieve the target exhaust temperature of at least one control parameter influencing the exhaust temperature is identified by means of a corresponding calculation model and applied for controlling the internal combustion engine in order to increase the exhaust temperature. The combustion center point is used as the control parameter and the combustion center point is displaced to a later time only for a partial number of the totality of the cylinders of the internal combustion engine present, in respect of the combustion center point position at the point in time before the increase in the performance requirement. According to the invention, the activation time of the internal combustion engine is thus significantly shortened while avoiding thermal overload of the exhaust turbocharger, in particular in case of a rapid increase in the performance requirement.

(57) Zusammenfassung: Der Gegenstand der Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines Verbrennungsmotors der zumindest einen Abgasturbolader aufweist, wobei bei einer Erhöhung der Leistungsanforderung an den Verbrennungsmotor eine Drehzahlerhöhung des Turboladers durch eine Erhöhung der Abgastemperatur unterstützt wird. Dabei wird in Abhängigkeit von der Leistungsanforderung und dem jeweils aktuellen Betriebspunkt des Abgasturboladers, mittel entsprechender Rechenmodelle, eine aktuelle Soll-Abgastemperatur und davon ausgehend ein zur Erreichung der Soll-Abgastemperatur erforderliche Soll-Steuerwert zumindest eines die Abgastemperatur beeinflussenden Steuerungsparameters ermittelt und zur Steuerung des Verbrennungsmotors angewandt, um die Abgastemperatur zu erhöhen. Als Steuerungsparameter wird die Verbrennungsschwerpunktlage herangezogen und die

(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)

Verbrennungsschwerpunktlage nur für eine Teilanzahl der insgesamt vorhandenen Zylinder des Verbrennungsmotors bezüglich der Verbrennungsschwerpunktlage zum Zeitpunkt vor der Erhöhung der Leistungsanforderung zu einem späteren Zeitpunkt verschoben. Dadurch wird, unter Vermeidung einer thermischen Überlastung des Abgasturboladers, die Ansprechzeit des Verbrennungsmotors, insbesondere bei sprunghafter Erhöhung der Leistungsanforderung signifikant verkürzt.

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Steuern eines Verbrennungsmotors mit einem Abgasturbolader

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines Verbrennungsmotors, der mit einem Abgasturbolader zur Leistungserhöhung ausgestattet ist.

10 Verbrennungsmotoren insbesondere für Kraftfahrzeuge sind in der Überzahl als Hubkolben-Verbrennungsmotoren ausgeführt, auf die in der vorliegenden Erfindung insbesondere Bezug genommen wird. Jedoch sind auch Drehkolben-Verbrennungsmotoren (Wankel-Prinzip) von diesem Oberbegriff und dem Rahmen der
15 Erfindung umfasst.

Hubkolben-Verbrennungsmotoren verfügen zumindest über einen Hubkolben-Zylinder, im Folgenden kurz als Zylinder bezeichnet, häufig jedoch über zumindest drei oder mehr Zylinder.

20 Pro Zylinder ist ein Hubkolben vorgesehen, der mit dem Zylinder einen Brennraum begrenzt und sich im Zylinder über eine als Kolbenhub bezeichnete Strecke auf und ab bewegen kann. Durch die Befüllung des Brennraums mit einem Kraftstoff-Luftgemisch und die anschließende Verbrennung des Kraftstoffes wird der Hubkolben angetrieben und die Bewegung des Hubkolbens wird über ein Pleuel auf die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors übertragen, die dadurch in Drehung versetzt wird und das zum Antrieb eines Kraftfahrzeugs erforderliche Drehmoment abgibt. Dabei werden sogenannte Otto-Motoren und Diesel-Motoren unterschieden, wobei Otto-Motoren mit Normal- oder Superbenzin bei Fremd-Zündung mittels zumindest einer Zündvorrichtung, z. B. Zündkerze, pro Zylinder und Diesel-Motoren mit Diesel-Kraftstoff bei Selbstzündung betrieben werden.

35

Aufgrund der immer strenger werdenden Gesetzgebung in Bezug auf das Abgasverhalten von Verbrennungsmotoren und der ge-

stiegenen Leistungserwartung der Nutzer werden immer höhere Anforderungen an die Gestaltung, Steuerung und Regelung des Verbrennungsprozesses des Kraftstoffes im Brennraum sowie der Abgas-Nachbehandlung gestellt. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, sind moderne Verbrennungsmotoren mit elektronisch, zumeist mittels einer zentralen Steuereinheit, der sogenannten ECU (Electronic Control Unit), gesteuerten Systemen zur Kraftstoff- und Luftzumessung sowie Zündung, Ventilöffnung und Abgasrückführung sowie Abgas-Nachbehandlung ausgerüstet.

Zur Kraftstoffzumessung werden Kraftstoff-Direkt-Einspritzsysteme eingesetzt, bei denen der Kraftstoff unter hohem Druck, zum Beispiel in einem sogenannten Common-Rail bereitgestellt und mittels elektronisch gesteuerter Einspritzventile in Abhängigkeit von der aktuellen Leistungsanforderung, hochgenau dosiert, mit hohem Druck, häufig in mehrere Teileinspritzmengen aufgeteilt und zeitgenau zum gewünschten Zeitpunkt in den Brennraum eingespritzt wird.

Auch der zur Verbrennung notwendige Sauerstoff wird in Form von Umgebungsluft, ggf. unter, durch ein Aufladesystem, zum Beispiel einen Abgasturbolader, erhöhtem Druck, bedarfsgenau über Drosselklappen und Einlassventile in den Brennraum des jeweiligen Zylinders zugemessen.

Auch die Zündung des Kraftstoff-Luft-Gemisches im Brennraum erfolgt in Abhängigkeit vom momentanen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors zeitgenau in Bezug auf die mit dem momentanen Kurbelwellendrehwinkel korrelierende Hubkolbenposition, wobei dieser momentane Kurbelwellendrehwinkel auch als sogenannter Zündwinkel bezeichnet wird. Die Zündung wird bei Otto-Motoren über eine von der zentralen Steuerungseinrichtung angesteuerte Zündvorrichtung und bei Diesel-Motoren durch den Einspritzzeitpunkt des Kraftstoffes vorgegeben.

Eine weitere Möglichkeit der Einflussnahme auf den Verbrennungsprozess besteht bei Verbrennungsmotoren, die mit einem sogenannten variablen Ventiltrieb, also einem System zur variablen Verstellung der Ventilöffnungsintervalle, ausgestattet sind. Mit einem solchen System können die Öffnungsquerschnitte und die Öffnungszeiten der Einlassventile, über die die Ansaugluft aus dem Ansaugsystem in den Brennraum gelangt, und der Auslassventile, über die das Abgas nach der Verbrennung aus dem Brennraum in das Abgassystem gelangt, in bestimmten Grenzen variabel gesteuert werden. Dadurch lässt sich der sogenannte Ladungswechsel im Brennraum, also den Austausch von Abgas gegen Kraftstoff-Luftgemisch und somit die Leistungsabgabe wesentlich beeinflussen.

Als weiteres, den Verbrennungsprozess und somit die Leistung des Verbrennungsmotors wesentlich beeinflussendes Aggregat kommen insbesondere bei Diesel-Motoren, aber immer häufiger auch bei Otto-Motoren Aufladesysteme, insbesondere Abgasturbolader zum Einsatz. Dies geschieht immer häufiger mit dem Ziel, den Verbrennungsmotor bei gleicher oder gar gesteigerter Leistung in Baugröße und Gewicht zu reduzieren und gleichzeitig den Verbrauch und somit den CO₂-Ausstoß, im Hinblick auf immer strenger werdende gesetzliche Vorgaben diesbezüglich, zu verringern. Das Wirkprinzip besteht darin, die im Abgasstrom enthaltene Energie zu nutzen um den Druck im Ansaugsystem vor den Zylindern des Verbrennungsmotors zu erhöhen und so eine bessere Befüllung des Brennraumes mit Luft-Sauerstoff zu bewirken und somit mehr Treibstoff, Benzin oder Diesel, pro Verbrennungsvorgang umsetzen zu können, also die Leistung des Verbrennungsmotors zu erhöhen.

Dazu weist der Abgasturbolader eine im Abgassystem des Verbrennungsmotors angeordnete Abgasturbine, einen im Ansaugsystem angeordneten Frischluftverdichter und ein dazwischen angeordnetes Lauferlager auf. Die Abgasturbine weist ein Turbinengehäuse und ein darin angeordnetes, durch den Abgasmassenstrom angetriebenes Turbinenlaufrad auf. Der Frischluftver-

dichter weist ein Verdichtergehäuse und ein darin angeordnetes, einen Ladedruck aufbauendes Verdichterlaufrad auf. Das Turbinenlaufrad und das Verdichterlaufrad sind auf den sich gegenüberliegenden Enden einer gemeinsamen Welle, der sogenannten Läuferwelle, drehfest angeordnet und bilden so den sogenannten Turboladerläufer. Die Läuferwelle erstreckt sich axial zwischen Turbinenlaufrad und Verdichterlaufrad durch das zwischen Abgasturbine und Frischluftverdichter angeordnete Läuferlager und ist in diesem, in Bezug auf die Läuferwellenachse, radial und axial drehgelagert. Gemäß diesem Aufbau treibt das vom Abgasmassenstrom angetriebene Turbinenlaufrad über die Läuferwelle das Verdichterlaufrad an, wodurch der Druck im Ansaugsystem des Verbrennungsmotors, bezogen auf den Frischluftmassenstrom hinter dem Frischluftverdichter, erhöht und dadurch eine bessere Befüllung des Brennraumes mit Luft-Sauerstoff bewirkt wird.

Bei einer sprunghaften Lasterhöhung zum Beispiel im Zusammenhang mit einem Beschleunigungsvorgang eines Kraftfahrzeugs wird der Turboladerläufer erst verzögert durch den ansteigenden Abgasdruck beschleunigt, was darauf beruht, dass bei kleinem Abgasmassenstrom des Verbrennungsmotors und niedriger Anfahrtdrehzahl des Turboladerläufers sowohl die Turbine, als auch der Verdichter des Abgasturboladers sehr schlechte Wirkungsgrade aufweisen. Aus diesem Grund und verstärkt durch die träge Masse des Turboladerläufers erfolgt der Druckaufbau im Ansaugsystem verzögert, was wiederum ein verzögertes Ansprechverhalten des Verbrennungsmotors, das allgemein als sogenanntes Turboloach bezeichnet wird, zur Folge hat. Dieses Turboloach wird in der Regel nicht nur vom Fahrzeuglenker als unangenehm empfunden, da das Fahrzeug erst mit Verzögerung auf eine gewollt dynamische Leistungsanforderung, zum Beispiel bei einem Überholvorgang, reagiert, sondern stellt auch ein nicht zu unterschätzendes Sicherheitsrisiko dar, wenn zum Beispiel ein Überholvorgang aufgrund der „Turboloach-Verzögerung“ nicht rechtzeitig abgeschlossen werden kann.

Diesem unerwünschten Effekt wird mit unterschiedlichen Lösungsansätzen entgegengetreten, wie zum Beispiel mit der parallelen oder sequenziellen Anordnung mehrerer Turbolader unterschiedlicher Baugröße, Leistung und Ansprechverhalten. Ein weiterer Lösungsansatz besteht in der zusätzlichen Anordnung einer vom Abgasstrom unabhängig betreibbaren Verdichtereinheit im Ansaugsystem, die als Ergänzung zu einem Abgasturbolader, gezielt in transienten Betriebsphasen des Verbrennungsmotors, für den schnellen Druckaufbau im Ansaugsystem, also zur Eliminierung des Turboloches eingesetzt wird. Diese Lösungen sind jedoch konstruktiv und konzeptionell sehr aufwendig und entsprechend teuer.

Ein weiterer Lösungsansatz, um das besagte Turboloch zumindest zu verkleinern besteht zum Beispiel bei Verbrennungsmotoren, die mit einem variablen Ventiltrieb ausgerüstet sind, darin, die Öffnungszeiten der Einlass- und Auslassventile des jeweiligen Zylinders bezogen auf den Kurbelwellenwinkel so zu verändern, dass es zu einer Überschneidung der Öffnungszeiten der Einlass- und Auslassventile, also zu einer über eine bestimmte Zeit andauernde gleichzeitige Öffnung von Einlass- und Auslassventilen kommt. Dabei kommt es zu dem sogenannten Überspülen, das auch unter dem Begriff „Scavenging“ bekannt ist, wobei durch das Druckgefälle zwischen Ansaugsystem und Abgassystem der Ladungswechsel im Zylinder begünstigt und eine bessere Befüllung des Brennraumes mit Luft erreicht werden kann. Somit kann auch eine größere Kraftstoffmenge zugemessen werden, was in einer sofortigen erhöhten Leistungsabgabe resultiert. Der Nachteil dieses Verfahrens ist ein verschlechtertes Abgasverhalten, da bei dieser Betriebsart mit einem Sauerstoffüberschuss ($\lambda > 1$) also mit einem sogenannten mageren Kraftstoff-Luftgemisch gefahren werden muss, um zum Beispiel die Katalysatortemperatur zu begrenzen, dies jedoch zu erhöhten NO_x-Emissionen führt, wodurch die in bestehenden, aber zumindest in zukünftigen Abgasgesetzgebungen festgelegten Grenzwerte nicht mehr einzuhalten sind.

Eine weitere Möglichkeit, um das Turboloch zu reduzieren besteht in der gezielten Erhöhung der Abgastemperatur vor der Turbine des Abgasturboladers. Dies hat eine größere Abgas-Enthalpie zur Folge, die eine schnellere Beschleunigung des Turboladerläufers und somit einen schnelleren Druckaufbau durch den Verdichter im Ansaugsystem zur Folge hat.

Ein solches Verfahren ist beispielsweise in dem Dokument DE 10 2011 081 844 A1 offenbart. Dieses betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer aufgeladenen Brennkraftmaschine mit mindestens einem Abgasturbolader, wobei das Ansprechverhalten der Abgasturboaufladung bzw. der mittels Abgasturboaufladung aufgeladenen Brennkraftmaschine bei einem Lastsprung verbessert ist. Erreicht wird dies durch ein Verfahren, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass bei einem Lastsprung der Zündzeitpunkt ausgehend von einem hinsichtlich des Wirkungsgrades optimierten Zündzeitpunkt nach spät verschoben wird und zwar über einen zur Vermeidung einer klopfenden Verbrennung erforderliche Zündzeitpunkt hinaus.

Auch das Dokument DE 101 40 120 A1 offenbart ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors mit Abgasturbolader, bei dem durch die Erhöhung der Abgasenthalpie das Ansprechverhalten des Verbrennungsmotors verbessert wird. Dazu wird bei Überschneiden der Öffnungswinkel von Einlass- und Auslassventil eines Zylinders eine Nacheinspritzung von Kraftstoff vorgenommen, die zu einem Luft-Kraftstoffgemisch im Abgassystem führt, welches brennfähig ist und durch Ansteuern eines zusätzlichen Zündmittels im Abgassystem vor der Turbine des Abgasturboladers gezündet und verbrannt wird.

In ähnlicher Weise wird auch bei dem im Dokument DE 199 44 190 A1 offenbarten Verfahren eine Erhöhung des Wirkungsgrades des Abgasturboladers und somit des Drehmoments bei einer mit Kraftstoff-Direkteinspritzung betriebenen Brennkraftmaschine dadurch erzielt, dass neben einer Primäreinspritzung eine Nacheinspritzung in ein oder mehrere Zylinder der Brennkraft-

maschine veranlasst wird, was zu einer Erhöhung der Abgastemperatur vor der Turbine des Abgasturboladers führt.

Die genannten Verfahren zur Abgasenthalpie-Erhö-
5 doch den Nachteil, dass sich die Abgastemperatur dabei unkon-
trolliert erhöhen kann und insbesondere bei Otto-Motoren die
Gefahr einer thermischen Schädigung der Abgasturbine oder der
nachfolgenden Komponenten im Abgassystem, wie zum Beispiel
Rußpartikelfilter und Katalysatoren, besteht. Weiterhin be-
10 steht die Gefahr, dass die nur an der Abgasenthalpie-Opti-
mierung orientierten Steuerungseingriffe sich negativ auf das
Betriebsverhalten des Verbrennungsmotors insgesamt auswirken.
So können daraus erhöhte Emissionswerte resultieren oder so-
gar zusätzliche Drehmomentreduzierung, zum Beispiel bei einem
15 zu stark nach hinten verlagerten Zündzeitpunkt oder zu früh
geöffneten Auslassventilen.

Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrun-
de, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines,
20 mindestens einen Abgasturbolader aufweisenden Verbrennungsmo-
tors, anzugeben, durch das bzw. bei dem die Drehmomentschwä-
che bei einer sprunghaften Leistungsanforderung aus niedrigen
Drehzahlen des Verbrennungsmotors heraus sicher und signifi-
kant reduziert ist, bei gleichzeitig sicherer Vermeidung ei-
25 ner thermischen Überlastung der Systemkomponenten sowie einem
übermäßig erhöhten Schadstoffausstoß.

Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren und eine Vor-
richtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors mit den Merk-
30 malen der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Aus- und
Weiterbildungen, welche einzeln oder, sofern es sich nicht um
sich gegenseitig ausschließende Alternativen handelt, in Kom-
bination miteinander eingesetzt werden können, sind Gegen-
stand der abhängigen Ansprüche.

35 Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Steuern eines, eine
Mehrzahl von Zylindern aufweisenden Verbrennungsmotors der

einen Abgasturbolader aufweist, wird bei einer Erhöhung, insbesondere bei einer sprunghaften Erhöhung, der Leistungsanforderung an den Verbrennungsmotor eine Drehzahlerhöhung des Turboladers und somit eine Anhebung des abrufbaren Drehmoments, durch eine Erhöhung der Abgastemperatur unterstützt. Dabei zeichnet sich das erfindungsgemäße Verfahren dadurch aus, dass zunächst in Abhängigkeit von der Leistungsanforderung und dem jeweils aktuellen Betriebspunkt des Abgasturboladers, mittels eines Abgasturbolader-Rechenmodells eine momentane Soll-Abgastemperatur ermittelt wird. Darauf folgend wird dann, ausgehend von der ermittelten Soll-Abgastemperatur, mittels eines Abgastemperatur-Rechenmodells, der zur Erreichung der Soll-Abgastemperatur erforderliche Soll-Steuerwert zumindest eines die Abgastemperatur beeinflussenden Steuerungsparameters ermittelt. Aus dem Soll-Steuerwert wird dann unter Einbeziehung zumindest eines Grenz-Steuerwertes ein Vorgabe-Steuerwert ermittelt und der ermittelte Vorgabe-Steuerwert des zumindest einen die Abgastemperatur beeinflussenden Steuerungsparameters wird zur Steuerung des Verbrennungsmotors angewandt, um die Abgastemperatur zu erhöhen, wobei als Steuerungsparameter die Verbrennungsschwerpunktlage herangezogen wird und die Verbrennungsschwerpunktlage nur für eine Teilanzahl der insgesamt vorhandenen Zylinder des Verbrennungsmotors bezüglich der Verbrennungsschwerpunktlage zum Zeitpunkt vor der Erhöhung der Leistungsanforderung zu einem späteren Zeitpunkt verschoben wird.

Die bei dem erfindungsgemäßen Verfahren und den weiteren Ausführungen des Verfahrens herangezogenen Rechenmodelle, das Abgasturbolader-Rechenmodell, das Abgastemperatur-Rechenmodell, das Brenngrenzen-Rechenmodell und das Drehmoment-Rechenmodell sind auf den physikalischen Gesetzmäßigkeiten des Verbrennungsmotors bzw. des Abgasturboladers beruhende mathematische Rechenmodelle, die in Form von entsprechenden Programm-Algorithmen zum Beispiel in der zentralen Steuereinheit abgelegt sind. Diese Rechenmodelle können auf Basis bzw. in Abhängigkeit von sensorisch ermittelten, kon-

struktiv festgelegten, in Kennfeldern zur Verfügung stehenden oder betriebsbedingt vorgegebenen Systemparametern die gesuchten variablen Stellgrößen bzw. Steuerwerte zur Ansteuerung der Teilsysteme voraus berechnen. Solche Modelle können
5 so gestaltet und programmiert sein, dass je nachdem welche Variablen vorgegeben werden die jeweils andere Variable als Ergebnisgröße ermittelt werden können. So kann beispielsweise auch der Rechenweg umgekehrt werden.

10 So ist das Abgasturbolader-Rechenmodell in diesem Fall dazu vorgesehen, ausgehend von einer Drehmoment- bzw. Leistungsanforderung an den Verbrennungsmotor, die zum Beispiel mittels Gaspedal oder Fahrpedal vom Fahrzeugführer vorgegeben wird, und unter Einbeziehung der momentanen, zum Beispiel senso-
15 risch ermittelten, Betriebsgrößen wie zum Beispiel Motordrehzahl, Ladedruck im Ansaugsystem, Läuferdrehzahl des Turboladers, Abgasenthalpie (Druck und Temperatur) vor und nach der Abgasturbine, etc., die für einen gewünschten schnellen Drehzahlanstieg des Turboladerläufers erforderliche Erhöhung der
20 Abgasenthalpie also auch der Soll-Abgastemperatur vor der Turbine zu errechnen.

Das Abgastemperatur-Rechenmodell dagegen ist dazu vorgesehen ausgehend von der mittels Abgasturbolader-Rechenmodell ermittelten erforderlichen Soll-Abgastemperatur zumindest einen
25 Soll-Steuerwert zumindest eines die Abgastemperatur beeinflussenden Steuerungsparameters zu ermitteln. Parameter, die in diese Berechnung eingehen können, sind zum Beispiel die Masse sowie die Temperatur der angesaugten Luft und die zuge-
30 messene Kraftstoffmasse. Der zu berechnende Soll-Steuerwert kann dann zum Beispiel der Zündzeitpunkt oder der Einspritzzeitpunkt des Kraftstoffes sein oder auch die Öffnungszeiten bzw. Öffnungswinkel der Ein- und Auslassventile. Auch eine kombinierte Anpassung der Steuerwerte mehrerer der genannten
35 Steuerungsparameter kann vorgesehen werden.

Ein wesentlicher Punkt des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass aus dem Soll-Steuerwert unter Einbeziehung zumindest eines Grenz-Steuerwertes ein Vorgabe-Steuerwert ermittelt wird. Für die zu ermittelnden Soll-Steuerwerte der die Abgastemperatur beeinflussenden Steuerungsparameter gibt es in der Regel Grenzen, bei deren Überschreitung sich das Betriebsverhalten des Verbrennungsmotors insgesamt oder in Bezug auf einzelne Merkmale, wie zum Beispiel das Emissionsverhalten oder das Motordrehmoment, unerwünscht negativ verändert. Um dies zu vermeiden können nun entsprechende Grenz-Steuerwerte fest oder auch betriebspunktabhängig vorgegeben und bei der Ermittlung der letztlich für die Temperaturerhöhung angewandten Vorgabe-Steuerwerte herangezogen werden. Dies geschieht in dem Sinne, dass zum Beispiel bei Überschreitung des Grenz-Steuerwertes durch den ermittelten Soll-Steuerwert, der Vorgabe-Steuerwerte auf den Wert des Grenz-Steuerwertes gesetzt wird, wogegen bei Unterschreitung des Grenz-Steuerwertes durch den ermittelten Soll-Steuerwert, der Vorgabe-Steuerwerte auf den Wert des Soll-Steuerwertes gesetzt wird.

Dieses Verfahren hat gegenüber den bisher bekannten Verfahren den signifikanten Vorteil, dass der Eingriff in die Steuerung des Verbrennungsmotors zur Erhöhung der Abgastemperatur so begrenzt wird, dass eine optimale Drehmomenterhöhung erzielt werden kann, ohne dass dadurch anderweitige negative Auswirkungen auf das Betriebsverhalten des Verbrennungsmotors in Kauf genommen werden müssen.

Wird als Steuerungsparameter die Verbrennungsschwerpunktlage herangezogen und die Verbrennungsschwerpunktlage nur für eine Teilanzahl der insgesamt vorhandenen Zylinder des Verbrennungsmotors bezüglich der Verbrennungsschwerpunktlage zum Zeitpunkt vor der Erhöhung der Leistungsanforderung zu einem späteren Zeitpunkt verschoben, so ergibt sich nicht nur in vorteilhafter Weise eine Erhöhung der Abgastemperatur und damit eine Enthalpieerhöhung, sondern es wird auch eine Ab-

gasimpulserhöhung erzielt. Es wird der Ausschiebeimpuls bei gleicher Enthalpieerhöhung deutlich erhöht, was wiederum zu einer Beschleunigen der Turbine des Abgasturboladers führt.

- 5 Weist der Verbrennungsmotor eine geradzahlige Anzahl von Zylindern auf, so ist zweckmäßig, die Verbrennungsschwerpunktlage bei der Hälfte der insgesamt vorhandenen Zylinder zu verschieben. Die Zylinder, bei denen eine Verschiebung der Verbrennungsschwerpunktlage durchgeführt wird, können auch
10 alternierend ausgewählt werden. Es ist nur zu beachten, dass eine Verschiebung der nicht bei allen vorhandenen Zylindern gleichzeitig erfolgt.

Die Verbrennungsschwerpunktlage ist in diesem Zusammenhang
15 als die zeitliche Lage während des Verbrennungsprozesses bezeichnet, bei welcher ein bestimmter Anteil (z.B. 50%) von Kraftstoff, der in den Brennraum eingebracht wurde, vollständig verbrannt wurde.

- 20 Eine Fortbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Grenz-Steuerwert mittels eines Brenngrenzen-Rechenmodells für den aktuellen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors ermittelt wird. Die sogenannte Brenngrenze stellt einen Maximalwert für die Verschiebung des Zündwinkels bzw. des Zündzeitpunktes nach spät dar.
25 Der nach spät verstellte Zündwinkel darf einen maximal spätesten Wert, die Brenngrenze, nicht überschreiten, da sonst eine zulässige Abgastemperatur oder ein Grenzwert für Emissionen überschritten wird. Die Brenngrenze wird nach dem Stand
30 der Technik häufig anhand des Grenzwertes für den Ausstoß an Kohlenwasserstoffen und des Grenzwertes für die Krümmertemperatur bestimmt. Auch die Brenngrenze ist in bestimmten Maß abhängig vom momentanen Betriebspunkt und kann mittels des genannten Brenngrenzen-Rechenmodells für den jeweils momentanen
35 Betriebspunkt ermittelt werden. Daraus resultiert wiederum ein und als Grenz-Steuerwert vorgegebbarer maximaler Zündwinkel oder auch ein spätester Einspritzzeitpunkt. Dies hat

den Vorteil, dass die Abgastemperatur immer an dem jeweiligen Betriebspunkt auf ein Optimum erhöht werden kann und nicht aus Sicherheitsgründen vorzeitig zurückgesteuert oder insgesamt zu niedrig gehalten werden muss.

5

Eine weitere Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zeichnet sich dadurch aus, dass der zumindest eine Grenz-Steuerwert mittels eines Drehmoment-Rechenmodells für den aktuellen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors ermittelt wird.

10 Das Drehmoment-Rechenmodell ermittelt auf Grundlage momentaner Betriebs- und Steuergrößen das zu erwartende Drehmoment an der Kurbelwelle des Verbrennungsmotors. Wie vorausgehend bereits erwähnt, kann es bei fortschreitender Veränderung bestimmter Steuerungsparameter nach einer anfänglichen Drehmomenterhöhung durch den Anstieg der Abgastemperatur bei Überschreitung eines jeweiligen Grenz-Steuerwertes zu einem unerwünschten Drehmomenteinbruch kommen. Der Vorteil dieser Ausführung des Verfahrens liegt nun darin, dass mittels des Drehmoment-Rechenmodells das im jeweiligen Betriebspunkt mögliche Drehmoment-Maximum ermittelt werden kann und ein jeweiliger dazu korrelierender Grenz-Steuerwert für den jeweiligen Steuerungsparameter festgelegt werden kann. So kann in jedem Betriebspunkt das maximal mögliche Drehmoment erzeugt werden.

25 In einer anderen Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird die ermittelte Soll-Abgastemperatur auf eine vorgegebene Grenz-Abgastemperatur begrenzt. Die Grenz-Abgastemperatur ist dabei so gewählt, dass sichergestellt ist, dass keine thermische Schädigung der Bauteile des Abgasturboladers und der übrigen Komponenten im Abgassystem zu befürchten ist. Dadurch kann auf relativ einfache Weise eine Überhitzung des Systems verhindert werden.

35 In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist der zumindest eine, die Abgastemperatur beeinflussende Steuerungsparameter ein Zündzeitpunkt zumindest eines Zylinders des Verbrennungsmotors, der zur Erhö-

5 hung der Abgastemperatur auf einen gegenüber einer Normal-
Zündzeitpunkt späteren Zeitpunkt, also nach spät, verschoben
wird.. Durch Verschiebung des Zündzeitpunktes nach spät, wird
der sogenannte Verbrennungsschwerpunkt nach spät, also zeit-
10 lich näher zur Öffnung des Abgas-Auslassventils hin verla-
gert. Dadurch hat das Abgas beim Austritt aus dem Brennraum
des Zylinders eine höhere Temperatur. Der Zündzeitpunkt kann
bei Otto-Motoren durch die zeitlich steuerbare Fremdzündung
und bei Diesel-Motoren durch die zeitlich steuerbare Ein-
10 spritzung des Diesel-Kraftstoffes in den Brennraum erfolgen.
Der Vorteil dieser Ausführung ist in der verhältnismäßig ein-
fachen Durchführung ohne zusätzlich erforderliche Systemkom-
ponenten zu sehen.

15 Eine weitere Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens
sieht vor, dass der Verbrennungsmotor mit einem Direkt-
Einspritzsystem zur direkten Kraftstoffeinspritzung in Brenn-
räume der Mehrzahl von Zylindern ausgerüstet ist und die Ver-
brennungsschwerpunktlage durch Verändern des Einspritzzeit-
20 punktes und/oder der Einspritzmasse durchgeführt wird . Dies
ermöglicht beispielsweise auch die Aufteilung der einge-
spritzten Kraftstoffmenge in mehrere Teilmengen und eine spä-
te Einspritzung einer Kraftstoffteilmenge, deren späte Ver-
brennung eine Temperaturerhöhung im Abgas zur Folge hat. Auf
25 diese Weise kann auch bei Diesel-Motoren der Verbrennungs-
schwerpunkt nach spät verlagert werden.

30 In besonders vorteilhafter Ausführung wird das Verfahren so
lange wiederholt ausgeführt, bis ein Soll-Ladedruck im An-
saugsystem erreicht ist oder der Verbrennungsmotor ein ange-
fordertes Leistungsniveau erreicht hat oder die erhöhte Leis-
tungsanforderung zurückgenommen wird. So wird sichergestellt,
dass das Verfahren angepasst an die momentanen und dynamisch
sich verändernden Betriebsbedingungen im transienten Betrieb
35 des Verbrennungsmotors optimiert und so lange wie erforder-
lich ausgeführt wird. Je höher dabei die Wiederholrate der
Ausführung des Verfahrens ist, desto genauer erfolgt die Aus-

führung in direkter Abhängigkeit vom momentanen Betriebspunkt.

Die Merkmale und Merkmalskombinationen der vorstehend in der Beschreibung oder nachfolgend in der Figurenbeschreibung genannten Ausführungen des erfindungsgemäßen Gegenstandes sind, soweit diese nicht ausschließlich alternativ anwendbar sind oder sich gar gegenseitig ausschließen, einzeln, zum Teil oder insgesamt, auch in gegenseitiger Kombination oder gegenseitiger Ergänzung, in Fortbildung des erfindungsgemäßen Gegenstands anzuwenden, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Anhand der Figuren werden im Folgenden besonders vorteilhafte Ausführungsbeispiele, Einzelheiten oder Fortbildungen der Erfindung näher erläutert, obgleich der Gegenstand der Erfindung nicht auf diese Beispiele begrenzt sein soll.

Es zeigen:

20

Fig. 1 ein vereinfachtes Ablaufdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung eines Verbrennungsmotors und

Fig. 2 eine schematisch vereinfachte Darstellung eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors mit einem Abgasturbo-
25 lader.

Das Ablaufdiagramm in Figur 1 zeigt in groben Schritten den Ablauf des Verfahren zur Steuerung eines Verbrennungsmotors mit einem Abgasturbolader, bei dem bei einer Erhöhung der Leistungsanforderung an den Verbrennungsmotor eine Drehzahlerhöhung des Turboladers durch eine Erhöhung der Abgastemperatur unterstützt wird. Der Verfahrensablauf zur Erhöhung der Abgastemperatur ist dabei eingebettet in ein übergeordnetes
30 Verfahren zur Steuerung des Verbrennungsmotors, das beispielsweise in Form eines ausführbaren Ablaufprogramms in der zentralen Steuerungseinheit ECU ausgeführt wird, wobei einer-

seits von Sensoren erfasste momentane Zustandsgrößen des Verbrennungsmotors über Eingänge der Steuerungseinheit ECU eingelesen und programmgemäß verarbeitet werden und andererseits Steuerwerte verschiedener Steuerungsparameter an entsprechende, den Betrieb bestimmende Aktuatoren ausgegeben werden.

Aus einem vorgelagerten Verfahrensschritt SX des übergeordneten Verfahrens zur Steuerung des Verbrennungsmotors heraus, wird in einer Verzweigung VX überwacht, ob eine sprunghafte Leistungsanforderung, also eine Drehmoment-Differenz zwischen dem momentan anstehenden und dem plötzlich angeforderten erhöhten Drehmoment, auch als Lastsprung TQ_D bezeichnet, vorliegt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn ausgehend von einem Betriebspunkt niedriger Last, bei niedriger Drehzahl des Verbrennungsmotors und des Turboladerläufers, plötzlich eine stark erhöhte Leistung angefordert wird, und somit ein sogenannter Lastsprung TQ_D vorliegt. Dies ist beispielsweise beim zügigen Anfahren eines Fahrzeugs aus Leerlaufdrehzahl oder auch beim Start eines Überholvorgangs gegeben, wenn der Fahrzeugführer, zum Beispiel durch einen sogenannten „Kick-down“ des Gaspedals, unvermittelt eine stark erhöhte Leistung oder gar die Maximalleistung des Verbrennungsmotors anfordert. Solange eine solche sprunghafte Erhöhung der Leistungsanforderung nicht festgestellt wird, wird das übergeordnete Verfahren programmgemäß in einem Verfahrensschritt SY fortgesetzt.

Sobald jedoch in der Verzweigung VX ein Lastsprung TQ_D festgestellt wird, wird in einem nachfolgenden Verfahrensschritt SX1 in Abhängigkeit von der Leistungsanforderung und dem jeweils aktuellen Betriebspunkt des Abgasturboladers, also in Abhängigkeit von der Höhe des Lastsprungs TQ_D mittels eines Abgasturbolader-Rechenmodells eine momentane Soll-Abgastemperatur AT_S ermittelt. Je nach Ausführung des Verfahrens kann, wie im Ablaufdiagramm dargestellt, hier bereits die ermittelte Soll-Abgastemperatur AT_S mittels einer vorgegebenen Grenz-Abgastemperatur AT_GR begrenzt werden, wodurch

eine erste Absicherung gegen eine Überhitzung nachfolgender im Abgasstrom liegender Systemkomponenten realisiert ist.

- 5 Dann wird in dem darauf folgenden Verfahrensschritt SX2 ausgehend von der ermittelten Soll-Abgastemperatur AT_S mittels eines Abgastemperatur-Rechenmodells, der zur Erreichung der Soll-Abgastemperatur AT_S erforderliche Soll-Steuerwert StW_S zumindest eines die Abgastemperatur beeinflussenden Steuerungsparameters ermittelt. Entsprechende Steuerungsparameter
10 sind beispielsweise die Zündzeitpunkte oder die Einspritzzeitpunkte des Kraftstoffes in den einzelnen Zylindern, die eingespritzte Kraftstoffmasse oder die Öffnungszeitpunkte der Auslassventile.
- 15 In dem anschließenden Verfahrensschritt SX3 wird, unter Einbeziehung zumindest eines Grenz-Steuerwertes StW_GR, aus dem Soll-Steuerwert StW_S ein Vorgabe-Steuerwert StW_VG ermittelt. Der entsprechende jeweilige Grenz-Steuerwert StW_GR kann dabei beispielsweise fest oder in Abhängigkeit vom Betriebspunkt des Verbrennungsmotors in Kennfeldern vorgegeben
20 sein. Ergänzend oder stattdessen kann jedoch zumindest ein Grenz-Steuerwert StW_GR_BG mittels eines Brenngrenzen-Rechenmodells für den aktuellen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors ermittelt werden oder es kann weiter ergänzend
25 oder alternativ eine Grenz-Steuerwert StW_GR_TQ mittels eines Drehmoment-Rechenmodells für den aktuellen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors ermittelt und zur Ermittlung des Vorgabe-Steuerwertes StW_VG herangezogen werden. Der so ermittelte Vorgabe-Steuerwert des zumindest einen die Abgastemperatur
30 beeinflussenden Steuerungsparameters zur Steuerung des Verbrennungsmotors wird dann ausgegeben und angewandt bei der Steuerung des Verbrennungsmotors, um die Abgastemperatur zu erhöhen.
- 35 Nach der Ermittlung des Vorgabe-Steuerwertes StW_VG in Verfahrensschritt SX3 und der Applikation des Vorgabesteuerwertes StW_VG erfolgt in der Verzweigung VX1 eine Überwachung

des bereits erzielten Drehmoments bzw. dem momentan noch vor-
liegenden Lastsprung TQ_D zwischen dem angeforderten und dem
abgegebenen Drehmoment bzw. der Leistung. Gleichfalls kann
auch der im Frischluftverteiler 71 anstehende Ladedruck P_L
5 überwacht werden.

Besteht weiterhin ein relevanter Lastsprung TQ_D bzw. eine
Drehmoment-Differenz oder der anstehende Ladedruck P_L hat
den gewünschten Wert, einen Soll-Ladedruck, noch nicht er-
10 reicht, erfolgt ein Rücksprung auf Verfahrensschritt SX1 und
es wird erneut die nunmehr momentane Soll-Abgastemperatur er-
mittelt. Auf diese Weise wird das Verfahren so lange wieder-
holt ausgeführt, bis der Lastsprung überwunden ist oder ein
Soll-Ladedruck im Ansaugsystem erreicht ist oder der Verbren-
15 nungsmotor das angefordertes Leistungsniveau erreicht hat o-
der die erhöhte Leistungsanforderung zurückgenommen wird.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Verbren-
nungsmotors 1, der vier Zylinder 11, ein Kraftstoff-Direkt-
20 Einspritzsystem 3, ein Ansaugsystem 7, ein Abgassystem 8 und
zumindest einen Abgasturbolader 2 mit einer im Abgassystem 8
angeordneten Abgasturbine 22 und einem im Ansaugsystem 7 an-
geordneten Verdichter 21 aufweist. Jeder Zylinder 11 weist
eine Zündvorrichtung 4, ein Einspritzventil 32, ein Einlass-
25 ventil 51 und ein Abgas-Auslassventil 52 auf. Zur besseren
Übersichtlichkeit der Figur 1 sind die vorgenannten Kompo-
nenten pro Zylinder 11 jeweils nur am ersten Zylinder 11 mit Be-
zugszeichen gekennzeichnet. Weiterhin weist der Verbrennungs-
motor in diesem Beispiel einen variablen Ventiltrieb 5 auf,
30 der hier symbolisch mit einem Nockenwellensteller 53 und ei-
ner Nockenwelle 54 dargestellt ist.

Das Ansaugsystem 7 weist einen Frischluftverteiler 71 mit je-
weils einer Zuleitung für jeden Zylinder 11 und eine in Bezug
35 auf den Frischluftstrom, siehe eingezeichnete Pfeile, strom-
aufwärts angeordnete Drosselklappe 72 zur Steuerung der zuge-
führten Frischluftmasse auf. Stromaufwärts der Drosselklappe

72 ist der Verdichter 21 des Abgasturboladers 2 im Ansaugsystem 7 angeordnet. Stromaufwärts des Verdichters 21 ist ein Luftfiltersystem 73 zur Reinigung der vom Verdichter 21 angesaugten Außenluft im Ansaugsystem 7 angeordnet. Weiterhin ist im Frischluftverteiler 71 ein Ladeluft-Drucksensor 74, zur Messung des Ladedrucks vor den Zylindern, und stromaufwärts des Verdichters 21 ein Luftmassen-Sensor 75, zur Erfassung der zugeführten Luftmasse, im Ansaugsystem 7 angeordnet. Der Ladeluft-Drucksensor 74 und der Luftmassen-Sensor 75 stehen über elektrische Verbindungen mit der elektronischen Steuerungseinrichtung ECU in Verbindung und speisen so die aufgenommenen Messwerte in die ECU ein.

Das Abgassystem 8 weist einem Abgaskrümmers 81 mit je einem Anschluss an jeden der Zylinder 11 auf. In Strömungsrichtung des Abgases, siehe eingezeichnete Pfeile, stromabwärts des Abgaskrümmers 81 ist die Abgasturbine 22 des Abgasturboladers im Abgassystem angeordnet. Stromabwärts der Abgasturbine 22 schließt sich dann das Abgasnachbehandlungssystem 82 an, das hier vereinfachend als Einzelkomponente dargestellt ist, jedoch mehrere Komponenten, wie zum Beispiel einen Katalysator, und einen Rußfilter aufweisen kann. Im Abgassystem 8 sind vor dem Einlass der Abgasturbine ein Abgas-Drucksensor 83 und ein Abgas-Temperatursensor 84 sowie stromabwärts der Abgasturbine 22 ein weiterer Abgas-Drucksensor 85 und beispielsweise ein Katalysator-Temperatursensor 86 angeordnet, die ebenfalls über elektrische Verbindungen mit der ECU verbunden sind und so die aufgenommenen Messwerte in die ECU einspeisen.

Das Kraftstoff-Direkt-Einspritzsystem 3 weist einen auch als Common-Rail 31 bezeichneten Kraftstoff-Druckspeicher auf, der über eine Kraftstoffzuleitung 33 von einer Kraftstoff-Hochdruckpumpe (nicht dargestellt) gespeist wird. Weiterhin gehören die mit dem Common-Rail 31 in hydraulischer Verbindung stehenden Einspritzventile 32 der einzelnen Zylinder 11 zum Kraftstoff-Direkt-Einspritzsystem 3. Die Einspritzventile 32 stehen weiterhin in elektrischer Verbindung mit der

ECU, die die Einspritzventile 32 gemäß der ermittelten Werte für Einspritzzeitpunkt und Einspritzmasse ansteuert und so den Kraftstoff in die einzelnen Brennräume der Zylinder 11 zumisst. Am Common-Rail 31 ist ein Kraftstoff-Drucksensor 34
5 angeordnet, der ebenfalls mit der ECU in elektrischer Verbindung steht und den Kraftstoffdruck im Common-Rail erfasst und entsprechende Werte an die ECU übermittelt. In der Regel weisen Kraftstoff-Direkt-Einspritzsystem 3 zusätzlich noch verschieden Ventileinheiten, wie zum Beispiel ein Druck-Regel-
10 ventil oder ein Volumenstrom-Regelventil zur Regelung des Kraftstoffdruckes im Common-Rail, auf. Auf die Darstellung dieser Komponenten wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit der Figur 2 verzichtet. Es versteht sich jedoch, dass im Rahmen der vorliegenden Erfindung, alle gebräuchlichen bzw. dem
15 Fachmann bekannten Konfigurationen von Kraftstoff-Direkt-Einspritzsystemen zum Einsatz kommen können. Bei Otto-Motoren können darüber hinaus auch andere Einspritzsysteme, wie zum Beispiel Saugrohr-Einspritzsysteme zum Einsatz kommen, da hier der Zündzeitpunkt durch eine separate Zündeinrichtung
20 von der ECU vorgegeben und so eine Erhöhung der Abgastemperatur erzielt werden kann.

Der variable Ventiltrieb 5 weist einen Nockenwellensteller 53 auf, der elektrisch mit der elektronischen Steuerungseinheit
25 ECU verbunden ist und von dieser zur variablen Verstellung der Ventil-Öffnungsintervalle angesteuert wird. Selbstverständlich können im Rahmen der Erfindung alle dem Fachmann bekannten Systeme zur variablen Verstellung der Ventilöffnungsintervalle eingesetzt werden.

30 Jeder Zylinder 11 des Verbrennungsmotors 1 ist in dem gezeigten Beispiel mit einer Zündvorrichtung 4, zum Beispiel einer Zündkerze, ausgestattet, die jeweils mit der ECU elektrisch verbunden ist und von der ECU zur Zündung des Kraftstoff-
35 Gemisches im Brennraum des jeweiligen Zylinders 11, gemäß der ermittelten Steuerwerte für den Zündzeitpunkt, direkt oder indirekt angesteuert wird. Bei Diesel-Motoren kann eine sol-

che Einrichtung entfallen und der Zündzeitpunkt bzw. der Verbrennungsschwerpunkt wird mittels der Hochdruck-Einspritzung des Diesel-Kraftstoffes eingestellt.

5 Zur Steuerung des Betriebs des Verbrennungsmotors 1 ist eine elektronische Steuerungseinrichtung ECU vorgesehen, die über elektrische Verbindungen mit Sensoren und Stellsystemen des Verbrennungsmotors, wie oben bereits beschrieben, elektrisch verbunden ist. Weiterhin steht die ECU mit einem Turbolader-
10 läufer-Drehzahlsensor 23 und einem Kurbelwellen-Drehzahlsensor 12 sowie einer Fahrzeugführer-Schnittstelle 15, zum Beispiel ein Fahrpedal oder Gaspedal zur Vorgabe der Leistungs- bzw. Drehmoment-Anforderung, in elektrischer Verbindung.

15 Über die verschiedenen Sensoren sowie die Fahrzeugführer-Schnittstelle 15 werden die jeweils momentanen Betriebsparameter des Verbrennungsmotors 1 und der Fahrerwunsch erfasst und in die ECU eingespeist. In der ECU sind die zur Steuerung
20 des Verbrennungsmotors 1 bzw. der dem Verbrennungsmotor 1 zugeordneten Teilsysteme erforderlichen Verfahrensabläufe und Algorithmen in Ablaufprogrammen abgelegt, sowie entsprechende Vorgabewerte und Kennfelder hinterlegt, die zur Berechnung bzw. Ermittlung der jeweiligen Steuerwerte der betriebsbestimmenden Steuerungsparameter, in Abhängigkeit vom Fahrerwunsch, herangezogen werden. Die entsprechenden Steuerwerte werden dann von der ECU direkt oder über entsprechende, sogenannte Leistungs-Endstufen an die Stelleinheiten ausgegeben,
25 um die entsprechenden Steuerungsparameter einzustellen.

30 Insbesondere ist die elektronische Steuerungseinrichtung ECU programmtechnisch und systemtechnisch dazu eingerichtet, den Verbrennungsmotor 1 in einem bestimmungsgemäßen Betrieb gemäß einer jeweiligen Ausführung des vorgenannten Steuerungsverfahrens zu steuern, wobei bei einer Erhöhung der Leistungsanforderung an den Verbrennungsmotor 1 eine Drehzahlerhöhung
35

des Turboladers 2 durch eine Erhöhung der Abgastemperatur unterstützt wird.

5 Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei dem in Figur 2 dargestellten erfindungsgemäßen Verbrennungsmotor 1 lediglich um ein Beispiel sozusagen in Maximalausstattung in Bezug auf die unterschiedlichen Ausführungen des erfindungsgemäßen Verfahrens handelt. So sind zum Beispiel bei einem Diesel-Motor keine separaten Zündvorrichtungen
10 erforderlich. Auch ein variabler Ventiltrieb ist nur erforderlich, wenn mittels der Ventil-Öffnungsintervalle Einfluss auf die Abgastemperatur genommen werden soll.

Des Weiteren wurde die Erfindung anhand eines Verbrennungsmotors
15 erläutert, der 4 Zylinder aufweist. Das beschriebene Verfahren bzw. die Vorrichtung ist aber auch für Verbrennungsmotoren anderer Zylinderanzahl anwendbar, sofern sie mindestens 2 Zylinder aufweisen.

20 Weiterhin soll die dargestellte, gegenüber einem realen Verbrennungsmotor moderner Ausführung, stark vereinfachte Konfiguration des Verbrennungsmotors nicht beschränkend wirken in Bezug auf die Konfiguration und Funktion der Teilsysteme wie dem Kraftstoff-Direkt-Einspritzsystem, dem variablen Ventiltrieb, der Zündvorrichtung, dem Abgasturbolader sowie dem Ansaugsystem und dem Abgassystem.
25

Bezugszeichenliste

	1	Verbrennungsmotor
	2	Abgasturbolader
5	3	Kraftstoff-Direkt-Einspritzsystem
	4	Zündvorrichtung
	5	Variabler Ventiltrieb
	6	Elektronische Steuerungseinrichtung
	7	Ansaugsystem
10	8	Abgassystem
	11	Zylinder
	12	Kurbelwellen-Drehzahlsensor
	15	Fahrzeugführer-Schnittstelle
	21	Verdichter
15	22	Abgasturbine
	23	Turboladerläufer-Drehzahlsensor
	31	Common-Rail
	32	Einspritzventil
	33	Kraftstoffzuleitung
20	34	Kraftstoff-Drucksensor
	51	Einlassventil
	52	Abgas-Auslassventil
	53	Nockenwellensteller
	54	Nockenwelle
25	71	Frischluchtverteiler
	72	Drosselklappe
	73	Luftfiltersystem
	74	Ladeluft-Drucksensor
	75	Luftmassen-Sensor
30	81	Abgaskrümmern
	82	Abgasnachbehandlungssystem
	83	Abgas-Drucksensor
	84	Abgas-Temperatursensor

85 Abgas-Drucksensor
86 Katalysator-Temperatursensor
ECU elektronische Steuerungseinrichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern eines, eine Mehrzahl von Zylindern (11) aufweisenden Verbrennungsmotors (1), der einen Abgasturbolader (2) aufweist, wobei bei einer Erhöhung der Leistungsanforderung an den Verbrennungsmotor (1) eine Drehzahlerhöhung des Turboladers (2) durch eine Erhöhung der Abgastemperatur unterstützt wird, dadurch gekennzeichnet, dass

- in Abhängigkeit von der Leistungsanforderung und dem jeweils aktuellen Betriebspunkt des Abgasturboladers (2), mittels eines Abgasturbolader-Rechenmodells eine momentane Soll-Abgastemperatur (AT_S) ermittelt wird,
- ausgehend von der ermittelten Soll-Abgastemperatur (AT_S) mittels eines Abgastemperatur-Rechenmodells, der zur Erreichung der Soll-Abgastemperatur (AT_S) erforderliche Soll-Steuerwert (StW_S) zumindest eines die Abgastemperatur beeinflussenden Steuerungsparameters ermittelt wird und aus dem Soll-Steuerwert (StW_S) unter Einbeziehung zumindest eines Grenz-Steuerwertes (StW_GR, StW_GR_BG, StW_GR_TQ) ein Vorgabe-Steuerwert (StW_VG) ermittelt wird und der ermittelte Vorgabe-Steuerwert (StW_VG) des zumindest einen die Abgastemperatur beeinflussenden Steuerungsparameters zur Steuerung des Verbrennungsmotors (1) angewandt wird, um die Abgastemperatur zu erhöhen, wobei als Steuerungsparameter die Verbrennungsschwerpunktlage herangezogen wird und die Verbrennungsschwerpunktlage nur für eine Teilanzahl der insgesamt vorhandenen Zylinder (11) des Verbrennungsmotors (1) bezüglich der Verbrennungsschwerpunktlage zum Zeitpunkt vor der Erhöhung der Leistungsanforderung zu einem späteren Zeitpunkt verschoben wird.

2. Verfahren zum Steuern eines Verbrennungsmotors (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Verbrennungsmotor (11) mit geradzahliger Zylinderanzahl die Verbrennungsschwerpunktlage bei der Hälfte der Zylinderzahl verschoben wird.

3. Verfahren zum Steuern eines Verbrennungsmotors (1) nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Grenz-Steuerwert (StW_GR_BG) mittels eines Brenngrenzen-Rechenmodells für den aktuellen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors (1) ermittelt wird.

4. Verfahren zum Steuern eines Verbrennungsmotors (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der zumindest eine Grenz-Steuerwert (StW_GR_TQ) mittels eines Drehmoment-Rechenmodells für den aktuellen Betriebspunkt des Verbrennungsmotors (1) ermittelt wird.

5. Verfahren zum Steuern eines Verbrennungsmotors (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die ermittelte Soll-Abgastemperatur (AT_S) auf eine vorgegebene Grenz-Abgastemperatur (AT_GR) begrenzt wird.

6. Verfahren zum Steuern eines Verbrennungsmotors (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbrennungsschwerpunktlage durch Verschieben des Zündzeitpunktes auf einen, gegenüber einem Normal-Zündzeitpunkt späteren Zeitpunkt durchgeführt wird.

7. Verfahren zum Steuern eines Verbrennungsmotors (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Verbrennungsmotor (1) mit einem Direkt-Einspritzsystem (3) zur direkten Kraftstoffeinspritzung in e Brennräume der Mehrzahl von Zylindern (11) ausgerüstet ist und die Verbrennungsschwerpunktlage durch Verändern des Einspritzzeitpunktes und/oder der Einspritzmasse durchgeführt wird.

8. Verfahren zum Steuern eines Verbrennungsmotors nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren so lange wiederholt ausgeführt wird, bis ein Soll-Ladedruck im Ansaugsystem (7) erreicht ist oder der Verbrennungsmotor (1) ein angefordertes Leistungsniveau erreicht hat

oder die erhöhte Leistungsanforderung zurückgenommen wird.

9. Vorrichtung zum Steuern eines, eine Mehrzahl von Zylindern (11) aufweisenden Verbrennungsmotors (1), der einen Abgasturbolader (2) aufweist, wobei bei einer Erhöhung der
5 Leistungsanforderung an den Verbrennungsmotor (1) eine Drehzahlerhöhung des Turboladers (2) durch eine Erhöhung der Abgastemperatur unterstützt wird, wobei die Vorrichtung dazu
eingerrichtet ist ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8
10 durchzuführen.

1/2

FIG 1

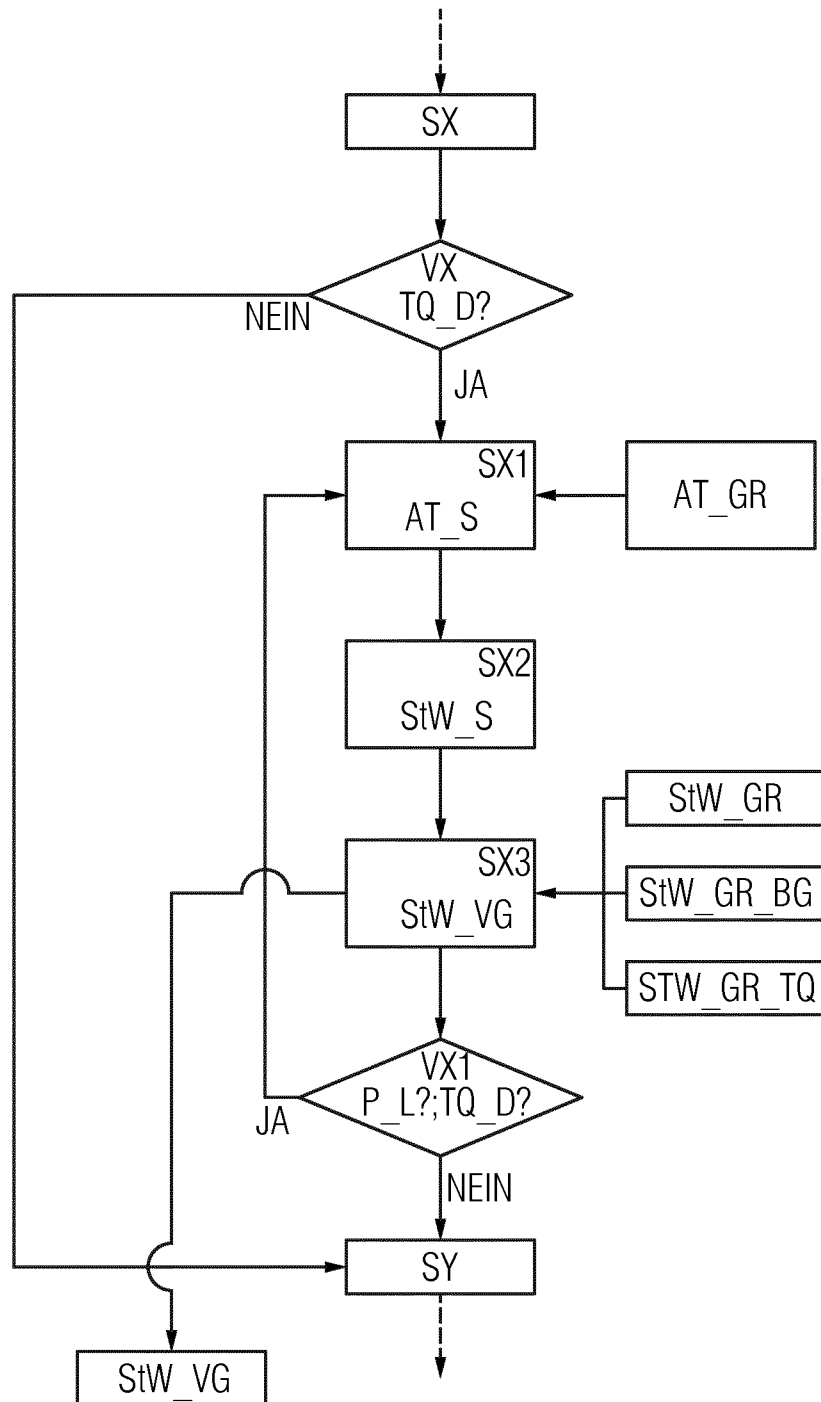
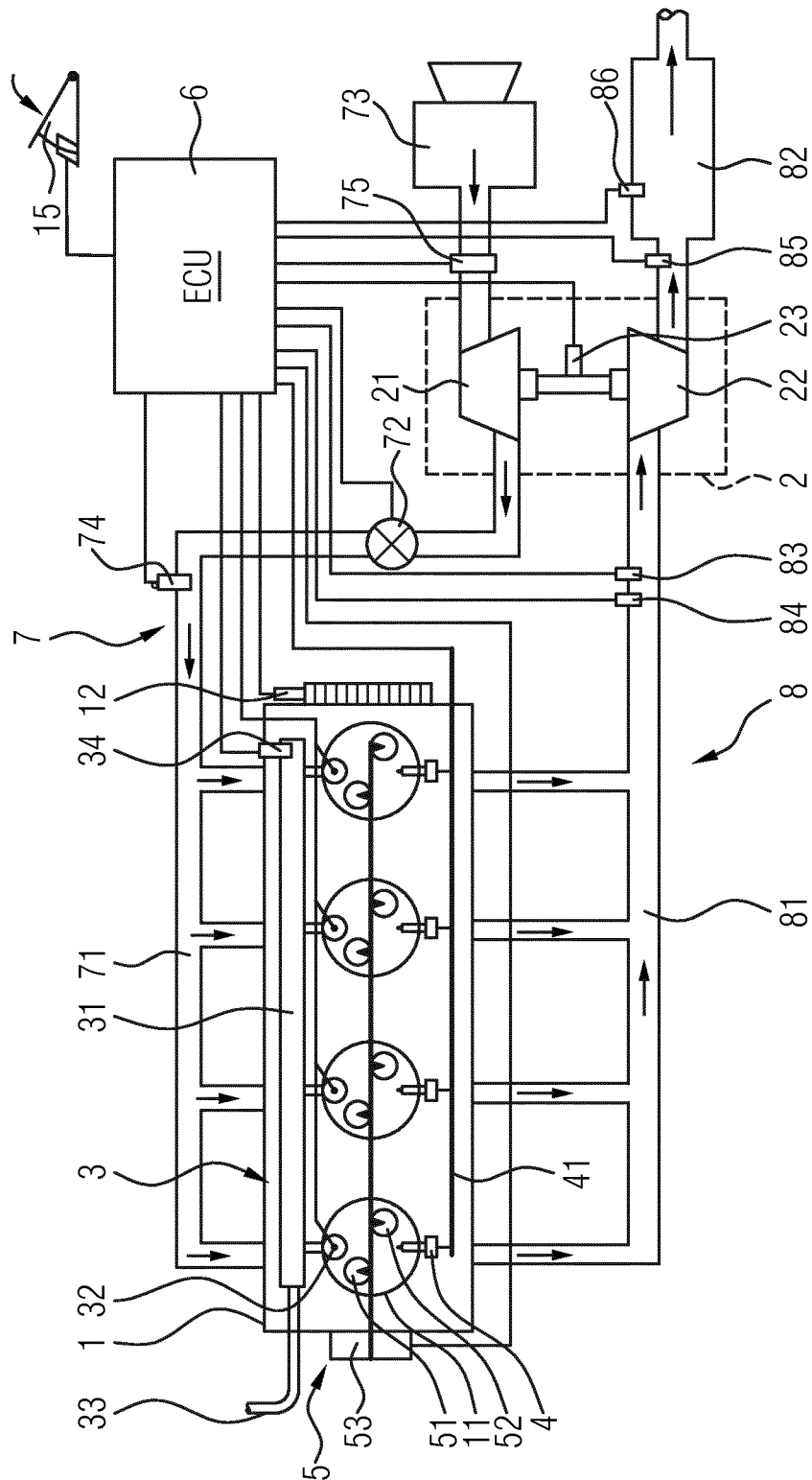


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/066091

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. F02D41/10 F02D41/40 F02P5/15 F02P5/152 F02D13/02 F02D37/02 F02D41/00 F02D41/02 ADD. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F02D 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 10 2013 208962 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 21 November 2013 (2013-11-21)	1-6,8,9
Y	abstract figure 1 claim 1 paragraph [0005] - paragraph [0006] paragraph [0035] - paragraph [0042] paragraph [0052] - paragraph [0054]	7
X	EP 2 067 967 A1 (FIAT RICERCH [IT]) 10 June 2009 (2009-06-10) abstract paragraph [0001] - paragraph [0011] paragraph [0020] - paragraph [0021] claims 1-3 ----- -/-	1-9
☒ 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 9 October 2017		Date of mailing of the international search report 13/10/2017
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 Kämper, Fabian

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2017/066091

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 0 826 869 A2 (MITSUBISHI MOTORS CORP [JP]) 4 March 1998 (1998-03-04) abstract page 2, line 15 - line 34 -----	7
A	EP 2 674 596 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 18 December 2013 (2013-12-18) abstract paragraph [0004] -----	1,9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/066091

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102013208962 A1	21-11-2013	CN 103423009 A	04-12-2013
		DE 102013208962 A1	21-11-2013
		RU 2013122475 A	20-11-2014
		US 2013305718 A1	21-11-2013

EP 2067967 A1	10-06-2009	EP 2067967 A1	10-06-2009
		JP 4909974 B2	04-04-2012
		JP 2009138741 A	25-06-2009
		US 2009150049 A1	11-06-2009

EP 0826869 A2	04-03-1998	CN 1169505 A	07-01-1998
		DE 69716205 D1	14-11-2002
		DE 69716205 T2	14-08-2003
		EP 0826869 A2	04-03-1998
		US 6041591 A	28-03-2000

EP 2674596 A1	18-12-2013	CN 103299049 A	11-09-2013
		EP 2674596 A1	18-12-2013
		JP 5772025 B2	02-09-2015
		JP 2012163039 A	30-08-2012
		KR 20130117854 A	28-10-2013
		US 2013311069 A1	21-11-2013
		WO 2012108223 A1	16-08-2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES		
INV.	F02D41/10 F02D37/02	F02D41/40 F02D41/00
	F02P5/15 F02D41/02	F02P5/152
		F02D13/02
ADD.		
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 10 2013 208962 A1 (FORD GLOBAL TECH LLC [US]) 21. November 2013 (2013-11-21)	1-6,8,9
Y	Zusammenfassung Abbildung 1 Anspruch 1 Absatz [0005] - Absatz [0006] Absatz [0035] - Absatz [0042] Absatz [0052] - Absatz [0054]	7
X	EP 2 067 967 A1 (FIAT RICERCHE [IT]) 10. Juni 2009 (2009-06-10) Zusammenfassung Absatz [0001] - Absatz [0011] Absatz [0020] - Absatz [0021] Ansprüche 1-3 ----- -/-	1-9
☒ 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 9. Oktober 2017		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 13/10/2017
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 Kämper, Fabian

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 0 826 869 A2 (MITSUBISHI MOTORS CORP [JP]) 4. März 1998 (1998-03-04) Zusammenfassung Seite 2, Zeile 15 - Zeile 34 -----	7
A	EP 2 674 596 A1 (NISSAN MOTOR [JP]) 18. Dezember 2013 (2013-12-18) Zusammenfassung Absatz [0004] -----	1,9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/066091

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102013208962 A1	21-11-2013	CN 103423009 A	04-12-2013
		DE 102013208962 A1	21-11-2013
		RU 2013122475 A	20-11-2014
		US 2013305718 A1	21-11-2013
EP 2067967 A1	10-06-2009	EP 2067967 A1	10-06-2009
		JP 4909974 B2	04-04-2012
		JP 2009138741 A	25-06-2009
		US 2009150049 A1	11-06-2009
EP 0826869 A2	04-03-1998	CN 1169505 A	07-01-1998
		DE 69716205 D1	14-11-2002
		DE 69716205 T2	14-08-2003
		EP 0826869 A2	04-03-1998
		US 6041591 A	28-03-2000
EP 2674596 A1	18-12-2013	CN 103299049 A	11-09-2013
		EP 2674596 A1	18-12-2013
		JP 5772025 B2	02-09-2015
		JP 2012163039 A	30-08-2012
		KR 20130117854 A	28-10-2013
		US 2013311069 A1	21-11-2013
		WO 2012108223 A1	16-08-2012