



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2016 212 945.7**
 (22) Anmeldetag: **15.07.2016**
 (43) Offenlegungstag: **18.01.2018**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **24.02.2022**

(51) Int Cl.: **F02D 35/00 (2006.01)**
F02D 23/00 (2006.01)
F02D 41/10 (2006.01)
F02P 5/00 (2006.01)

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Vitesco Technologies GmbH, 93055 Regensburg, DE

(72) Erfinder:
Delp, Matthias, 93077 Bad Abbach, DE; Südholt, Michael, 84085 Langquaid, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

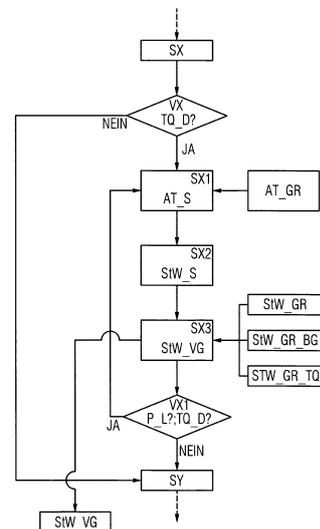
DE	199 51 096	C2
DE	101 40 120	A1
DE	102 32 326	A1
DE	199 44 190	A1
DE	10 2005 048 692	A1
DE	10 2011 081 844	A1
DE	10 2013 208 962	A1
DE	697 16 205	T2

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Steuern eines Verbrennungsmotors mit einem Abgasturbolader**

(57) Hauptanspruch: 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 Steuerparameters 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 Steuerparameters zur Steuerung des Verbrennungsmotors (1) angewandt wird, um die Abgastemperatur zu erhöhen, wobei als Steuerparameter die Verbrennungsschwerpunktlage herangezogen wird und die Verbrennungsschwerpunktlage

lage nur für eine Teilanzahl der insgesamt vorhandenen Zylinder (11) des Verbrennungsmotors (1) bezüglich der Verbrennungsschwerpunktlage zum ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines Verbrennungsmotors, der mit einem Abgasturbolader zur Leistungserhöhung ausgestattet ist.

[0002] 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 Erfindung umfasst.

[0003] Hubkolben-Verbrennungsmotoren verfügen zumindest über einen Hubkolben-Zylinder, im Folgenden kurz als Zylinder bezeichnet, häufig jedoch über zumindest drei oder mehr Zylinder. 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.

[0004] Aufgrund der immer strenger werdenden Gesetzgebung in Bezug auf das Abgasverhalten von Verbrennungsmotoren und der gestiegenen 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.

[0005] 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 meh-

rere Teil-Einspritzmengen aufgeteilt und zeitgenau zum gewünschten Zeitpunkt in den Brennraum eingespritzt wird.

[0006] 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.

[0007] 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.

[0008] 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.

[0009] 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.

[0010] Dazu weist der Abgasturbolader eine im Abgassystem des Verbrennungsmotors angeordnete Abgasturbine, einen im Ansaugsystem angeordneten Frischluftverdichter und ein dazwischen angeordnetes Läuferlager auf. Die Abgasturbine weist ein Turbinengehäuse und ein darin angeordnetes, durch den Abgasmassenstrom angetriebenes Turbinenlaufrad auf. Der Frischluftverdichter 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.

[0011] 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 Turboloch bezeichnet wird, zur Folge hat. Dieses Turboloch 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 „Turboloch-Verzögerung“ nicht rechtzeitig abgeschlossen werden kann.

[0012] Diesem unerwünschten Effekt wird mit unterschiedlichen Lösungsansätzen entgegengetreten, wie zum Beispiel mit der parallelen oder sequenziellen Anordnung mehrerer Turbolader unterschiedli-

cher 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.

[0013] 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.

[0014] Eine weitere Möglichkeit, um das Turboloch zu reduzieren besteht in der gezielten Erhöhung der Abgastemperatur vor der Turbine des Abgasturboladers. Dies hat eine größere Abgasenthalpie zur Folge, die eine schnellere Beschleunigung des Turboladerläufers und somit einen schnelleren Druckaufbau durch den Verdichter im Ansaugsystem zur Folge hat.

[0015] 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.

[0016] 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.

[0017] 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 Brennkraftmaschine veranlasst wird, was zu einer Erhöhung der Abgastemperatur vor der Turbine des Abgasturboladers führt.

[0018] Die genannten Verfahren zur Abgasenthalpie-Erhöhung haben jedoch den Nachteil, dass sich die Abgastemperatur dabei unkontrolliert 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 besteht die Gefahr, dass die nur an der Abgasenthalpie-Optimierung orientierten Steuerungseingriffe sich negativ auf das Betriebsverhalten des Verbrennungsmotors insgesamt auswirken. So können daraus erhöhte Emissionswerte resultieren oder sogar zusätzliche Drehmomentreduzierung, zum Beispiel bei einem zu stark nach hinten verlagerten Zündzeitpunkt oder zu früh geöffneten Auslassventilen.

[0019] In der DE 199 51 096 C2 ist ein Motorregelsystem für einen mittels Abgasturbolader aufgeladenen Dieselmotor beschrieben, das in Abhängigkeit von Kennfeldern den Betrieb des Dieselmotors regelt und einen Wechsel zwischen zwei Betriebsarten des Dieselmotors ermöglicht. Das System weist einen Rechner auf, der in Abhängigkeit von vorbestimmten Umschaltkriterien ein Umschalten auf die eine oder auf die andere Betriebsart des Dieselmotors bewirkt. Es ist eine mit dem Rechner kommunizierende Sensorik vorgesehen, die für Umschaltkriterien notwen-

dige Parameter überwacht und einen mit dem Rechner kommunizierenden Speicher, in dem für die eine Betriebsart und für die andere Betriebsart separate Kennfelder für den Betrieb des Dieselmotors gespeichert sind. Um das Turboloch bei einem derartigen Dieselmotor zu reduzieren, wird vorgeschlagen, die eine Betriebsart durch einen Normalbetrieb und die andere Betriebsart durch einen zur Leistungssteigerung des Abgasturboladers dienenden Sonderbetrieb zu realisieren, bei dem die Abgastemperatur und/oder der Abgasdruck stromauf des Abgasturboladers relativ zum Normalbetrieb erhöht sind.

[0020] Die DE 10 2005 048 692 A1 zeigt ein System für Turbinentemperatursteuerung zum Regeln des Betriebs eines Motors, das die Temperatur einer Luft-Aufladungsvorrichtung steuert. Das System umfasst einen Sensor, der auf die Abgastemperatur anspricht und ein Signal erzeugt. Ein Steuermodul ermittelt anhand des Temperatursignals eine Temperatur und vergleicht diese mit einer Schwellentemperatur. Das Steuermodul regelt den Betrieb des Motors und senkt die Temperatur ab, wenn diese die Schwellentemperatur überschreitet.

[0021] Aus der DE 102 32 326 A1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors mit einem Turbolader bekannt, wobei ein aktueller Motormomentensollwert aus einem maximalen Motormomentensollwert und einem ursprünglichen Motormomentensollwert ermittelt wird und wobei der maximale Motormomentensollwert aus einem vorausberechneten Kraftstoffverbrauch ermittelt wird. Der vorausberechnete Kraftstoffverbrauch wird aus einem Kraftstoffmassenstromsollwert und einem aktuellen Motormomentenwert ermittelt.

[0022] Weiterhin ist aus DE 10 2013 208 962 A1 ein Verfahren und System zum Erhöhen der Abgastemperatur eines Verbrennungsmotors bekannt, das dazu dient eine Turboladerturbine hochzufahren und die Turboverzögerung zu verringern. Dazu wird Druckluft aus einem Aufladevorratsbehälter an einen Ansaugstutzen abgegeben, während die Zündverzögerung erhöht wird, um die Abgaserwärmung zu beschleunigen, wobei auch das Nettoverbrennungsdrehmoment erhöht wird.

[0023] Schließlich ist aus DE 697 16 205 T2 ein Abgaserwärmungssystem für einen Verbrennungsmotor mit Kraftstoffeinspritzung direkt in eine Verbrennungskammer des Verbrennungsmotors bekannt, bei der zur Aktivierung der Abgasreinigungsvorrichtung die Abgastemperatur mittels Einflussnahme auf die KraftstoffEinspritzmenge und die Einspritz-Startzeit erhöht wird.

[0024] Der vorliegenden Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Steuern eines, mindestens einen Abgas-

turbolader aufweisenden Verbrennungsmotors, anzugeben, durch das bzw. bei dem die Drehmomentschwäche bei einer sprunghaften Leistungsanforderung aus niedrigen Drehzahlen des Verbrennungsmotors heraus sicher und signifikant reduziert ist, bei gleichzeitig sicherer Vermeidung einer thermischen Überlastung der Systemkomponenten sowie einem übermäßig erhöhten Schadstoffausstoß.

[0025] Diese Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung eines Verbrennungsmotors mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Aus- und Weiterbildungen, welche einzeln oder, sofern es sich nicht um sich gegenseitig ausschließende Alternativen handelt, in Kombination miteinander eingesetzt werden können, sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0026] 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.

[0027] 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, konstruktiv 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 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.

[0028] 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 sensorisch 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 Abgasenthalpie also auch der Soll-Abgastemperatur vor der Turbine zu errechnen.

[0029] Das Abgastemperatur-Rechenmodell dagegen ist dazu vorgesehen ausgehend von der mittels Abgasturbolader-Rechenmodell ermittelten erforderlichen Soll-Abgastemperatur zumindest einen 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 zugemessene 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 Steuerungsparameter kann vorgesehen werden.

[0030] 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.

[0031] 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.

[0032] 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 Abgasimpulserhöhung erzielt. Es wird der Ausschleibeimpuls bei gleicher Enthalpieerhöhung deutlich erhöht, was wiederum zu einer Beschleunigen der Turbine des Abgasturboladers führt.

[0033] Weist der Verbrennungsmotor eine geradzählige 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 alternierend ausgewählt werden. Es ist nur zu beachten, dass eine Verschiebung nicht bei allen vorhandenen Zylindern gleichzeitig erfolgt.

[0034] Die Verbrennungsschwerpunktlage ist in diesem Zusammenhang 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.

[0035] 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. 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 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 Betriebspunkt ermittelt werden. Daraus resultiert wiederum ein und als Grenz-Steuerwert vorgegebener 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.

[0036] 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. 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.

[0037] 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 Abgas-

system zu befürchten ist. Dadurch kann auf relativ einfache eine Überhitzung des Systems verhindert werden.

[0038] 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 Erhöhung 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 zeitlich näher zur Öffnung des Abgas-Auslassventils hin verlagert. 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 Einspritzung des Diesel-Kraftstoffes in den Brennraum erfolgen. Der Vorteil dieser Ausführung ist in der verhältnismäßig einfachen Durchführung ohne zusätzlich erforderliche Systemkomponenten zu sehen.

[0039] Eine weitere Ausführung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass der Verbrennungsmotor mit einem Direkt-Einspritzsystem zur direkten Kraftstoffeinspritzung in Brennräume der Mehrzahl von Zylindern ausgerüstet ist und die Verbrennungsschwerpunktlage durch Verändern des Einspritzzeitpunktes und/oder der Einspritzmasse durchgeführt wird. Dies ermöglicht beispielsweise auch die Aufteilung der eingespritzten Kraftstoffmenge in mehrere Teilmengen und eine späte Einspritzung einer Kraftstoffteilmenge, deren späte Verbrennung eine Temperaturerhöhung im Abgas zur Folge hat. Auf diese Weise kann auch bei Diesel-Motoren der Verbrennungsschwerpunkt nach spät verlagert werden.

[0040] In besonders vorteilhafter Ausführung wird das Verfahren so lange wiederholt ausgeführt, bis ein Soll-Ladedruck im Ansaugsystem erreicht ist oder der Verbrennungsmotor ein angefordertes Leistungsniveau erreicht hat oder die erhöhte Leistungsanforderung zurückgenommen wird. So wird sichergestellt, dass das Verfahren angepasst an die momentanen und dynamisch sich verändernden Betriebsbedingungen im transienten Betrieb des Verbrennungsmotors optimiert und so lange wie erforderlich ausgeführt wird. Je höher dabei die Wiederholrate der Ausführung des Verfahrens ist, desto genauer erfolgt die Ausführung in direkter Abhängigkeit vom momentanen Betriebspunkt.

[0041] Anhand der Figuren werden im Folgenden besonders vorteilhafte Ausführungsbeispiele, Einzelheiten oder Fortbildungen der Erfindung näher erläutert.

[0042] Es zeigen:

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

Fig. 2 eine schematisch vereinfachte Darstellung eines erfindungsgemäßen Verbrennungsmotors mit einem Abgasturbolader.

[0043] Das Ablaufdiagramm in **Fig. 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 Verfahren zur Steuerung des Verbrennungsmotors, das beispielsweise in Form eines ausführbaren Ablaufprogramms in der zentralen Steuerungseinheit ECU ausgeführt wird, wobei einerseits 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.

[0044] 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 „Kickdown“ 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.

[0045] 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.

[0046] 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 sind beispielsweise die Zündzeitpunkte oder die Einspritzzeitpunkte des Kraftstoffes in den einzelnen Zylindern, die eingespritzte Kraftstoffmasse oder die Öffnungszeitpunkte der Auslassventile.

[0047] 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 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 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 beeinflussenden Steuerungsparameters zur Steuerung des Verbrennungsmotors wird dann ausgegeben und angewandt bei der Steuerung des Verbrennungsmotors, um die Abgastemperatur zu erhöhen.

[0048] 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 vorliegenden Lastsprung TQ_D zwischen dem angeforderten und dem abgegebenen Drehmoment bzw. der Leistung. Gleichfalls kann auch der im Frischluftverteiler 71 anstehende Ladedruck P_L überwacht werden.

[0049] 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 erreicht, erfolgt ein Rücksprung auf Verfahrensschritt SX1 und es wird erneut die nunmehr momentane Soll-Abgastemperatur ermittelt. Auf diese Weise wird das Verfahren so lange wiederholt ausgeführt, bis der Lastsprung überwunden ist oder ein Soll-Ladedruck im Ansaugsystem erreicht ist oder der Verbrennungsmotor das angeforderte Leistungsniveau erreicht hat oder die erhöhte Leistungsanforderung zurückgenommen wird.

[0050] Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Verbrennungsmotors 1, der vier Zylinder 11, ein Kraftstoff-Direkt-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 angeordneten Verdichter 21 aufweist. Jeder Zylinder 11 weist eine Zündvorrichtung 4, ein Einspritzventil 32, ein Einlassventil 51 und ein Abgas-Auslassventil 52 auf. Zur besseren Übersichtlichkeit der Fig. 1 sind die vorgenannten Komponenten pro Zylinder 11 jeweils nur am ersten Zylinder 11 mit Bezugszeichen gekennzeichnet. Weiterhin weist der Verbrennungsmotor in diesem Beispiel einen variablen Ventiltrieb 5 auf, der hier symbolisch mit einem Nockenwellensteller 53 und einer Nockenwelle 54 dargestellt ist.

[0051] Das Ansaugsystem 7 weist einen Frischluftverteiler 71 mit jeweils einer Zuleitung für jeden Zylinder 11 und eine in Bezug auf den Frischluftstrom, siehe eingezeichnete Pfeile, stromaufwärts angeordnete Drosselklappe 72 zur Steuerung der zugeführten 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.

[0052] 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.

[0053] 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 zumsst. Am Common-Rail 31 ist ein Kraftstoff-Drucksensor 34 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 verschiedenen Ventileinheiten, wie zum Beispiel ein Druck-Regelventil oder ein Volumenstrom-Regelventil zur Regelung des Kraftstoffdruckes im Common-Rail, auf. Auf die Darstellung dieser Komponenten wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit der **Fig. 2** verzichtet. Es versteht sich jedoch, dass im Rahmen der vorliegenden Erfindung, alle gebräuchlichen bzw. dem 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 von der ECU vorgegeben und so eine Erhöhung der Abgastemperatur erzielt werden kann.

[0054] Der variable Ventiltrieb 5 weist einen Nockenwellensteller 53 auf, der elektrisch mit der elektronischen Steuerungseinheit 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.

[0055] Jeder Zylinder 11 des Verbrennungsmotors 1 ist in dem gezeigten Beispiel mit einer Zündvorrich-

tung 4, zum Beispiel einer Zündkerze, ausgestattet, die jeweils mit der ECU elektrisch verbunden ist und von der ECU zur Zündung des KraftstoffGemisches im Brennraum des jeweiligen Zylinders 11, gemäß der ermittelten Steuerwerte für den Zündzeitpunkt, direkt oder indirekt angesteuert wird. Bei Diesel-Motoren kann eine solche Einrichtung entfallen und der Zündzeitpunkt bzw. der Verbrennungsschwerpunkt wird mittels der Hochdruck-Einspritzung des Diesel-Kraftstoffes eingestellt.

[0056] 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 Turboladerläufer-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.

[0057] 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 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, um die entsprechenden Steuerungsparameter einzustellen.

[0058] 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 des Turboladers 2 durch eine Erhöhung der Abgastemperatur unterstützt wird.

[0059] Abschließend sei noch einmal darauf hingewiesen, dass es sich bei dem in **Fig. 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 erforderlich. Auch ein variabler Ventiltrieb ist nur erforderlich, wenn mittels der Ventil-Öffnungsintervalle Einfluss auf die Abgastemperatur genommen werden soll.

[0060] Des Weiteren wurde die Erfindung anhand eines Verbrennungsmotors 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.

[0061] 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.

Bezugszeichenliste

1	Verbrennungsmotor
2	Abgasturbolader
3	Kraftstoff-Direkt-Einspritzsystem
4	Zündvorrichtung
5	Variabler Ventiltrieb
6	Elektronische Steuerungseinrichtung
7	Ansaugsystem
8	Abgassystem
11	Zylinder
12	Kurbelwellen-Drehzahlsensor
15	Fahrzeugführer-Schnittstelle
21	Verdichter
22	Abgasturbine
23	Turboladerläufer-Drehzahlsensor
31	Common-Rail
32	Einspritzventil
33	Kraftstoffzuleitung
34	Kraftstoff-Drucksensor
51	Einlassventil
52	Abgas-Auslassventil
53	Nockenwellensteller
54	Nockenwelle
71	Frischluffverteiler
72	Drosselklappe

73	Luftfiltersystem
74	Ladeluft-Drucksensor
75	Luftmassen-Sensor
81	Abgaskrümmter
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 Steuerparameters 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 Steuerparameters zur Steuerung des Verbrennungsmotors (1) angewandt wird, um die Abgastemperatur zu erhöhen, wobei als Steuerparameter 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 geradzahlgiger 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 die 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 Leistungsanforderung an den Verbrennungsmotor (1) eine Drehzahlerhöhung des Turboladers (2) durch eine Erhöhung der Abgastemperatur unterstützt wird, wobei die Vorrichtung dazu eingerichtet ist ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1-8 durchzuführen.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

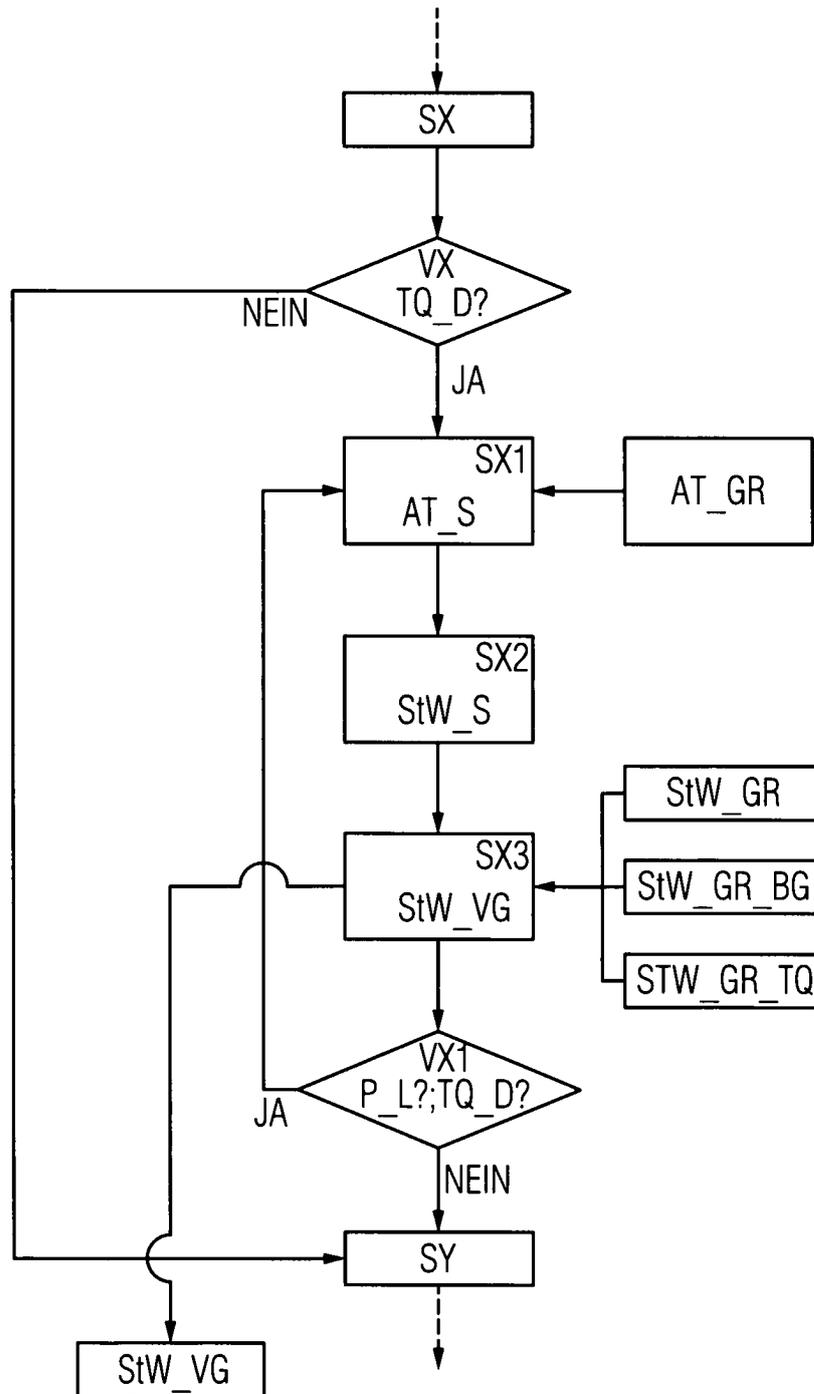


FIG 2

