



(10) **DE 10 2021 103 654 A1** 2021.08.26

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2021 103 654.2**

(22) Anmeldetag: **16.02.2021**

(43) Offenlegungstag: **26.08.2021**

(51) Int Cl.: **F02D 23/00 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:
16/797,851 **21.02.2020** **US**

(71) Anmelder:
**Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich.,
US**

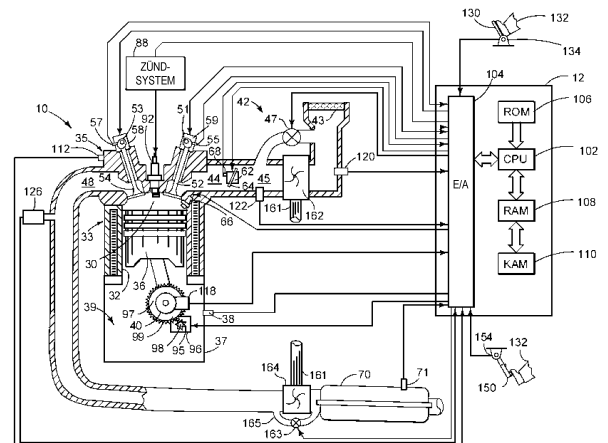
(74) Vertreter:
**Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte
Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538
München, DE**

(72) Erfinder:
**Hu, Leon, Bloomfield Hills, MI, US; Yi, James,
West Bloomfield, MI, US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND SYSTEM ZUM REDUZIEREN VON KOHLENWASSERSTOFFEMISSIONEN
EINES VERBRENNUNGSMOTORS**

(57) Zusammenfassung: Diese Offenbarung stellt ein Verfahren und System zum Reduzieren von Kohlenwasserstoffemissionen eines Verbrennungsmotors bereit. Ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors, der einen Turbolader mit einem Wastegate beinhaltet, wird beschrieben. In einem Beispiel beinhaltet das Verfahren Oszillieren einer Position des Wastegates während eines Verbrennungsmotorkaltstarts in Abhängigkeit von einer Drehzahl eines Verbrennungsmotors. Die Wastegate-Position kann dazu eingestellt werden, einer Rechteckwelle, Sinuswelle oder Dreieckswelle zu folgen.



Beschreibung

GEBIET DER TECHNIK

[0001] Die vorliegende Beschreibung betrifft Verfahren und ein System zum Betreiben eines Verbrennungsmotors, der einen Turbolader aufweist. Die Verfahren und Systeme können während Verbrennungsmotorkaltstarts angewendet werden, um Kohlenwasserstoffemissionen des Verbrennungsmotors zu reduzieren.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Ein Verbrennungsmotor kann von Zeit zu Zeit kalt gestartet werden, um ein Fahrzeug für die Wartung vorzubereiten. Kohlenwasserstoffemissionen aus dem Verbrennungsmotor können, wenn der Verbrennungsmotor kalt gestartet wird, im Vergleich zu dem Fall, dass der Verbrennungsmotor seine Betriebstemperatur aufweist, aufgrund des Spiels zwischen den Verbrennungsmotorkomponenten und weil die Verbrennung in den Verbrennungsmotorzylindern weniger vollständig sein kann, höher sein. Während es möglich sein kann, von einem Verbrennungsmotor ausgestoßene Kohlenwasserstoffe über einen Katalysator zu verbrennen, wenn der Verbrennungsmotor und der Katalysator warm sind, kann die Umwandlungseffizienz eines Katalysators niedrig sein, wenn der Verbrennungsmotor und der Katalysator relativ kalt sind. Daher kann es wünschenswert sein, eine Möglichkeit zum Reduzieren von Kohlenwasserstoffemissionen des Verbrennungsmotors unter Bedingungen bereitzustellen, bei denen ein Verbrennungsmotor und ein Katalysator kalt sind.

KURZDARSTELLUNG

[0003] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben die vorstehend erwähnten Probleme erkannt und haben ein Verbrennungsmotorbetriebsverfahren entwickelt, das Folgendes umfasst: Oszillieren einer Position eines Turbolader-Wastegates mit einer vorbestimmten Rate als Reaktion auf einen Verbrennungsmotorkaltstart über eine Steuerung.

[0004] Durch Oszillieren einer Position eines Turbolader-Wastegates zwischen einer ersten offenen Position und einer zweiten offenen Position kann es möglich sein, das Mischen von Gasen in einem Abgassystem zu erhöhen, sodass Kohlenwasserstoffe innerhalb eines Turboladergehäuses und nahegelegener Abgaskanäle oxidiert werden können. Insbesondere können Turbulenzen des Abgasstroms innerhalb des Turboladers und stromaufwärts des Turboladers durch Oszillieren der Position des Turbolader-Wastegates erhöht werden. Die erhöhte Turbulenz kann das Mischen von O₂ und Kohlenwasserstoffen innerhalb und stromaufwärts des Turboladergehäuses erhöhen, um die Kohlenwasserstoffoxida-

tion innerhalb des Abgassystems des Verbrennungsmotors zu verbessern. Folglich können Kohlenwasserstoffemissionen eines Verbrennungsmotors reduziert werden.

[0005] Die vorliegende Beschreibung kann mehrere Vorteile bereitstellen. Insbesondere kann der Ansatz Kohlenwasserstoffemissionen eines Verbrennungsmotors während Verbrennungsmotorkaltstarts reduzieren. Ferner kann der Ansatz für eine Vielzahl von Verbrennungsmotorbetriebsbedingungen angepasst werden. Zusätzlich kann der Ansatz Kohlenwasserstoffemissionen reduzieren, ohne Probleme mit dem Fahrverhalten des Fahrzeugs zu erzeugen. Ferner können Kohlenwasserstoffemissionen reduziert werden, ohne die Verbrennungsmotorleistung zu beeinträchtigen.

[0006] Die vorstehenden Vorteile sowie andere Vorteile und Merkmale der vorliegenden Beschreibung erschließen sich ohne Weiteres aus der folgenden detaillierten Beschreibung, wenn diese für sich oder in Verbindung mit den beigefügten Zeichnungen betrachtet wird.

[0007] Es versteht sich, dass die vorstehende Kurzdarstellung bereitgestellt ist, um in vereinfachter Form eine Auswahl von Konzepten vorzustellen, die in der detaillierten Beschreibung genauer beschrieben sind. Sie ist nicht dazu gedacht, wichtige oder wesentliche Merkmale des beanspruchten Gegenstands zu nennen, dessen Umfang einzig durch die Ansprüche im Anschluss an die detaillierte Beschreibung definiert ist. Des Weiteren ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Umsetzungen beschränkt, die vorstehend oder in einem beliebigen Teil dieser Offenbarung angeführte Nachteile beseitigen.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine;

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines beispielhaften Wastegate-Ventils und Wastegate-Ventil-Aktors;

Fig. 3 zeigt prophetische Verbrennungsmotorstartsequenzen;

Fig. 4 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Betreiben eines Verbrennungsmotors; und

Fig. 5 und **Fig. 6** zeigen beispielhafte Wastegate-Steuerfunktionen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0008] Die vorliegende Beschreibung betrifft das Betreiben eines turboaufgeladenen Fahrzeugs. Insbesondere wird ein Turbolader-Wastegate-Ventil auf ei-

ne Weise eingestellt, die das Mischen von Sauerstoff und Kohlenwasserstoffen während und kurz nach einem Verbrennungsmotorkaltstart begünstigen kann, sodass Kohlenwasserstoffemissionen des Verbrennungsmotors reduziert werden können. Durch Einstellen einer Position eines Wastegates können Turbulenzen in einem Abgassystem erzeugt werden, sodass Kohlenwasserstoffe effizienter oxidiert werden können. Der Verbrennungsmotor kann von der in **Fig. 1** gezeigten Art sein. Das Wastegate-Ventil kann von der in **Fig. 2** beschriebenen und gezeigten Art sein. Eine Verbrennungsmotorbetriebssequenz, die Kohlenwasserstoffemissionen des Verbrennungsmotors reduzieren kann, ist in **Fig. 3** gezeigt. Ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Reduzieren von Kohlenwasserstoffemissionen des Verbrennungsmotors ist in **Fig. 4** gezeigt. Beispielhafte Turbolader-Wastegate-Steuerfunktionen sind in **Fig. 5** und **Fig. 6** gezeigt.

[0009] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1** wird eine Brennkraftmaschine **10**, die eine Vielzahl von Zylindern umfasst, von der ein Zylinder in **Fig. 1** gezeigt ist, durch eine elektronische Verbrennungsmotorsteuerung **12** gesteuert. Der Verbrennungsmotor **10** besteht aus einem Zylinderkopf **35** und einem Block **33**, die eine Brennkammer **30** und Zylinderwände **32** beinhalten. Ein Kolben **36** ist darin positioniert und bewegt sich über eine Verbindung mit einer Kurbelwelle **40** hin und her. Ein Schwungrad **97** und ein Hohlrad **99** sind an die Kurbelwelle **40** gekoppelt. Ein Anlasser **96** (z. B. eine elektrische Niederspannungsmaschine (mit weniger als 20 Volt betrieben)) beinhaltet eine Ritzelwelle **98** und ein Ritzel **95**. Die Ritzelwelle **98** kann das Ritzel **95** selektiv vorantreiben, damit es das Hohlrad **99** in Eingriff nimmt. Der Anlasser **96** kann direkt an den vorderen Teil des Verbrennungsmotors oder den hinteren Teil des Verbrennungsmotors montiert sein. In einigen Beispielen kann der Anlasser **96** der Kurbelwelle **40** über einen Riemen oder eine Kette selektiv Drehmoment zuführen. In einem Beispiel befindet sich der Anlasser **96** in einem Grundzustand, wenn er nicht in Eingriff mit der Verbrennungsmotorkurbelwelle steht.

[0010] Es ist gezeigt, dass die Brennkammer **30** über ein jeweiliges Einlassventil **52** und Auslassventil **54** mit einem Ansaugkrümmer **44** und einem Abgaskrümmer **48** kommuniziert. Jedes Einlass- und Auslassventil kann durch einen Einlassnocken **51** und einen Auslassnocken **53** betätigt werden. Die Position des Einlassnockens **51** kann durch einen Einlassnockensensor **55** bestimmt werden. Die Position des Auslassnockens **53** kann durch einen Auslassnockensensor **57** bestimmt werden. Eine Phase oder Position des Einlassventils **52** kann über eine Ventilphasenänderungsvorrichtung **59** relativ zu einer Position der Kurbelwelle **40** eingestellt werden. Eine Phase oder Position des Auslassventils **54** kann über eine Ventilphasenänderungsvorrichtung **58** relativ zu

einer Position der Kurbelwelle **40** eingestellt werden. Die Ventilphasenänderungsvorrichtungen **58** und **59** können elektromechanische Vorrichtungen, hydraulische Vorrichtungen oder mechanische Vorrichtungen sein.

[0011] Der Verbrennungsmotor **10** beinhaltet ein Kurbelgehäuse **39**, in dem die Kurbelwelle **40** untergebracht ist. Eine Ölwanne **37** kann eine untere Begrenzung des Kurbelgehäuses **39** bilden und der Verbrennungsmotorblock **33** und der Kolben **36** können eine obere Begrenzung des Kurbelgehäuses **39** bilden. Das Kurbelgehäuse **39** kann ein Kurbelgehäuseentlüftungsventil (nicht gezeigt) beinhalten, das Gase über den Ansaugkrümmer **44** in die Brennkammer **30** entlüften kann. Eine Temperatur des Öls im Kurbelgehäuse **39** kann über den Temperatursensor **38** erfasst werden.

[0012] Eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung **66** ist derart positioniert gezeigt, dass Kraftstoff direkt in den Zylinder **30** eingespritzt wird, was dem Fachmann als Direkteinspritzung bekannt ist. Die Kraftstoffeinspritzvorrichtung **66** führt proportional zur Impulsbreite von der Steuerung **12** flüssigen Kraftstoff zu. Der Kraftstoff wird durch ein Kraftstoffsystem (nicht gezeigt), das einen Kraftstofftank, eine Kraftstoffpumpe und einen Kraftstoffverteiler (nicht gezeigt) beinhaltet, an die Kraftstoffeinspritzvorrichtung **66** geliefert. In einem Beispiel kann ein zweistufiges Hochdruckkraftstoffsystem verwendet werden, um höhere Kraftstoffdrücke zu erzeugen.

[0013] Zusätzlich steht der Ansaugkrümmer **44** der Darstellung nach mit einem Turboladerverdichter **162** und einem Verbrennungsmotorlufteinlass **42** in Kommunikation. In anderen Beispielen kann der Verdichter **162** ein Kompressorverdichter sein. Eine Welle **161** koppelt eine Turboladerturbine **164** mechanisch an den Turboladerverdichter **162**. Eine optionale elektronische Drossel **62** stellt eine Position einer Drosselklappe **64** ein, um einen Luftstrom von dem Verdichter **162** zu dem Ansaugkrümmer **44** zu steuern. Der Druck in einer Ladedruckkammer **45** kann als Drosseleinlassdruck bezeichnet werden, da sich der Einlass der Drossel **62** in der Ladedruckkammer **45** befindet. Der Drosselauslass befindet sich in dem Ansaugkrümmer **44**. In einigen Beispielen können die Drossel **62** und die Drosselklappe **64** zwischen dem Einlassventil **52** und dem Ansaugkrümmer **44** positioniert sein, sodass die Drossel **62** eine Einlasskanaldrossel ist. Ein Verdichterrückführungsventil **47** kann selektiv auf eine Vielzahl von Positionen zwischen vollständig offen und vollständig geschlossen eingestellt werden. Das Wastegate **163** kann über die Steuerung **12** eingestellt werden, um zu ermöglichen, dass Abgase die Turbine **164** über den Umgehungs kanal **165** selektiv umgehen, um die Drehzahl des Verdichters **162** zu steuern. Das Luftfilter **43** reinigt

Luft, die in den Verbrennungsmotorlufteinlass **42** eintritt.

[0014] Ein verteilerloses Zündsystem **88** stellt der Brennkammer **30** als Reaktion auf die Steuerung **12** über eine Zündkerze **92** einen Zündfunken bereit. Der Darstellung nach ist eine Breitbandlambda-(UEGO)-Sonde 126 an den Abgaskrümmen **48** gekoppelt, der dem Katalysator **70** vorgelagert ist. Alternativ dazu kann die UEGO-Sonde **126** durch eine binäre Lambdasonde ersetzt werden.

[0015] In einem Beispiel kann der Katalysator **70** mehrere Katalysatorwabenkörper beinhalten. In einem weiteren Beispiel können mehrere Emissionssteuervorrichtungen, jeweils mit mehreren Bausteinen, verwendet werden. In einem Beispiel kann der Katalysator **70** ein Dreiwegekatalysator sein. Die Temperatur des Wandlers **70** kann über den Temperatursensor **71** oder über Ableiten aus Verbrennungsmotordrehzahl, Verbrennungsmotorlast, Zündzeitpunkt und Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors bestimmt werden.

[0016] Die Steuerung **12** ist in **Fig. 1** als herkömmlicher Mikrocomputer gezeigt, der Folgendes beinhaltet: eine Mikroprozessoreinheit **102**, Eingangs-/Ausgangsanschlüsse **104**, einen Festwertspeicher **106** (z. B. nicht transitorischen Speicher), einen Direktzugriffsspeicher **108**, einen Keep-Alive-Speicher **110** und einen herkömmlichen Datenbus. Die Steuerung **12** ist als verschiedene Signale von mit dem Verbrennungsmotor **10** gekoppelten Sensoren empfangend gezeigt, über die vorhergehend erörterten Signale hinaus, beinhaltend: eine Zylinderkopftemperatur von einem an den Zylinderkopf **35** gekoppelten Temperatursensor **112**; einen Positionssensor **134**, der an ein Gaspedal **130** gekoppelt ist, um eine durch einen menschlichen Fuß **132** aufgebrachte Kraft zu erfassen, einen Positionssensor **154**, der an ein Bremspedal **150** gekoppelt ist, um eine durch einen Fuß **132** aufgebrachte Kraft zu erfassen, eine Messung eines Verbrennungsmotorkrümmendruckes (MAP - manifold pressure) von einem Drucksensor **122**, der an den Ansaugkrümmer **44** gekoppelt ist; einen Verbrennungsmotorpositionssensor von einem Halleffektsensor **118**, der eine Position der Kurbelwelle **40** erfasst; eine Messung einer Luftmasse, die in den Verbrennungsmotor eintritt, von einem Sensor **120**; und eine Messung einer Drosselklappenposition von einem Sensor **68**. Der Luftdruck kann ebenfalls zum Verarbeiten durch die Steuerung **12** erfasst werden (Sensor nicht gezeigt). In einem bevorzugten Aspekt der vorliegenden Beschreibung erzeugt der Verbrennungsmotorpositionssensor **118** eine vorgegebene Anzahl gleichmäßig beabstandeter Impulse bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle, anhand derer die Verbrennungsmotordrehzahl (RPM) bestimmen werden kann.

[0017] Während des Betriebs durchläuft jeder Zylinder innerhalb des Verbrennungsmotors **10** typischerweise einen Viertaktzyklus: Der Zyklus beinhaltet den Ansaugtakt, den Verdichtungstakt, den Arbeitstakt und den Ausstoßtakt. Während des Ansaugtakts schließt sich im Allgemeinen das Auslassventil **54**, und das Einlassventil **52** öffnet sich. Luft wird über den Ansaugkrümmer **44** in die Brennkammer **30** eingebracht und der Kolben **36** bewegt sich zum Boden des Zylinders, um das Volumen innerhalb der Brennkammer **30** zu erhöhen. Die Position, auf der sich der Kolben **36** nahe dem Boden des Zylinders und am Ende seines Takts befindet (z. B. wenn die Brennkammer **30** ihr größtes Volumen aufweist), wird vom Fachmann typischerweise als unterer Totpunkt (UT) bezeichnet.

[0018] Während des Verdichtungstakts sind das Einlassventil **52** und das Auslassventil **54** geschlossen. Der Kolben **36** bewegt sich in Richtung des Zylinderkopfes, um so die Luft in der Brennkammer **30** zu verdichten. Der Punkt, an dem sich der Kolben **36** am Ende seines Taktes und dem Zylinderkopf am nächsten befindet (z. B., wenn die Brennkammer **30** ihr geringstes Volumen aufweist), wird vom Fachmann üblicherweise als oberer Totpunkt (OT) bezeichnet. In einem im Folgenden als Einspritzung bezeichneten Prozess wird Kraftstoff in die Brennkammer eingebracht. In einem im Folgenden als Zündung bezeichneten Prozess wird der eingespritzte Kraftstoff durch bekannte Zündmittel, etwa die Zündkerze **92**, gezündet, was zur Verbrennung führt.

[0019] Während des Arbeitstakts drücken die sich ausdehnenden Gase den Kolben **36** zurück zu dem UT. Die Kurbelwelle **40** wandelt die Kolbenbewegung in ein Drehmoment der Drehwelle um. Schließlich öffnet sich während des Ausstoßtakts das Auslassventil **54**, um das verbrannte Luft-Kraftstoff-Gemisch an den Abgaskrümmen **48** freizusetzen, und der Kolben kehrt zum OT zurück. Es ist zu beachten, dass Vorstehendes lediglich als Beispiel gezeigt ist und dass die Zeitpunkte für das Öffnen und/oder Schließen des Einlass- und Auslassventils variieren können, wie etwa, um eine positive oder negative Ventilüberschneidung, ein spätes Schließen des Einlassventils oder verschiedene andere Beispiele bereitzustellen.

[0020] **Fig. 2** zeigt eine detaillierte Ansicht des Wastegates **163**. Der Wastegate-Aktor **202** kann das Wastegate **163** drehen, wie durch den Pfeil **210** angegeben, um den Umgehungs kanal **165** selektiv zu öffnen oder zu blockieren. Im Wesentlichen alle Abgasströme durch die Turbine **164**, wenn das Wastegate **163** vollständig geschlossen ist. Der Wastegate-Aktor **202** kann ein Elektromotor, ein hydraulischer Aktor, ein pneumatischer Aktor oder ein elektrohydraulischer Aktor oder ein elektropneumatischer Aktor sein. In diesem Beispiel ist das Wastegate **163** als Drosselventil konfiguriert, aber in anderen Beispielen

kann das Wastegate **163** als eine alternative Art von Ventil konfiguriert sein.

[0021] Somit kann das System aus **Fig. 1** und **Fig. 2** ein Verbrennungsmotorsystem bereitstellen, das Folgendes umfasst: einen Verbrennungsmotor, der einen Turbolader beinhaltet, wobei der Turbolader ein Wastegate beinhaltet; und eine Steuerung, die in nichttransitorischem Speicher gespeicherte ausführbare Anweisungen beinhaltet, die die Steuerung dazu veranlassen, eine Position eines Wastegates mit einer vorbestimmten Frequenz einzustellen, wenn eine Temperatur geringer als eine Schwellentemperatur ist. Das Verbrennungsmotorsystem beinhaltet, dass die Temperatur eine Verbrennungsmotortemperatur ist. Das Verbrennungsmotorsystem beinhaltet, dass die Temperatur eine Katalysatortemperatur ist. Das Verbrennungsmotorsystem umfasst ferner zusätzliche Anweisungen zum Einstellen eines Arbeitszyklus des Wastegates. Das Verbrennungsmotorsystem beinhaltet, dass der Arbeitszyklus als eine Funktion der Verbrennungsmotordrehzahl eingestellt ist. Das Verbrennungsmotorsystem umfasst ferner zusätzliche Anweisungen zum Beenden des Einstellens der Position des Wastegates mit der vorbestimmten Frequenz als Reaktion darauf, dass die Temperatur über der Schwellentemperatur liegt. Das Verbrennungsmotorsystem umfasst ferner zusätzliche Anweisungen zum Einstellen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Verbrennungsmotors bei einer Harmonischen der vorbestimmten Frequenz. Das Verbrennungsmotorsystem beinhaltet, dass die vorbestimmte Frequenz eine Funktion der Verbrennungsmotordrehzahl ist.

[0022] Unter Bezugnahme auf **Fig. 3** wird nun eine Verbrennungsmotorbetriebssequenz gemäß dem Verfahren aus **Fig. 4** gezeigt. Die in **Fig. 3** gezeigte Verbrennungsmotorbetriebssequenz kann durch das System aus den **Fig. 1** und **Fig. 2** zusammen mit dem Verfahren aus **Fig. 4** bereitgestellt werden. Die in **Fig. 3** gezeigten Verläufe sind zeitlich ausgerichtet und erfolgen gleichzeitig. Die vertikalen Linien stellen relevante Zeitpunkte während der Sequenz dar. Die SS-Markierungen auf der horizontalen Achse stellen zeitliche Unterbrechungen dar, und die Unterbrechungen können von kurzer oder langer Dauer sein.

[0023] Der erste Verlauf von oben in **Fig. 3** ist ein Verlauf des Verbrennungsmotorbetriebszustands im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Betriebszustand des Verbrennungsmotors dar und der Verbrennungsmotor wird betrieben (z. B. dreht sich und verbrennt Kraftstoff), wenn sich die Kurve **302** auf einem Niveau von „ON“ (EIN) befindet. Der Verbrennungsmotor ist nicht in Betrieb (z. B. verbrennt keinen Kraftstoff), wenn sich die Kurve **302** auf dem Niveau von „OFF“ (AUS) befindet. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit erhöht sich von der linken Seite der Figur zur rechten Seite der Figur. Die Kurve **302**

stellt den Betriebszustand des Verbrennungsmotors dar.

[0024] Der zweite Verlauf von oben aus **Fig. 3** ist ein Verlauf der Turbolader-Wastegate-Position im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt die Turbolader-Wastegate-Position dar und die Turbolader-Wastegate-Position nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Öffnungsmenge des Turbolader-Wastegates nimmt mit zunehmender Wastegate-Position zu. Das Wastegate ist vollständig offen, wenn sich die Kurve **304** auf dem Niveau der Markierung „FO“ befindet (z. B. vollständig offen). Das Wastegate ist vollständig geschlossen, wenn sich die Kurve **304** auf dem Niveau der Markierung „FC“ befindet (z. B. vollständig geschlossen). Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit erhöht sich von der linken Seite der Figur zur rechten Seite der Figur. Die Kurve **304** stellt die Position des Turbolader-Wastegates dar. Die horizontale Linie **350** stellt eine Position dar, an der das Turbolader-Wastegate vollständig offen ist.

[0025] Der dritte Verlauf von oben in **Fig. 3** ist ein Verlauf der Katalysatortemperatur im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt die Temperatur des Katalysators dar, und die Katalysatortemperatur schreitet in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse fort. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit erhöht sich von der linken Seite der Figur zur rechten Seite der Figur. Die Kurve **306** stellt die Temperatur des Katalysators dar. Die horizontale Linie **352** stellt eine Katalysatorschwellentemperatur dar (z. B. eine Katalysatoranspringtemperatur, bei der die Katalysatoreffizienz größer als eine Schwelleneffizienz ist).

[0026] Der vierte Verlauf von oben aus **Fig. 3** ist ein Verlauf der Verbrennungsmotordrehzahl in Abhängigkeit der Zeit. Die vertikale Achse stellt die Verbrennungsmotordrehzahl dar und die Verbrennungsmotordrehzahl nimmt in der Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit erhöht sich von der linken Seite der Figur zur rechten Seite der Figur. Die Kurve **308** stellt die Verbrennungsmotordrehzahl dar. Die horizontale Linie **354** stellt eine Grundleerlaufdrehzahl eines warmen Verbrennungsmotors dar.

[0027] Der fünfte Verlauf von oben in **Fig. 3** ist ein Verlauf eines Luft-Kraftstoffverhältnisses des Verbrennungsmotors im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors dar und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors nimmt in der Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit erhöht sich von der linken Seite der Figur zur rechten Seite der Figur. Die Kurve **310** stellt das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors dar. Die horizontale Linie **356**

stellt ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis dar.

[0028] Zum Zeitpunkt t_0 ist der Verbrennungsmotor ausgeschaltet (z. B. er dreht sich nicht und verbrennt keinen Kraftstoff), und das Turbolader-Wastegate ist nicht vollständig geschlossen. Die Katalysatortemperatur ist geringer als die Schwellenkatalysatortemperatur und die Verbrennungsmotordrehzahl ist null. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors ist sehr mager.

[0029] Zum Zeitpunkt t_1 wird der Verbrennungsmotor kalt gestartet und das Turbolader-Wastegate wird als Reaktion darauf, dass der Verbrennungsmotor kalt gestartet wird, geöffnet. Die Katalysatortemperatur ist niedrig, beginnt jedoch zu steigen, nachdem der Verbrennungsmotor gestartet wurde. Der Verbrennungsmotor wird bei einer erhöhten Drehzahl im Leerlauf betrieben, um eine Rate der Katalysatorerwärmung zu erhöhen. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors ist mager.

[0030] Zwischen dem Zeitpunkt t_1 und dem Zeitpunkt t_2 arbeitet der Verbrennungsmotor weiter und die Position des Turbolader-Wastegates oszilliert sinusförmig, um das Mischen von Sauerstoff und Kohlenwasserstoffen im Abgassystem zu erhöhen. Das erhöhte Mischen kann die Oxidation von Kohlenwasserstoffen ermöglichen, sodass Endrohrkohlenwasserstoffe reduziert werden können. Ferner können, da der Katalysator unter der Schwellentemperatur **352** liegt, die Kohlenwasserstoffe zu einem Zeitpunkt oxidiert werden, zu dem die Katalysatoreffizienz gering ist, wodurch die Bedeutung des Oxidierens von Kohlenwasserstoffen in dem Abgaskrümmen und dem Turboladergehäuse erhöht wird. Die Katalysatortemperatur nimmt zu, wenn der Verbrennungsmotor weiter betrieben wird und die Verbrennungsmotordrehzahl auf der erhöhten Leerlaufdrehzahl gehalten wird. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors wird mager gehalten.

[0031] Zum Zeitpunkt t_2 arbeitet der Verbrennungsmotor weiter und die Oszillationsfrequenz des Turbolader-Wastegates wird reduziert, wenn die Verbrennungsmotordrehzahl reduziert wird. Die Verbrennungsdrehzahl wird reduziert, um die Verbrennungsmotoreffizienz zu erhöhen, wenn sich die Katalysatortemperatur der Schwellentemperatur **352** nähert. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors wird ebenfalls in Richtung eines stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses angereichert, wenn die Katalysatortemperatur zunimmt.

[0032] Zwischen Zeitpunkt t_2 und Zeitpunkt t_3 wird die Verbrennungsmotordrehzahl als Reaktion auf die steigende Katalysatortemperatur reduziert. Die Oszillationsfrequenz des Turbolader-Wastegates wird als Reaktion auf die abnehmende Verbrennungsmo-

tordrehzahl ebenfalls reduziert. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors wird in Richtung eines stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnisses reduziert.

[0033] Bei Zeitpunkt t_3 arbeitet der Verbrennungsmotor weiter und die Katalysatortemperatur erreicht die Schwellentemperatur **352**. Das Turbolader-Wastegate hört auf zu oszillieren und das Turbolader-Wastegate wird als Reaktion darauf, dass die Katalysatortemperatur den Schwellenwert **352** überschreitet, vollständig geschlossen. Der Verbrennungsmotor läuft mit einer warmen Leerlaufdrehzahl im Leerlauf und das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors ist stöchiometrisch. Der Verbrennungsmotor wird nach Zeitpunkt t_3 und vor Zeitpunkt t_{10} gestoppt.

[0034] Somit kann, wenn der Verbrennungsmotor kalt gestartet wird, das Turbolader-Wastegate oszilliert werden, um das Mischen von Abgasen in dem Abgaskrümmen des Verbrennungsmotors und dem Turboladergehäuse zu verbessern, um die Oxidation von Kohlenwasserstoffen zu erhöhen. Die Oszillation der Wastegate-Position hört auf, wenn der Katalysator eine Schwellentemperatur erreicht.

[0035] Zum Zeitpunkt t_{10} ist der Verbrennungsmotor ausgeschaltet (z. B. er dreht sich nicht und verbrennt keinen Kraftstoff), und das Turbolader-Wastegate ist nicht vollständig geschlossen. Die Katalysatortemperatur ist größer als die Temperatur **352** und die Verbrennungsmotordrehzahl ist null. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Verbrennungsmotors ist sehr mager, da der Verbrennungsmotor nicht läuft.

[0036] Zum Zeitpunkt **111** wird der Verbrennungsmotor gestartet. Der Verbrennungsmotor wird in diesem Beispiel warm gestartet. Das Turbolader-Wastegate bleibt vollständig geschlossen und die Katalysatortemperatur bleibt über der Schwellentemperatur **352**. Der Verbrennungsmotor läuft mit einer warmen Grundleerlaufdrehzahl im Leerlauf und der Verbrennungsmotor wird mit einem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis betrieben.

[0037] Auf diese Weise kann ein Verbrennungsmotor über eine Prozedur, die sich von dem unterscheidet, wenn der Verbrennungsmotor warm gestartet wird, kalt gestartet werden. Die Verbrennungsmotorkaltstartprozedur nutzt Positionsänderungen des Wastegates des Turboladers, um die Kohlenwasserstoffoxidation über zunehmende Turbulenzen im Abgassystem des Verbrennungsmotors zu ermöglichen. Die Verbrennungsmotorwarmstartprozedur verzichtet auf Positionsänderungen des Wastegates des Turboladers, da der Katalysator warm ist und Kohlenwasserstoffe mit einem hohen Wirkungsgrad umwandeln kann.

[0038] Unter Bezugnahme auf **Fig. 4** wird nun ein Verfahren zum Betreiben eines Verbrennungsmotors gezeigt. Zumindest Teile des Verfahrens **400** können als ausführbare Steueranweisungen umgesetzt sein, die in einem nicht-transitorischen Speicher gespeichert sind. Das Verfahren **400** kann unter Mitwirkung des Systems der **Fig. 1** und **Fig. 2** funktionieren. Zusätzlich können Teile des Verfahrens **400** Maßnahmen sein, die in der realen Welt ergriffen werden, um einen Betriebszustand eines Aktors oder einer Vorrichtung umzuwandeln. Das Verfahren der **Fig. 4** kann als ausführbare Anweisungen, die in einem nicht-transitorischen Speicher gespeichert sind, in das System der **Fig. 1** und **Fig. 2** integriert sein.

[0039] Bei **402** bestimmt das Verfahren **400** Verbrennungsmotorbetriebsbedingungen. Verbrennungsmotorbetriebsbedingungen können unter anderem Verbrennungsmotortemperatur, Katalysatortemperatur, Verbrennungsmotordrehzahl, Verbrennungsmotorlast, Fahrerbedarfsdrehmoment und barometrischen Druck beinhalten. Die Verbrennungsmotorbetriebsbedingungen können über die Sensoren und Aktoren, die hierin beschrieben werden, bestimmt oder geschätzt werden. Das Verfahren **400** geht zu **404** über.

[0040] Bei **404** beurteilt das Verfahren **400**, ob ein Verbrennungsmotorkaltstart angefordert wird. Das heißt, das Verfahren **400** bestimmt, ob der Verbrennungsmotor und der Katalysator kalt sind (z. B. unter einer warmen stabilisierten Verbrennungsmotorbetriebsstemperatur und/oder unter einer Schwellenkatalysatortemperatur liegen) und ein Verbrennungsmotorstart angefordert wird. Wenn dies der Fall ist, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **400** geht zu **406** über. Andernfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **400** geht zu **420** über.

[0041] Bei **420** stellt das Verfahren **400** ein Turbolader-Wastegate auf eine Position ein, die einen gewünschten Ladedruck im Verbrennungsmotoransaugsystem bereitstellt. Der gewünschte Ladedruck kann eine Funktion der Verbrennungsmotordrehzahl und des Fahrerbedarfsdrehmoments sein. Befindet sich der Verbrennungsmotor im Leerlauf, kann das Wastegate vollständig geschlossen sein. Das Wastegate kann geöffnet werden, wenn Verbrennungsmotordrehzahl und -last zunehmen, da höhere Abgasströmungsraten höhere Ladedrücke erzeugen können, indem der Turbolader bei höheren Drehzahlen gedreht wird. Das Wastegate wird nicht oszilliert oder getaktet, wenn der Verbrennungsmotor warm ist. Das Verfahren **400** geht zu **422** über.

[0042] Bei **422** betreibt das Verfahren **400** den Verbrennungsmotor mit einem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis und einem Basiszündzeitpunkt. Der Basiszündzeitpunkt wird empirisch als eine Funktion der Verbrennungsmotordrehzahl und der Ver-

brennungsmotorlast bestimmt. Das Verfahren **400** geht zum Ende über.

[0043] Bei **406** öffnet das Verfahren **400** das Turbolader-Wastegate teilweise. Zum Beispiel kann das Verfahren **400** das Turbolader-Wastegate auf 85 % von vollständig offen. Durch Öffnen des Turbolader-Wastegates kann Abgasenergie zu dem Katalysator geleitet werden, ohne durch die Turboladerturbine zu strömen, sodass der Katalysator eine Schwellentemperatur (z. B. Anspringtemperatur) früher erreichen kann. Das Verfahren **400** geht zu **408** über.

[0044] Bei **408** startet das Verfahren **400** den Verbrennungsmotor durch Drehen des Verbrennungsmotors mit dem Anlasser und durch Zuführen von Kraftstoff und Zündfunken zu dem Verbrennungsmotor. Das Verfahren **400** geht zu **410** über.

[0045] Bei **410** beschleunigt das Verfahren **400** den Verbrennungsmotor auf eine Leerlaufdrehzahl eines kalten Verbrennungsmotors. Die Leerlaufdrehzahl eines kalten Verbrennungsmotors ist höher als eine Leerlaufdrehzahl eines warmen Verbrennungsmotors oder eine Grundleerlaufdrehzahl eines Verbrennungsmotors. Der Verbrennungsmotor wird mit der Leerlaufdrehzahl eines kalten Verbrennungsmotors betrieben, um die Katalysatorerwärmung zu erhöhen. Die Leerlaufdrehzahl eines kalten Verbrennungsmotors kann von einer Verbrennungsmotortemperatur und/oder einer Katalysatortemperatur abhängig sein. Das Verfahren **400** geht zu **410** über.

[0046] Bei **412** betreibt das Verfahren **400** den Verbrennungsmotor mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis und einem Zündzeitpunkt, der gegenüber dem Basiszündzeitpunkt verzögert ist. Das Betreiben des Verbrennungsmotors mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis kann Verbrennungsmotorkohlenwasserstoffe reduzieren und das Betreiben des Verbrennungsmotors mit verzögertem Zündzeitpunkt kann eine Rate der Katalysatorerwärmung erhöhen. Das Verfahren **400** geht zu **414** über.

[0047] Bei **414** oszilliert das Verfahren **400** eine Position des Turbolader-Wastegates mit einer vorbestimmten Frequenz. Zum Beispiel kann das Verfahren **400** das Turbolader-Wastegate von 85 % der vollständig offenen Position auf 95 % der vollständig offenen Position hin und her bewegen, um einer Wellenform zu folgen und eine variierende Position zu erzeugen, die Turbulenzen innerhalb des Abgassystems des Verbrennungsmotors erhöhen kann. Durch Bewegen der Position des Turbolader-Wastegates kann Turbulenz im Abgassystem erzeugt werden, um die Oxidation von Kohlenwasserstoffen, die sich im Verbrennungsmotorabgaskrümmen und Turboladerkrümmen befinden können, zu fördern.

[0048] In einem Beispiel kann die Position des Turbolader-Wastegates sinusförmig eingestellt werden, wie in **Fig. 6** gezeigt. Alternativ kann die Position des Turbolader-Wastegates eingestellt werden, um eine Rechteckwelle bereitzustellen oder dieser zu folgen, wie in **Fig. 6** gezeigt. In noch einem anderen Beispiel kann das Verfahren **400** die Position des Turbolader-Wastegates einstellen, um eine Dreieckswelle bereitzustellen oder dieser zu folgen, wie in **Fig. 6** gezeigt.

[0049] Die Frequenz der Wastegate-Positionseinstellungen kann eine Funktion der Verbrennungsmotordrehzahl sein, da die Verbrennungsmotordrehzahl eine Frequenz angeben kann, mit der Abgas in das Abgassystem des Verbrennungsmotors gedrückt wird. Durch das Einstellen der Wastegate-Position in Abhängigkeit von der Verbrennungsmotordrehzahl kann die Bewegung des Turbolader-Wastegates eine Harmonische einer Frequenz sein, mit der Abgase aus Verbrennungsmotorzylindern in das Abgassystem des Verbrennungsmotors ausgestoßen werden, was die Kohlenwasserstoffoxidation im Abgassystem durch Erhöhen der Turbulenz im Inneren des Abgassystems des Verbrennungsmotors erhöhen kann. In einem Beispiel kann die Frequenz der Wastegate-Positionsanpassung empirisch bestimmt werden, indem der Verbrennungsmotor an einem Dynamometer betrieben wird und die Frequenz von Wastegate-Positionsbewegungen eingestellt wird, um eine Frequenz zu bestimmen, mit der ein größerer Prozentsatz von Kohlenwasserstoffen in dem Abgassystem oxidiert werden kann.

[0050] Das Verfahren **400** kann auch die Amplitude der Position des Turbolader-Wastegates einstellen. In einem Beispiel kann die Amplitudenposition des Turbolader-Wastegates als eine Funktion der Verbrennungsmotordrehzahl und -last oder der Verbrennungsmotorluftstrommenge eingestellt werden. Zum Beispiel kann die Amplitude der Wastegate-Position bei niedrigeren Verbrennungsmotordrehzahlen und -lasten 10 % einer Endposition betragen, wenn das Wastegate vollständig offen ist. Folglich kann das Turbolader-Wastegate zum Beispiel von 75 % der vollständig offenen Position auf 85 % der vollständig offenen Position bewegt werden. Bei höheren Verbrennungsmotordrehzahlen und -lasten kann die Amplitude der Wastegate-Position 5 % einer Endposition betragen, wenn das Wastegate vollständig offen ist. Somit kann das Turbolader-Wastegate zum Beispiel von 85 % der vollständig offenen Position auf 90 % der vollständig offenen Position bewegt werden. Durch Einstellen der Amplitude der Turbolader-Wastegate-Position kann es möglich sein, die Kohlenwasserstoffoxidation für einen Bereich von Verbrennungsmotordrehzahlen und -lasten zu verbessern, sodass die Verbrennungsmotorendrohrmissionen reduziert werden können. In einem Beispiel kann die Amplitude der Wastegate-Positionsanpassung empirisch bestimmt werden, indem der Ver-

brennungsmotor an einem Dynamometer betrieben wird und die Amplitude von Wastegate-Positionsbewegungen eingestellt wird, um eine Amplitude der Wastegate-Position zu bestimmen, mit der ein größerer Prozentsatz von Kohlenwasserstoffen in dem Abgassystem oxidiert werden kann.

[0051] In einigen Beispielen kann das Verfahren **400** das Turbolader-Wastegate einstellen, um die Position bei einer festen Frequenz zu ändern, während der Arbeitszyklus der Bewegung des Turbolader-Wastegates als Reaktion auf die Verbrennungsmotordrehzahl eingestellt werden kann. Zum Beispiel kann dem Wastegate befohlen werden, die Positionen bei einer Frequenz von 1,5 Hertz zu ändern, und der Arbeitszyklus kann von 55 % auf 75 % geändert werden, wie in der Beschreibung von **Fig. 6** detaillierter erläutert.

[0052] Das Turbolader-Wastegate kann oszilliert werden, um einer Rechteckwelle, einer Dreieckswelle, einer Sinuswelle oder einer Zufallswelle zu folgen, um die Turbulenz innerhalb des Abgassystems zu erhöhen. Beispielhafte Wellenformen sind in **Fig. 6** gezeigt. Das Verfahren **400** geht zu **416** über.

[0053] Bei **418** beurteilt das Verfahren **400**, ob eine Temperatur des Katalysators über einer Schwellentemperatur (z. B. einer Anspringtemperatur des Katalysators) liegt oder das Fahrerbedarfsdrehmoment über einem Schwellenwert liegt. Gegebenenfalls kann das Verfahren **400** beurteilen, ob eine Temperatur des Verbrennungsmotors über einer Schwellentemperatur liegt oder das Fahrerbedarfsdrehmoment über einem Schwellenwert liegt. Wenn das Verfahren **400** beurteilt, dass eine Temperatur des Katalysators über einer Schwellentemperatur liegt oder das Fahrerbedarfsdrehmoment über einem Schwellenwert liegt, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **400** geht zu **420** über. Andernfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **400** kehrt zu **406** zurück. Wenn das Verfahren **400** alternativ beurteilt, dass eine Temperatur des Verbrennungsmotors über einer Schwellentemperatur liegt oder das Fahrerbedarfsdrehmoment über einem Schwellenwert liegt, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **400** geht zu **420** über. Andernfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **400** kehrt zu **406** zurück.

[0054] Somit stellt das Verfahren **400** eine Position eines Wastegates ein, um zwischen zwei verschiedenen Wastegate-Öffnungspositionen zu oszillieren. Die Frequenz und der Umfang der Wastegate-Positionseinstellungen können eingestellt werden, um die Oxidation von Kohlenwasserstoffen innerhalb des Abgassystems und des Turboladergehäuses zu optimieren.

[0055] Das Verfahren aus **Fig. 4** stellt ein Verbrennungsmotorbetriebsverfahren bereit, das Folgendes umfasst: Oszillieren einer Position eines Turbolader-

Wastegates mit einer vorbestimmten Rate als Reaktion auf einen Verbrennungsmotorkaltstart über eine Steuerung. Das Verfahren beinhaltet, dass das Oszillieren der Position des Turbolader-Wastegates ein Befehlen der Position des Turbolader-Wastegates in eine erste Position und eine zweite Position beinhaltet. Das Verfahren beinhaltet, dass die erste Position weniger als vollständig offen ist und dass die zweite Position weniger als vollständig offen ist. Das Verfahren beinhaltet, dass die erste Position eine Position ist, in der das Wastegate weiter offen ist als in der zweiten Position. Das Verfahren umfasst ferner Betreiben eines Verbrennungsmotors, der den Turbolader beinhaltet, mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis als Reaktion auf den Verbrennungsmotorkaltstart. Das Verfahren umfasst ferner Betreiben des Verbrennungsmotors mit einem Zündzeitpunkt, der von einem Basiszündzeitpunkt als Reaktion auf den Verbrennungsmotorkaltstart verzögert ist. Das Verfahren beinhaltet, dass das Oszillieren der Position des Wastegates ein sinusförmiges Bewegen des Wastegates beinhaltet. Das Verfahren beinhaltet, dass das Oszillieren der Position des Wastegates ein Bewegen des Wastegates beinhaltet, um einer Rechteckwelle zu folgen.

[0056] Das Verfahren aus **Fig. 4** stellt zudem ein Verbrennungsmotorbetriebsverfahren bereit, das Folgendes umfasst: über eine Steuerung, Anpassen einer Position eines Turbolader-Wastegates mit einer vorbestimmten Rate als Reaktion darauf, dass eine Temperatur unter einer Schwellentemperatur liegt, wobei das Anpassen der Position des Turbolader-Wastegates ein Einstellen einer Amplitude Position des Turbolader-Wastegates als eine Funktion der Verbrennungsmotorluftmasse beinhaltet. Das Verfahren beinhaltet, dass die vorbestimmte Rate von einer Drehzahl eines Verbrennungsmotors abhängig ist. Das Verfahren umfasst Beenden des Einstellens der Position des Turbolader-Wastegates mit der vorbestimmten Rate als Reaktion darauf, dass die Temperatur über der Schwellentemperatur liegt. Das Verfahren umfasst ferner Einstellen einer Leerlaufdrehzahl des Verbrennungsmotors auf eine Drehzahl, die größer als eine Grundleerlaufdrehzahl des Verbrennungsmotors ist.

[0057] Nun ist unter Bezugnahme auf **Fig. 5** ein Verlauf der Wastegate-Oszillationsfrequenz gegenüber der Verbrennungsmotordrehzahl gezeigt. Die vertikale Achse stellt die Frequenz dar, mit der das Wastegate oszilliert werden kann. Die horizontale Achse stellt die Verbrennungsmotordrehzahl dar. Die Linie **502** stellt eine Beziehung zwischen der Verbrennungsmotordrehzahl und der Frequenz dar, mit der das Wastegate während Verbrennungsmotorkaltstarts oszillieren kann. Wenn der Verbrennungsmotor mit einer Drehzahl **N1** betrieben wird, kann das Turbolader-Wastegate dazu eingestellt werden, einer Wellenform mit einer Frequenz von f_1 über das Än-

dem einer Position des Turbolader-Wastegates zu folgen. Die über die Linie **502** dargestellte Beziehung kann durch Betreiben eines Verbrennungsmotors auf einem Dynamometer und Überwachen von Abgasemissionen des Auspuffrohrs bestimmt werden, während eine Frequenz eingestellt wird, mit der sich die Position des Turbolader-Wastegates ändert.

[0058] Nun sind unter Bezugnahme auf **Fig. 6** beispielhafte Positionsbewegungen gezeigt, die ein Turbolader-Wastegate erzeugen kann. Die Positionsbewegungen können erzeugt werden, indem dem Turbolader-Wastegate befohlen wird, einer vorbestimmten Wellenform zu folgen, die im Speicher der Steuerung gespeichert ist, oder alternativ kann die Verbrennungsmotorsteuerung eine Wellenform erzeugen, der das Turbolader-Wastegate folgt.

[0059] Der erste Verlauf von oben aus **Fig. 6** ist ein Verlauf der Turbolader-Wastegate-Position im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt die Turbolader-Wastegate-Position dar und die Turbolader-Wastegate-Position nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Öffnungsmenge des Turbolader-Wastegates nimmt mit zunehmender Wastegate-Position zu. Das Wastegate ist vollständig offen, wenn sich die Kurve **602** auf dem Niveau der Markierung „FO“ befindet (z. B. vollständig offen). Das Wastegate ist vollständig geschlossen, wenn sich die Kurve **602** auf dem Niveau der Markierung „FC“ befindet (z. B. vollständig geschlossen). Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit erhöht sich von der linken Seite der Figur zur rechten Seite der Figur. Die Kurve **602** stellt die Position des Turbolader-Wastegates dar.

[0060] In diesem Beispiel wird die Position des Turbolader-Wastegates eingestellt, um eine Rechteckwellenbewegung oder Änderung der Position des Turbolader-Wastegates zu erzeugen. Dem Turbolader-Wastegate kann über die Steuerung befohlen werden, einer Rechteckwelle zu folgen, die mit einer vorbestimmten Frequenz oszilliert. In diesem Beispiel ist die Periode der Bewegung der Position des Turbolader-Wastegates eine Zeitspanne von t_{20} bis Zeitpunkt t_{22} . Die Frequenz der Bewegung der Turboladerposition beträgt $1/\text{Periode}$ der Bewegung der Position des Turbolader-Wastegates. Der Arbeitszyklus der Wastegate-Position kann als Reaktion auf die Verbrennungsmotordrehzahl geändert werden. Der Arbeitszyklus ist ein Abschnitt der Wastegate-Position, der während des Zeitraums der Wastegate-Bewegung um den größten Betrag offen ist. Zum Beispiel ist der Arbeitszyklus der Wastegate-Position **602** der Teil des Zeitraums zwischen Zeitpunkt t_{20} und Zeitpunkt t_{21} . In diesem Beispiel beträgt der Arbeitszyklus etwa 75 %, da der Zeitraum der Wastegate-Position **602** zwischen Zeitpunkt t_{20} und Zeitpunkt t_{22} liegt; jedoch kann der Arbeitszyklus dazu eingestellt werden, die Kohlenwasserstoffoxidation inner-

halb des Abgaskrümmers und des Turboladergehäuses zu optimieren.

[0061] Die Amplitude der Bewegung der Wastegate-Position kann ebenfalls eingestellt werden. Die Amplitude der Bewegung der Wastegate-Position ist zwischen den Pfeilen **610** angegeben. In einem Beispiel kann die Amplitude als Reaktion auf die Luftmassenströmungsrate des Verbrennungsmotors eingestellt werden. In einem anderen Beispiel kann die Amplitude als Reaktion auf die Drehzahl und die Last des Verbrennungsmotors eingestellt werden.

[0062] Der zweite Verlauf von oben aus **Fig. 6** ist ein Verlauf der Turbolader-Wastegate-Position im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt die Turbolader-Wastegate-Position dar und die Turbolader-Wastegate-Position nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Öffnungsmenge des Turbolader-Wastegates nimmt mit zunehmender Wastegate-Position zu. Das Wastegate ist vollständig offen, wenn sich die Kurve **604** auf dem Niveau der Markierung „FO“ befindet (z. B. vollständig offen). Das Wastegate ist vollständig geschlossen, wenn sich die Kurve **604** auf dem Niveau der Markierung „FC“ befindet (z. B. vollständig geschlossen). Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit erhöht sich von der linken Seite der Figur zur rechten Seite der Figur. Die Kurve **604** stellt die Position des Turbolader-Wastegates dar.

[0063] In diesem Beispiel wird die Position des Turbolader-Wastegates eingestellt, um eine Dreieckwellenänderung der Position des Turbolader-Wastegates zu erzeugen. Dem Turbolader-Wastegate kann über die Steuerung befohlen werden, einer Dreieckwelle zu folgen, die mit einer vorbestimmten Frequenz oszilliert. Die Bewegung der Turbolader-Wastegate-Position **604** ist dreieckig.

[0064] Der dritte Verlauf von oben aus **Fig. 6** ist ein Verlauf der Turbolader-Wastegate-Position im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt die Turbolader-Wastegate-Position dar und die Turbolader-Wastegate-Position nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Öffnungsmenge des Turbolader-Wastegates nimmt mit zunehmender Wastegate-Position zu. Das Wastegate ist vollständig offen, wenn sich die Kurve **606** auf dem Niveau der Markierung „FO“ befindet (z. B. vollständig offen). Das Wastegate ist vollständig geschlossen, wenn sich die Kurve **606** auf dem Niveau der Markierung „FC“ befindet (z. B. vollständig geschlossen). Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit erhöht sich von der linken Seite der Figur zur rechten Seite der Figur. Die Kurve **606** stellt die Position des Turbolader-Wastegates dar.

[0065] In diesem Beispiel wird die Position des Turbolader-Wastegates eingestellt, um eine sinusförmige Wellenänderung der Position des Turbolader-Wastegates zu erzeugen. Dem Turbolader-Wastegate

kann über die Steuerung befohlen werden, einer sinusförmigen Welle zu folgen, die mit einer vorbestimmten Frequenz oszilliert. Die Bewegung der Turbolader-Wastegate-Position **606** ist sinusförmig.

[0066] Es ist zu beachten, dass die in dieser Schrift beinhaltenen beispielhaften Steuer- und Schätzuroutinen mit unterschiedlichen Verbrennungsmotor- und/oder Fahrzeugsystemkonfigurationen verwendet werden können. Die in dieser Schrift offenbarten Steuerverfahren und -routinen können als ausführbare Anweisungen in nichtflüchtigem Speicher gespeichert sein und durch das Steuersystem, das die Steuerung in Kombination mit den verschiedenen Sensoren, Aktoren und anderer Verbrennungsmotorhardware beinhaltet, ausgeführt werden. Die konkreten in dieser Schrift beschriebenen Routinen können eine oder mehrere einer beliebigen Anzahl von Verarbeitungsstrategien darstellen, wie etwa ereignisgesteuert, unterbrechungsgesteuert, Multitasking, Multithreading und dergleichen. Demnach können verschiedene veranschaulichte Handlungen, Vorgänge und/oder Funktionen in der dargestellten Reihenfolge oder parallel durchgeführt oder in einigen Fällen weggelassen werden. Gleichmaßen ist die Verarbeitungsreihenfolge nicht zwangsläufig erforderlich, um die Merkmale und Vorteile der in dieser Schrift beschriebenen Ausführungsbeispiele zu erzielen, sondern zur Vereinfachung der Veranschaulichung und Beschreibung bereitgestellt. Ein(e) oder mehrere der veranschaulichten Handlungen, Vorgänge und/oder Funktionen kann bzw. können in Abhängigkeit von der bestimmten verwendeten Strategie wiederholt durchgeführt werden. Ferner kann mindestens ein Teil der beschriebenen Handlungen, Vorgänge und/oder Funktionen Code graphisch darstellen, der in einen nichtflüchtigen Speicher des computerlesbaren Speichermediums in dem Steuersystem programmiert werden soll. Die Steuerhandlungen können zudem den Betriebszustand von einem oder mehreren Sensoren oder Aktoren in der physischen Welt umwandeln, wenn die beschriebenen Handlungen ausgeführt werden, indem die Anweisungen in einem System ausgeführt werden, das die verschiedenen Verbrennungsmotorhardwarekomponenten in Kombination mit einer oder mehreren Steuerungen beinhaltet.

[0067] Damit ist die Beschreibung abgeschlossen. Beim Lesen derselben durch einen Fachmann werden viele Änderungen und Modifikationen vergegenwärtigt, ohne vom Geist und vom Schutzzumfang der Beschreibung abzuweichen. Zum Beispiel könnten I3-, I4-, I5-, V6-, V8-, V10- und V12-Verbrennungsmotoren, die mit Erdgas, Benzin, Diesel oder alternativen Kraftstoffkonfigurationen betrieben werden, die vorliegende Beschreibung vorteilhaft nutzen.

[0068] Gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet ein Verbrennungsmotorbetriebsverfahren Folgen-

des: Oszillieren einer Position eines Turbolader-Wastegates mit einer vorbestimmten Rate als Reaktion auf einen Verbrennungsmotorkaltstart über eine Steuerung.

[0069] In einem Aspekt der Erfindung beinhaltet das Verfahren Oszillieren der Position des Turbolader-Wastegates ein Befehlen der Position des Turbolader-Wastegates in eine erste Position und eine zweite Position beinhaltet.

[0070] In einem Aspekt der Erfindung ist die erste Position weniger als vollständig offen und die zweite Position ist weniger als vollständig offen.

[0071] In einem Aspekt der Erfindung ist die erste Position eine Position, in der das Wastegate weiter offen ist als in der zweiten Position.

[0072] In einem Aspekt der Erfindung beinhaltet das Verfahren Betreiben eines Verbrennungsmotors, der den Turbolader beinhaltet, mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis als Reaktion auf den Verbrennungsmotorkaltstart.

[0073] In einem Aspekt der Erfindung beinhaltet das Verfahren Betreiben des Verbrennungsmotors mit einem Zündzeitpunkt, der von einem Basiszündzeitpunkt als Reaktion auf den Verbrennungsmotorkaltstart verzögert ist.

[0074] In einem Aspekt der Erfindung beinhaltet das Oszillieren der Position des Wastegates ein sinusförmiges Bewegen des Wastegates.

[0075] In einem Aspekt der Erfindung beinhaltet das Oszillieren der Position des Wastegates ein Bewegen des Wastegates, um einer Rechteckwelle zu folgen.

[0076] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Verbrennungsmotorsystem bereitgestellt, das Folgendes aufweist: einen Verbrennungsmotor, der einen Turbolader beinhaltet, wobei der Turbolader ein Wastegate beinhaltet; und eine Steuerung, die in nichttransitorischem Speicher gespeicherte ausführbare Anweisungen beinhaltet, die die Steuerung dazu veranlassen, eine Position eines Wastegates mit einer vorbestimmten Frequenz einzustellen, wenn eine Temperatur geringer als eine Schwellentemperatur ist.

[0077] Gemäß einer Ausführungsform ist die Temperatur eine Verbrennungsmotortemperatur.

[0078] Gemäß einer Ausführungsform ist die Temperatur eine Katalysatortemperatur.

[0079] Gemäß einer Ausführungsform ist die Erfindung ferner gekennzeichnet durch zusätzliche An-

weisungen zum Einstellen eines Arbeitszyklus des Wastegates.

[0080] Gemäß einer Ausführungsform wird der Arbeitszyklus als eine Funktion der Verbrennungsmotordrehzahl eingestellt.

[0081] Gemäß einer Ausführungsform ist die Erfindung ferner gekennzeichnet durch zusätzliche Anweisungen zum Beenden des Einstellens der Position des Wastegates mit der vorbestimmten Frequenz als Reaktion darauf, dass die Temperatur über der Schwellentemperatur liegt.

[0082] Gemäß einer Ausführungsform ist die Erfindung ferner gekennzeichnet durch zusätzliche Anweisungen zum Einstellen eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses des Verbrennungsmotors bei einer Harmonischen der vorbestimmten Frequenz.

[0083] Gemäß einer Ausführungsform wird die vorbestimmte Frequenz als eine Funktion der Verbrennungsmotordrehzahl eingestellt.

[0084] Gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet ein Verbrennungsmotorbetriebsverfahren Folgendes: über eine Steuerung, Anpassen einer Position eines Turbolader-Wastegates mit einer vorbestimmten Rate als Reaktion darauf, dass eine Temperatur unter einer Schwellentemperatur liegt, wobei das Anpassen der Position des Turbolader-Wastegates ein Einstellen einer Amplitude Position des Turbolader-Wastegates als eine Funktion der Verbrennungsmotorluftmasse beinhaltet.

[0085] In einem Aspekt der Erfindung ist die vorbestimmte Rate eine Funktion einer Drehzahl eines Verbrennungsmotors.

[0086] In einem Aspekt der Erfindung beinhaltet das Verfahren Beenden des Einstellens der Position des Turbolader-Wastegates mit der vorbestimmten Rate als Reaktion darauf, dass die Temperatur über der Schwellentemperatur liegt.

[0087] In einem Aspekt beinhaltet das Verfahren Einstellen einer Leerlaufdrehzahl des Verbrennungsmotors auf eine Drehzahl, die größer als eine Grundleerlaufdrehzahl des Verbrennungsmotors ist.

Patentansprüche

1. Verbrennungsmotorbetriebsverfahren, umfassend:
Oszillieren einer Position eines Turbolader-Wastegates mit einer vorbestimmten Rate als Reaktion auf einen Verbrennungsmotorkaltstart über eine Steuerung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Oszillieren der Position des Turbolader-Wastegates ein Befehlen der Position des Turbolader-Wastegates in eine erste Position und eine zweite Position beinhaltet.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei die erste Position weniger als vollständig offen ist und die zweite Position weniger als vollständig offen ist.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei die erste Position eine Position ist, in der das Wastegate weiter offen ist als in der zweiten Position.

5. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend Betreiben eines Verbrennungsmotors, der den Turbolader beinhaltet, mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Verhältnis als Reaktion auf den Verbrennungsmotorkaltstart.

6. Verfahren nach Anspruch 5, ferner umfassend Betreiben des Verbrennungsmotors mit einem Zündzeitpunkt, der von einem Basiszündzeitpunkt als Reaktion auf den Verbrennungsmotorkaltstart verzögert ist.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Oszillieren der Position des Wastegates ein sinusförmiges Bewegen des Wastegates beinhaltet.

8. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Oszillieren der Position des Wastegates ein Bewegen des Wastegates beinhaltet, um einer Rechteckwelle zu folgen.

9. Verbrennungsmotorsystem, umfassend:
einen Verbrennungsmotor, der einen Turbolader beinhaltet, wobei der Turbolader ein Wastegate beinhaltet; und
eine Steuerung, die in nichttransitorischem Speicher gespeicherte ausführbare Anweisungen beinhaltet, die die Steuerung dazu veranlassen, eine Position eines Wastegates mit einer vorbestimmten Frequenz einzustellen, wenn eine Temperatur geringer als eine Schwellentemperatur ist.

10. Verbrennungsmotorsystem nach Anspruch 9, wobei die Temperatur eine Verbrennungsmotortemperatur ist.

11. Verbrennungsmotorsystem nach Anspruch 9, wobei die Temperatur eine Katalysatortemperatur ist.

12. Verbrennungsmotorsystem nach Anspruch 9, ferner umfassend zusätzliche Anweisungen zum Einstellen eines Arbeitszyklus des Wastegates.

13. Verbrennungsmotorsystem nach Anspruch 12, wobei der Arbeitszyklus als eine Funktion der Verbrennungsmotordrehzahl eingestellt ist.

14. Verbrennungsmotorsystem nach Anspruch 9, ferner umfassend zusätzliche Anweisungen zum Beenden des Einstellens der Position des Wastegates mit der vorbestimmten Frequenz als Reaktion darauf, dass die Temperatur über der Schwellentemperatur liegt.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

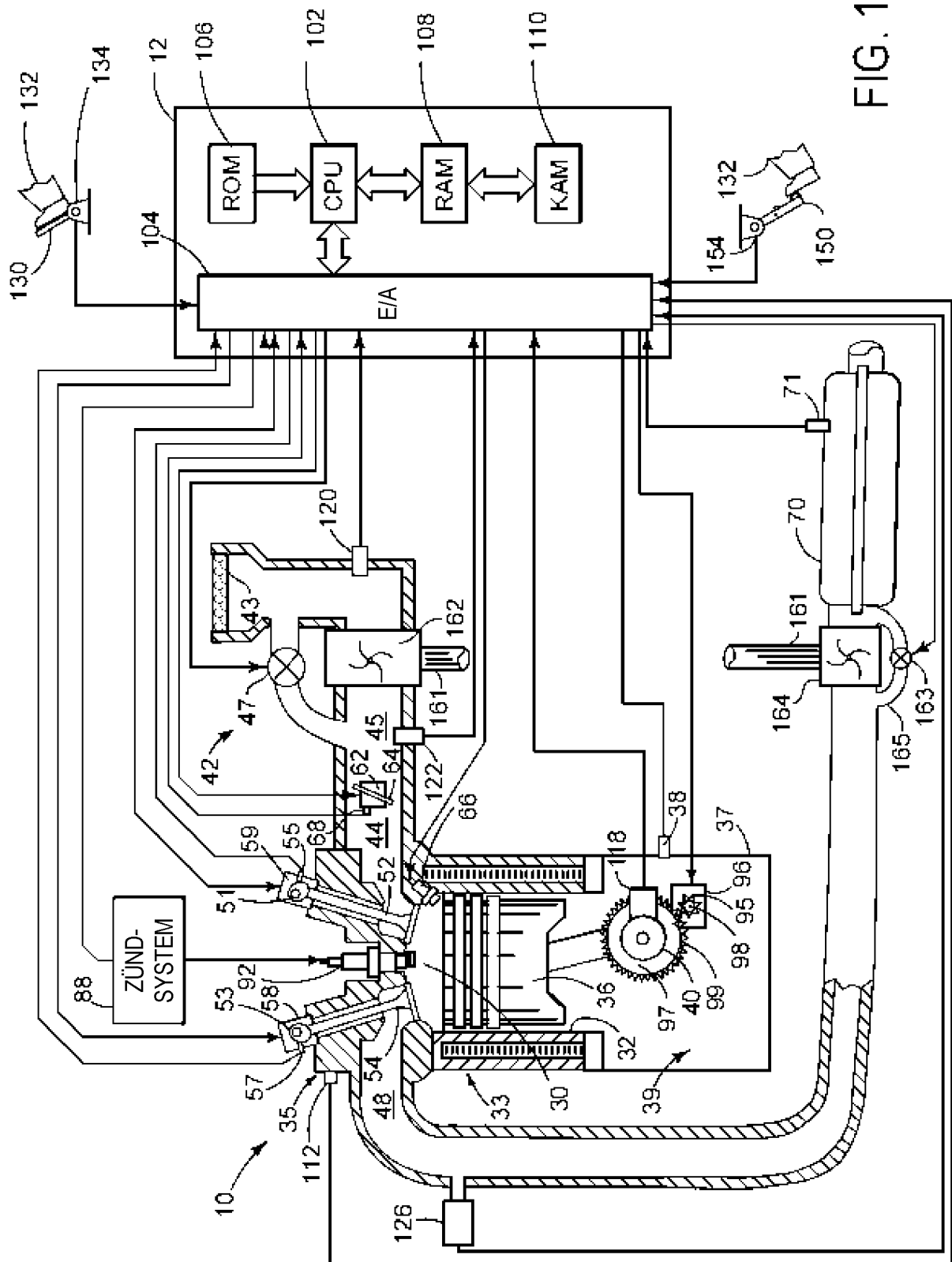


FIG. 1

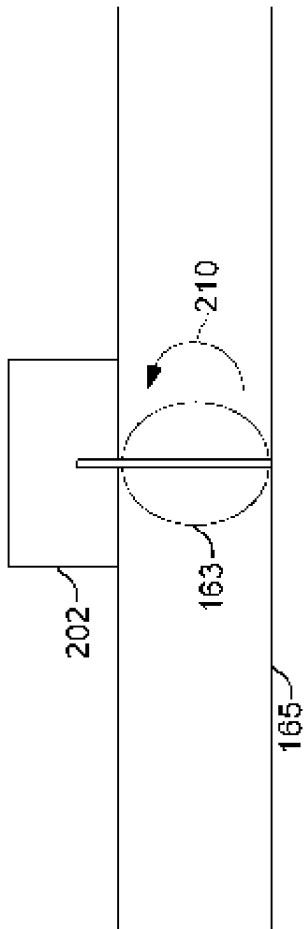


FIG. 2

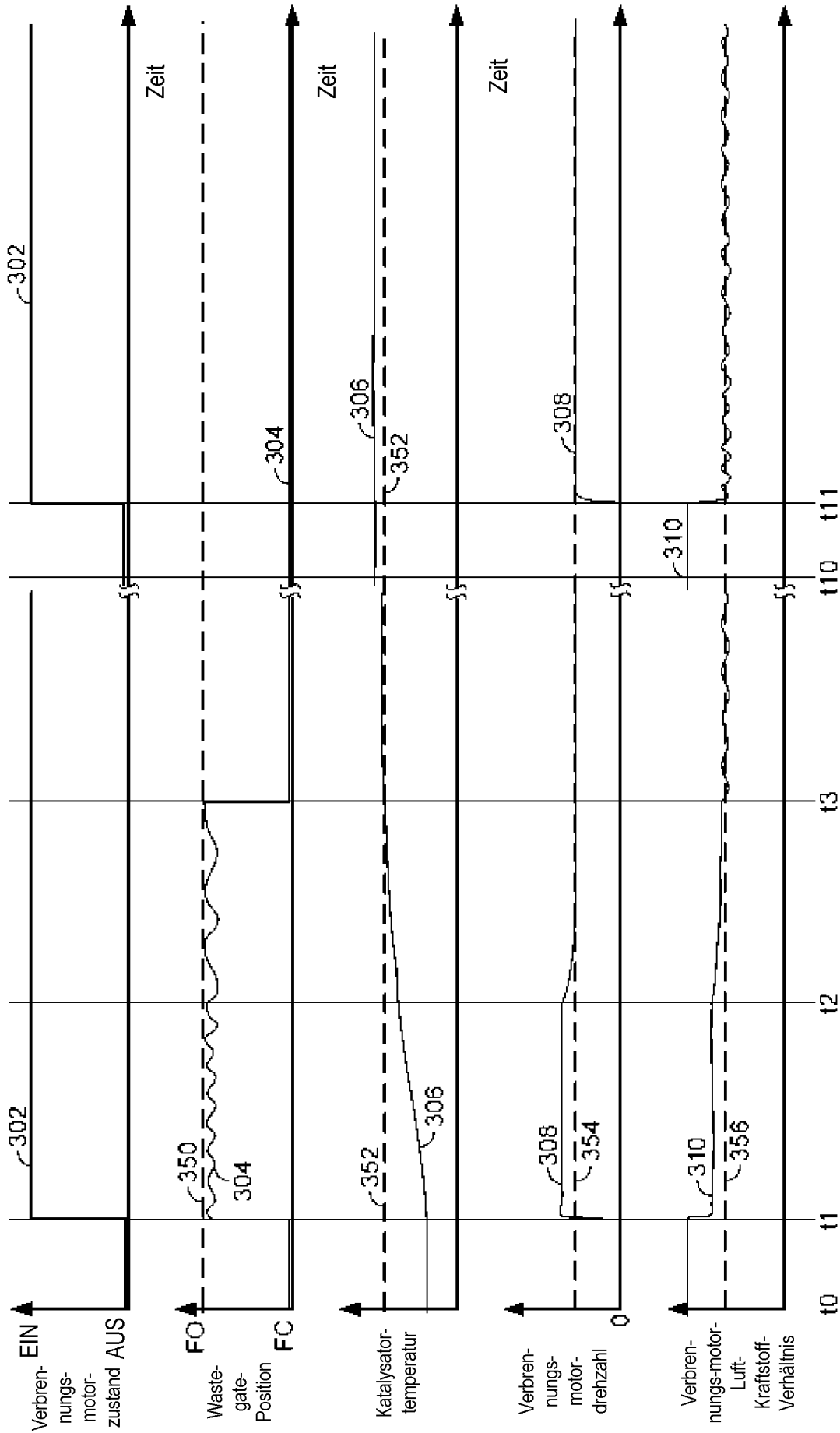


FIG. 3

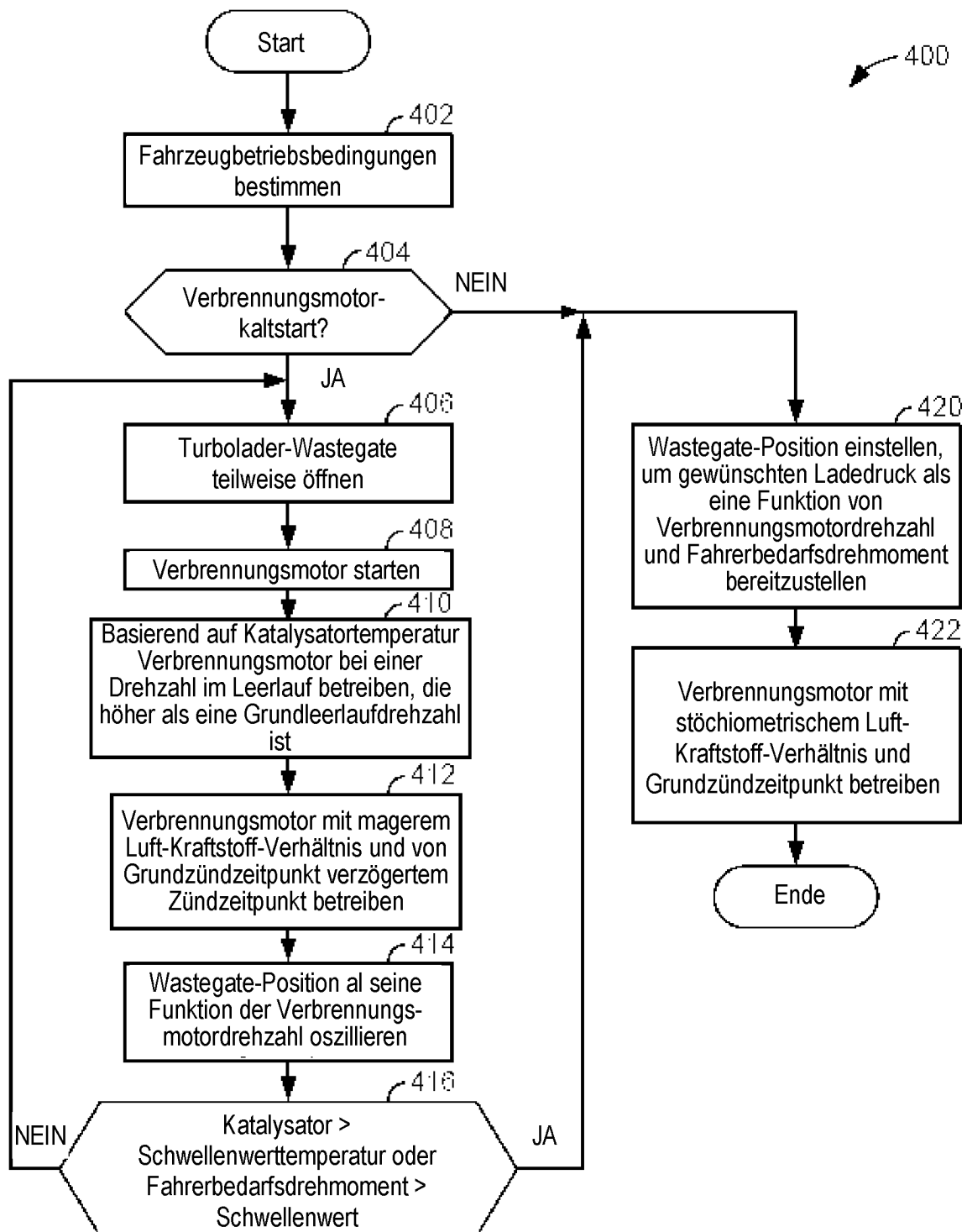


FIG. 4

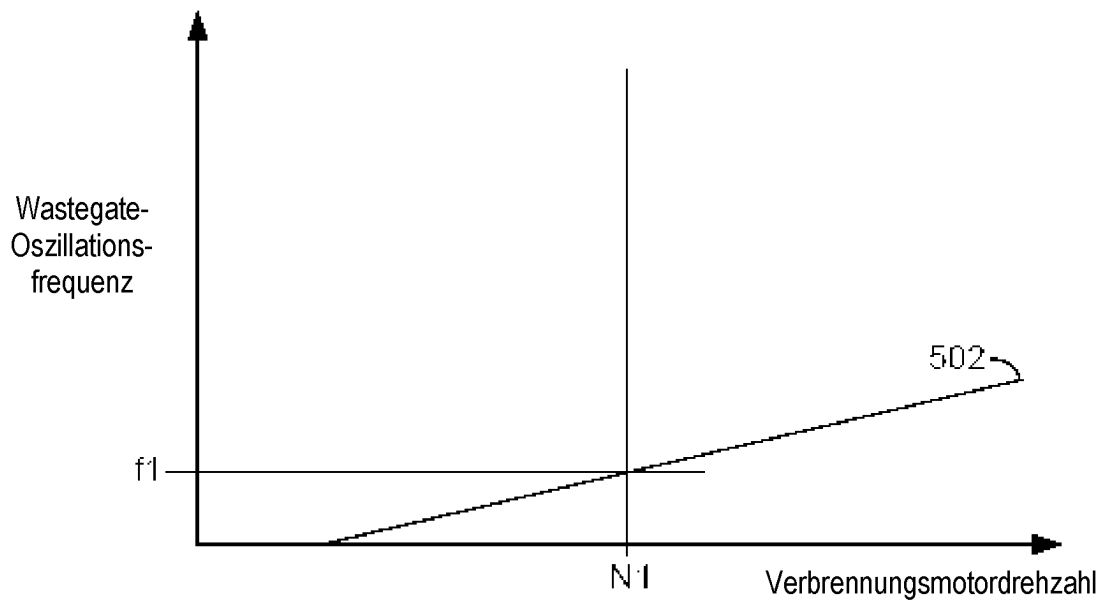


FIG. 5

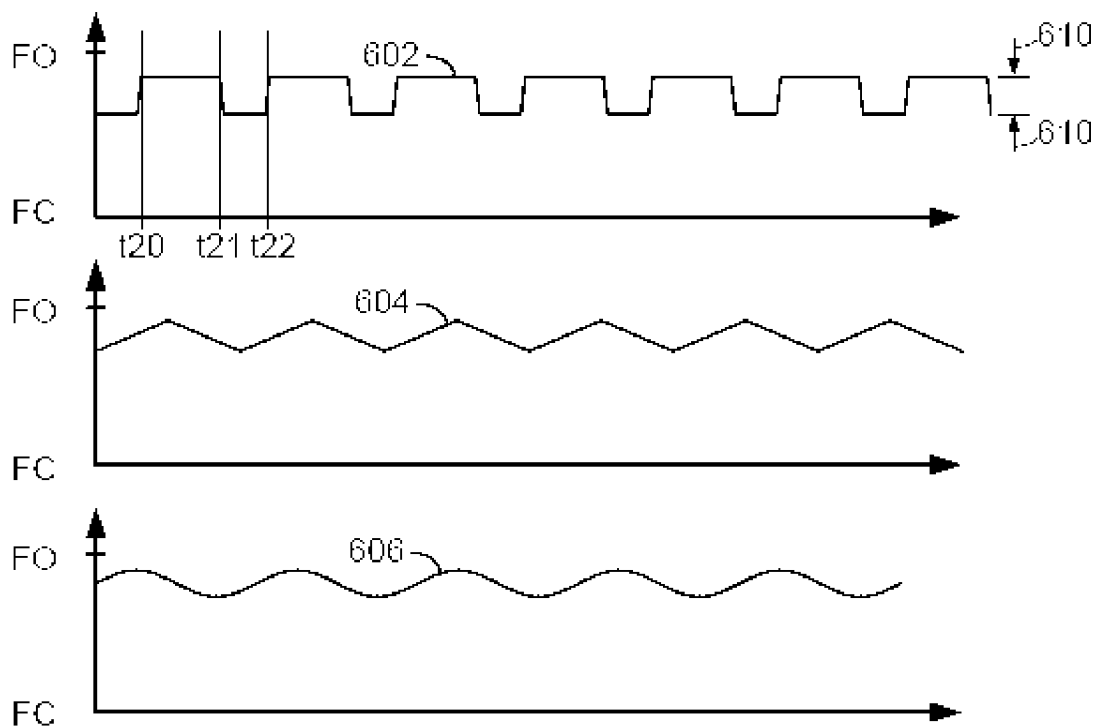


FIG. 6