



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 113 371.8**

(22) Anmeldetag: **20.05.2019**

(43) Offenlegungstag: **21.11.2019**

(51) Int Cl.: **F02D 17/00 (2006.01)**

F02D 41/22 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
15/985,428 **21.05.2018** **US**

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

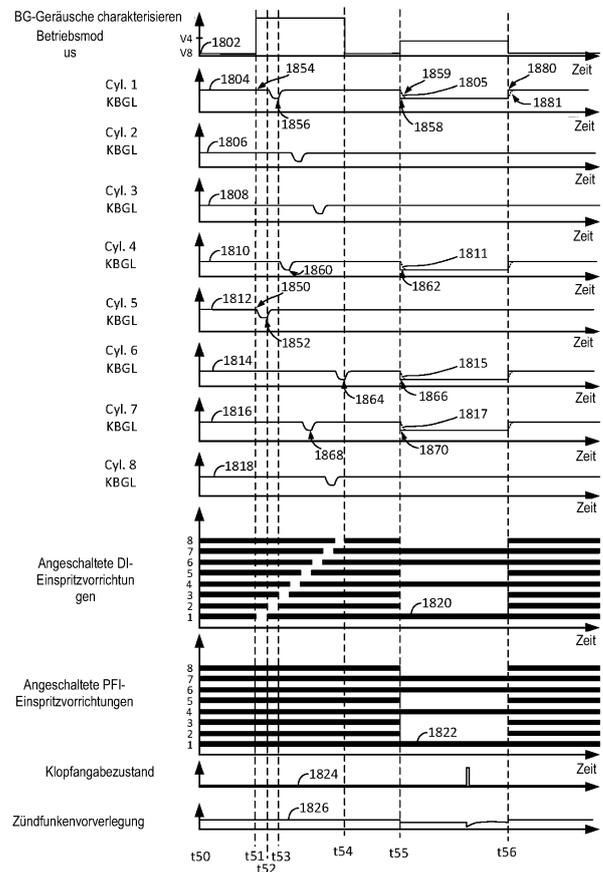
(74) Vertreter:
**Lorenz Seidler Gossel Rechtsanwälte
Patentanwälte Partnerschaft mbB, 80538
München, DE**

(72) Erfinder:
**Hakeem, Mohannad, Dearborn, Mich., US; Glugla,
Christopher, Macomb, Mich., US; Kindree, James,
South Lyon, MI, US; McQuinn, Lee B., Lenox, MI,
US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND SYSTEM ZUM EINSTELLEN VON
MOTORKLOPFHINTERGRUNDGERÄUSCHPEGELN**

(57) Zusammenfassung: Diese Offenbarung stellt ein Verfahren und System zum Einstellen von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln bereit. Es werden Verfahren und Systeme zum Betreiben eines Motors mit variablem Hubraum bereitgestellt, der ein Klopfsteuersystem beinhaltet. Motorklopfhintergrundgeräuschpegel, die während eines Modus mit allen arbeitenden Zylindern bestimmt werden, können angewandt werden, wenn ein oder mehrere Zylinder abgeschaltet sind, um das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Motorklopfen zu bestimmen. Zusätzlich können Motorklopfhintergrundgeräuschpegel, die während eines Modus mit allen arbeitenden Zylindern bestimmt werden, angewandt werden, wenn ein oder mehrere Zylinder erneut angeschaltet sind, sodass der Motor arbeitet, während alle Zylinder verbrennen, sodass die Möglichkeit für das Angeben von Klopfen, wenn kein Klopfen vorhanden ist, vermieden werden kann.



Beschreibung

GEBIET

[0001] Die vorliegende Anmeldung betrifft Verfahren und Systeme zum Ermitteln von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln, die von dem Betrieb der Kraftstoffeinspritzvorrichtungen abhängig sind, und Detektieren von Motorklopfen als Reaktion auf die ermittelten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel.

ALLGEMEINER STAND DER TECHNIK

[0002] Eine Brennkraftmaschine kann ein Klopfen erfahren, nachdem die Zündung in einem oder mehreren Motorzylindern durch einen Funken ausgelöst wurde und wenn Endgase durch erhöhte Temperaturen und Drücke in den Zylindern gezündet werden. Die Endgase werden nicht durch Flammenkerne entzündet, die durch die Funken in den Zylindern erzeugt werden. Motorklopfen tritt am häufigsten bei höheren Motorlasten auf, wenn der Druck in den Zylindern des Motors hoch ist.

[0003] Außerdem können Motoren mit einer variablen Anzahl von angeschalteten oder abgeschalteten Zylindern betrieben werden, die auch als Motoren mit variablem Hubraum (oder VDE) bezeichnet werden, sodass die Kraftstoffeffizienz des Motors für eine gewünschte Motordrehmomentausgabe erhöht werden kann, während optional ein Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgasgemisches insgesamt etwa bei Stöchiometrie gehalten wird. In einigen Beispielen kann die Hälfte der Zylinder eines Motors unter ausgewählten Bedingungen deaktiviert werden, wobei die ausgewählten Bedingungen durch Parameter wie etwa ein Motordrehzahl-/Lastfenster, eine Fahrzeuggeschwindigkeit usw. definiert sein können. In noch anderen Beispielen können Zylinder einzeln und selektiv abgeschaltet werden.

[0004] Wenn ein Motor derart betrieben wird, dass nicht alle seine Zylinder angeschaltet sind, um eine gewünschte Motordrehmomentausgabe bereitzustellen, sind die Drücke in den angeschalteten Motorzylindern höher als der Druck in den Motorzylindern, wenn alle Motorzylinder angeschaltet worden wären, um das gleiche gewünschte Motordrehmoment bereitzustellen. Folglich kann der Motor im Vergleich zu einem Betrieb, bei dem immer alle Zylinder des Motors angeschaltet sind, bei niedrigeren Fahrerbedarfsdrehmomenten dazu neigen, ein Klopfen zu erfahren.

[0005] Das Motorklopfen kann bei einem VDE durch das Anschalten von Zylindern und/oder das Verzögern des Zündfunken in angeschalteten Zylindern gesteuert werden. Das Motorklopfen wird jedoch oft durch den Vergleich eines Hintergrundgeräuschpegels (z. B. Vibration) mit einem Motorgeräuschpegel

während eines Kurbelwellenintervalls ermittelt, wenn eine höhere Neigung zum Motorklopfen besteht. Ein Hintergrundgeräuschpegel des Motors kann sich verringern, wenn Motorzylinder abgeschaltet werden, und der Hintergrundgeräuschpegel des Motors kann sich erhöhen, wenn abgeschaltete Motorzylinder wieder angeschaltet werden. Der sich ändernde Hintergrundgeräuschpegel kann dazu führen, dass das Motorklopfsteuersystem ein Motorklopfen angibt, wenn kein Motorklopfen vorhanden ist, und es kann auch dazu führen, dass das Motorklopfsteuersystem kein Motorklopfen angibt, wenn ein Motorklopfen vorhanden ist. Daher wäre es wünschenswert, eine Möglichkeit zum Erhöhen der Zuverlässigkeit des Motorklopfsteuersystems, wenn ein Motor zwischen VDE-Modi wechselt, bereitzustellen.

KURZDARSTELLUNG

[0006] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben erkannt, dass eine Detektion von Motorklopfen bei Veränderungen des VDE-Modus beeinträchtigt werden kann, und haben ein Motorbetriebsverfahren entwickelt, welches Folgendes umfasst: Eintreten in einen ersten Betriebsmodus, in dem ein erster Zylinder über eine Steuerung abgeschaltet wird; und Erzeugen einer Angabe von Klopfen über die Steuerung für einen zweiten Zylinder gemäß einem ersten Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders, der sich aus Bedingungen ergibt, die beinhalten, dass eine Direkteinspritzvorrichtung des ersten Zylinders während eines ersten Motorzyklus abgeschaltet wird, wobei der erste Zylinder während des ersten Motorzyklus Kraftstoff verbrennt.

[0007] Durch das Erzeugen einer Angabe von Motorklopfen für einen zweiten Zylinder gemäß einem ersten Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders, der anhand von Bedingungen ermittelt wurde, die beinhalten, dass eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung des ersten Zylinders während eines ersten Motorzyklus abgeschaltet wird, kann es möglich sein, das technische Ergebnis des Verbesserns einer Detektion von Motorklopfen für Motoren mit variablem Hubraum bereitzustellen. Konkret können Motorklopfhintergrundgeräuschpegel erlernt oder ermittelt werden, wenn Direktkraftstoffeinspritzvorrichtungen über mehrere Motorzyklen intrusiv abgeschaltet und erneut angeschaltet werden. Die erlernten Motorhintergrundgeräuschpegel können dann zu einem späteren Zeitpunkt angewandt werden, um eine bessere Schätzung der Motorhintergrundgeräuschpegel für jeden Zylinder zu schätzen, sodass zuverlässigere Angaben von Motorklopfen erzeugt werden können. Zum Beispiel können die erlernten Motorhintergrundgeräuschpegel angewandt werden, wenn in Zylinderabschaltmodi eingetreten oder aus diesen ausgetreten wird.

[0008] Auf diese Weise kann es möglich sein, Klopfdetektion für Motoren mit variablem Hubraum zu verbessern. Zusätzlich kann die Möglichkeit für das Erzeugen falscher Angaben von Motorklopfen reduziert werden. Ferner kann die Kraftstoffeffizienz des Motors verbessert werden, wenn der Zündfunken nicht aufgrund falscher Angaben eines Motorklopfens verzögert wird.

[0009] Es versteht sich, dass die vorstehende Kurzdarstellung bereitgestellt ist, um in vereinfachter Form eine Auswahl an Konzepten vorzustellen, die in der detaillierten Beschreibung näher beschrieben sind. Sie ist nicht dazu gedacht, wichtige oder wesentliche Merkmale des beanspruchten Gegenstands zu nennen, dessen Schutzzumfang einzig durch die Patentansprüche im Anschluss an die detaillierte Beschreibung definiert ist. Zudem ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Umsetzungen beschränkt, die vorstehend oder in einem beliebigen Teil dieser Offenbarung angeführte Nachteile vermeiden.

Figurenliste

Fig. 1A zeigt eine schematische Darstellung eines Motorsystems eines Fahrzeugs.

Fig. 1B zeigt beispielhafte Stellen für Klopfensoren für einen V8-Motor.

Fig. 1C zeigt eine alternative Ansicht von Klopfensorenstellen für den V8-Motor.

Fig. 2 zeigt ein Ablaufdiagramm auf hoher Ebene einer Möglichkeit, einen Motor mit variablem Hubraum zu betreiben, die das Steuern und Bestimmen von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für Motorzylinder beinhaltet.

Fig. 3 zeigt ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für einen Motor mit variablem Hubraum.

Fig. 4 zeigt ein Blockdiagramm einer Beobachtungsvorrichtung zum Schätzen von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für einen Motor mit variablem Hubraum.

Fig. 5 zeigt ein Zeitdiagramm, das veranschaulicht, wie Kraftstoffeinspritzsteuervorgänge für einen Motorzylinder einen Hintergrundmotorklopfgeräuschpegel für einen anderen Motorzylinder beeinflussen können.

Fig. 6 zeigt ein Verfahren zum Diagnostizieren, ob Motorzylinder in einem VDE-Modus abgeschaltet sind oder nicht, auf Grundlage von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln.

Die **Fig. 7-11** zeigen ein Ablaufdiagramm zum Einstellen von VDE-Modus, Einspritzvorrichtungszeitpunkt und Einspritzvorrichtungsmodus,

um bei Vorhandensein von Veränderungen des VDE-Modus einen konsistenteren Motorklopfhintergrundgeräuschpegel bereitzustellen.

Die **Fig. 12-16** zeigen beispielhafte Abfolgen, bei denen die Verfahren aus den **Fig. 2, Fig. 3** und **Fig. 7-11** angewendet werden können, um konsistentere Motorklopfhintergrundgeräuschpegel bereitzustellen.

Fig. 17 zeigt ein Zeitdiagramm, das veranschaulicht, wie Kraftstoffeinspritzsteuervorgänge für ein paar Motorzylinder einen Hintergrundmotorklopfgeräuschpegel für ein paar andere Motorzylinder beeinflussen können.

Fig. 18 veranschaulicht eine beispielhafte Abfolge, bei der das Verfahren aus **Fig. 3** angewandt wird, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Motorzylinder zu bestimmen.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG

[0010] Die folgende Beschreibung betrifft Systeme und Verfahren zum Betreiben eines Motors mit variablem Hubraum (VDE) und zum Steuern und Erkennen eines Motorklopfens des VDE-Motors. Bei dem Motor kann es sich um die in den **Fig. 1A-1C** gezeigte Art handeln. Der Motor kann gemäß dem Verfahren aus den **Fig. 2-11** betrieben werden. Das Verfahren kann den VDE-Modus und den Kraftstoffeinspritzvorrichtungszeitpunkt derart einstellen, dass die Hintergrundgeräuschpegel des Motors für einige Motorzylinder kontinuierlich bewertet werden können. Ferner kann das Verfahren die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel, selbst während sich ein VDE-Modus ändert, bei oder nahe ihren aktuellen Werten halten. Die **Fig. 12-16** zeigen beispielhafte Abfolgen, bei denen der VDE-Modus und der Kraftstoffeinspritzzeitpunkt eingestellt werden, um gleichmäßigere Motorhintergrundgeräuschpegel für einige Motorzylinder bereitzustellen. **Fig. 17** zeigt eine Motorzeitabfolge, bei der nur ein paar Motorzylinderklopfenster durch Steuervorgänge von Kraftstoffeinspritzvorrichtungen, die mit anderen Motorzylindern assoziiert sind, beeinflusst werden. **Fig. 18** zeigt eine beispielhafte Abfolge zum Bestimmen von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln und bei denen Motorhintergrundgeräuschpegel zum Vorteil angewandt werden können.

[0011] Nun wird auf die Figuren Bezug genommen, bei denen **Fig. 1A** ein Beispiel für einen Zylinder **14** einer Brennkraftmaschine **10** zeigt, der in einem Fahrzeug **5** enthalten sein kann. Bei dem Motor **10** kann es sich um einen Motor mit variablem Hubraum handeln, wie nachstehend beschrieben. Der Motor **10** kann zumindest teilweise durch ein Steuersystem, das eine Steuerung **12** beinhaltet, und durch Eingaben von einem menschlichen Fahrzeugführer **130** über eine Eingabevorrichtung **132** gesteuert werden. In diesem Beispiel beinhaltet die Eingabevor-

richtung **132** ein Gaspedal und einen Pedalpositionssensor **134** zum Erzeugen eines proportionalen Pedalpositionssignals. Der Zylinder (hier auch „Brennkammer“) **14** des Motors **10** kann Brennkammerwände **136** beinhalten, in denen ein Kolben **138** positioniert ist. Der Kolben **138** kann an eine Kurbelwelle **140** gekoppelt sein, sodass eine Hin- und Herbewegung des Kolbens in eine Rotationsbewegung der Kurbelwelle übersetzt wird. Die Kurbelwelle **140** kann über ein Getriebe **54** an mindestens ein Fahrzeugrad **55** des Fahrzeugs **5** gekoppelt sein, wie nachstehend näher beschrieben. Ferner kann ein Anlassermotor (nicht gezeigt) über ein Schwungrad an die Kurbelwelle **140** gekoppelt sein, um einen Anlassvorgang des Motors **10** zu ermöglichen.

[0012] In einigen Beispielen kann das Fahrzeug **5** ein Hybridfahrzeug mit mehreren Drehmomentquellen sein, die einem oder mehreren Fahrzeugrädern **55** zur Verfügung stehen. In anderen Beispielen handelt es sich bei dem Fahrzeug **5** um ein herkömmliches Fahrzeug nur mit einem Motor oder um ein Elektrofahrzeug nur mit (einer) elektrischen Maschine(n). In dem gezeigten Beispiel beinhaltet das Fahrzeug **5** den Motor **10** und eine elektrische Maschine **52**. Bei der elektrischen Maschine **52** kann es sich um einen Elektromotor oder einen Motorgenerator handeln. Die Kurbelwelle **140** des Motors **10** und die elektrische Maschine **52** sind über das Getriebe **54** mit den Fahrzeugrädern **55** verbunden, wenn eine oder mehrere Kupplungen **56** eingekuppelt sind. In dem abgebildeten Beispiel ist eine erste Kupplung **56** zwischen der Kurbelwelle **140** und der elektrischen Maschine **52** bereitgestellt und eine zweite Kupplung **57** zwischen der elektrischen Maschine **52** und dem Getriebe **54** bereitgestellt. Die Steuerung **12** kann ein Signal an einen Aktor der jeweiligen Kupplung **56** senden, um die Kupplung einzukuppeln oder auszukuppeln, um so die Kurbelwelle **140** mit bzw. von der elektrischen Maschine **52** und den damit verbundenen Komponenten zu verbinden oder zu trennen und/oder um die elektrische Maschine **52** mit bzw. von dem Getriebe **54** und den damit verbundenen Komponenten zu verbinden oder zu trennen. Bei dem Getriebe **54** kann es sich um ein Schaltgetriebe, ein Planetenradsystem oder eine andere Getriebeart handeln.

[0013] Der Antriebsstrang kann auf verschiedene Weisen ausgelegt sein, einschließlich als ein Parallel-, Serien- oder Serien-Parallel-Hybridfahrzeug. In Beispielen als Elektrofahrzeug kann eine Systembatterie **58** eine Traktionsbatterie sein, die elektrische Leistung an die elektrische Maschine **52** abgibt, um den Fahrzeugrädern **55** Drehmoment bereitzustellen. In einigen Beispielen kann die elektrische Maschine **52** zudem als Generator betrieben werden, um beispielsweise während eines Bremsbetriebs elektrische Leistung zum Laden der Systembatterie **58** bereitzustellen. Es versteht sich, dass die Systembatterie

58 in anderen Beispielen, einschließlich Beispielen als Nicht-Elektrofahrzeug, eine typische Starter-, Licht- und Zündungsbatterie (Starting, Lighting, Ignition battery - SLI-Batterie) sein kann, die an eine Lichtmaschine **46** gekoppelt ist.

[0014] Die Lichtmaschine **46** kann dazu ausgelegt sein, die Systembatterie **58** unter Verwendung von Motordrehmoment über die Kurbelwelle **140** bei laufendem Motor zu laden. Zusätzlich kann die Lichtmaschine **46** ein oder mehrere elektrische Systeme des Motors, wie etwa ein oder mehrere Hilfssysteme, zu denen ein Heizungs-, Lüftungs- und Klimatisierungs-(HLK-)System, Fahrzeugleuchten, ein bord-eigenes Unterhaltungssystem und andere Hilfssysteme gehören können, auf Grundlage ihrer elektrischen Bedarfe mit Leistung versorgen. In einem Beispiel kann ein an der Lichtmaschine entnommener Strom auf Grundlage von jedem von einem Kabinenkühlbedarf des Bedieners, einer Batterieladeanforderung, Bedarfen von anderen Hilfsfahrzeugsystemen und Elektromotordrehmoment kontinuierlich variieren. Ein Spannungsregler kann an die Lichtmaschine **46** gekoppelt sein, um die Leistungsausgabe der Lichtmaschine auf Grundlage von Systemnutzungsanforderungen einschließlich Hilfssystembedarfen zu regulieren.

[0015] Der Zylinder **14** des Motors **10** kann über eine Reihe von Ansaugkanälen **142** und **144** und einen Ansaugkrümmer **146** Ansaugluft aufnehmen. Der Ansaugkrümmer **146** kann zusätzlich zu dem Zylinder **14** mit anderen Zylindern des Motors **10** kommunizieren. Einer oder mehrere der Ansaugkanäle können eine oder mehrere Aufladevorrichtungen beinhalten, wie etwa einen Turbolader oder einen Kompressor. Zum Beispiel zeigt **Fig. 1A**, dass der Motor **10** mit einem Turbolader ausgelegt ist, der einen zwischen den Ansaugkanälen **142** und **144** angeordneten Verdichter **174** und eine entlang einem Abgaskanal **135** angeordnete Abgasturbine **176** beinhaltet. Der Verdichter **174** kann zumindest teilweise über eine Welle **180** durch die Abgasturbine **176** mit Strom versorgt werden, wenn die Aufladevorrichtung als ein Turbolader ausgelegt ist. In anderen Beispielen, wie etwa, wenn der Motor **10** mit einem Kompressor bereitgestellt ist, kann der Verdichter **174** jedoch durch mechanische Eingaben von einem Elektromotor oder dem Motor mit Leistung versorgt werden und die Abgasturbine **176** kann optional weggelassen sein. In noch anderen Beispielen kann der Motor **10** mit einem elektrischen Kompressor (z. B. einem „eBooster“) bereitgestellt sein und kann der Verdichter **174** durch einen Elektromotor angetrieben werden. In noch anderen Beispielen kann es sein, dass der Motor **10** nicht mit einer Aufladevorrichtung bereitgestellt ist, wie etwa, wenn der Motor **10** ein Saugmotor ist.

[0016] Eine Drossel **162**, die eine Drosselklappe **164** beinhaltet, kann in den Motoransaugkanälen bereitgestellt sein, um einen Durchsatz und/oder Druck der Ansaugluft, die den Motorzylindern bereitgestellt wird, zu variieren. Beispielsweise kann die Drossel **162** stromabwärts des Verdichters **174** positioniert sein, wie in **Fig. 1A** gezeigt, oder sie kann alternativ stromaufwärts des Verdichters **174** bereitgestellt sein. Eine Position der Drossel **162** kann über ein Signal von einem Drosselpositionssensor an die Steuerung **12** kommuniziert werden.

[0017] Ein Abgaskrümmter **148** kann zusätzlich zu dem Zylinder **14** Abgase von anderen Zylindern des Motors **10** aufnehmen. Ein Abgassensor **126** ist stromaufwärts von einer Abgasreinigungsvorrichtung **178** an den Abgaskrümmter **148** gekoppelt gezeigt. Der Abgassensor **126** kann aus verschiedenen geeigneten Sensoren zum Bereitstellen einer Angabe eines Luft-Kraftstoff-Verhältnisses (Air/Fuel Ratio - AFR) des Abgases ausgewählt sein, wie zum Beispiel einer linearen Lambdasonde oder UEGO-Sonde (Breitband- oder Weitbereichslambdasonde), einer binären Lambdasonde oder EGO-Sonde, einer HEGO-Sonde (beheizten EGO-Sonde), einem NOx-, HC- oder CO-Sensor. In dem Beispiel aus **Fig. 1A** ist der Abgassensor **126** eine UEGO-Sonde. Bei der Abgasreinigungsvorrichtung **178** kann es sich um einen Dreiwegekatalysator, eine NOx-Falle, verschiedene andere Abgasreinigungsvorrichtungen oder Kombinationen daraus handeln. In dem Beispiel aus **Fig. 1A** ist die Emissionssteuervorrichtung **178** ein Dreiwegekatalysator.

[0018] Jeder Zylinder des Motors **10** kann ein oder mehrere Einlassventile und ein oder mehrere Auslassventile beinhalten. Beispielsweise beinhaltet der Zylinder **14** der Darstellung nach mindestens ein Einlasstellerventil **150** und mindestens ein Auslasstellerventil **156**, die in einer oberen Region des Zylinders **14** angeordnet sind. In einigen Beispielen kann jeder Zylinder des Motors **10**, einschließlich des Zylinders **14**, mindestens zwei Einlasstellerventile und mindestens zwei Auslasstellerventile beinhalten, die in einer oberen Region des Zylinders angeordnet sind. In diesem Beispiel kann das Einlassventil **150** durch die Steuerung **12** durch Nockenbetätigung über ein Nockenbetätigungssystem **152**, das einen oder mehrere Nocken **151** beinhaltet, gesteuert werden. Gleichermaßen kann das Auslassventil **156** durch die Steuerung **12** über das Nockenbetätigungssystem **154**, das einen oder mehrere Nocken **153** beinhaltet, gesteuert werden. Die Position des Einlassventils **150** und Auslassventils **156** kann durch die Ventilpositionssensoren (nicht gezeigt) und/oder Nockenwellenpositionssensoren **155** bzw. **157** bestimmt werden.

[0019] Bei einigen Bedingungen kann die Steuerung **12** die Signale variieren, die den Nockenbetätigungssystemen **152** und **154** bereitgestellt werden, um das

Öffnen und Schließen des jeweiligen Einlass- und Auslassventils zu steuern. Die Einlass- und Auslassventilzeitsteuerung kann gleichzeitig gesteuert werden oder es kann eine beliebige von einer Möglichkeit zur variablen Einlassnockenzeitsteuerung, variablen Auslassnockenzeitsteuerung, dualen unabhängigen variablen Nockenzeitsteuerung oder festen Nockenzeitsteuerung verwendet werden. Jedes Nockenbetätigungssystem kann einen oder mehrere Nocken beinhalten und eines oder mehrere von Systemen für einen Motor mit variablem Hubraum, zur Nockenprofilverstellung (Cam Profile Switching - CPS), variablen Nockenzeitsteuerung (Variable Cam Timing - VCT), variablen Ventilzeitsteuerung (Variable Valve Timing - VT) und/oder zum variablen Ventilhub (Variable Valve Lift - VVL), die durch die Steuerung **12** betrieben werden können, zum Variieren des Ventilbetriebs verwenden. Bei alternativen Beispielen können das Einlassventil **150** und/oder das Auslassventil **156** durch elektrische Ventilbetätigung gesteuert werden. Zum Beispiel kann der Zylinder **14** alternativ ein Einlassventil, das über elektrische Ventilbetätigung gesteuert wird, und ein Auslassventil, das über Nockenbetätigung einschließlich eines CPS- und/oder VCT-Systems gesteuert wird, beinhalten. In anderen Beispielen können das Einlass- und Auslassventil durch einen gemeinsamen Ventilaktor (oder ein gemeinsames Betätigungssystem) oder einen Aktor (oder ein Betätigungssystem) zur variablen Ventilzeitsteuerung gesteuert werden.

[0020] Wie in dieser Schrift näher beschrieben, können das Einlassventil **150** und das Auslassventil **156** während des VDE-Modus über elektrisch betätigte Kipphebelmechanismen abgeschaltet werden. In einem anderen Beispiel können das Einlassventil **150** und das Auslassventil **156** über einen CPS-Mechanismus, bei dem eine Nockenerhebung ohne Hub für abgeschaltete Ventile verwendet wird, abgeschaltet werden. Es können noch andere Ventilabschaltmechanismen verwendet werden, wie etwa für elektrisch betätigte Ventile. In einem Beispiel kann die Abschaltung des Einlassventils **150** durch einen ersten VDE-Aktor (z. B. einen ersten elektrisch betätigten Kipphebelmechanismus, der an das Einlassventil **150** gekoppelt ist) gesteuert werden, während die Abschaltung des Auslassventils **156** durch einen zweiten VDE-Aktor (z. B. einen zweiten elektrisch betätigten Kipphebelmechanismus, der an das Auslassventil **156** gekoppelt ist) gesteuert werden kann. In alternativen Beispielen kann ein einziger VDE-Aktor die Abschaltung sowohl des Einlass- als auch des Auslassventils des Zylinders steuern. In noch anderen Beispielen schaltet ein einziger Zylinderventilaktor eine Vielzahl von Zylindern ab (sowohl Einlass- als auch Auslassventile), wie etwa alle der Zylinder in einer Motorenbank, oder ein gesonderter Aktor kann die Abschaltung für alle Einlassventile steuern, während ein anderer gesonderter Aktor die Abschaltung für alle Auslassventile der abgeschalteten

Zylinder steuert. Es versteht sich, dass es in dem Fall, dass der Zylinder ein nicht abschaltbarer Zylinder des VDE-Motors ist, sein kann, dass der Zylinder keine Ventilabschaltaktoren aufweist. Jeder Motorzylinder kann die in dieser Schrift beschriebenen Ventilsteuerungsmechanismen beinhalten. Einlass- und Auslassventile werden über einen oder mehrere Motorzyklen in geschlossener Position gehalten, wenn sie abgeschaltet werden, um ein Einströmen in den oder Ausströmen aus dem Zylinder **14** zu verhindern.

[0021] Der Zylinder **14** kann ein Verdichtungsverhältnis aufweisen, wobei es sich um ein Verhältnis vom Volumen des Kolbens **138** am unteren Totpunkt (UT) zu dem am oberen Totpunkt (OT) handelt. In einem Beispiel liegt das Verdichtungsverhältnis in dem Bereich von 9:1 bis 10:1. In einigen Beispielen, in denen andere Kraftstoffe verwendet werden, kann das Verdichtungsverhältnis jedoch erhöht sein. Hierzu kann es zum Beispiel kommen, wenn Kraftstoffe mit einer höheren Oktanzahl oder Kraftstoffe mit einer höheren latenten Verdampfungsenthalpie verwendet werden. Das Verdichtungsverhältnis kann zudem erhöht sein, falls Direkteinspritzung verwendet wird, da sich diese auf das Motorklopfen auswirkt.

[0022] Jeder Zylinder des Motors **10** kann eine Zündkerze **192** zum Einleiten der Verbrennung beinhalten. Ein Zündsystem **190** kann der Brennkammer **14** als Reaktion auf ein Vorzündungssignal von der Steuerung **12** bei ausgewählten Betriebsmodi über die Zündkerze **192** einen Zündfunken bereitstellen. Ein Zündzeitpunkt kann auf Grundlage von Motorbetriebsbedingungen und Fahrer Drehmomentbedarf eingestellt werden. Beispielsweise kann der Zündfunken zu einem Zeitpunkt mit minimaler Vorzündung für das bestmögliche Drehmoment (Maximum Brake Torque - MBT) bereitgestellt werden, um die Leistung und den Wirkungsgrad des Motors zu maximieren. Die Steuerung **12** kann Motorbetriebsbedingungen, einschließlich Motordrehzahl, Motorlast und Abgas-AFR, in eine Lookup-Tabelle eingeben und den entsprechenden MBT-Zeitpunkt für die eingegebenen Motorbetriebsbedingungen ausgeben. In anderen Beispielen kann der Zündfunken von dem MBT nach spät verstellt werden, wie etwa, um das Aufwärmen des Katalysators während des Motorstarts zu beschleunigen oder ein Auftreten von Motorklopfen zu reduzieren.

[0023] In einigen Beispielen kann jeder Zylinder des Motors **10** mit einer oder mehreren Kraftstoffeinspritzvorrichtungen ausgelegt sein, um diesem Kraftstoff bereitzustellen. Als ein nicht einschränkendes Beispiel ist gezeigt, dass der Zylinder **14** eine Kraftstoffdirekteinspritzvorrichtung **166** und eine Saugrohrkraftstoffeinspritzvorrichtung **66** beinhaltet. Die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen **166** und **66** können dazu ausgelegt sein, aus einem Kraftstoffsystem **8** aufgenommenen Kraftstoff abzugeben. Das Kraftstoff-

system **8** kann eine(n) oder mehrere Kraftstofftanks, Kraftstoffpumpen und Kraftstoffverteiler beinhalten. Der Darstellung nach ist die Kraftstoffeinspritzvorrichtung **166** direkt an den Zylinder **14** gekoppelt, um Kraftstoff proportional zu einer Impulsbreite eines von der Steuerung **12** erhaltenen Signals direkt in diesen einzuspritzen. Die Saugrohrkraftstoffeinspritzvorrichtung **66** kann durch die Steuerung **12** auf ähnliche Weise gesteuert werden. Auf diese Art und Weise stellt die Kraftstoffeinspritzvorrichtung **166** eine sogenannte Direkteinspritzung (im Folgenden auch als „DI“ (Direct Injection) bezeichnet) von Kraftstoff in den Zylinder **14** bereit. Wenngleich die Kraftstoffeinspritzvorrichtung **166** in **Fig. 1A** auf einer Seite des Zylinders **14** positioniert gezeigt ist, kann die Kraftstoffeinspritzvorrichtung **166** alternativ dazu oberhalb des Kolbens angeordnet sein, wie etwa nahe der Position der Zündkerze **192**. Eine derartige Position kann die Mischung und Verbrennung verbessern, wenn der Motor mit einem Kraftstoff auf Alkoholbasis betrieben wird, da einige Kraftstoffe auf Alkoholbasis eine niedrigere Flüchtigkeit aufweisen. Alternativ kann die Einspritzvorrichtung oberhalb und nahe dem Einlassventil angeordnet sein, um die Mischung zu verbessern. Kraftstoff kann den Kraftstoffeinspritzvorrichtungen **166** und **66** aus einem Kraftstofftank des Kraftstoffsystems **8** über Kraftstoffpumpen und Kraftstoffverteiler zugeführt werden. Außerdem kann der Kraftstofftank einen Druckwandler aufweisen, welcher der Steuerung **12** ein Signal bereitstellt.

[0024] Die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen **166** und **66** können dazu ausgelegt sein, unterschiedliche Kraftstoffe aus dem Kraftstoffsystem **8** in variierenden relativen Mengen als ein Kraftstoffgemisch aufzunehmen, und sie können ferner dazu ausgelegt sein, dieses Kraftstoffgemisch direkt in den Zylinder einzuspritzen. Zum Beispiel kann die Kraftstoffeinspritzvorrichtung **166** Alkoholkraftstoff aufzunehmen und die Kraftstoffeinspritzvorrichtung **66** kann Benzin aufnehmen. Ferner kann dem Zylinder **14** während unterschiedlicher Takte eines einzelnen Zyklus des Zylinders Kraftstoff zugeführt werden. Zum Beispiel kann direkt eingespritzter Kraftstoff mindestens teilweise während eines vorherigen Ausstoßtakts, während eines Ansaugtakts und/oder während eines Verdichtungstakts zugeführt werden. Per Saugrohr eingespritzter Kraftstoff kann nach dem Schließen des Einlassventils eines vorherigen Zyklus des Zylinders, der den Kraftstoff empfängt und bis zum Schließen des Einlassventils des aktuellen Zylinderzyklus eingespritzt werden. Demnach können für ein einziges Verbrennungseignis (z. B. Verbrennung von Kraftstoff in dem Zylinder über Funkenzündung), eine oder mehrere Einspritzungen von Kraftstoff pro Zyklus über eine oder beide Einspritzvorrichtungen durchgeführt werden. Die mehreren DI-Einspritzungen können während des Verdichtungstakts, Ansaugtakts oder einer beliebigen geeigneten Kombination dar-

aus durchgeführt werden, was als geteilte Kraftstoff-einspritzung bezeichnet wird.

[0025] Kraftstofftanks in dem Kraftstoffsystem **8** können Kraftstoffe unterschiedlicher Kraftstoffarten enthalten, wie etwa Kraftstoffe mit unterschiedlichen Kraftstoffqualitäten und unterschiedlichen Kraftstoffzusammensetzungen. Zu den Unterschieden können unterschiedliche Alkoholgehalte, unterschiedliche Wassergehalte, unterschiedliche Oktanzahlen, unterschiedliche Verdampfungswärmen, unterschiedliche Kraftstoffgemische und/oder Kombinationen daraus usw. gehören. Ein Beispiel für Kraftstoffe mit unterschiedlichen Verdampfungswärmen beinhaltet Benzin als erste Kraftstoffart mit einer niedrigeren Verdampfungswärme und Ethanol als zweite Kraftstoffart mit einer höheren Verdampfungswärme. In einem anderen Beispiel kann der Motor Benzin als erste Kraftstoffart und ein alkoholhaltiges Kraftstoffgemisch, wie etwa **E85** (das ungefähr zu 85 % aus Ethanol und zu 15 % aus Benzin besteht) oder **M85** (das ungefähr zu 85 % aus Methanol und zu 15 % aus Benzin besteht), als zweite Kraftstoffart verwenden. Zu weiteren möglichen Stoffen gehören Wasser, Methanol, ein Gemisch aus Alkohol und Wasser, ein Gemisch aus Wasser und Methanol, ein Gemisch aus Alkoholen usw. In noch einem anderen Beispiel kann es sich bei beiden Kraftstoffen um Alkoholgemische mit variierenden Alkoholzusammensetzungen handeln, wobei die erste Kraftstoffart ein Benzin-Alkohol-Gemisch mit einer niedrigeren Alkoholkonzentration sein kann, wie etwa **E10** (das ungefähr zu 10 % aus Ethanol besteht), während die zweite Kraftstoffart ein Benzin-Alkohol-Gemisch mit einer höheren Alkoholkonzentration sein kann, wie etwa **E85** (das ungefähr zu 85 % aus Ethanol besteht). Des Weiteren können sich der erste und der zweite Kraftstoff zudem in Bezug auf weitere Kraftstoffqualitäten unterscheiden, wie etwa einen Unterschied bei der Temperatur, Viskosität, Oktanzahl usw. aufweisen. Darüber hinaus können die Kraftstoffeigenschaften eines oder beider Kraftstofftanks häufig variieren, beispielsweise aufgrund täglicher Variationen beim Befüllen des Tanks.

[0026] Die Steuerung **12A** ist in **Fig. 1A** als Mikrocomputer gezeigt, der eine Mikroprozessoreinheit **106**, Eingangs-/Ausgangsanschlüsse **108**, ein elektronisches Speichermedium für ausführbare Programme (z. B. ausführbare Anweisungen) und Kalibrierungswerte, das in diesem konkreten Beispiel als nichtflüchtiger Festwertspeicherchip **110** gezeigt ist, Direktzugriffsspeicher **112**, Keep-Alive-Speicher **114** und einen Datenbus beinhaltet. Die Steuerung **12** kann verschiedene Signale von an den Motor **10** gekoppelten Sensoren empfangen, einschließlich zuvor erörterter Signale und zusätzlich einschließlich einer Messung des eingeleiteten Luftmassenstroms (Mass Air Flow - MAF) von einem Luftmassensensor **122**; einer Motorkühlmitteltemperatur (Engine Coolant

Temperature - ECT) von einem Temperatursensor **116**, der an eine Kühllülse **118** gekoppelt ist; einer Abgastemperatur von einem Temperatursensor **158**, der an den Abgaskanal **135** gekoppelt ist; eines Kurbelwellenpositionssignals von einem Hall-Effekt-Sensor **120** (oder einer anderen Art), der an die Kurbelwelle **140** gekoppelt ist; einer Drosselposition von einem Drosselpositionssensor **163**; des Signals UEGO von dem Abgassensor **126**, das durch die Steuerung **12** dazu verwendet werden kann, das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Abgases zu bestimmen; Motorvibrationen (z. B. Klopfen) über einen Klopfsensor **90**; und eines Absolutkrümmerdrucksignals (Absolute Manifold Pressure - MAP) von einem MAP-Sensor **124**. Ein Verbrennungsmotordrehzahlsignal, RPM, kann durch die Steuerung **12** aus der Kurbelwellenposition erzeugt werden. Das Krümmerdrucksignal MAP von dem MAP-Sensor **124** kann dazu verwendet werden, eine Angabe von Unterdruck oder Druck in dem Ansaugkrümmer bereitzustellen. Die Steuerung **12** kann eine Motortemperatur auf Grundlage der Motorkühlmitteltemperatur ableiten und eine Temperatur der Abgasreinigungsvorrichtung **178** auf Grundlage des von dem Temperatursensor **158** empfangenen Signals ableiten.

[0027] Die Steuerung **12** empfängt Signale von den verschiedenen Sensoren aus **Fig. 1A** und setzt die verschiedenen Aktoren aus **Fig. 1A** ein, um den Motorbetrieb auf Grundlage der empfangenen Signale und Anweisungen, die in einem Speicher der Steuerung gespeichert sind, einzustellen. Zum Beispiel kann die Steuerung einen Übergang des Motors zum Betreiben im VDE-Modus bewirken, indem die Ventilaktoren **152** und **154** betätigt werden, um ausgewählte Zylinder abzuschalten, wie in Bezug auf **Fig. 5** näher beschrieben.

[0028] Wie vorstehend beschrieben, zeigt **Fig. 1A** lediglich einen Zylinder eines Mehrzylindermotors. Demnach kann jeder Zylinder gleichermaßen einen eigenen Satz Einlass-/Auslassventile, Kraftstoffeinspritzvorrichtung(en), Zündkerze usw. beinhalten. Es versteht sich, dass der Motor **10** eine beliebige geeignete Anzahl an Zylindern, einschließlich 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 oder mehr Zylindern, beinhalten kann. Ferner kann jeder dieser Zylinder einige oder alle der verschiedenen Komponenten beinhalten, die in **Fig. 1A** unter Bezugnahme auf den Zylinder **14** beschrieben und dargestellt sind.

[0029] Unter ausgewählten Bedingungen, wie etwa, wenn die volle Drehmomentkapazität des Motors **10** nicht angefordert ist, kann durch die Steuerung **12** eine von einer ersten oder einer zweiten Zylindergruppe zur Abschaltung (in dieser Schrift auch als VDE-Betriebsmodus bezeichnet) ausgewählt werden. Während des VDE-Modus können Zylinder der ausgewählten Zylindergruppe abgeschaltet werden, indem die jeweiligen Kraftstoffeinspritz-

vorrichtungen **166** und **66** ausgeschaltet werden. Ferner können die Ventile **150** und **156** abgeschaltet und über einen oder mehrere Motorzyklen hinweg geschlossen gehalten werden. Während die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen der deaktivierten Zylinder abgeschaltet sind, setzen die übrigen aktivierten Zylinder die Verbrennung fort, wobei entsprechende Kraftstoffeinspritzvorrichtungen und Einlass- und Auslassventile angeschaltet sind und arbeiten. Um die Drehmomentanforderungen zu erfüllen, stellt die Steuerung die Luftmenge ein, die in angeschaltete Motorzylinder eintritt. Um somit ein gleichwertiges Motordrehmoment bereitzustellen, das ein Achtzylindermotor bei einer Motorlast von 0,2 und einer bestimmten Motordrehzahl erzeugt, können die angeschalteten Motorzylinder bei höheren Drücken als die Motorzylinder betrieben werden, wenn der Motor derart betrieben wird, dass alle Motorzylinder angeschaltet sind. Dazu sind höhere Krümmerdrücke erforderlich, was zu verringerten Pumpverlusten und einem erhöhten Motorwirkungsgrad führt. Zusätzlich reduziert die geringere Nutzfläche (nur von den angeschalteten Zylindern), die der Verbrennung ausgesetzt ist, Motorwärmeverluste, wodurch der Wärmewirkungsgrad des Motors erhöht wird.

[0030] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1B** ist eine Draufsicht des Motors **10** gezeigt. Die Vorderseite **10a** des Motors **10** kann einen Frontend-Nebenaggregattrieb (front end accessory drive - FEAD) (nicht gezeigt) beinhalten, um einer Lichtmaschine, einem Servolenksystem und einem Klimakondensator Leistung bereitzustellen. In diesem Beispiel ist der Motor **10** in einer V8-Konfiguration mit acht Zylindern gezeigt, die mit 1-8 nummeriert sind. Motorklopfen kann über vier Klopfensoren **90a-90d** erfasst werden. Die Klopfensoren sind in der Senke des Motorblocks **9** positioniert. In diesem Beispiel wird die Ausgabe des Klopfensensors **90a** während der Klopfenster der Motorzylinder **1** und **2** über die Steuerung **12** abgetastet. Die Ausgabe des Klopfensensors **90b** wird während der Klopfenster der Motorzylinder **3** und **4** über die Steuerung **12** abgetastet. Die Ausgabe des Klopfensensors **90c** wird während der Klopfenster der Motorzylinder **5** und **6** über die Steuerung **12** abgetastet. Die Ausgabe des Klopfensensors **90c** wird während der Klopfenster der Motorzylinder **7** und **8** über die Steuerung **12** abgetastet. Die Vielzahl von Klopfensoren verbessert die Fähigkeit, Klopfen für jeden Zylinder zu detektieren, da die Abschwächung von Motorvibrationen aufgrund von Klopfen zunimmt, wenn der Abstand von dem klopfenden Zylinder zum Klopfensensor zunimmt.

[0031] Unter Bezugnahme auf **Fig. 1C** ist eine Vorderansicht des Motors **10** gezeigt. Der Motorblock **9** beinhaltet eine Senke **10b**, in der die Motorklopfensoren **90a** und **90c** an den Block **9** montiert sind. Durch das Montieren der Klopfensoren **90a** und **90c** in der Senke **10b** kann ein gutes Signal-Rausch-Ver-

hältnis verfügbar sein, sodass Klopfen zuverlässiger detektiert werden kann. Jedoch können die Montagen der Klopfensoren **90a-90d** auch ermöglichen, dass einige Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgänge durch einige Sensoren und nicht durch andere beobachtet werden. Somit können die Hintergrundgeräuschpegel einiger Zylinder höher oder geringer sein als anderer Zylinder. Zusätzlich kann der Abstand einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die sich nahe einem Klopfenster eines anderen Motorzylinders öffnet oder schließt, die Zeitdauer beeinflussen, die die Vibration benötigt, um sich von der arbeitenden Kraftstoffeinspritzvorrichtung zum Klopfensensor zu bewegen. Außerdem kann eine längere Zeit für die Vibration, um sich von der Kraftstoffeinspritzvorrichtung zum Klopfensensor zu bewegen, ermöglichen, dass die Vibration in ein Klopfenster für einen Zylinder eintritt. Somit können die Stelle des Klopfensensors, die Zündfolge und die Motorkonfiguration auch Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für einige Motorzylinder beeinflussen.

[0032] Somit stellt das System aus **Fig. 1A** ein System zum Betreiben eines Motors bereit, umfassend: einen Motor mit variablem Hubraum, beinhaltend eine Saugrohrkraftstoffeinspritzung und eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung für jeden Motorzylinder; und eine Steuerung, die in einem nichtflüchtigen Speicher gespeicherte ausführbare Anweisungen beinhaltet, um den Motor mit variablem Hubraum zu betreiben, wobei alle Zylinder Kraftstoff verbrennen, die Direktkraftstoffeinspritzvorrichtungen jedes Motorzylinders nacheinander abzuschalten, während alle Zylinder Kraftstoff verbrennen, und Hintergrundgeräuschpegel für das Zylinderklopfen für jeden Motorzylinder von einer abgetasteten Klopfensorausgabe zu erzeugen, während mindestens eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung abgeschaltet ist, während alle Zylinder Kraftstoff verbrennen. Das System umfasst ferner zusätzliche Anweisungen zum Einspritzen von Kraftstoff in die Motorzylinder über Saugrohrkraftstoffeinspritzungen. Das System umfasst ferner zusätzliche Anweisungen zum Einstellen des Zündzeitpunkts als Reaktion auf Angaben von Klopfen. Das System beinhaltet, dass die Angaben von Klopfen auf den Zylinderklopfhintergrundgeräuschpegeln beruhen. Das System beinhaltet, dass das Einstellen des Zündzeitpunkts Verzögern des Zündzeitpunkts beinhaltet.

[0033] Nur wird unter Bezugnahme auf die **Fig. 2-11** ein Verfahren zum Betreiben eines VDE-Motors gezeigt. Das Verfahren aus den **Fig. 2-11** kann in dem System aus den **FIG. 1A-1C** enthalten sein und mit diesem zusammenwirken. Zumindest Teile des Verfahrens **200** können als ausführbare Anweisungen, die in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert sind, in dem System aus den **Fig. 1A-1C** enthalten sein. Außerdem können andere Teile des Verfahrens **200** über eine Steuerung durchgeführt werden, die

Betriebszustände von Vorrichtungen und Aktoren in der realen Welt umwandelt. Die Steuerung kann Motoraktoren des Motorsystems einsetzen, um den Motorbetrieb einzustellen. Ferner kann das Verfahren **200** ausgewählte Steuerparameter anhand von Sensoreingaben bestimmen.

[0034] Bei **202** bestimmt das Verfahren **200** Fahrzeug- und Motorbetriebsbedingungen über die in den **Fig. 1A-IC** beschriebenen Sensoren. Das Verfahren **200** kann Betriebsbedingungen bestimmen, die unter anderem die Motordrehzahl, Motorlast, Motor-temperatur, Umgebungstemperatur, den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt, die Klopfsensorausgabe, Kraftstoffart, Kraftstoffkonzentration, Motorposition und den Motorluftstrom beinhalten. Das Verfahren **200** geht zu **204** über.

[0035] Bei **204** beurteilt das Verfahren **200**, ob die Bedingungen für die Abbildung des Einflusses des Kraftstoffeinspritzvorrichtungsbetriebs auf das Motorklopfgeräusch erfüllt sind. In einem Beispiel sind die Bedingungen erfüllt, wenn die Motordrehzahl innerhalb eines festgelegten Bereichs liegt (z. B. Motordrehzahl größer als eine erste Schwellendrehzahl und kleiner als eine zweite Schwellendrehzahl), wenn die Motorlast innerhalb eines festgelegten Bereichs liegt (z. B. Motorlast größer als eine erste Schwellenlast und kleiner als eine zweite Schwellenlast) und die Motortemperatur größer als eine Schwellentemperatur ist. In anderen Beispielen kann das Verfahren **200** beurteilen, dass die Bedingungen für die Abbildung des Einflusses des Kraftstoffeinspritzvorrichtungsbetriebs auf das Motorklopfhintergrundgeräusch erfüllt sind, wenn andere Fahrzeugbetriebsbedingungen erfüllt werden. Wenn das Verfahren **200** beurteilt, dass die Bedingungen für die Abbildung des Einflusses des Kraftstoffeinspritzvorrichtungsbetriebs auf das Motorklopfgeräusch erfüllt sind, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **200** geht zu **250** über. Andernfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **200** geht zu **206** über.

[0036] Bei **250** beginnt das Verfahren **200**, den Einfluss des Kraftstoffeinspritzvorrichtungsbetriebs auf den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel abzubilden. Das Verfahren **200** bildet den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel gemäß dem Verfahren von **Fig. 3** ab. Alternativ kann eine Beobachtungsvorrichtung der in **Fig. 4** gezeigten Art verwendet werden, um den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel zu bestimmen. Das Verfahren **200** geht zum Ende über, nachdem der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel abgebildet wurde.

[0037] Bei **206** beurteilt das Verfahren **200**, ob die Bedingungen zum Übergang in VDE-Modi erfüllt sind. Die spezifischen VDE-Modi, in denen der Motor betrieben werden kann, können motorspezifisch sein. Beispielsweise kann ein Reihen-Vierzylinder-

Viertaktmotor (**14**) I4S (vier Zylinder verbrennen in einem stationären Muster), I2S (zwei der vier Zylinder verbrennen in jedem Motorzyklus in einem stationären Muster (z. B. Zylinder **1** und **3** verbrennen in einem ersten Motorzyklus; Zylinder **1** und **3** verbrennen in einem zweiten Motorzyklus)) und I2R (z. B. zwei der vier Zylinder verbrennen in jedem Motorzyklus in einem rollierenden Muster (z. B. Zylinder **1** und **3** verbrennen in einem ersten Motorzyklus, Zylinder **2** und **4** verbrennen in einem zweiten Motorzyklus; Zylinder **1** und **3** verbrennen in einem dritten Motorzyklus) beinhalten. Andererseits kann ein V-Achtzylindermotor im Achtzylindermodus (V8S), in einem stationären V-Vier-Modus (V4S), in einem rollierenden V-Vier-Modus (V4R), in einem stationären V-Zwei-Modus (V2S) und in einem rollierenden V-Zwei-Modus (V2R), in einem stationären V-Sechs-Modus (V6S), in einem rollierenden V-Sechs-Modus (V6R) verbrennen.

[0038] Stationäre VDE-Modi sind Modi, in denen dieselben angeschalteten Zylinder (z. B. Motorzylinder, die Kraftstoff verbrennen) für jeden Motorzyklus angeschaltet sind. Rollierende VDE-Modi sind Modi, in denen unterschiedliche angeschaltete Zylinder für zwei oder mehr Motorzyklen angeschaltet sind. Ferner können die VDI-Betriebsmodi in Bezug auf eine Zylinderdichte beschrieben werden. Ein Achtzylindermotor kann zum Beispiel mit einer 3-von-4-Zylinderdichte betrieben werden, wobei der Motor bei drei von vier Zylinderverdichtungstakten zündet (z. B. Kraftstoff) verbrennt. Wenn gleichermaßen ein Motor mit einer 2-von-4 Zylinderdichte betrieben wird, wird der Motor bei zwei von vier Zylinderverdichtungstakten gezündet. Verfügbare VDE-Modi sind Modi, die angeschaltet werden können, bei denen Zylinder Kraftstoff verbrennen und die verfügbaren VDE-Modi können als Reaktion auf Fahrzeugbetriebsbedingungen verfügbar oder nicht verfügbar gemacht werden. Wenn beispielsweise die Motortemperatur unter 10 °C liegt, kann nur der V8-Modus verfügbar sein. Wenn die Motortemperatur jedoch über 30 °C liegt, können der V4S, V6S, V4R und V6R verfügbar sein.

[0039] VDE-Eintrittsbedingungen, bei denen einer oder mehrere VDE-Modi zum Anschalten verfügbar sind, können unter anderem beinhalten, dass die Motortemperatur über einer Schwellentemperatur liegt, das Fahrerbedarfsdrehmoment über einem Schwellendrehmoment liegt, die Motordrehzahl über einer Schwellendrehzahl liegt und die Fahrzeuggeschwindigkeit über einer Schwellengeschwindigkeit liegt. Ferner kann der Eintritt in den VDE-Modus über Veränderungen der Betriebsbedingungen ausgelöst werden, wie etwa unter anderem Veränderungen der Motordrehzahl, Veränderungen der Motorlast, Veränderungen des Fahrerbedarfsdrehmoments, Veränderungen der Motortemperatur. Beurteilt das Verfahren **200**, dass Bedingungen vorliegen, die das Anschalten der VDE-Modi oder den VDE-Eintritt erlauben, dann lautet die Antwort Ja und das Verfahren **200**

geht zu 208 über. Andernfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **200** geht zu 260 über.

[0040] Bei **208** wählt das Verfahren **200** einen VDE-Modus, der die Zylinderzünddichte und das Zylinderzündmuster beinhaltet, auf Grundlage der Fahrzeugbetriebsbedingungen aus. Wenn die Betriebsbedingungen jedoch keinen Nutzen der Auswahl eines neuen VDE-Modus, der die Zylinderzünddichte und das Zündmuster beinhaltet, angeben, wird der zuvor gewählte VDE-Modus beibehalten, unabhängig davon, ob der VDE-Modus bei 208 oder in einem vorherigen Motorzyklus **212** ausgewählt wurde. Das Verfahren **200** kann einen VDE-Modus, der eine Zylinderdichte und ein Zündmuster beinhaltet, aus einer Vielzahl von einzigartigen VDE-Modi für die bestimmte Motorkonfiguration (z. B. 14, V6, V8) auswählen. In einem Beispiel wählt das Verfahren **200** VDE-Modi aus der Vielzahl von einzigartigen VDE-Modi aus, die verfügbar sind, um als Reaktion auf Fahrzeugbetriebsbedingungen, einschließlich unter anderem Fahrerbedarfsdrehmoment, Motordrehzahl, Fahrzeuggeschwindigkeit, aktiver Getriebegang, Katalysatortemperatur, individuelle Zylindertemperaturen, Motorgeräusch- und Vibrationsgrenzen und Motortemperatur. Zum Beispiel kann das Verfahren **200** den VDE-Modus auswählen, der die geringste Anzahl angeschalteter Zylinder beinhaltet, die das Fahrerbedarfsdrehmoment und die Motorgeräusch- und Vibrationsgrenzen für eine bestimmte Motordrehzahl und -last erfüllen. Die Auswahl kann über eine Zustandsmaschine oder -logik ausgeführt werden. Das Verfahren **200** geht zu 210 über, nachdem der einzigartige VDE-Modus ausgewählt wurde.

[0041] In einigen Beispielen kann ein Basiskraftstoff einspritzmodus den VDE-Modus begleiten, der bei 208 ausgewählt wird. Zum Beispiel kann Kraftstoff über eine einzelne DI-Einspritzung, PFI- und DI-Einspritzung, mehrere DI-Einspritzungen, PFI- und mehrere DI-Einspritzungen in jeden Zylinder eingespritzt werden. In einem Beispiel kann ein Basis- oder Standardkraftstoff einspritzmodus aus dem Speicher abgerufen werden, wenn der VDE-Modus ausgewählt ist, und der Basiskraftstoff einspritzmodus kann von der Motordrehzahl und der Motorlast sowie anderen Steuerparametern abhängig sein.

[0042] Bei **210** beurteilt das Verfahren **200**, ob der bei 208 ausgewählte VDE-Modus den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel im Vergleich zum aktuell angeschalteten VDE-Modus ändert. Wenn beispielsweise der ausgewählte VDE-Modus das Ausschalten einer Kraftstoff einspritzvorrichtung während eines Motorklopfensters für einen Zylinder, in dem das Ausschalten der Kraftstoff einspritzvorrichtung während des aktuell angeschalteten VDE-Modus nicht angewiesen wurde, anweist, kann das Verfahren **200** beurteilen, dass das Anweisen des Ausschaltens der Kraftstoff einspritzvorrichtung für den Zylinder wäh-

rend des ausgewählten VDE-Modus den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel ändert. Wenn gleichermaßen der ausgewählte VDE-Modus das Einschalten einer Kraftstoff einspritzvorrichtung während eines Motorklopfensters für einen Zylinder, in dem das Einschalten der Kraftstoff einspritzvorrichtung während des aktuell angeschalteten VDE-Modus nicht angewiesen wurde, anweist, kann das Verfahren **200** beurteilen, dass das Anweisen des Einschaltens der Kraftstoff einspritzvorrichtung für den Zylinder während des ausgewählten VDE-Modus den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel ändert. Beurteilt das Verfahren **200**, dass der ausgewählte VDE-Modus von 208 die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel im Vergleich zu den Motorhintergrundgeräuschpegeln für den aktuell angeschalteten VDE-Modus ändert, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **200** geht zu **212** über. Andernfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **200** geht zu **270** über. Das Verfahren **200** wertet den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für jedes Zylinderklopfenster während des Zylinderzyklus aus.

[0043] Das Vorliegen oder Fehlen von Motorklopfen wird während vorbestimmter Kurbelwellenintervalle während jedes Motorzyklus für jeden Zylinder, der Kraftstoff verbrennt, bewertet. Somit beinhaltet ein Achtzylindermotor acht Klopfenster pro Motorzyklus (z. B. zwei Umdrehungen) und ein Vierzylindermotor vier Klopfenster pro Motorzyklus. In einem Beispiel kann das Motorklopfenster für einen Motorzylinder ein Kurbelwellenintervall von fünf Grad Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts bis zu sechzig Grad Kurbelwelle nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts überspannen. Natürlich kann der Grad-Kurbelwinkel-Bereich für das Motorklopfenster des Zylinders auf andere Kurbelwinkel eingestellt werden.

[0044] Bei **270** behält das Verfahren **200** den VDE-Modus (z. B. Zylinderzünddichte, Zylinderzündmuster und stationäre oder rollierende Strategie) bei, der bei **208** ausgewählt wurde, oder den VDE-Modus, der bei **212** ausgewählt wurde. Ferner schaltet das Verfahren **200** den Basis- oder Standardkraftstoff einspritzmodus an, der bei 208 aus dem Speicher abgerufen oder bei **212** ausgewählt wurde. Das Verfahren **200** erfasst zudem die angeschalteten Zylinder in einer im Speicher der Steuerung (RAM) gespeicherten Liste, sodass der zuletzt angeschaltete VDE-Modus verfolgt werden kann. Das Verfahren **200** geht zu **214** über.

[0045] Bei **212** stellt das Verfahren **200** die Zylinderdichte, das Zündmuster und/oder den Kraftstoff einspritzmodus des bei **208** ausgewählten VDE-Modus ein, um die Möglichkeit von Änderungen der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für jedes Zylinderklopfenster während des Zylinderzyklus zu verringern. Die Zylinderdichte, das Zündmuster und/oder

die Kraftstoffeinspritzung werden gemäß dem Verfahren aus **Fig. 7** eingestellt. Das Verfahren **200** erfasst zudem die angeschalteten Zylinder in einer im Speicher der Steuerung (RAM) gespeicherten Liste, sodass der zuletzt angeschaltete VDE-Modus verfolgt werden kann. Das Verfahren **200** geht zu 214 über, nachdem die Zylinderdichte, das Zündmuster und/oder der Kraftstoffeinspritzmodus eingestellt wurden.

[0046] Darüber hinaus kann unter Bedingungen, bei denen ein Kraftstoffeinspritzvorrichtungsvorgang während eines Klopfensters des aktuellen Motorzyklus stattfindet und dann keine Ausführung eines Steuervorgangs für die Kraftstoffeinspritzvorrichtung während des ausgewählten VDE-Modus geplant ist, der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für das bestimmte Zylinderklopfenster im Speicher der Steuerung gespeichert werden, sodass er abgerufen und als Klopfhintergrundgeräuschpegel des bestimmten Zylinders verwendet werden kann, wenn Steuervorgänge für die Kraftstoffeinspritzvorrichtung fortgesetzt werden. Wenn beispielsweise alle Motorzylinder im aktuellen Motorzyklus angeschaltet sind und der in dem Klopfenster von Zylinder Nummer drei bestimmte Hintergrundklopfgeräuschpegel 0,5 Volt beträgt, dann wird die Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die während des Klopfensters von Zylinder Nummer drei während des aktuellen Motorzyklus abgeschaltet wurde (z. B. die Einspritzvorrichtung für Zylinder Nummer sechs) während des Motorzyklus nicht abgeschaltet, wenn der ausgewählte VDE-Modus angeschaltet ist, weil die Einspritzvorrichtung für Zylinder Nummer sechs abgeschaltet ist, der Klopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei, wenn die Einspritzvorrichtung für Zylinder Nummer sechs angeschaltet ist, kann in dem Speicher der Steuerung gespeichert werden. Wenn die Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Zylinder Nummer sechs wieder angeschaltet wird, wenn alle Zylinder wieder angeschaltet werden, kann der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei auf 0,5 Volt eingestellt werden. Auf diese Weise kann ein Motorklopfhintergrundgeräuschpegel auf einen zuvor bestimmten Wert zurückgesetzt werden, wenn der Motormodus auf einen Modus zurückgewechselt wird, für den der Motorklopfhintergrundschallpegel bestimmt wird. Folglich können Einstellungen der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Motorklopfenster verringert werden, um die Möglichkeit falscher Klopfangaben zu verringern.

[0047] Bei **214** schaltet das Verfahren **200** Kraftstoffdirekt- und -saugrohreinspritzvorrichtungen von Zylindern, die ausgeschaltet sind, aus, um den VDE-Modus, der bei **208** oder **212** ausgewählt wird, bereitzustellen und anzuschalten. Ferner schaltet das Verfahren **200** Motoreinlass- und Auslassventile von Zylindern aus, in denen in dem VDE-Modus, der bei **208** ausgewählt wurde, keine Verbrennung er-

folgt. Durch das Ausschalten der Kraftstoffdirekt- und -saugrohreinspritzvorrichtungen können Geräusche, die durch das Schließen der Kraftstoffeinspritzvorrichtung auf den Motor übertragen und in Klopfenstern von Zylindern erkannt werden können, vermieden werden, damit ein Motorhintergrundgeräuschpegel ermittelt wird, der keine Geräusche und Vibrationen von abgeschalteten Kraftstoffeinspritzvorrichtungen beinhaltet. Das Verfahren **200** schaltet zudem Zylinder an, die in dem ausgewählten VDE-Modus angeschaltet sind. Das Verfahren **200** erfasst zudem die angeschalteten Zylinder in einer im Speicher der Steuerung (RAM) gespeicherten Liste, sodass der zuletzt angeschaltete VDE-Modus verfolgt werden kann. Das Verfahren **200** geht zu **216** über.

[0048] Bei **216** bestimmt das Verfahren **200** auf Grundlage des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels, ob ein Eintritt in den ausgewählten VDE-Modus erfolgte. Das Verfahren **200** bestimmt, ob ein Eintritt in den ausgewählten VDE-Modus gemäß dem Verfahren von **Fig. 6** erfolgte. Das Verfahren **200** geht zu 218 über.

[0049] Bei **218** bewertet das Verfahren **200** auf Grundlage der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel, ob ein Klopfen für einen bestimmten Zylinder angegeben werden sollte oder nicht. In einem Beispiel berechnet das Verfahren **200** einen Klopfintensitätswert für einen bestimmten Zylinder durch Integrieren der Ausgabe des Klopfensensors während des Klopfensters des bestimmten Zylinders und Dividieren der integrierten Klopfensensorausgabe durch den integrierten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den bestimmten Zylinder. Es ist zu beachten, dass die Integration der Klopfensensorausgabe zur Bestimmung des Klopfens in einem anderen Abschnitt des Klopfensters erfolgen kann als die Integration der Ausgabe des Klopfensensors während des Klopfensters zur Bestimmung des integrierten Motorklopfhintergrundgeräuschpegels. Wenn der Klopfintensitätswert einen Schwellenwert überschreitet (z. B. 1 Volt) wird für den bestimmten Zylinder ein Klopfen angegeben und der Zündzeitpunkt für den bestimmten Zylinder wird um einen vorbestimmten Betrag nach spät verstellt. Der Zündfunke für den bestimmten Zylinder wird nach spät verstellt und dann wird der Zündzeitpunkt wieder in Richtung des MBT-Zündzeitpunkts nach früh verstellt (Zeitpunkt mit minimaler Vorzündung für das bestmögliche Drehmoment). Wenn beispielsweise der Klopfintensitätswert für Zylinder Nummer eins einen Schwellenpegel überschreitet, wird Klopfen für Zylinder Nummer eins angegeben und der Zündzeitpunkt von Zylinder Nummer eins wird um fünf Grad Kurbelwinkel nach spät verstellt. Der Zündzeitpunkt für Zylinder Nummer ein kann um fünf Grad Kurbelwinkel innerhalb von zehn Sekunden nachdem der Zündzeitpunkt von Zylinder Nummer eins auf Grundlage von Klopfen nach spät verstellt wurde. Wenn keine Klopfen angegeben wird, bleibt der Zündzeitpunkt

für den Zylinder bei seinem angeforderten oder Basiszeitpunkt (z. B. MBT-Zeitpunkt). Auf diese Weise kann das Klopfen für jeden Zylinder bestimmt werden.

[0050] Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel, der angewandt wird, um Klopfen innerhalb des bestimmten Motorzylinders zu detektieren, kann aus dem Speicher der Steuerung abgerufen werden. Ferner kann der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel aktualisiert und überprüft werden, nachdem sich der Motor für einen vorbestimmten Zeitraum oder vorbestimmte Motorzyklen nach dem letzten Eintritt in den aktuellen VDE-Modus im VDE-Modus befand. Zum Beispiel kann das Verfahren **200** einen Hintergrundgeräuschpegel für den bestimmten Zylinder für Bedingungen abrufen, bei denen Steuervorgänge einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die mit einem anderen Zylinder assoziiert ist (z. B., wenn die Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die mit dem anderen Zylinder assoziiert ist, angeschaltet ist), innerhalb des Klopfens des bestimmten Zylinders bei Bedingungen auftreten, bei denen ein Zylinder, der eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung aufweist, die abgeschaltet wurde, erneut angeschaltet wird (z. B., wenn sich der Motorbetriebsmodus von einem oder mehreren abgeschalteten Zylindern zu allen angeschalteten Zylindern verändert). Das Verfahren **300** kann außerdem einen Hintergrundgeräuschpegel des bestimmten Zylinders für Bedingungen abrufen, bei denen Steuervorgänge einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die mit einem anderen Zylinder assoziiert ist (z. B., wenn die Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die mit dem anderen Zylinder assoziiert ist, nicht angeschaltet ist), nicht innerhalb des Klopfens des bestimmten Zylinders bei Bedingungen auftreten, bei denen ein Zylinder eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung aufweist, die abgeschaltet ist (z. B., wenn sich der Motorbetriebsmodus von allen aktiven Zylindern zu einem oder mehreren abzuschaltenden Zylindern verändert, wobei Kraftstoff nicht in die abgeschalteten Zylinder eingespritzt wird). Nachdem der Motor zuletzt in den aktuellen VDE-Betriebsmodus eingetreten ist, können die Hintergrundgeräuschpegel der angeschalteten Zylinder mit Hintergrundgeräuschpegeln bei den aktuellen Motorbetriebsbedingungen aktualisiert werden. Hintergrundgeräuschpegel von jedem der angeschalteten Motorzylinder können auf diese Weise eingestellt werden. Das Verfahren **200** geht nach dem Anwenden der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel, die im Speicher der Steuerung gespeichert wurden, um das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Motorklopfen zu bestimmen, und nach dem Einstellen des Motorzündzeitpunkts zum Angeben von Motorklopfen zum Ende über.

[0051] Bei **260** beurteilt das Verfahren **200**, ob sich der Motor aktuell in einem VDE-Modus befindet und ob VDE-Austrittsbedingungen erfüllt sind. Das Verfahren **200** kann auf Grundlage von Motorklopfhin-

tergrundgeräuschpegeln beurteilen, ob sich der Motor derzeit in einem VDE-Modus befindet, wie im Verfahren aus **Fig. 6** beschrieben. Ferner kann das Verfahren **200** beurteilen, dass VDE-Austrittsbedingungen erfüllt sind, wenn sich das Fahrerbedarfsdrehmoment zu einem Wert außerhalb des VDE-Modusbereichs ändert. Ferner kann das Verfahren **200** beurteilen, dass VDE-Austrittsbedingungen vorhanden sind, wenn sich der Motor bei Leerlaufdrehzahl befindet und/oder wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit eine Schwellengeschwindigkeit unterschreitet. Falls das Verfahren **200** beurteilt, dass VDE-Austrittsbedingungen erfüllt sind, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **200** geht zu 262 über. Anderenfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **200** geht zu 265 über.

[0052] Bei **262** beurteilt das Verfahren **200**, ob das Austreten aus dem VDE-Modus und das Eintreten in einen Modus mit allen Zylindern einen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel ändert. In einem Beispiel kann das Verfahren **200** beurteilen, dass sich ein Motorklopfhintergrundgeräuschpegel ändert, wenn das Ausschalten einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung in einem Klopfenfenster angewiesen wird (z. B. Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgang), in dem das Ausschalten der Kraftstoffeinspritzvorrichtung während des letzten vorhergehenden Motorzyklus nicht angewiesen wurde. Gleichermaßen kann das Verfahren **200** beurteilen, dass sich ein Motorklopfhintergrundgeräuschpegel ändert, wenn das Anschalten einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung in einem Klopfenfenster angewiesen wird, in dem das Anschalten der Kraftstoffeinspritzvorrichtung während des letzten vorhergehenden Motorzyklus nicht angewiesen wurde. Das Ändern des Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgangs (z. B. das Anweisen des Ausschaltens der Kraftstoffeinspritzvorrichtung in einem Motorklopfenfenster, in dem das Ausschalten der Kraftstoffeinspritzvorrichtung vorher nicht angewiesen wurde) in einem Motorklopfenfenster (z. B. dem Klopfenfenster für Zylinder Nummer zwei) kann auf eine Änderung eines Motorklopfhintergrundgeräuschpegels hinweisen. Falls das Verfahren **200** beurteilt, dass das Eintreten in den Modus, bei dem alle Zylinder angeschaltet sind, zu einer Änderung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels führen wird, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **200** geht zu 264 über. Anderenfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **200** geht zu 265 über.

[0053] Bei **264** stellt das Verfahren **200** den Kraftstoffeinspritzmodus von dem Modus mit allen Zylindern ein, um die Möglichkeit von Veränderungen der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für jedes Motorklopfenfenster während des Zylinderzyklus zu reduzieren. Die Kraftstoffeinspritzung wird gemäß dem Verfahren aus **Fig. 7** eingestellt. Das Verfahren **200** geht nach dem Einstellen des Kraftstoffeinspritzmodus zu **265** über.

[0054] Bei **265** schaltet das Verfahren **200** alle Motorzylinder und Tellerventile der Zylinder an. Die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen werden ebenfalls bei ihrem Grundbetriebsmodus angeschaltet und ein Zündfunken wird allen Motorzylindern zugeführt. Das Verfahren **200** geht nach dem Aktivieren aller Motorzylinder zu **218** über.

[0055] Auf diese Weise können Motorzylinderdichte, Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und Zündmuster eingestellt werden, um Veränderungen der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel zu verringern. Ferner können bekannte Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für bestimmte VDE- und Nicht-VDE-Modi im Speicher der Steuerung gespeichert werden, sodass die Möglichkeit falscher Klopfangaben oder die Möglichkeit, dass Klopfen nach einer Motormodusänderung übersehen wird, reduziert werden.

[0056] Es ist auch zu beachten, dass das Verfahren aus **Fig. 2** den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt, das Zylinderzündmuster und die Zylinderdichte eines ausgewählten VDE-Modus ändern kann, indem es bestimmt, ob das Eintreten in den ausgewählten VDE-Modus dazu führen würde, dass sich die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Motorzylinder ändern, oder nicht. Wenn eine Änderung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels bestimmt wird, können Maßnahmen ergriffen werden, damit der Pegel des Motorklopfhintergrundgeräusches für weniger Motorzylinder geändert wird, wenn das Eintreten in einen neuen VDE-Modus erfolgt. In alternativen Beispielen kann das Verfahren **200** jedoch tatsächlich den ausgewählten VDE-Modus anschalten und dann die in dieser Schrift beschriebenen Einstellungen vornehmen, wenn Änderungen des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels beobachtet werden. Somit kann der bei 208 ausgewählte VDE-Modus angeschaltet werden und das Verfahren **200** kann bei 210 beurteilen, ob der angeschaltete VDE-Modus den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel geändert hat. Dann können die gleichen Behebungsmaßnahmen ergriffen werden, wenn Veränderungen am Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beobachtet werden.

[0057] Unter nunmehriger Bezugnahme auf **Fig. 3** ist ein Verfahren zum Bestimmen von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für einen Motor mit variablem Hubraum gezeigt. Das Verfahren beinhaltet das Bestimmen des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für die Verwendung verschiedener Arten von Kraftstoffeinspritzung (z. B. DI und PFI).

[0058] Bei **302** wählt das Verfahren **300** einen Zylinder für die Abbildung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels aus. In einem Beispiel beginnt das Verfahren **300** mit der Auswahl des ersten Zylinders in der Zündfolge des Motors und wählt dann nacheinander die anderen Zylinder in der Zündfolge

aus, nachdem der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den ersten Zylinder in der Zündfolge des Motors abgebildet wurde. Für einen Achtzylindermotor mit einer Zündfolge von 1-3-7-2-6-5-4-8 wählt das Verfahren **300** zum Beispiel zuerst Zylinder Nummer eins für die Abbildung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels aus und dann wählt das Verfahren **300** Zylinder Nummer drei für die Abbildung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels aus und so weiter. Das Verfahren **300** geht zu 304 über, nachdem der Zylinder für die Abbildung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels ausgewählt wurde.

[0059] Bei **304** ruft das Verfahren **300** das Klopfensterzeitintervall für den ausgewählten Zylinder ab. Das Verfahren **300** kann das Klopfensterzeitintervall aus dem Speicher der Steuerung abrufen. In einem Beispiel liegt das Klopfensterzeitintervall für den ausgewählten Zylinder zwischen fünf Grad Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts des ausgewählten Zylinders und sechzig Grad Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts des ausgewählten Zylinders. In anderen Beispielen können die Klopfenster andere Zeitintervalle aufweisen (z. B. Klopfen und Klopfhintergrundgeräusche werden für den ausgewählten Zylinder während des Kurbelwellenintervalls des Klopfensters für den ausgewählten Zylinder bewertet). Das Verfahren **300** geht zu **306** über.

[0060] Bei **306** erkennt das Verfahren **300** andere Motorzylinder, die über einen Kraftstoffeinspritzsteuervorgangszeitpunkt verfügen, der sich mit dem Klopfensterzeitintervall des ausgewählten Zylinders überschneidet. Die Identität der anderen Motorzylinder kann auf Grundlage des ausgewählten Zylinders ebenfalls aus dem Speicher abgerufen werden. Alternativ können der Einspritzbeginnzeitpunkt (SOI-Zeitpunkt) (z. B. Kurbelwinkel) und der Einspritzendzeitpunkt (End Of Injection timing - EOI-Zeitpunkt) für jeden Zylinder mit dem ausgewählten Motorklopfensterzeitintervall verglichen werden, das bei 304 bestimmt wurde. Ferner können Ventilschließereignisse, die sich mit dem Klopfenster des ausgewählten Zylinders überlagern können, bestimmt werden. Wenn der SOI- oder EOI-Zeitpunkt einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung eines Zylinders innerhalb des ausgewählten Motorklopfensters liegen, wird erkannt, dass die Einspritzvorrichtungen der anderen Motorzylinder einen Zeitpunkt aufweisen, der sich mit dem ausgewählten Klopfenster überschneidet. Wenn der SOI oder das EOI einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung gleichzeitig mit dem ausgewählten Motorklopfenster auftritt, kann der Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgang (z. B. Öffnen oder Schließen der Kraftstoffeinspritzvorrichtung) bei dem SOI oder EOI den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beeinflussen, der während des ausgewählten Motorklopfensters bestimmt wird. Das Verfahren **300** geht zu 307 über, nachdem Kraftstoffeinspritzvorrich-

tungen erkannt wurden, die Steuervorgänge aufweisen, die sich mit dem ausgewählten Motorklopffenster überschneiden oder die gleichzeitig mit diesem auftreten.

[0061] Bei **307** betreibt das Verfahren **300** den Motor mit allen angeschalteten Zylindern und allen angeschalteten Kraftstoffeinspritzvorrichtungen. Das Verfahren **300** bestimmt Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für alle Zylinder, während alle Zylinder und alle Kraftstoffeinspritzvorrichtungen angeschaltet sind. Diese Hintergrundgeräuschpegel stellen Hintergrundgeräuschpegel für alle angeschalteten Zylinder und Einspritzvorrichtungen dar. Die Hintergrundgeräuschpegel werden im Speicher der Steuerung (z. B. RAM) gespeichert. Das Verfahren **300** geht zu **308** über.

[0062] Bei **308** schaltet das Verfahren **300** selektiv Kraftstoffeinspritzvorrichtungen an und aus, die Steuervorgänge aufweisen, die sich mit dem ausgewählten Motorklopffenster überschneiden. Wenn beispielsweise die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder Nummer sechs während des Klopfensters von Zylinder Nummer drei abgeschaltet wird, dann wird der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den Zylinder Nummer drei bestimmt, während die DI-Einspritzvorrichtung des Zylinders Nummer sechs wie gewohnt funktioniert (z. B. Schließen während des Klopfensters des Zylinders Nummer drei). Der Motorhintergrundgeräuschpegel wird dann im Speicher der Steuerung als Motorhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei bei 310 gespeichert, wenn Zylinder Nummer sechs Kraftstoff verbrennt. Anschließend wird die DI-Einspritzvorrichtung für Zylinder Nummer sechs abgeschaltet, so dass sich die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder Nummer sechs während des Motorklopffenster von Zylinder Nummer drei nicht schließt. Dann wird der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei bestimmt. Dieser Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei wird bei 310 im Speicher der Steuerung als Hintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei gespeichert, wenn der Motor derart betrieben wird, dass die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder Nummer drei abgeschaltet ist. Die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für die PFI-Einspritzung, die über Steuervorgänge verfügt, die gleichzeitig mit dem Motorklopffenster der ausgewählten Zylinder Nummer auftreten, können auf ähnliche Weise bestimmt und im Speicher der Steuerung gespeichert werden.

[0063] Wenn eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung (z. B. DI-Einspritzvorrichtung), die einen Steuervorgang oder eine Vibration, die aus dem Steuervorgang hervorgeht, innerhalb eines Klopfensters des ausgewählten Zylinders aufweist, abgeschaltet wird, um einen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den ausgewählten Zylinder zu bestimmen, wird die Ver-

brennung im Zylinder während eines Zylinderzyklus durch Einspritzen von Kraftstoff in den Zylinder mit der abgeschalteten Kraftstoffeinspritzvorrichtung über eine zweite Kraftstoffeinspritzvorrichtung (z. B. Saugrohrkraftstoffeinspritzung) beibehalten. Dies ermöglicht, dass der Motor weiter arbeitet und Kraftstoff bei einem stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis verbrennt, während das Fahrerbedarfsdrehmoment erfüllt wird, sodass die Bestimmung von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für jeden Motorzylinder von den Fahrzeuginsassen weniger wahrnehmbar sein kann. Im Gegensatz dazu, wenn eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung (z. B. Saugrohreinspritzvorrichtung), die einen Steuervorgang oder eine Vibration, die aus dem Steuervorgang hervorgeht, innerhalb eines Klopfensters des ausgewählten Zylinders aufweist, abgeschaltet wird, um einen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den ausgewählten Zylinder zu bestimmen, wird die Verbrennung im Zylinder während eines Zylinderzyklus durch Einspritzen von Kraftstoff in den Zylinder mit der abgeschalteten Kraftstoffeinspritzvorrichtung über eine zweite Kraftstoffeinspritzvorrichtung (z. B. DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung) beibehalten. Das Luft-Kraftstoff-Verhältnis des Zylinders, in dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung abgeschaltet ist, wird bei dessen gewünschten Wert (z. B. Stöchiometrie) gehalten, auch wenn mindestens eine der Kraftstoffeinspritzvorrichtungen des Zylinders bei verschiedenen Motorzyklen aus- und eingeschaltet wird, um Motorhintergrundgeräuschpegel für den ausgewählten Zylinder zu ermitteln.

[0064] In einem Beispiel werden die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel durch Tiefpassfiltern und Integrieren der rektifizierten Motorklopfsensorausgabe bestimmt, die während des Motorklopffenster des ausgewählten Zylinders erfolgt. Ferner kann der aktuelle Motorklopfhintergrundgeräuschpegel aus einem Durchschnitt einer vorbestimmten Anzahl von vergangenen Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für den ausgewählten Zylinder über einen Filter mit endlicher Impulsantwort erstellt werden. Nach der Bestimmung der Hintergrundgeräuschpegel für den ausgewählten Zylinder geht das Verfahren **300** zu **310** über.

[0065] Bei **310** speichert das Verfahren **300** Hintergrundgeräuschpegel für den ausgewählten Motorzylinder in den Speicher der Steuerung. Das Verfahren **300** kann einen Hintergrundgeräuschpegel des ausgewählten Zylinders für Bedingungen speichern, bei denen Steuervorgänge einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die mit einem anderen Zylinder assoziiert ist, innerhalb des Klopfensters des ausgewählten Zylinders auftreten (z. B., wenn die Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die mit dem anderen Zylinder assoziiert ist, angeschaltet ist). Das Verfahren **300** kann außerdem einen Hintergrundgeräuschpegel des ausgewählten Zylinders für Bedingungen speichern, bei denen Steuervorgänge einer Kraftstoffeinspritzvor-

richtung, die mit einem anderen Zylinder assoziiert ist, nicht innerhalb des Klopfensters des ausgewählten Zylinders auftreten (z. B., wenn die Kraftstoffeinspritzvorrichtung, die mit dem anderen Zylinder assoziiert ist, nicht angeschaltet ist). Das Verfahren **300** geht zum Ende über.

[0066] Auf diese Weise können Motorklopfhintergrundgeräuschpegel bestimmt und angewendet werden, um das Vorliegen oder das Fehlen von Motorklopfen zu bestimmen. Die Schätzungen der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel können Geräusche von Kraftstoffdirekt- und -saugrohreinspritzvorrichtungen beinhalten.

[0067] Unter nunmehriger Bezugnahme auf **Fig. 4** ist eine beispielhafte Beobachtungsvorrichtung zum Schätzen des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels gezeigt. Das Blockdiagramm **400** beinhaltet einen Beobachtungsteil **401**, der der Summierstelle **408** eine Ausgabe bereitstellt. Die Ausgabe des Motorklopfsensors wird rektifiziert und integriert, bevor sie in den Tiefpassfilter **402** eingegeben wird. Das Klopfensignal, das in den Tiefpassfilter **402** eingegeben wird, ist die Ausgabe des Klopfensensors, die während eines Zylinderklopfensters erfolgt. Das Zylinderklopfenster ist offen, um die Ausgabe des Klopfensensors an den Tiefpassfilter während eines vorbestimmten Kurbelwellenintervalls für den auf Klopfen bewerteten Zylinder zu ermöglichen. Jeder Zylinder verfügt über ein Klopfenster, wie in **Fig. 5** gezeigt. Der Tiefpassfilter **402** hat eine Grenzfrequenz, die auf der Filterzeitkonstante (z. B. skalarer Zahlenwert) basiert, die in das Tiefpassfilter **402** eingegeben wird. Die Ausgabe des Klopfensensors während eines Klopfensters ist abhängig von der Motordrehzahl, dem Kraftstoffeinspritzzeitpunkt und der Dauer der Kraftstoffeinspritzung, da das Öffnen und Schließen der Kraftstoffeinspritzvorrichtung während des Klopfensters erfolgen kann. Die Ausgabe des Tiefpassfilters **402** wird an die Summierstelle **408** als unbereinigter Motorklopfhintergrundreferenzpegel weitergeleitet. Die Ausgabe der Summierstelle **408** ist ein bereinigter Motorklopfhintergrundgeräuschpegel.

[0068] Die Beobachtungsvorrichtung **401** empfängt eine Referenzschätzung des Motorklopfhintergrundgeräuschs, die mithilfe der folgenden Gleichung geschätzt wird:

$$\text{INTKNK_DELTA_EST}[\text{icyl}] = \text{lookup_3d}(\text{INTKNK_DELTA_INJ}(\text{icyl}, \text{rpm}))$$

wobei INTKNK_DELTA_EST die integrierte Referenzschätzung des Klopfhintergrundgeräuschs ist, icyl der Zylinder ist, für den die integrierte Referenzschätzung des Klopfhintergrundgeräuschs gilt, lookup_3d eine dreidimensionale Lookup-Tabelle mit empirisch bestimmten Werten ist, die von der Motordrehzahl und dem Zylinder, für den die integrierte Referenz des Klopfhintergrundgeräuschs gilt, ab-

hängig ist. Der Wert von INTKNK_DELTA_EST wird in den Tiefpassfilter **404** eingegeben. Die Ausgabe des Tiefpassfilters **404** wird bei 410 von dem Wert von INTKNK_DELTA_EST subtrahiert und das Ergebnis wird in die Summierstelle **408** eingegeben. Die Beobachtungsvorrichtung **401** stellt eine Feedforward-Korrektur für den durch den Motorklopfsensor bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel bereit. Wenn sich der Kraftstoffeinspritzvorgang (z. B. öffnen oder schließen) außerhalb des Motorklopfhintergrundgeräuschfensters befindet, ist INTKNK_DELTA_EST = 0.

[0069] Unter nunmehriger Bezugnahme auf **Fig. 5** ist eine Zeitabfolge **500** gezeigt, die ein beispielhaftes Motorklopfhintergrundgeräuschfensterintervall zeigt. Die veranschaulichten Zeitpunkte gelten für einen Achtzylindermotor, der eine Zündfolge von 1-3-7-2-6-5-4-8 aufweist. Der Motor ist ein Viertaktmotor, der einen Zyklus von 720 Grad Kurbelwinkel aufweist. Die Grad Kurbelwinkel des Motors befinden sich entlang der horizontalen Achse und null Grad stellt den oberen Totpunkt des Verdichtungsakts für Zylinder Nummer eins dar. Die acht Zylinder sind entlang der vertikalen Achse beschriftet.

[0070] Das Motorklopfenster für Zylinder Nummer eins ist durch den schraffierten Balken **502** angegeben. Klopfenster für die übrigen Motorzylinder (**2-8**) werden durch ähnliche schraffierte Balken (**504-516**) angezeigt, die auf einer Linie mit der Beschriftung entlang der vertikalen Achse liegen. Der einfarbige Balken **530** stellt ein Öffnungsintervall der DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Zylinder Nummer zwei dar. Die DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Zylinder Nummer zwei ist geschlossen, wenn der einfarbige Balken **530** nicht sichtbar ist. Die DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Zylinder Nummer zwei öffnet sich auf der linken Seite des einfarbigen Balkens **530** und schließt sich auf der rechten Seite des einfarbigen Balkens **530**. DI-Kraftstoffeinspritzungen für die übrigen Motorzylinder (**2-8**) sind durch ähnliche einfarbige Balken (**532-544**) angegeben und folgen der gleichen Konvention wie der einfarbige Balken **530**. Die Kraftstoffeinspritzungsbalken **530-544** liegen jeweils auf einer Linie mit den Zylindern, die entlang der vertikalen Achse aufgeführt sind, denen die Kraftstoffeinspritzungsbalken entsprechen.

[0071] Die Takte für Zylinder Nummer eins sind durch horizontale Linien **550** angegeben. Die Buchstaben p, e, i und c identifizieren den Arbeits(p)-, Ausstoß(e), Ansaug(i)- und Verdichtungs(c)-Takt, die mit Zylinder Nummer eins assoziiert sind. Takte für die anderen Motorzylinder werden auf eine ähnliche Art und Weise identifiziert.

[0072] **Fig. 5** beinhaltet Tabelle 501, die die Beziehung zwischen der DI-Kraftstoffeinspritzung für einen Zylinder und den Motorklopfhintergrundgeräuschpe-

gel für einen anderen Zylinder beschreibt, wie sie in der Abfolge **500** veranschaulicht ist. Die Tabelle 501 beinhaltet eine erste Beschriftung, die angibt, in welchen Zylinder Kraftstoff zur Verbrennung eingespritzt wird. Die Motorzylindernummern sind in der Zündfolge des Motors **1-3-7-2-6-5-4-8** angeordnet. Die zweite Beschriftung gibt das Klopfenster des Zylinders an, das von der Kraftstoffeinspritzung in die verbrennenden Zylinder beeinflusst wird. Tabelle 501 zeigt, dass das Klopfenster von Zylinder **5** von Kraftstoff beeinflusst wird, der zur Verbrennung in Zylinder **1** eingespritzt wird (Zylinder **1** befindet sich in der Tabelle über Zylinder **5**). Tabelle 501 zeigt ebenso, dass das Klopfenster von Zylinder **4** von Kraftstoff beeinflusst wird, der zur Verbrennung in Zylinder **3** eingespritzt wird, und so weiter. Wenn somit Kraftstoff direkt in einen Zylinder eingespritzt wird, kann dies den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel eines Zylinders beeinflussen, der in der Verbrennungsreihenfolge des Motors drei Zylinder zurückliegt. Die Zeitpunkte und Zusammenhänge zwischen den Saugrohrkraftstoffeinspritzvorrichtungen und Zylinderklopfenstern können auf ähnliche Weise beschrieben werden.

[0073] Somit kann beobachtet werden, dass das Öffnen und Schließen der DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Zylinder Nummer zwei während des Klopfensterns von Zylinder Nummer eins erfolgt. Diese zeitliche Beziehung wird durch den Pfeil **590** angegeben. Ähnliche Beziehungen zwischen DI-Einspritzvorrichtungen und Motorklopfenstern werden durch die Pfeile **591-597** angegeben. Folglich kann das Öffnen und Schließen der DI-Einspritzvorrichtungen die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Motorzylindern erhöhen, wenn die DI-Einspritzvorrichtungen angeschaltet sind. Die Motorhintergrundgeräuschpegel der Motorzylinder können reduziert werden, wenn die DI-Einspritzvorrichtungen nicht angeschaltet sind.

[0074] Unter nunmehriger Bezugnahme auf **Fig. 6** ist ein Verfahren zum Diagnostizieren, ob Motorzylinder in einem VDE-Modus abgeschaltet sind oder nicht, auf Grundlage von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln gezeigt. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für einen Motorzylinder kann sich abhängig davon verändern, ob Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgänge (z. B. Öffnen oder Schließen der Kraftstoffeinspritzvorrichtung) während eines Motorklopfensterns erfolgen oder nicht, wenn der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel bestimmt wird. Wenn die Kraftstoffeinspritzvorrichtung während des Kurbelwellenintervalls geöffnet oder geschlossen wird, wenn das Klopfenster für einen bestimmten Zylinder geöffnet ist, kann sich der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den bestimmten Motorzylinder aufgrund von Geräuschen und Vibrationen, die durch das Öffnen oder Schließen der Kraftstoffeinspritzvorrichtung verursacht werden, erhöhen. Wenn die Kraftstoffeinspritzvorrichtung jedoch während des

Kurbelwellenintervalls nicht geöffnet oder geschlossen wird, wenn das Klopfenster für einen bestimmten Zylinder geöffnet ist, kann sich der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den bestimmten Motorzylinder aufgrund des Fehlens von Geräuschen und Vibrationen durch die Kraftstoffeinspritzvorrichtung verringern.

[0075] Bei **602** wählt das Verfahren **600** einen Zylinder für die Bestimmung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels aus. Bei einem Beispiel beginnt das Verfahren **600** mit dem Auswählen des Zylinders auf Grundlage der Motorstellung. Der ausgewählte Zylinder ist ein Zylinder, der sich in einem vordefinierten Kurbelwellenwinkel befindet, der das Klopfenster des Zylinders definiert, oder ein Zylinder, der seinem vordefinierten Kurbelwellenwinkel am nächsten ist, der das Klopfenster des Zylinders definiert, ohne sich in einen Kurbelwellenwinkel im Klopfenster des Zylinders zu befinden. Wenn sich der Motor beispielsweise zehn Grad nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts für Zylinder Nummer eins befindet und das Klopfenster des Zylinders Nummer eins von fünf Grad nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts bis zu sechzig Grad nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts des Zylinders Nummer eins reicht, dann wird Zylinder Nummer eins ausgewählt, weil sich der Motor innerhalb des Klopfensterns des Zylinders Nummer eins befindet. Das Verfahren **600** geht zu **604** über, nachdem der Zylinder für die Bestimmung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels ausgewählt wurde.

[0076] Bei **604** ruft das Verfahren **600** das Klopfensterzeitintervall für den ausgewählten Zylinder ab. Das Verfahren **600** kann das Klopfensterzeitintervall aus dem Speicher der Steuerung abrufen. In einem Beispiel liegt das Klopfensterzeitintervall für den ausgewählten Zylinder zwischen fünf Grad Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts des ausgewählten Zylinders und sechzig Grad Kurbelwinkel nach dem oberen Totpunkt des Verdichtungstakts des ausgewählten Zylinders. In anderen Beispielen können die Klopfenster andere Zeitintervalle aufweisen (z. B. Klopfen und Klopfhintergrundgeräusche werden für den ausgewählten Zylinder während des Kurbelwellenintervalls des Klopfensterns für den ausgewählten Zylinder bewertet). Das Verfahren **600** geht zu **606** über.

[0077] Bei **606** erkennt das Verfahren **600** andere Motorzylinder, die über einen Kraftstoffeinspritzsteuervorgangszeitpunkt verfügen, der sich mit dem Klopfensterzeitintervall des ausgewählten Zylinders überschneidet. Die Identität der anderen Motorzylinder kann auf Grundlage des ausgewählten Zylinders ebenfalls aus dem Speicher abgerufen werden. Alternativ können der Einspritzbeginnzeitpunkt (SOI-Zeitpunkt) (z. B. Kurbelwinkel) und der Einspritzendzeitpunkt (EOI-Zeitpunkt) für jeden Zylinder

mit dem ausgewählten Motorklopfensterzeitintervall verglichen werden, das bei **604** bestimmt wurde. Wenn der SOI- oder EOI-Zeitpunkt einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung eines Zylinders innerhalb des ausgewählten Motorklopfensters liegen, wird erkannt, dass die Einspritzvorrichtungen der anderen Motorzylinder einen Zeitpunkt aufweisen, der sich mit dem ausgewählten Klopfenster überschneidet. Wenn der SOI oder das EOI einer Kraftstoffeinspritzvorrichtung gleichzeitig mit dem ausgewählten Motorklopfenster auftritt, kann der Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgang (z. B. Öffnen oder Schließen der Kraftstoffeinspritzvorrichtung) bei dem SOI oder EOI den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beeinflussen, der während des ausgewählten Motorklopfensters bestimmt wird. Das Verfahren **600** geht zu **608** über, nachdem Kraftstoffeinspritzvorrichtungen erkannt wurden, die Steuervorgänge aufweisen, die sich mit dem ausgewählten Motorklopfenster überschneiden oder die gleichzeitig mit diesem auftreten.

[0078] Bei **608** beurteilt das Verfahren **600**, ob der bei **208** oder **212** von **Fig. 2** ausgewählte VDE-Modus den Betrieb des bei **602** für die Bestimmung der Motorklopfhintergrundgeräusche ausgewählten Zylinders beeinflusst. Ein Zylinder, der im aktuellen Motorzyklus aufgrund des ausgewählten VDE-Modus neu abgeschaltet wird, kann den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den Zylinder beeinflussen, der für die Bestimmung der Motorklopfhintergrundgeräusche ausgewählt wurde. Wenn sich beispielsweise die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder Nummer zwei im Klopfenster von Zylinder Nummer eins schließt, wenn der Zylinder Nummer zwei angeschaltet ist, und die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder Nummer zwei aufgrund des ausgewählten VDE-Modus für den aktuellen Zylinderzyklus nicht angeschaltet wird, kann das Verfahren **600** beurteilen, dass der ausgewählte VDE-Modus den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel des Zylinders beeinflusst, der für die Bestimmung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels ausgewählt wurde (z. B. Zylinder Nummer eins). Beurteilt das Verfahren **600**, dass der ausgewählte VDE-Modus die Bestimmung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für den Motorzylinder, der zur Bestimmung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels ausgewählt wurde, beeinflusst, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **600** geht zu **610** über. Andernfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **600** geht zu **620** über.

[0079] Bei **620** bestimmt das Verfahren **600** einen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den Zylinder, der bei **602** ausgewählt wurde, und speichert den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel im Speicher der Steuerung. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel wird an einem Speicherort gespeichert, der durch die ausgewählte Zylinder Nummer, den aktuell ausgewählten VDE-Modus (einschließlich des Modus, bei dem alle Zylinder angeschaltet sind) re-

ferenziert werden kann. Ferner wird der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel als der zuletzt bestimmte Motorklopfhintergrundgeräuschpegel gespeichert. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel kann durch Integrieren eines Teils des Klopfensters des ausgewählten Motorzylinders bestimmt werden. Das Verfahren **600** geht zum Ende über.

[0080] Bei **610** bestimmt das Verfahren **600** einen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den Zylinder, der bei **602** ausgewählt wurde, und speichert den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel im Speicher der Steuerung. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel wird an einem Speicherort gespeichert, der durch die ausgewählte Zylinder Nummer, den aktuell ausgewählten VDE-Modus (einschließlich des Modus, bei dem alle Zylinder angeschaltet sind) referenziert werden kann. Ferner wird der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel als der neue Motorklopfhintergrundgeräuschpegel gespeichert. Das Verfahren **600** geht zu **612** über.

[0081] Bei **612** beurteilt das Verfahren **600**, ob der absolute Wert (ABS) der Differenz zwischen dem letzten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel und dem neuen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel einen Schwellenpegel überschreitet. Ist dies der Fall, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **600** geht zu **614** über. Andernfalls lautet die Antwort Nein und geht das Verfahren **600** zu **616** über. Eine Ja-Antwort gibt an, dass sich der VDE-Modus gemäß einem Befehl verändert hat, da eine Veränderung des Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgangs ermittelt wurde. Eine Nein-Antwort gibt an, dass sich der VDE-Modus gemäß einem Befehl nicht verändert hat, da der beobachtete Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgang nicht durch die Veränderung des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels ermittelt wurde.

[0082] Bei **616** gibt das Verfahren **600** an, dass sich der VDE-Modus nicht wie erwartet verändert hat. Somit kann der Betriebs von einer oder mehreren Kraftstoffeinspritzvorrichtungen als verschlechtert angegeben werden. Ferner können ein oder mehrere VDE-Modi als Reaktion darauf abgeschaltet werden, dass Motorklopfhintergrundgeräuschpegel nicht wie erwartet reagieren. Der Kraftstoffeinspritzvorrichtungszeitpunkt und der Zündzeitpunkt können als Reaktion darauf eingestellt werden, dass VDE-Modi abgeschaltet werden. Zum Beispiel kann eine Menge an Kraftstoff, die in Motorzylinder eingespritzt wird, verringert werden, wenn der Motor aufgrund des Abschaltens von einem oder mehreren VDE-Modi von einem VDE-Modus dazu übergeht, dass alle Zylinder aktiv sind. Ferner kann der Zündzeitpunkt der Motorzylinder vorgezogen werden, wenn alle Motorzylinder angeschaltet sind. Diese Veränderungen können auf geringere Lasten der Motorzylinder zurückzuführen sein, wenn der Motor in einem Modus mit allen

Zylindern betrieben wird (z. B. sind alle Zylinder aktiv). Das Verfahren **600** kann die Anzahl an verfügbaren VDE-Modi begrenzen und angeben, dass eine Verschlechterung des VDE-Modus vorliegt. Zum Beispiel kann das Verfahren **600** V6S- und V4S-Modi in einem V8-Motor blockieren, wenn eine Verschlechterung des VDE-Modus bestimmt wird. Die VDE-Modi können begrenzt werden, um die Möglichkeit einer Verschlechterung des Motors und einer Verschlechterung der Motoremissionen zu reduzieren. Das Verfahren **600** geht zum Ende über.

[0083] Bei **614** gibt das Verfahren **600** an, dass sich der VDE-Modus wie erwartet verändert hat. Somit kann das Verfahren **600** signalisieren, dass der Motor wie erwartet arbeitet. Das Verfahren **600** geht zum Ende über.

[0084] Auf diese Weise kann das Verfahren **600** das Vorhandensein oder die Abwesenheit einer Verschlechterung des VDE-Modus bestimmen. Die Verschlechterung des VDE-Modus kann auf Bestimmungen eines Motorklopfhintergrundgeräuschpegels beruhen. Zusätzlich können andere Verfahren für die Verschlechterung des VDE-Modus mit dem Verfahren aus **Fig. 6** kombiniert werden, um die Motordiagnose zu verbessern.

[0085] Unter Bezugnahme auf die **Fig. 7-11** ist ein Verfahren zum Einstellen des VDE-Modus, des Einspritzvorrichtungszeitpunkts und des Einspritzvorrichtungsmodus zum Bereitstellen konsistenterer Motorklopfhintergrundgeräuschpegel in der Gegenwart von Veränderungen des VDE-Modus gezeigt. Während Veränderungen des VDE-Modus kann die Gesamtanzahl an aktiven Motorzylindern zunehmen oder abnehmen. Wenn Zylinder abgeschaltet sind, können die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für einige aktive Zylinder abnehmen, da die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen von abgeschalteten Zylinder abgeschaltet sind. Da Steuervorgänge (z. B. Einschalten und Ausschalten) von Kraftstoffeinspritzvorrichtungen für einen Zylinder innerhalb eines Motorklopfensters eines anderen Zylinders stattfinden können (wie in **Fig. 5** gezeigt), kann das Anschalten oder Abschalten einiger Zylinder aufgrund einer Veränderung des VDE-Modus für andere Zylinder bestimmte Motorklopfhintergrundgeräuschpegel während des Klopfensters des anderen Zylinders verändern. Aus diesem Grund kann es wünschenswert sein, den VDE-Modus, den Kraftstoffeinspritzvorrichtungszeitpunkt und/oder den Kraftstoffeinspritzvorrichtungsmodus zu modifizieren, um Veränderungen von Motorklopfhintergrundgeräuschen zu reduzieren, die auf eine Veränderung des VDE-Modus zurückzuführen sein können. Wenngleich Verfahren **700** eine bestimmte Reihenfolge für das Beurteilen, ob der ausgewählte VDE-Modus modifiziert werden kann, um den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beizubehalten, zeigt, kann die Reihenfolge für das Beurtei-

len, ob bestimmte Bedingungen (z. B. SOI-Zeitpunkt usw.) vorliegen, bei Bedarf neu angeordnet werden. Natürlich können alle aktiven Zylindern als ein VDE-Modus betrachtet werden.

[0086] Bei **702** beurteilt das Verfahren **700**, ob ein alternatives Zylinderzündmuster vorliegt, das zum Anschalten verfügbar ist, da der derzeit ausgewählte VDE die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beeinflussen kann. Das Verfahren **700** kann verfügbare VDE-Modi von dem Speicher der Steuerung abrufen und Zylinderzündmuster für den derzeit ausgewählten VDE-Modus mit Zylinderzündmustern für verfügbare VDE-Modi, die derzeit nicht ausgewählt sind, vergleichen. Verfügbare alternative Zylinderzündmuster sind VDE-Modi, die die gleiche Gesamtanzahl an angeschalteten Zylindern wie der ausgewählte VDE-Modus beinhalten, jedoch müssen die alternativen verfügbaren VDE-Modi auch eine andere Zündfolge als der ausgewählte VDE-Modus aufweisen. Wenn beispielsweise der aktuell ausgewählte VDE-Modus für einen V8-Motor mit einer Zündfolge von 1-3-7-2-6-5-4-8 ein V4S-Modus mit einer Zündfolge von 1-7-6-4 ist und ein V4S-Modus mit einer Zündfolge von 3-2-5-8 verfügbar ist, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **700** geht zu 802 aus **Fig. 8** über. Anderenfalls, wenn ein alternatives Zylinderzündmuster nicht verfügbar ist, lautet die Antwort Nein und das Verfahren **700** geht zu 704 über.

[0087] Bei **704** beurteilt das Verfahren **700**, ob ein geteilter Kraftstoffeinspritzvorrichtungsmodus für den derzeit ausgewählten VDE-Modus angeschaltet ist. Geteilte Einspritzmodi sind Modi, bei denen einem einzelnen Zylinder mehr als eine einzelne Kraftstoffeinspritzung über eine einzelne Kraftstoffeinspritzvorrichtung bereitgestellt wird. Zum kann eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung einmal während eines Ansaugtakts und ein zweites Mal während eines Verdichtungtakts für den ausgewählten VDE-Modus einspritzen. Solch ein Betrieb oder eine Planung der Kraftstoffeinspritzung würde von dem Verfahren **700** derart bestimmt werden, dass es sich um einen geteilten Einspritzmodus handelt. Wenn das Verfahren **700** bestimmt, dass eine geteilte Kraftstoffeinspritzung für den aktuellen VDE-Modus angeschaltet oder aktiviert ist, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **700** geht zu 902 aus **Fig. 9** über. Anderenfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **700** geht zu 706 über.

[0088] Bei **706** beurteilt das Verfahren **700**, ob der Einspritzbeginnzeitpunkt (SOI-Zeitpunkt) (z. B. Motorkurbelwinkel) für den aktuell ausgewählten VDE-Modus eingestellt werden kann. Der Zeitpunkt für den Beginn der Einspritzung ist der früheste Kurbelwellenwinkel während eines Zyklus des Zylinders, bei dem die Kraftstoffeinspritzvorrichtung (PFI oder DI) geöffnet ist, und der SOI-Zeitpunkt kann als Reaktion auf Motorbetriebsbedingungen eingestellt werden.

Der früheste SOI für eine Saugrohrkraftstoffeinspritzung während eines aktuellen Zylinderzyklus befindet sich bei dem Kurbelwellenwinkel, der das Einlassventil während eines letzten vorherigen Zyklus des Zylinders schließt. Der früheste SOI für eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung des gleichen Zylinders kann ein Schließen des Auslassventils (exhaust valve closing - EVC) für einen letzten vorherigen Zyklus des Zylinders sein. Somit kann ermöglicht werden, dass die PFI zu einem viel früheren SOI-Einspritzzeitpunkt als die DI beginnt. Zusätzlich können auch andere Einschränkungen hinsichtlich des SOI-Einspritzzeitpunkts vorliegen. Zum Beispiel kann der SOI für DI-Einspritzvorrichtungen derart eingeschränkt sein, dass er sich nach dem oberen Totpunkt des Ansaugtakts befindet, um sicherzustellen, dass der meiste DI-Kraftstoff in dem Motorzylinder bleibt. Die PFI- und DI-Einspritzzeitpunkte für den derzeit ausgewählten VDE-Modus und die frühesten PFI- und DI-Einspritzzeitpunkte können aus dem Speicher der Steuerung abgerufen werden. Wenn der DI-Einspritzzeitpunkt für den derzeit ausgewählten VDE-Modus später ist als der früheste DI-Einspritzzeitpunkt, kann der SOI-Zeitpunkt für die DI-Einspritzung vorgezogen werden. Gleichermaßen, wenn der PFI-Einspritzzeitpunkt für den derzeit ausgewählten VDE-Modus später ist als der früheste PFI-Einspritzzeitpunkt, kann der SOI-Zeitpunkt für die PFI-Einspritzung vorgezogen werden. Wenn das Verfahren **700** beurteilt, ob der SOI-Zeitpunkt für die PFI- und DI-Einspritzvorrichtung auf einen Zeitpunkt eingestellt werden können, der früher ist als der Ausgangs-SOI-Zeitpunkt für den derzeit ausgewählten VDE-Modus, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **700** geht zu 740 aus **Fig. 10** über. Anderenfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **700** geht zu 708 über.

[0089] Bei **708** beurteilt das Verfahren **700**, ob nur die PFI (z. B. wird ein Zylinder ohne Zuführen von Kraftstoff zu dem Zylinder über eine DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung für einen oder mehrere Motorzyklen, wenn der Zylinder Kraftstoff verbrennt) bei ausgewählten Zylindern angeschaltet werden kann, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für einen oder mehrere Motorzylinder beizubehalten, wenn das Anschalten des ausgewählten VDE-Modus Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Motorzylinder erhöht. Wenn beispielsweise ein V8 in einem V4S-VDE-Zylindermodus (2-mal-4-Zylinderdichte mit Zündfolge von 1, 7, 6, 4) nur mit aktiven DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtungen arbeitet und der ausgewählte VDE-Modus zu V6S VDE (3-mal-4-Zylinderdichte mit Zündfolge von 1, 7, 2, 6, 4, 8) verändert wird, kann das Verfahren **700** beurteilen, dass die Zylinder **2** und **8** nur mit PFI-Einspritzung erneut angeschaltet werden können, so dass sich Motorklopfhintergrundgeräuschpegel aufgrund des Schließens der PFI-Einspritzvorrichtungen nicht verändern, bevor die Klopffenster der Zylinder **1** und **6** geöffnet werden. Wenn der 3-mal-4-Zylindermodus mit DI-Einspritzungen von den Zylindern **2** und

8 angeschaltet wurde, können sich die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Zylinder **1** und **6** von einem geringeren Pegel zu einem höheren Pegel verändert haben, da die Zylinder **2** und **8** in dem letzten Motorzyklus abgeschaltet wurden.

[0090] Wenn andererseits der letzte VDE-Modus V6S war (3-mal-4-Zylinderdichte mit Zündfolge von 1, 7, 2, 6, 4, 8 und alle Zylinder im Nur-DI-Einspritzmodus) und der ausgewählte VDE-Modus V4S ist (2-mal-4-Zylinderdichte mit Zündfolge von 1, 7, 6, 4), würde das Anschalten von PFI-Einspritzvorrichtungen bei angeschalteten Zylindern im V4S-Modus Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für die angeschalteten Zylinder **1**, **7**, **6** und **4** nicht verändern. Aus diesem Grund würde das Verfahren **700** die aktiven Zylinder im ausgewählten VDE-Modus (Zylinder **1**, **7**, **6** und **4**) im Nur-PFI-Modus nicht betreiben. Wenn das Verfahren **700** beurteilt, dass die Nur-PFI-Einspritzung angeschaltet werden kann, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für einen oder mehrere Zylinder beizubehalten, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **700** geht zu 750 in **Fig. 11** über. Anderenfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **700** geht zu 710 über.

[0091] Das Verfahren **700** kann auch erfordern, dass ein gewünschtes Motordrehmoment und gewünschte Motoremissionen durch Betreiben der ausgewählten Motorzylinder im Nur-PFI-Modus erreicht werden. Das Verfahren **700** kann sich auf Motordrehmomentpegel und Emissionspegel beziehen, die verfügbar sind, wenn Zylinder im PFI-Modus betrieben werden, um zu bestimmen, ob das gewünschte Motordrehmoment und die gewünschten Motoremissionen durch Betreiben der Zylinder im Nur-PFI-Modus bereitgestellt werden können. Wenn das gewünschte Motordrehmoment und die gewünschten Motoremissionen nicht durch Betreiben einiger Zylinder im Nur-PFI-Modus bereitgestellt werden können, kann das Verfahren **700** zu **710** übergehen, ohne die Zylinder im Nur-PFI-Modus anzuschalten.

[0092] Bei **710** beurteilt das Verfahren **700**, ob die Zylinderzünddichte verändert werden kann, um einen gleichen Pegel des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für mindestens einen Teil der aktiven Motorzylinder (z. B. der Zylinder, die Kraftstoff verbrennen) beizubehalten, der im letzten VDE-Modus vorhanden war. Das Verfahren **700** kann verfügbare VDE-Modi durchsuchen, um einen VDE-Modus zu finden, der einen gleichen Pegel des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für mindestens einen Teil der aktiven Motorzylinder bereitstellt, wie in dem letzten VDE-Modus vorhanden war, während auch verifiziert wird, dass die verfügbaren VDE-Modi das Fahrerbedarfsdrehmoment und Motorgeräusch- und -vibrationsgrenzen erfüllen. Wenn beispielsweise der letzte VDE-Modus stationär bei einer 3-mal-4-Zylinderdichte mit der Zündfolge von 1, 7, 2, 6, 4, 8 war und

der ausgewählte Modus für den aktuellen Motorzyklus rollierend bei einer 1-mal-3-Zylinderdichte mit einer Zündfolge von 1, 2, 4, erster Motorzyklus; 3, 6, 8 zweiter Motorzyklus und 7 und 5 dritter Motorzyklus vor der Wiederholung ist, kann das Verfahren **700** beurteilen, dass die Zylinderzünddichte zu einer stationären 2-mal-4-Zylinderdichte mit einer Zündfolge von 1, 7, 6, 4 verändert werden kann, um Motorhintergrundklopfgeräuschpegel für mindestens einen Teil von angeschalteten Motorzylindern des aktuellen VDE-Modus beizubehalten. Somit kann der ausgewählte VDE-Modus durch einen alternativen VDE-Modus mit anderer Zylinderdichte ersetzt werden, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel in mindestens einem Teil der Zylinder beizubehalten, die während des derzeit angeschalteten VDE-Modus aktiv sind. Wenn das Verfahren **700** beurteilt, dass die Zylinderzünddichte verändert werden kann, um einen gleichen Pegel der Motorklopfhintergrundgeräusche beizubehalten, wie in mindestens einem Teil der Zylinder des aktuellen VDE-Modus vorhanden, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **700** geht zu 712 über. Anderenfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **700** geht zu 714 über.

[0093] Bei **712** verändert das Verfahren **700** den ausgewählten VDE-Modus zu einem neuen VDE-Modus, der eine andere Zylinderzünddichte als der ausgewählte VDE-Modus aufweist. Somit ist der bei 208 ausgewählte VDE-Modus nicht angeschaltet und wird durch einen VDE-Modus ersetzt, der eine andere Zylinderzünddichte aufweist. Der VDE-Modus, der den ausgewählten VDE-Modus ersetzt, kann durch Bezugnahme auf VDE-Modi, die im Speicher gespeichert sind, und Vergleichen des Kraftstoffeinspritzvorrichtungsbetriebs der VDE-Modi aus dem Speicher mit dem Kraftstoffeinspritzvorrichtungsbetrieb im letzten VDE-Modus bestimmt werden. Der neu angeschaltete VDE-Modus behält den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für mindestens einen Teil von aktiven Motorzylindern des derzeit angeschalteten VDE-Modus bei. Der VDE-Modus wird durch Anschalten oder Abschalten ausgewählter Kraftstoffeinspritzvorrichtungen und Tellerventile der Zylinder, die angeschaltet oder abgeschaltet sind, angeschaltet. Das Verfahren **700** geht zum Ende über.

[0094] Bei **714** setzt das Verfahren **700** Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von erneut anzuschaltenden Motorzylindern im ausgewählten VDE-Modus auf Werte zurück, die bereits im Speicher der Steuerung gespeichert waren (z. B. bei 250 aus **Fig. 2**). Wenn früher abgeschaltete Motorzylinder erneut angeschaltet werden, kann sich der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der anderen Motorzylinder bei einem geringen Pegel befinden, da die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen der früher abgeschalteten Zylinder sich nicht geöffnet und geschlossen haben. Für einen Achtzylindermotor mit einer Zündfolge von 1-3-7-2-6-5-4-8, wenn die Zylinder **2, 3** und **5** abge-

schaltet wurden und in dem aktuellen oder nächsten Motorzyklus aufgrund einer Veränderung des VDE-Modus erneut angeschaltet werden, wird zum Beispiel der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Zylinder **1, 4** und **7** (Einspritzvorrichtungsgерäusche von den Zylindern **2, 3** und **5** können an den Klopfenstern der Zylinder **1, 4** und **7** ausgerichtet werden) auf einen vorherigen Pegel der Motorklopfhintergrundgeräusche für die entsprechenden neu angeschalteten Zylinder eingestellt. Alternativ, falls früher angeschaltete Motorzylinder abgeschaltet werden, kann ermöglicht werden, dass der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Motorzylinder, der durch die Einspritzvorrichtungsgерäusche von den neu abgeschalteten Motorzylindern beeinflusst wird, natürlich reduziert wird, oder alternativ kann der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel auf einen Wert, der im Speicher der Steuerung gespeichert ist, von einem vorherigen Zeitpunkt, zu dem der im VDE-Modus betriebene Motor angeschaltet wird, für den aktuellen Motorzyklus reduziert werden. Das Verfahren **700** geht zum Ende über.

[0095] Bei **720** ruft das Verfahren **700** eine Liste von Motorzylindern ab, die in dem derzeit angeschalteten VDE-Modus angeschaltet sind, einschließlich des Zylinderzündmusters. Die Liste kann jedes Mal, wenn der Motor in einen neuen VDE-Modus eintritt, aktualisiert werden. Wenn beispielsweise während des aktuellen Motorzyklus der Motor im V6S-Modus betrieben wird, bei dem die Zylinder **1, 7, 2, 6, 4** und **8** aktiv sind, ruft das Verfahren **700** eine Liste ab, die die Zylinder **1, 7, 2, 6, 4** und **8** beinhaltet. Das Verfahren **700** geht zu 722 über.

[0096] Bei **722** greift das Verfahren **700** auf den Speicher zu und ruft Listen der VDE-Modi auf, die die gleiche Zylinderzünddichte wie der derzeit ausgewählte VDE-Modus aufweisen, jedoch alternative Zündmuster aufweisen. Wenn beispielsweise der aktuell ausgewählte VDE-Modus für einen V8-Motor mit einer Zündfolge von 1-3-7-2-6-5-4-8 ein V4S-Modus mit einer Zündfolge von 1-7-6-4 ist, kann das Verfahren **700** einen VDE-Modus des V4S-Modus mit einer Zündfolge von 3-2-5-8 aus dem Speicher abrufen. Die spezifischen VDE-Modi können in Abhängigkeit von der Motorkonfiguration und Geräusch- und Vibrationscharakteristika der VDE-Modi variieren. Das Verfahren **700** geht nach dem Abrufen der Listen von VDE-Modi, die andere Zündmuster als und die gleiche Zylinderdichte wie der derzeit ausgewählte VDE-Modus aufweisen, zu 724 über.

[0097] Bei **724** beurteilt das Verfahren **700**, ob der derzeit ausgewählte VDE-Modus zu einem VDE-Modus mit einem anderen Zündmuster als und der gleichen Zylinderdichte wie der derzeit ausgewählte VDE-Modus verändert werden kann. Das Verfahren **700** kann auch erfordern, dass eine Veränderung des ausgewählten VDE-Modus ein VDE-Modus

ist, der die größte Anzahl der gleichen oder im Wesentlichen gleichen (z. B. innerhalb von 5 %) Motorklopfhintergrundgeräuschpegel wie der derzeit angeschaltete VDE-Modus aufweist. Wenn beispielsweise der aktuell angeschaltete VDE-Modus V6S mit einer Zündfolge von 1-7-2-6-4-8 war und der ausgewählte VDE-Modus V4S mit einer Zündfolge von 3-2-5-8 ist, kann das Verfahren **700** den ausgewählten VDE-Modus durch einen V4S-Modus mit einer Zündfolge von 1-7-6-4 ersetzen, um die Motorhintergrundgeräuschpegel für die Zylinder **5, 8, 3** und **2** beizubehalten, die durch Kraftstoffeinspritzvorrichtungsgereusche von den arbeitenden Zylindern **1, 7, 6** und **4** beeinflusst werden können (wie in **Fig. 5** gezeigt). Durch das Verändern der Zündfolge zu 1-7-6-4 können die Motorhintergrundgeräuschpegel der Zylinder **5, 8, 3, 7, 2** und **6** ferner nicht verändert werden, da die Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuerzustände dieser Zylinder nicht modifiziert werden. Somit kann das Verfahren **700** eine Zylinderzündfrequenz auswählen, die die wenigsten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Motorzylinder verändern. Es ist anzumerken, dass ein Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für jeden Zylinder vorliegt, wie in **Fig. 5** gezeigt. Wenn das Verfahren **700** beurteilt, dass der ausgewählte VDE-Modus zu einem VDE-Modus mit einem anderen Zündmuster als und der gleichen Zylinderdichte wie der ausgewählte VDE-Modus verändert werden kann und dass der ausgewählte VDE-Modus zu einem VDE-Modus verändert wird, der einen gleichen oder im Wesentlichen gleichen (z. B. innerhalb von 5 %) Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für eine größte Gesamtanzahl an Motorzylindern im Vergleich zu anderen verfügbaren VDE-Modi mit der gleichen Zylinderzünddichte aufweist, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **800** geht zu 726 über. Anderenfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **700** geht zu **704** aus **Fig. 7** über.

[0098] Bei **726** ersetzt das Verfahren **700** den ausgewählten VDE-Modus durch einen VDE-Modus, der eine gleiche Zylinderdichte wie der ausgewählte VDE-Modus aufweist, jedoch eine andere Zündfolge als der ausgewählte VDE-Modus aufweist. Das Verfahren **700** schaltet dann den VDE-Modus an, indem befohlen wird, ausgewählte Kraftstoffeinspritzvorrichtungen und Tellerventile für mindestens einen gesamten Motorzyklus auszuschalten. Das Verfahren **700** geht zum Ende über.

[0099] Bei **730** ruft das Verfahren **700** eine Liste von Motorzylindern ab, die in dem derzeit angeschaltet VDE-Modus angeschaltet sind. Wenn beispielsweise während des aktuellen Motorzyklus der Motor im V6S-Modus betrieben wird, bei dem die Zylinder **1, 7, 2, 6, 4** und **8** aktiv sind, ruft das Verfahren **700** eine Liste ab, die die Zylinder **1, 7, 2, 6, 4** und **8** beinhaltet. Das Verfahren **700** geht zu **732** über.

[0100] Bei **732** beurteilt das Verfahren **700**, ob das Kraftstoffeinspritzteilungsverhältnis oder der -teilungsanteil des derzeit ausgewählten VDE-Modus verändert werden kann, um die aktuellen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel des derzeit angeschalteten VDE-Modus im ausgewählten VDE-Modus beizubehalten. In einem Beispiel versucht das Verfahren **700**, die tatsächliche Gesamtanzahl an Kraftstoffeinspritzvorrichtungsanschalttereignissen (z. B. Einschalten der Kraftstoffeinspritzvorrichtung) und die tatsächliche Gesamtanzahl an Kraftstoffeinspritzvorrichtungsabschalttereignissen (z. B. Ausschalten der Kraftstoffeinspritzvorrichtung) in den Motorklopf Fenstern (Fenster von jedem Zylinder) des ausgewählten VDE-Modus wie in dem derzeit angeschalteten VDE-Modus zu ergeben. Wenn beispielsweise der aktuelle VDE-Modus **V6S** mit einer Zündfolge von 1-7-2-6-5-8 und zwei DI-Einspritzungen, die in Zylinderklopf Fenstern auftreten, ist und der derzeit ausgewählte VDE-Modus V4S mit einer Zündfolge von 1-7-6-4 mit einzelnen DI-Einspritzungen, die im Zylinderklopf Fenstern auftreten, ist, kann das Verfahren **700** die tatsächliche Gesamtanzahl an DI-Einspritzungen für jeden aktiven Motorzylinder auf zwei erhöhen, sodass möglichst viele Motorklopfhintergrundgeräuschpegel auf dem Pegel der V6S-Zündfolge beibehalten werden können. Gleichermaßen, wenn der derzeit angeschaltete VDE-Modus eine DI-Einspritzung für jeden aktiven Motorzylinder beinhaltet und der derzeit ausgewählte VDE-Modus zwei DI-Einspritzungen für jeden aktiven Motorzylinder beinhaltet, kann die DI-Einspritzung des ausgewählten VDE-Modus zu einer DI-Einspritzung für jeden aktiven Motorzylinder des ausgewählten VDE-Modus verändert werden. Zusätzlich, wenn das Verfahren **700** beurteilt, dass Kraftstoff, der über Saugrohrkraftstoffeinspritzvorrichtungen in einen Zylinder eingespritzt wird, zur DI-Einspritzung für den Zylinder bewegt werden kann (wobei z. B. der Teilungsanteil eingestellt wird), um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel in möglichst vielen Zylindern im ausgewählten VDE-Modus beizubehalten, oder umgekehrt, stellt das Verfahren **700** den Teilungsanteil ein, um möglichst viele Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beizubehalten. Wenn das Verfahren **900** beurteilt, dass das Kraftstoffeinspritzteilungsverhältnis oder der -teilungsanteil des derzeit ausgewählten VDE-Modus verändert werden kann, um die aktuellen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel des derzeit angeschalteten VDE-Modus im ausgewählten VDE-Modus beizubehalten, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **700** geht zu **734** über. Anderenfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **700** geht zu **706** aus **Fig. 7** über.

[0101] Bei **734** stellt das Verfahren **700** das Kraftstoffeinspritzteilungsverhältnis und/oder den -teilungsanteil ein, um möglichst viele der aktuellen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel in dem derzeit aktiven VDE-Modus im ausgewählten VDE-Modus beizubehalten. Somit kann das Verfahren **700** das Kraft-

stoffeinspritzteilungsverhältnis und/oder den Kraftstoffeinspritzteilungsanteil durch Einstellen des Kraftstoffeinspritzzeitpunkts des ausgewählten VDE-Modus einstellen, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beizubehalten. Das Verfahren **700** geht zum Ende über.

[0102] Bei **740** ruft das Verfahren **700** eine Liste von Motorzylindern ab, die in dem derzeit angeschalteten VDE-Modus angeschaltet sind. Wenn beispielsweise während des aktuellen Motorzyklus der Motor im V6S-Modus betrieben wird, bei dem die Zylinder **1, 7, 2, 6, 4** und **8** aktiv sind, ruft das Verfahren **700** eine Liste ab, die die Zylinder **1, 7, 2, 6, 4** und **8** beinhaltet. Das Verfahren **700** geht zu **732** über.

[0103] Bei **742** beurteilt das Verfahren **700**, ob der SOI der Kraftstoffeinspritzung des derzeit ausgewählten VDE-Modus verändert werden kann, um die aktuellen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel des derzeit angeschalteten VDE-Modus im ausgewählten VDE-Modus beizubehalten. In einem Beispiel bestimmt das Verfahren **700**, ob der SOI-Zeitpunkt des ausgewählten VDE-Modus später ist als der SOI-Zeitpunkt des derzeit angeschalteten VDE-Modus. Sollte dies der Fall sein, kann das Verfahren **700** den SOI-Zeitpunkt des ausgewählten VDE-Modus vorziehen, um die aktuellen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel in möglichst vielen Zylindern im ausgewählten VDE-Modus beizubehalten. Ferner kann das Verfahren **700** den SOI-Zeitpunkt der aktiven Zylinder im ausgewählten VDE-Modus vorziehen, wenn das Vorziehen des SOI-Zeitpunkts Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgänge im ausgewählten VDE-Modus in Kraftstoffeinspritzfenster der Zylinder, die die gleichen Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgänge im derzeit angeschalteten VDE-Modus enthalten, bewegt. Gleichermaßen kann das Verfahren **700** den SOI-Zeitpunkt der aktiven Zylinder im ausgewählten VDE-Modus vorziehen, wenn das Vorziehen des SOI-Zeitpunkts Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgänge im ausgewählten VDE-Modus aus Kraftstoffeinspritzfenstern der Zylinder, die nicht die gleichen Kraftstoffeinspritzvorrichtungssteuervorgänge im derzeit angeschalteten VDE-Modus enthalten, bewegt. Wenn das Verfahren **700** beurteilt, dass der SOI der Kraftstoffeinspritzung des derzeit ausgewählten VDE-Modus verändert werden kann, um die aktuellen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel des derzeit angeschalteten VDE-Modus im ausgewählten VDE-Modus beizubehalten, lautet die Antwort Ja und das Verfahren **700** geht zu **744** über. Anderenfalls lautet die Antwort Nein und das Verfahren **700** geht zu **706** aus **Fig. 7** über.

[0104] Bei **744** stellt das Verfahren **700** den SOI-Zeitpunkt ein, um möglichst viele der aktuellen Motorklopfhintergrundgeräuschpegel in dem derzeit aktiven VDE-Modus im ausgewählten VDE-Modus beizubehalten. Somit kann das Verfahren **700** den

SOI-Zeitpunkt des ausgewählten VDE-Modus einstellen, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beizubehalten. Das Verfahren **700** geht zum Ende über.

[0105] Bei **750** schaltet das Verfahren **700** die DI-Einspritzvorrichtungen der ausgewählten Zylinder ab und schaltet nur PFI-Einspritzvorrichtungen der ausgewählten Motorzylinder an, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel des aktuellen VDE-Modus in möglichst vielen Zylindern des ausgewählten VDE-Modus im ausgewählten VDE-Modus beizubehalten. Das Verfahren **700** geht zum Ende über.

[0106] Unter Bezugnahme auf **Fig. 12** ist eine beispielhafte Abfolge, die das Diagnostizieren des Eintritts in den VDE-Modus über Motorklopfhintergrundgeräuschpegel veranschaulicht, gezeigt. Die Abfolge aus **Fig. 12** kann über das System aus den **Fig. 1A-1C** zusammen mit dem Verfahren aus den **Fig. 2** und **Fig. 6** bereitgestellt werden. In diesem Beispiel ist der Motor ein Viertakt-**V8**-Motor.

[0107] Der erste Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf des VDE-Modus im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den VDE-Modus dar und die VDE-Modi werden durch Markierungen über der Linie **1202** identifiziert. Die Linie **1202** stellt den VDE-Modus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0108] Der zweite Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer eins im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer eins dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer eins nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Linie **1204** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer eins dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0109] Der dritte Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer zwei im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer zwei dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer zwei nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Linie **1206** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer zwei dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0110] Der vierte Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer drei im Zeitverlauf. Die

vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Linie **1208** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0111] Der fünfte Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer vier im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer vier dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer vier nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Linie **1210** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer vier dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0112] Der sechste Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer fünf im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer fünf dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer fünf nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Linie **1212** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer fünf dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0113] Der siebente Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer sechs im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sechs dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sechs nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Linie **1214** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sechs dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0114] Der achte Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer sieben im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sieben dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sieben nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Linie **1216** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sieben dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die

Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0115] Der neunte Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer acht im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer acht dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer acht nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Linie **1218** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer acht dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0116] Der zehnte Verlauf von oben in **Fig. 12** ist ein Verlauf der Angabe einer Verschlechterung im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt die VDE-Verschlechterung dar und eine VDE-Verschlechterung wird angegeben, wenn sich die Linie **1212** nahe dem Pfeil der vertikalen Achse befindet. Die VDE-Verschlechterung wird nicht angegeben, wenn sich die Linie **1212** nahe der horizontalen Achse befindet. Die Linie **1202** stellt den Zustand der VDE-Verschlechterung dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0117] Bei Zeitpunkt t_0 arbeitet der Motor im V8-Modus und eine VDE-Verschlechterung wird nicht angegeben. Die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für die Zylinder **1-8** befinden sich bei mittleren Pegeln. Bei Zeitpunkt t_1 wird der Motor in den V6-Modus befohlen, in dem nur sechs Zylinder der acht Zylinder des Motors Kraftstoff verbrennen. Es wird befohlen, die Einlass- und Auslassventile der zwei abgeschalteten Zylinder zu schließen und über einen oder mehrere Motorzyklen geschlossen zu halten. Ferner wird befohlen, die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen der zwei Zylinder, die gemäß einem Befehl ausgeschaltet oder abgeschaltet werden, auszuschalten. In diesem Beispiel wird befohlen, die Zylinder Nummer **3** und **5** auszuschalten. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer **4** wird reduziert, da die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen für Zylinder Nummer **3** gemäß einem Befehl ausgeschaltet werden. Jedoch wird der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer **7** nicht reduziert, da die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen von Zylinder Nummer **7** weiter arbeiten, auch wenn sie gemäß einem Befehl ausgeschaltet werden.

[0118] Bei Zeitpunkt t_2 wird eine VDE-Verschlechterung als Reaktion darauf angegeben, dass der Motorklopfgeräuschpegel von Zylinder Nummer **7** nicht reduziert wird. Kurz danach bei Zeitpunkt **3** geht der Motor als Reaktion auf die Angabe der VDE-Verschlechterung zum V8-Modus zurück. Durch das erneute Anschalten der abgeschalteten Motorzylinder

kann es möglich sein, die Möglichkeit einer weiteren Verschlechterung des Motors und/oder einer weiteren Verschlechterung der Motoremission zu reduzieren. Der Motor arbeitet weiter im V8-Modus, nachdem eine VDE-Verschlechterung angegeben wurde.

[0119] Auf diese Weise kann der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel als eine Grundlage zum Angeben des Vorhandenseins oder der Abwesenheit einer Verschlechterung des VDE-Modus verwendet werden. Ferner kann in einigen Beispielen eine Verschlechterung des VDE-Modus angegeben werden, wenn der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für einen oder mehrere Motorzylinder als Reaktion auf das Befehlen, einen oder mehrere Zylinder anzuschalten, nicht zunimmt.

[0120] Unter Bezugnahme auf **Fig. 13** ist eine erste beispielhafte Abfolge zum Beibehalten von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für Motorzylinder gezeigt. Die Abfolge aus **Fig. 13** kann über das System aus den **Fig. 1A-1C** zusammen mit dem Verfahren aus den **Fig. 2** und **Fig. 7** bereitgestellt werden.

[0121] Der erste Verlauf von oben in **Fig. 13** ist ein Verlauf des VDE-Modus im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den VDE-Modus dar und die VDE-Modi werden durch Markierungen entlang der vertikalen Achse identifiziert. Die VDE-Modi **1-3** sind nur zur Veranschaulichung gezeigt und zusätzliche oder weniger verfügbare VDE-Modi können bereitgestellt werden. Die VDE-Modi können unter anderem **V6S**, **V6R**, **I4S** und **I4R** beinhalten. Die Linie **1302** stellt den VDE-Modus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0122] Der erste Verlauf von oben in **Fig. 13** ist ein Verlauf des Zylinderzündmusters im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt das Zylinderzündmuster dar und in diesem Beispiel sind drei Zylinderzündmuster für einen VDE-Modus gezeigt. Die Linie **1304** stellt das Zylinderzündmuster dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0123] Der dritte Verlauf von oben in **Fig. 13** ist ein Verlauf des ausgewählten VDE-Modus im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den ausgewählten VDE-Modus dar und in diesem Beispiel gibt es drei mögliche ausgewählte VDE-Modi. Die Linie **1306** stellt den ausgewählten VDE-Modus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0124] Bei Zeitpunkt **t10** ist der ausgewählte VDE-Modus der Modus **1** und das Zylinderzündmuster ist das Muster Nummer **2**. Der aktuell angeschaltete VDE-Modus ist der Modus **1**. Bei Zeitpunkt

t11 wird der ausgewählte VDE-Modus als Reaktion auf Fahrzeugbetriebsbedingungen zu Modus **2** verändert. Das Zylinderzündmuster bleibt das zweite Zündmuster und der VDE-Modus **1** bleibt angeschaltet. Die Steuerung durchsucht verschiedene Zylinderzündmuster nach dem ausgewählten VDE-Modus und bestimmt, dass eine größte Gesamtsumme der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Motorzylinder in dem aktuellen VDE-Modus beibehalten (z. B. bei oder nahe ihren aktuellen Pegeln gehalten) werden können, indem das Zylinderzündmuster des ausgewählten VDE-Modus eingestellt wird. Das neue Zylinderzündmuster wird bei Zeitpunkt **t12** für den ausgewählten VDE-Modus ausgewählt. Der ausgewählte VDE-Modus wird angeschaltet und betreibt die Motorzylinder bei Zeitpunkt **t13** mit dem neuen Zylinderzündmuster.

[0125] Auf diese Weise kann ein Zylinderzündmuster eingestellt werden, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von einem oder mehreren Motorzylindern beizubehalten. Das Zylinderzündmuster eines VDE-Modus, das gerade angeschaltet werden soll, kann verändert werden, um die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Motorzylinder beizubehalten. Indem Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beibehalten werden, kann es möglich sein, falsch-positive Klopfangaben zu vermeiden. Ferner kann es möglich sein, das Übersehen von Motorklopfereignissen zu vermeiden, so dass eine Verschlechterung des Motors vermieden werden kann.

[0126] Unter nunmehriger Bezugnahme auf **Fig. 14** ist eine zweite beispielhafte Abfolge zum Beibehalten von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für Motorzylinder gezeigt. Die Abfolge aus **Fig. 14** kann über das System aus den **Fig. 1A-1C** zusammen mit dem Verfahren aus den **Fig. 2** und **Fig. 7** bereitgestellt werden.

[0127] Der erste Verlauf von oben in **Fig. 14** ist ein Verlauf des VDE-Modus im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den VDE-Modus dar und die VDE-Modi werden durch Markierungen entlang der vertikalen Achse identifiziert. Die VDE-Modi **1-3** sind nur zur Veranschaulichung gezeigt und zusätzliche oder weniger verfügbare VDE-Modi können bereitgestellt werden. Die VDE-Modi können unter anderem **V6S**, **V6R**, **I4S** und **I4R** beinhalten. Die Linie **1402** stellt den VDE-Modus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0128] Der zweite Verlauf von oben in **Fig. 14** ist ein Verlauf des Zylinderzündmusters im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Zylinderzündmuster dar und in diesem Beispiel sind drei geteilte Zylinderzündmuster für einen VDE-Modus gezeigt. Die Linie **1404** stellt den Zylinderzündmuster dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit

nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0129] Der dritte Verlauf von oben in **Fig. 14** ist ein Verlauf des ausgewählten VDE-Modus im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den ausgewählten VDE-Modus dar und in diesem Beispiel gibt es drei mögliche ausgewählte VDE-Modi. Die Linie **1406** stellt den ausgewählten VDE-Modus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0130] Bei Zeitpunkt **t20** ist der ausgewählten VDE-Modus der Modus **2** und der geteilte Zylindereinspritzmodus ist **2**. Der aktuell angeschaltete VDE-Modus ist der Modus **2**. Bei Zeitpunkt **t21** wird der ausgewählte VDE-Modus als Reaktion auf Fahrzeugbetriebsbedingungen zu Modus **3** verändert. Der geteilte Zylindereinspritzmodus bleibt **2** und der VDE-Modus-**2** bleibt angeschaltet. Die Steuerung durchsucht die verschiedenen geteilten Zylinderkraftstoffeinspritzmodi für den ausgewählten VDE-Modus und bestimmt, dass eine größte Gesamtsumme der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Motorzylinder in dem aktuellen VDE-Modus beibehalten (z. B. bei oder nahe ihren aktuellen Pegeln gehalten) werden kann, indem der geteilte Zylindereinspritzmodus des ausgewählten VDE-Modus eingestellt wird. Der neue geteilte Zylindereinspritzmodus wird bei Zeitpunkt **t22** für den ausgewählten VDE-Modus ausgewählt. Der ausgewählte VDE-Modus wird angeschaltet und betreibt die Motorzylinder bei Zeitpunkt **t23** mit dem neuen geteilten Zylinderkraftstoffeinspritzmodus.

[0131] Auf diese Weise kann ein geteilter Zylindereinspritzmodus eingestellt werden, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von einem oder mehreren Motorzylindern beizubehalten. Der geteilte Zylindereinspritzmodus eines VDE-Modus, der gerade angeschaltet werden soll, kann verändert werden, um die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Motorzylinder beizubehalten. Indem Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beibehalten werden, kann es möglich sein, falsch-positive Klopfangaben zu vermeiden. Ferner kann es möglich sein, das Übersehen von Motorklopfereignissen zu vermeiden, so dass eine Verschlechterung des Motors vermieden werden kann.

[0132] Unter nunmehriger Bezugnahme auf **Fig. 15** ist eine dritte beispielhafte Abfolge zum Beibehalten von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für Motorzylinder gezeigt. Die Abfolge aus **Fig. 15** kann über das System aus den **Fig. 1A-1C** zusammen mit dem Verfahren aus den **Fig. 2** und **Fig. 7** bereitgestellt werden.

[0133] Der erste Verlauf von oben in **Fig. 15** ist ein Verlauf des VDE-Modus im Zeitverlauf. Die vertikale

le Achse stellt den VDE-Modus dar und die VDE-Modi werden durch Markierungen entlang der vertikalen Achse identifiziert. Die VDE-Modi **1-3** sind nur zur Veranschaulichung gezeigt und zusätzliche oder weniger verfügbare VDE-Modi können bereitgestellt werden. Die VDE-Modi können unter anderem **V6S**, **V6R**, **I4S** und **I4R** beinhalten. Die Linie **1502** stellt den VDE-Modus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0134] Der erste Verlauf von oben in **Fig. 15** ist ein Verlauf des Zylindereinspritzbeginnzeitpunkts im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt dar und der Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt wird in der Richtung des Pfeils der vertikalen Achse weiter nach spät verstellt. Die Linie **1504** stellt den Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0135] Der dritte Verlauf von oben in **Fig. 15** ist ein Verlauf des ausgewählten VDE-Modus im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den ausgewählten VDE-Modus dar und in diesem Beispiel gibt es drei mögliche ausgewählte VDE-Modi. Die Linie **1506** stellt den ausgewählten VDE-Modus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0136] Bei Zeitpunkt **t30** ist der ausgewählten VDE-Modus der Modus **2** und der Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt ist spät (z. B. nach spät verstellt). Der aktuell angeschaltete VDE-Modus ist der Modus **2**. Bei Zeitpunkt **t31** wird der ausgewählte VDE-Modus als Reaktion auf Fahrzeugbetriebsbedingungen zu Modus **3** verändert. Der Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt bleibt nach spät verstellt und der VDE-Modus-**2** bleibt angeschaltet. Die Steuerung durchsucht die verschiedenen Zylindereinspritzbeginnzeitpunkte für den ausgewählten VDE-Modus und bestimmt, dass eine größte Gesamtsumme der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Motorzylinder in dem aktuellen VDE-Modus beibehalten (z. B. bei oder nahe ihren aktuellen Pegeln gehalten) werden kann, indem der Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt des ausgewählten VDE-Modus nach früh verstellt wird. Der neue Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt wird bei Zeitpunkt **t32** für den ausgewählten VDE-Modus ausgewählt. Der ausgewählte VDE-Modus wird angeschaltet und betreibt die Motorzylinder bei Zeitpunkt **t33** mit dem neuen Einspritzbeginnzeitpunkt.

[0137] Auf diese Weise kann ein Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt nach früh verstellt werden, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von einem oder mehreren Motorzylindern beizubehalten. Der Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt für den VDE-Modus, der

gerade angeschaltet werden soll, kann verändert werden, um die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Motorzylinder beizubehalten. Indem Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beibehalten werden, kann es möglich sein, falsch-positive Klopfangaben zu vermeiden. Ferner kann es möglich sein, das Übersehen von Motorklopfereignissen zu vermeiden, so dass eine Verschlechterung des Motors vermieden werden kann.

[0138] Unter nunmehriger Bezugnahme auf **Fig. 16** ist eine vierte beispielhafte Abfolge zum Beibehalten von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für Motorzylinder gezeigt. Die Abfolge aus **Fig. 16** kann über das System aus den **Fig. 1A-1C** zusammen mit dem Verfahren aus den **Fig. 2** und **Fig. 7** bereitgestellt werden.

[0139] Der erste Verlauf von oben in **Fig. 16** ist ein Verlauf des VDE-Modus im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den VDE-Modus dar und die VDE-Modi werden durch Markierungen entlang der vertikalen Achse identifiziert. Die VDE-Modi **1-3** sind nur zur Veranschaulichung gezeigt und zusätzliche oder weniger verfügbare VDE-Modi können bereitgestellt werden. Die VDE-Modi können unter anderem **V6S**, **V6R**, **I4S** und **I4R** beinhalten. Die Linie **1602** stellt den VDE-Modus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0140] Der zweite Verlauf von oben in **Fig. 16** ist ein Verlauf der Zylinderzünddichte im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt die Zylinderzünddichte dar und die Zylinderzünddichte nimmt in der Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Linie **1604** stellt den Zylindereinspritzbeginnzeitpunkt dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0141] Der dritte Verlauf von oben in **Fig. 16** ist ein Verlauf des ausgewählten VDE-Modus im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den ausgewählten VDE-Modus dar und in diesem Beispiel gibt es drei mögliche ausgewählte VDE-Modi. Die Linie **1606** stellt den ausgewählten VDE-Modus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0142] Bei Zeitpunkt **t40** ist der ausgewählten VDE-Modus der Modus **1** und die Zylinderzünddichte befindet sich auf einem höheren Niveau. Der aktuell angeschaltete VDE-Modus ist der Modus **1**. Bei Zeitpunkt **t41** wird der ausgewählte VDE-Modus als Reaktion auf Fahrzeugbetriebsbedingungen zu Modus **2** verändert. Die Zylinderzünddichte bleibt auf einem höheren Niveau und der VDE-Modus **1** bleibt angeschaltet. Die Steuerung durchsucht die Zylinderdich-

ten für den ausgewählten VDE-Modus und bestimmt, dass eine größte Gesamtsumme der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Motorzylinder in dem aktuellen VDE-Modus beibehalten (z. B. bei oder nahe ihren aktuellen Pegeln gehalten) werden kann, indem die Zylinderzünddichte von seinem aktuellen Niveau gesenkt wird und die Zylinderzünddichte über die Zylinderzünddichte des ausgewählten VDE-Modus erhöht wird. Die neue Zylinderzünddichte wird bei Zeitpunkt **t42** für den ausgewählten VDE-Modus ausgewählt. Der ausgewählte VDE-Modus wird angeschaltet und betreibt die Motorzylinder bei Zeitpunkt **t33** mit der neuen Zylinderzünddichte.

[0143] Auf diese Weise kann eine Zylinderzünddichte von der Zylinderzünddichte eines ausgewählten VDE-Modus geändert werden, um Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von einem oder mehreren Motorzylindern beizubehalten. Die Zylinderzünddichte für den VDE-Modus, der gerade angeschaltet werden soll, kann verändert werden, um die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Motorzylinder beizubehalten. Indem Motorklopfhintergrundgeräuschpegel beibehalten werden, kann es möglich sein, falsch-positive Klopfangaben zu vermeiden. Ferner kann es möglich sein, das Übersehen von Motorklopfereignissen zu vermeiden, so dass eine Verschlechterung des Motors vermieden werden kann.

[0144] Unter nunmehriger Bezugnahme auf **Fig. 17** ist eine zweite Zeitabfolge **1700** gezeigt, die ein beispielhaftes Motorklopfhintergrundgeräuschfensterzeitintervall zeigt. Die veranschaulichten Zeitpunkte gelten für einen Achtzylindermotor, der eine Zündfolge von 1-3-7-2-6-5-4-8 aufweist. Der Motor ist ein Viertaktmotor, der einen Zyklus von 720 Grad Kurbelwinkel aufweist. Die Grad Kurbelwinkel des Motors befinden sich entlang der horizontalen Achse und null Grad stellt den oberen Totpunkt des Verdichtungstakts für Zylinder Nummer eins dar. Die acht Zylinder sind entlang der vertikalen Achse beschriftet.

[0145] Das Motorklopfenster für Zylinder Nummer eins ist durch den schraffierten Balken **1702** angegeben. Klopfenster für die übrigen Motorzylinder (**2-8**) werden durch ähnliche schraffierte Balken (**1704-1716**) angezeigt, die auf einer Linie mit der Beschriftung entlang der vertikalen Achse liegen. Der einfarbige Balken **1730** stellt ein Öffnungsintervall der DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Zylinder Nummer zwei dar. Die DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Zylinder Nummer zwei ist geschlossen, wenn der einfarbige Balken **1730** nicht sichtbar ist. Die DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Zylinder Nummer zwei öffnet sich auf der linken Seite des einfarbigen Balkens **1730** und schließt sich auf der rechten Seite des einfarbigen Balkens **1730**. DI-Kraftstoffeinspritzungen für die übrigen Motorzylinder (**2-8**) sind durch ähnliche einfarbige Balken (**1732-1744**) angegeben

und folgen der gleichen Konvention wie der einfarbige Balken **1730**. Die Kraftstoffeinspritzvorrichtungsbalken **1730-1744** liegen jeweils auf einer Linie mit den Zylindern, die entlang der vertikalen Achse aufgeführt sind, denen die Kraftstoffeinspritzvorrichtungsbalken entsprechen.

[0146] Die Takte für Zylinder Nummer eins sind durch horizontale Linien **1750** angegeben. Die Buchstaben p, e, i und c identifizieren den Arbeits(p)-, Ausstoß(e), Ansaug(i)- und Verdichtungs(c)-Takt, die mit Zylinder Nummer eins assoziiert sind. Takte für die anderen Motorzylinder werden auf eine ähnliche Art und Weise identifiziert.

[0147] Fig. 17 beinhaltet Tabelle 1701, die die Beziehung zwischen der DI-Kraftstoffeinspritzung für einen Zylinder und dem Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für einen anderen Zylinder beschreibt, wie sie in der Abfolge **1700** veranschaulicht ist. Die Tabelle 1701 beinhaltet eine erste Beschriftung, die angibt, in welchen Zylinder Kraftstoff zur Verbrennung eingespritzt wird. Die Motorzylindernummern sind in der Zündfolge des Motors **1-3-7-2-6-5-4-8** angeordnet. Die zweite Beschriftung gibt das Klopfenster des Zylinders an, das von der Kraftstoffeinspritzung in die verbrennenden Zylinder beeinflusst wird. Tabelle 1701 zeigt, dass das Klopfenster von Zylinder **4** durch die Einspritzung von Kraftstoff beeinflusst wird, der in Zylinder **3** verbrennt (Zylinder **3** befindet sich in der Tabelle über Zylinder **4**). Tabelle 1701 zeigt ebenso, dass das Klopfenster von Zylinder **8** durch die Einspritzung von Kraftstoff beeinflusst wird, der in Zylinder **7** verbrannt wird. Letztendlich wird das Klopfenster von Zylinder **1** durch die Einspritzung von Kraftstoff beeinflusst, der in Zylinder **2** verbrannt wird. Somit werden in diesem Beispiel nicht alle Zylinderklopfenster durch die Einspritzung von Kraftstoff in andere Motorzylinder beeinflusst. Nur Klopfenster von drei Zylindern weisen Geräuschpegel auf, die von den Steuervorgängen der Einspritzvorrichtungen beeinflusst werden.

[0148] Somit kann beobachtet werden, dass es wünschenswert ist, Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für jeden Motorzylinder aufzuweisen, sodass Zylinder, die durch das Schließen von Tellerventilen oder Öffnen und Schließen von Kraftstoffeinspritzvorrichtungen beeinflusst werden, zu Beginn einer Veränderung des VDE-Modus kompensiert werden können. Die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel können im Speicher der Steuerung gespeichert und zu Beginn einer Veränderung des VDE-Modus abgerufen werden, sodass Beurteilungen des Motorklopfens zuverlässiger erfolgen können.

[0149] Unter Bezugnahme auf Fig. 18 ist eine Motorbetriebssequenz gemäß dem Verfahren aus den Fig. 2 und Fig. 3 zusammen mit dem System aus den Fig. 1A-1C gezeigt.

[0150] Der erste Verlauf von oben in Fig. 18 ist ein Verlauf des Motorbetriebsmodus im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorbetriebsmodus dar und Motorbetriebsmodi werden durch Beschriftungen, die sich entlang der vertikalen Achse befinden, identifiziert. V8 gibt an, dass der Motor mit allen angeschalteten Zylindern arbeitet. V4 gibt an, dass der Motor nur mit vier angeschalteten Zylindern arbeitet. „BG-Geräusche charakterisieren“ gibt an, dass Motorklopfhintergrundgeräuschpegel erlernt und zur späteren Verwendung während der Klopfdetektion im Speicher der Steuerung gespeichert werden. Die Spur **1802** stellt den Motorbetriebsmodus dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0151] Der zweite Verlauf von oben in Fig. 18 ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer eins im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer eins dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer eins nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die durchgezogene Linie **1804** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer eins gemäß der folgenden Beschreibung dar. Die gestrichelte Linie **1805** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer eins dar, wenn der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer eins kontinuierlich bestimmt wird, ohne einen vorher bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer eins durch den aktuell bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer eins zu ersetzen. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0152] Der dritte Verlauf von oben in Fig. 18 ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer zwei im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer zwei dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer zwei nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Linie **1806** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer zwei dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0153] Der vierte Verlauf von oben in Fig. 18 ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer drei im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Linie **1808** stellt den Motorklopf-

hintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer drei dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0154] Der fünfte Verlauf von oben in **Fig. 18** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer vier im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer vier dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer vier nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die durchgezogene Linie **1810** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer vier gemäß der folgenden Beschreibung dar. Die gestrichelte Linie **1811** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer vier dar, wenn der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer vier kontinuierlich bestimmt wird, ohne einen vorher bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer vier durch den aktuell bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer vier zu ersetzen. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0155] Der sechste Verlauf von oben in **Fig. 18** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer fünf im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer fünf dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer fünf nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Linie **1812** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer fünf dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0156] Der siebente Verlauf von oben in **Fig. 18** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer sechs im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sechs dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sechs nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Linie **1814** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sechs gemäß der folgenden Beschreibung dar. Die gestrichelte Linie **1815** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sechs dar, wenn der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer sechs kontinuierlich bestimmt wird, ohne einen vorher bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer sechs durch den aktuell bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer sechs zu ersetzen. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die

Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0157] Der achte Verlauf von oben in **Fig. 18** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer sieben im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sieben dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sieben nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Linie **1816** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sieben gemäß der folgenden Beschreibung dar. Die gestrichelte Linie **1817** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer sieben dar, wenn der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer sieben kontinuierlich bestimmt wird, ohne einen vorher bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer sieben durch den aktuell bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel von Zylinder Nummer sieben zu ersetzen. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0158] Der neunte Verlauf von oben in **Fig. 18** ist ein Verlauf des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder Nummer acht im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer acht dar und der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer acht nimmt in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse zu. Die Linie **1818** stellt den Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder Nummer acht dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0159] Der zehnte Verlauf von oben in **Fig. 18** ist ein Verlauf, der im Zeitverlauf angibt, ob DI-Einspritzvorrichtungen der Zylinder **1-8** angeschaltet sind. Die vertikale Achse stellt den Betriebszustand der DI-Einspritzvorrichtungen für die Zylinder **1-8** dar. Das Vorhandensein eines schwarzen Balkens, wie etwa **1820**, gibt an, dass die DI-Einspritzvorrichtung, die mit dem schwarzen Balken assoziiert ist und die entlang der vertikalen Achse angegeben ist, während eines Zyklus des Zylinders, mit dem sie assoziiert ist, angeschaltet wird. Zum Beispiel gibt der Balken **1820** an, dass die DI-Einspritzvorrichtung für Zylinder **1** in Zylinderzyklen ab Zeitpunkt **t50** und bis zu Zeitpunkt **t51** angeschaltet ist (z. B. sich öffnet und schließt, um Kraftstoff einzuspritzen). Die DI-Einspritzvorrichtung für Zylinder **1** ist in den Zylinderzyklen zwischen Zeitpunkt **t51** und Zeitpunkt **t52** abgeschaltet. Die DI-Einspritzvorrichtung für Zylinder **1** ist in den Zylinderzyklen nach Zeitpunkt **t52** angeschaltet. Die Balken für die Zylinder **2-8** sind auf gleiche Art und Weise dargestellt. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und

die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0160] Der elfte Verlauf von oben in **Fig. 18** ist ein Verlauf, der im Zeitverlauf angibt, ob Saugrohreinspritzvorrichtungen der Zylinder **1-8** angeschaltet sind. Die vertikale Achse stellt den Betriebszustand der Saugrohreinspritzvorrichtungen für die Zylinder **1-8** dar. Das Vorhandensein eines schwarzen Balkens, wie etwa **1822**, gibt an, dass die Saugrohreinspritzvorrichtung, die mit dem schwarzen Balken assoziiert ist und die entlang der vertikalen Achse angegeben ist, während eines Zyklus des Zylinders, mit dem sie assoziiert ist, angeschaltet wird. Zum Beispiel gibt der Balken **1822** an, dass die Saugrohreinspritzvorrichtung für Zylinder **1** in Zylinderzyklen ab Zeitpunkt **t50** und bis zum Ende der Abfolge angeschaltet ist (z. B. sich öffnet und schließt, um Kraftstoff einzuspritzen). Die Balken für die Zylinder **2-8** sind auf gleiche Art und Weise dargestellt. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0161] Der zwölfte Verlauf von oben in **Fig. 18** ist ein Verlauf des Zustands der Klopfangabe im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt den Zustand der Klopfangabe dar. Klopfen wird angegeben, wenn sich die Linie **1824** auf einem hohen Niveau nahe dem Pfeil der vertikalen Achse befindet. Klopfen wird nicht angegeben, wenn sich die Linie **1824** auf einem geringen Niveau nahe der horizontalen Achse befindet. Die Linie **1824** stellt den Zustand der Klopfangabe dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0162] Der dreizehnte Verlauf von oben in **Fig. 18** ist ein Verlauf eines Motorzündzeitpunkts im Zeitverlauf. Die vertikale Achse stellt einen Motorzündzeitpunkt dar und der Motorzündzeitpunkt wird in Richtung des Pfeils der vertikalen Achse vorgezogen. Somit ist der Motorzündzeitpunkt auf Höhe der horizontalen Achse verzögerter als der Motorzündzeitpunkt nahe dem Pfeil der vertikalen Achse. Die Linie **1826** stellt den Motorzündzeitpunkt dar. Die horizontale Achse stellt die Zeit dar und die Zeit nimmt von der linken Seite des Verlaufs zur rechten Seite des Verlaufs zu.

[0163] Bei Zeitpunkt **t50** arbeitet der Motor im V8-Modus und es wird kein Klopfen angegeben. Die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für die Zylinder **1-8** befinden sich bei mittleren Pegeln. DI- und Saugrohreinspritzvorrichtungen für alle Motorzylinder sind angeschaltet. Der Zündzeitpunkt befindet sich auf einem mittleren Niveau.

[0164] Bei Zeitpunkt **t51** beginnt die Charakterisierung oder das Erlernen von Motorklopfhintergrundgeräuschen, wie durch die Linie **1802** angegeben,

wobei der Zustand zu einem höheren Niveau verändert wird. Das Erlernen beginnt durch Bestimmen und Speichern von Motorklopfhintergrundgeräuschpegeln für alle Motorzylinder im Speicher der Steuerung (z. B. RAM), während alle Kraftstoffeinspritzvorrichtungen angeschaltet sind. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder **5** zu diesem Zeitpunkt ist durch den Pfeil **1850** angegeben. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder **1** zu diesem Zeitpunkt ist durch den Pfeil **1854** angegeben. Zu diesem Zeitpunkt werden Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für jeden Motorzylinder bestimmt und im Speicher der Steuerung gespeichert. Die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel können in einer kurzen Zeit bestimmt werden, wenn sich Motorbetriebsbedingungen, die vor Zeitpunkt **t51** beginnen, nicht sehr verändern, wie in diesem Beispiel gezeigt. Diese sind die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für den Betrieb mit allen Zylindern mit allen angeschalteten Kraftstoffeinspritzvorrichtungen. Sobald die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für jeden Motorzylinder bestimmt und im Speicher der Steuerung gespeichert wurden, wird die DI-Einspritzvorrichtung für Zylinder **1** abgeschaltet, wie kurz nach Zeitpunkt **t51** durch die Abwesenheit des Balkens der DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung für Zylinder Nummer eins gezeigt. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder **5** sinkt, nachdem die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder **1** abgeschaltet wurde. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder **5**, wenn die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder **1** abgeschaltet ist, wird dann bestimmt und im Speicher der Steuerung gespeichert, nachdem sich der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder **5** stabilisiert hat, wie durch den Pfeil **1852** gezeigt.

[0165] Bei Zeitpunkt **t52** ist das Speichern des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder **5**, wenn die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder **1** abgeschaltet ist, abgeschlossen, sodass die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder **1** erneut angeschaltet wird und die DI-Einspritzvorrichtung für Zylinder **2** abgeschaltet wird. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder **1** sinkt, nachdem die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder **2** abgeschaltet wurde. Der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder **1**, wenn die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder **2** abgeschaltet ist, wird dann bestimmt und im Speicher der Steuerung gespeichert, nachdem sich der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel für Zylinder **1** stabilisiert hat, wie durch den Pfeil **1856** gezeigt.

[0166] Bei Zeitpunkt **t53** ist das Speichern des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für Zylinder **1**, wenn die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder **2** abgeschaltet ist, abgeschlossen, sodass die DI-Einspritzvorrichtung von Zylinder **2** erneut angeschaltet wird und die DI-Einspritzvorrichtung für Zylinder **3** abgeschaltet wird. Der Prozess wird fortgesetzt, bis die Motorhintergrundgeräuschpegel aller Zylinder

der bestimmt und im Speicher der Steuerung gespeichert wurden. Es ist anzumerken, dass die DI-Einspritzvorrichtungen der Motorzylinder derart gezeigt sind, dass sie in der Reihenfolge der Zylindernummer nacheinander abgeschaltet und angeschaltet werden, jedoch werden die Motorhintergrundgeräuschpegel für die Motorzylinder in einer Reihenfolge bestimmt und im Speicher der Steuerung gespeichert, welcher Zylinder von dem Hintergrundgeräuschpegel des Zylinders mit der abgeschalteten Kraftstoffeinspritzvorrichtung beeinflusst wird. Somit werden gemäß Tabelle 501 in **Fig. 5** die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel bestimmt und in einer Reihenfolge von 5-1-4-2-7-3-8-6 gespeichert, wenn die DI-Einspritzvorrichtungen gemäß der Darstellung in einer Reihenfolge von 1-8 abgeschaltet werden. Zwischen Zeitpunkt **t51** und Zeitpunkt **t54** verbrennt der Motor Kraftstoff in allen Motorzylindern und jeder Zylinder verbrennt bei einem im Wesentlichen stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Verhältnis (z. B. $\pm 5\%$). Die Menge an Kraftstoff, die durch eine Saugrohrkraftstoffeinspritzung in einen Zylinder eingespritzt wird, wird erhöht, wenn die DI-Einspritzvorrichtung des Zylinders abgeschaltet ist, sodass der Zylinder eine im Wesentlichen äquivalente Menge an Kraftstoff verbrennt, bevor die DI-Einspritzvorrichtung abgeschaltet wird und nachdem die DI-Einspritzvorrichtung abgeschaltet wurde. Dadurch wird dem Motor ermöglicht, den Betrieb mit minimaler Störung für Fahrzeuginsassen fortzusetzen.

[0167] Bei Zeitpunkt **t54** wurden alle DI-Einspritzvorrichtungen aller Motorzylinder abgeschaltet und die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Zylinder, die von der Abschaltung der DI-Einspritzvorrichtungen betroffen sind, wurden im Speicher der Steuerung zur späteren Verwendung gespeichert. Der Motor kehrt zum V8-Modus zurück und alle Kraftstoffeinspritzvorrichtungen werden angeschaltet und die Motorhintergrundgeräuschpegel für alle Motorzylinder befinden sich bei stabilisierten Werten.

[0168] Bei Zeitpunkt **t55** tritt der Motor in den V4-Modus ein, in dem die Zylinder **2, 3, 5** und **8** abgeschaltet sind, wobei kein Kraftstoff über DI- und Saugrohreinspritzvorrichtungen eingespritzt wird. Da das Abschalten der Zylinder **2, 3, 5** und **8** die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Zylinder **1, 4, 6** und **7** beeinflusst, werden die zwischen Zeitpunkt **t51** und Zeitpunkt **t55** bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel zum Betreiben der Motorzylinder **2, 3, 5** und **8** ohne DI-Einspritzvorrichtungen, die die Hintergrundgeräusche in den Klopfsternen der Zylinder **1, 4, 6** und **7** beeinflusst haben, bei Zeitpunkt **t55** angewandt. Zum Beispiel wird der durch den Pfeil **1856** angegebene Motorklopfhintergrundgeräuschpegel bei Zeitpunkt **t55** angewandt, wie durch den Pfeil **1858** angegeben. Demzufolge beruht die Bestimmung von Motorklopfen bei Zeitpunkt **t55** auf dem Motorklopfhintergrundgeräusch-

pegel **1858** anstelle des Motorhintergrundgeräuschpegels **1859** (der Beginn der gestrichelten Linie **1805** bei Zeitpunkt **t55**). Schließlich läuft der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel, der anhand der aktuell gefilterten integrierten und rektifizierten Klopfsensorausgabe, die durch die gestrichelte Linie **1805** angegeben ist, bestimmt wurde, mit dem Motorklopfhintergrundgeräuschpegel **1859** zusammen, jedoch wird in der Zwischenzeit das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Motorklopfen anhand des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels **1858** bestimmt. Somit kann das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Motorklopfen zuverlässiger bestimmt werden. Gleichmaßen wird der durch den Pfeil **1860** angegebene Motorklopfhintergrundgeräuschpegel bei Zeitpunkt **t55** angewandt, wie durch den Pfeil **1862** angegeben, der durch den Pfeil **1864** angegebene Motorklopfhintergrundgeräuschpegel wird bei Zeitpunkt **t55** angewandt, wie durch den Pfeil **1866** angegeben, der durch den Pfeil **1868** angegebene Motorklopfhintergrundgeräuschpegel wird bei Zeitpunkt **t55** angewandt, wie durch den Pfeil **1870** angegeben.

[0169] Zwischen Zeitpunkt **t55** und Zeitpunkt **t56** wird ein Motorklopfen auf Grundlage der vorher erlernten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel angegeben. Die Angabe von Klopfen führt zu einem zu verzögernden Zündzeitpunkt im Motorzylinder, der das Klopfen angibt.

[0170] Bei Zeitpunkt **t56** kehrt der Motor zum V8-Modus zurück, in dem alle Zylinder angeschaltet sind, wobei alle Einspritzvorrichtungen angeschaltet sind. Da das Anschalten der Zylinder **2, 3, 5** und **8** die Motorklopfhintergrundgeräuschpegel der Zylinder **1, 4, 6** und **7** beeinflusst, werden die zwischen Zeitpunkt **t51** bestimmten Motorklopfhintergrundgeräuschpegel zum Betreiben aller Motorzylinder bei Zeitpunkt **t55** angewandt. Zum Beispiel wird der durch den Pfeil **1854** angegebene Motorklopfhintergrundgeräuschpegel bei Zeitpunkt **t56** angewandt, wie durch den Pfeil **1880** angegeben. Demzufolge beruht die Bestimmung von Motorklopfen bei Zeitpunkt **t56** auf dem Motorklopfhintergrundgeräuschpegel **1880** anstelle des Motorhintergrundgeräuschpegels **1881** (der Beginn der gestrichelten Linie **1805** bei Zeitpunkt **t56**). Schließlich läuft der Motorklopfhintergrundgeräuschpegel, der anhand der aktuell gefilterten integrierten und rektifizierten Klopfsensorausgabe, die durch die gestrichelte Linie **1805** angegeben ist, bestimmt wurde, mit dem Motorklopfhintergrundgeräuschpegel **1881** zusammen, jedoch wird in der Zwischenzeit das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Motorklopfen anhand des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels **1880** bestimmt. Somit kann das Vorhandensein oder die Abwesenheit von Motorklopfen zuverlässiger bestimmt werden. Gleichmaßen werden Ersetzungen des Motorklopfhintergrundgeräuschpegels für die Zylinder **4, 7** und **8** durchgeführt.

[0171] Auf diese Weise können Motorhintergrundgeräuschpegel durch intrusive Abschaltungen und Anschaltungen der DI- und/oder PFI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung bestimmt werden, sodass sie zu einem späteren Zeitpunkt angewandt werden können, wenn VDE-Modi angeschaltet und abgeschaltet werden. Die intrusiven Abschaltungen der DI- und PFI-Kraftstoffeinspritzvorrichtungen werden durchgeführt, ohne die Fahrzeuginsassen zu stören, da der Motor weiter mit einer gleichen Anzahl an angeschalteten Zylindern und bei einem gleichen Luft-Kraftstoff-Verhältnis arbeitet.

[0172] Somit stellen die hierin beschriebenen Verfahren ein Motorbetriebsverfahren bereit, das Folgendes umfasst: Eintreten in einen ersten Betriebsmodus, in dem ein erster Zylinder über eine Steuerung abgeschaltet wird; und Erzeugen einer Angabe von Klopfen über die Steuerung für einen zweiten Zylinder gemäß einem ersten Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders, der sich aus Bedingungen ergibt, die beinhalten, dass eine Direkteinspritzvorrichtung des ersten Zylinders während eines ersten Motorzyklus abgeschaltet wird, wobei der erste Zylinder während des ersten Motorzyklus Kraftstoff verbrennt. Das Verfahren umfasst ferner Verzögern des Zündzeitpunkts des zweiten Zylinders als Reaktion auf die Angabe von Klopfen. Das Verfahren umfasst ferner Integrieren und Rektifizieren der Ausgabe eines Klopfensors, wobei die Ausgabe des Klopfensors während eines Klopfensters des zweiten Zylinders abgetastet wird und wobei das Klopfenster des zweiten Zylinders ein Kurbelwellengradintervall während eines Arbeitstakts des zweiten Zylinders ist. Das Verfahren umfasst ferner Tiefpassfiltern der integrierten und rektifizierten Ausgabe des Klopfensors, um den ersten Hintergrundgeräuschpegel bereitzustellen. Das Verfahren umfasst ferner Teilen der integrierten und rektifizierten Ausgabe des Klopfensors durch die tiefpassgefilterte integrierte und rektifizierte Ausgabe des Klopfensors, um einen Klopfintensitätspegel zu bestimmen, und wobei die Angabe von Klopfen auf Grundlage dem Klopfintensitätspegel beruht. Das Verfahren umfasst ferner Austreten aus dem ersten Betriebsmodus und Eintreten in einen zweiten Betriebsmodus, in dem alle Motorzylinder aktiv sind, und Bereitstellen einer Angabe von Klopfen über die Steuerung für den zweiten Zylinder gemäß einem zweiten Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders, der sich aus Bedingungen ergibt, die beinhalten, dass die Direkteinspritzvorrichtung des ersten Zylinders während eines zweiten Motorzyklus angeschaltet wird, wobei der erste Zylinder während des zweiten Motorzyklus Kraftstoff verbrennt, wobei der zweite Motorzyklus stattfindet, bevor in den ersten Betriebsmodus eingetreten wird. Das Verfahren beinhaltet, dass der erste Betriebsmodus ein Modus ist, in dem mindestens ein Motorzylinder bei jedem Zyklus des Motors abgeschaltet wird.

[0173] Die hierin beschriebenen Verfahren stellen außerdem ein Motorbetriebsverfahren bereit, das Folgendes umfasst: Betreiben eines Motors mit variablem Hubraum, wobei alle Zylinder Kraftstoff verbrennen, über eine Steuerung während eines ersten Zyklus des Motors mit variablem Hubraum, und Erzeugen einer ersten Gruppe von Motorzylinderhintergrundgeräuschpegeln anhand der Ausgabe eines Klopfensors während des ersten Zyklus; Verbrennen von Kraftstoff in allen Motorzylindern über die Steuerung während eines zweiten Zyklus des Motors mit variablem Hubraum und Abschalten einer Direkteinspritzvorrichtung eines ersten Zylinders, während Kraftstoff während des zweiten Zyklus in allen Motorzylindern verbrannt wird, und Erzeugen eines Hintergrundgeräuschpegels für einen zweiten Zylinder anhand der Ausgabe des Klopfensors während des zweiten Zyklus; Erzeugen von einer oder mehreren Angaben von Klopfen, die anhand der ersten Gruppe von Motorzylinderhintergrundgeräuschpegeln und des Hintergrundgeräuschpegels für den zweiten Zylinder über die Steuerung bestimmt wurden; und Einstellen des Zündzeitpunkts als Reaktion auf die eine oder die mehreren Angaben von Klopfen über die Steuerung. Das Verfahren beinhaltet, dass alle Direkteinspritzvorrichtungen des Motors während des ersten Zyklus des Motors betrieben werden.

[0174] In einigen Beispielen umfasst das Verfahren ferner aufeinanderfolgendes Abschalten von jeder der Direkteinspritzvorrichtungen des Motors mit variablem Hubraum, um eine zweite Gruppe von Motorzylinderhintergrundgeräuschpegeln zu erzeugen, wobei der Hintergrundgeräuschpegel für den zweiten Zylinder in der zweiten Gruppe von Motorzylinderhintergrundgeräuschpegeln enthalten ist. Das Verfahren umfasst ferner Anwenden des mindestens einen Motorzylinderhintergrundgeräuschpegels aus der zweiten Gruppe der Motorzylinderhintergrundgeräuschpegel, um Klopfen zu bestimmen, unmittelbar nachdem vom Betreiben des Motors mit variablem Hubraum mit allen angeschalteten Zylindern zu einem Modus mit mindestens einem abgeschalteten Zylinder gewechselt wurde. Das Verfahren umfasst ferner Anwenden des mindestens einen Motorzylinderhintergrundgeräuschpegels aus der ersten Gruppe der Motorzylinderhintergrundgeräuschpegel, um Klopfen zu bestimmen, unmittelbar nachdem vom Betreiben des Motors mit variablem Hubraum in einem Modus mit mindestens einem abgeschalteten Zylinder zu einem Modus mit allen angeschalteten Zylindern gewechselt wurde. Das Verfahren beinhaltet, dass eine Saugrohrkraftstoffeinspritzung dem ersten Zylinder während des zweiten Zyklus Kraftstoff zuführt. Das Verfahren beinhaltet, dass der Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders davon abhängig ist, ob die Direkteinspritzvorrichtung angeschaltet ist oder nicht. Das Verfahren beinhaltet, dass die erste Gruppe von Motorzylinder-

derhintergrundgeräuschpegeln anhand der Ausgabe einer Vielzahl von Klopfensoren erzeugt wird.

[0175] Es ist anzumerken, dass die hierin enthaltenen beispielhaften Steuer- und Schätzroutinen mit verschiedenen Motor- und/oder Fahrzeugsystemkonfigurationen verwendet werden können. Die hierin offenbarten Steuerverfahren und -routinen können als ausführbare Anweisungen in nichtflüchtigem Speicher gespeichert und durch das Steuersystem, das die Steuerung in Kombination mit den verschiedenen Sensoren, Aktoren und sonstiger Motorhardware beinhaltet, ausgeführt werden. Die hierin beschriebenen konkreten Routinen können eine oder mehrere aus einer beliebigen Anzahl von Verarbeitungsstrategien, wie etwa ereignisgesteuert, unterbrechungsgesteuert, Multitasking, Multithreading und dergleichen, darstellen. Demnach können verschiedene veranschaulichte Handlungen, Vorgänge und/oder Funktionen in der veranschaulichten Abfolge oder parallel durchgeführt oder in einigen Fällen weggelassen werden. Gleichermaßen ist die Verarbeitungsreihenfolge nicht zwangsläufig erforderlich, um die Merkmale und Vorteile der in dieser Schrift beschriebenen Beispiele zu erzielen, sondern ist vielmehr zur Erleichterung der Veranschaulichung und Beschreibung bereitgestellt. Eine(r) oder mehrere der veranschaulichten Handlungen, Vorgänge und/oder Funktionen können je nach konkret eingesetzter Strategie wiederholt durchgeführt werden. Ferner können die beschriebenen Handlungen, Vorgänge und/oder Funktionen grafisch Code darstellen, der in einem nichtflüchtigen Speicher des computerlesbaren Speichermediums in dem Motorsteuersystem zu programmieren ist, wobei die beschriebenen Handlungen durch Ausführen der Anweisungen in einem System, das die verschiedenen Motorhardwarekomponenten in Kombination mit der elektronischen Steuerung beinhaltet, ausgeführt werden.

[0176] Es versteht sich, dass die in dieser Schrift offenbarten Konfigurationen und Routinen beispielhafter Natur sind und diese konkreten Beispiele nicht in einschränkendem Sinn aufzufassen sind, da zahlreiche Variationen möglich sind. Zum Beispiel kann die vorstehende Technik auf V6-, 14-, I6-, V12-, 4-Zylinder-Boxer- und andere Motorarten angewendet werden. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung beinhaltet alle neuartigen und nicht naheliegenden Kombinationen und Unterkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen und sonstige hierin offenbarte Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften.

[0177] Die folgenden Patentansprüche heben bestimmte Kombinationen und Unterkombinationen besonders hervor, die als neuartig und nicht naheliegend betrachtet werden. Diese Patentansprüche können sich auf „ein“ Element oder „ein erstes“ Element oder das Äquivalent davon beziehen. Derarti-

ge Patentansprüche sind so zu verstehen, dass sie die Einbeziehung eines oder mehrerer derartiger Elemente beinhalten und zwei oder mehr derartige Elemente weder erfordern noch ausschließen. Andere Kombinationen und Unterkombinationen der offenbarten Merkmale, Funktionen, Elemente und/oder Eigenschaften können durch Änderung der vorliegenden Patentansprüche oder durch Einreichung neuer Patentansprüche in dieser oder einer verwandten Anmeldung beansprucht werden. Derartige Patentansprüche werden unabhängig davon, ob sie im Vergleich zu den ursprünglichen Patentansprüchen einen weiteren, engeren, gleichen oder anderen Schutzzumfang aufweisen, ebenfalls als im Gegenstand der vorliegenden Offenbarung eingeschlossen betrachtet.

[0178] Gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet ein Motorbetriebsverfahren Eintreten in einen ersten Betriebsmodus, in dem ein erster Zylinder über eine Steuerung abgeschaltet wird; und Erzeugen einer Angabe von Klopfen über die Steuerung für einen zweiten Zylinder gemäß einem ersten Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders, der sich aus Bedingungen ergibt, die beinhalten, dass eine Direkteinspritzvorrichtung des ersten Zylinders während eines ersten Motorzyklus abgeschaltet wird, wobei der erste Zylinder während des ersten Motorzyklus Kraftstoff verbrennt.

[0179] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch Verzögern des Zündzeitpunkts des zweiten Zylinders als Reaktion auf die Angabe von Klopfen.

[0180] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch Integrieren und Rektifizieren der Ausgabe eines Klopfensensors, wobei die Ausgabe des Klopfensensors während eines Klopfensters des zweiten Zylinders abgetastet wird und wobei das Klopfenster des zweiten Zylinders ein Kurbelwellengradintervall während eines Arbeitstakts des zweiten Zylinders ist.

[0181] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch Tiefpassfiltern der integrierten und rektifizierten Ausgabe des Klopfensensors, um den ersten Hintergrundgeräuschpegel bereitzustellen.

[0182] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch Teilen der integrierten und rektifizierten Ausgabe des Klopfensensors durch die tiefpassgefilterte integrierte und rektifizierte Ausgabe des Klopfensensors, um einen Klopfintensitätspegel zu bestimmen, und wobei die Angabe von Klopfen auf Grundlage dem Klopfintensitätspegel beruht.

[0183] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch Ausreten aus dem ersten Betriebsmodus und Eintreten in einen zweiten Betriebsmodus, in dem alle Motorzylinder aktiv sind, und Bereitstellen einer Angabe von Klopfen über die Steuerung für den zweiten Zylinder gemäß einem zweiten Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders, der sich aus Bedingungen ergibt, die beinhalten, dass die Direkteinspritzvorrichtung des ersten Zylinders während eines zweiten Motorzyklus angeschaltet wird, wobei der erste Zylinder während des zweiten Motorzyklus Kraftstoff verbrennt, wobei der zweite Motorzyklus stattfindet, bevor in den ersten Betriebsmodus eingetreten wird.

[0184] Gemäß einer Ausführungsform ist der erste Betriebsmodus ein Modus, in dem mindestens ein Motorzylinder bei jedem Zyklus des Motors abgeschaltet wird.

[0185] Gemäß der vorliegenden Erfindung beinhaltet ein Motorbetriebsverfahren Betreiben eines Motors mit variablem Hubraum, wobei alle Zylinder Kraftstoff verbrennen, über eine Steuerung während eines ersten Zyklus des Motors mit variablem Hubraum, und Erzeugen einer ersten Gruppe von Motorzylinderhintergrundgeräuschpegeln anhand der Ausgabe eines Klopfensensors während des ersten Zyklus; Verbrennen von Kraftstoff in allen Motorzylindern über die Steuerung während eines zweiten Zyklus des Motors mit variablem Hubraum und Abschalten einer Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung eines ersten Zylinders, während Kraftstoff während des zweiten Zyklus in allen Motorzylindern verbrannt wird, und Erzeugen eines Hintergrundgeräuschpegels für einen zweiten Zylinder anhand der Ausgabe des Klopfensensors während des zweiten Zyklus; Erzeugen von einer oder mehreren Angaben von Klopfen, die anhand der ersten Gruppe von Motorzylinderhintergrundgeräuschpegeln und des Hintergrundgeräuschpegels für den zweiten Zylinder über die Steuerung bestimmt wurden; und Einstellen des Zündzeitpunkts als Reaktion auf die eine oder die mehreren Angaben von Klopfen über die Steuerung.

[0186] Gemäß einer Ausführungsform arbeiten alle Direkteinspritzvorrichtungen des Motors während des ersten Zyklus des Motors.

[0187] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch aufeinanderfolgendes Abschalten von jeder der Direktkraftstoffeinspritzvorrichtungen des Motors mit variablem Hubraum, um eine zweite Gruppe von Motorzylinderhintergrundgeräuschpegeln zu erzeugen, wobei der Hintergrundgeräuschpegel für den zweiten Zylinder in der zweiten Gruppe von Motorzylinderhintergrundgeräuschpegeln enthalten ist.

[0188] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch Anwenden des mindestens einen Motorzylinderhintergrundgeräuschpegels aus der zweiten Gruppe der Motorzylinderhintergrundgeräuschpegel, um Klopfen zu bestimmen, unmittelbar nachdem vom Betreiben des Motors mit variablem Hubraum mit allen angeschalteten Zylindern zu einem Modus mit mindestens einem abgeschalteten Zylinder gewechselt wurde.

[0189] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch Anwenden des mindestens einen Motorzylinderhintergrundgeräuschpegels aus der ersten Gruppe der Motorzylinderhintergrundgeräuschpegel, um Klopfen zu bestimmen, unmittelbar nachdem vom Betreiben des Motors mit variablem Hubraum in einem Modus mit mindestens einem abgeschalteten Zylinder zu einem Modus mit allen angeschalteten Zylindern gewechselt wurde.

[0190] Gemäß einer Ausführungsform führt eine Saugrohrkraftstoffeinspritzung dem ersten Zylinder während des zweiten Zyklus Kraftstoff zu.

[0191] Gemäß einer Ausführungsform ist der Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders davon abhängig, ob die Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung angeschaltet ist oder nicht.

[0192] Gemäß einer Ausführungsform wird die erste Gruppe von Motorzylinderhintergrundgeräuschpegeln anhand der Ausgabe einer Vielzahl von Klopfensensoren erzeugt.

[0193] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein System zum Betreiben eines Motors bereitgestellt, aufweisend einen Motor mit variablem Hubraum, beinhaltend eine Saugrohrkraftstoffeinspritzung und eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung für jeden Motorzylinder; und eine Steuerung, die in einem nichtflüchtigen Speicher gespeicherte ausführbare Anweisungen beinhaltet, um den Motor mit variablem Hubraum zu betreiben, wobei alle Zylinder Kraftstoff verbrennen, die Direktkraftstoffeinspritzvorrichtungen jedes Motorzylinders nacheinander abzuschalten, während alle Zylinder Kraftstoff verbrennen, und Hintergrundgeräuschpegel für das Zylinderklopfen für jeden Motorzylinder von einer abgetasteten Klopfensorausgabe zu erzeugen, während mindestens eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung abgeschaltet ist, während alle Zylinder Kraftstoff verbrennen.

[0194] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch zusätzliche Anweisungen zum Einspritzen von Kraftstoff in die Motorzylinder über Saugrohrkraftstoffeinspritzungen.

[0195] Gemäß einer Ausführungsform ist die vorstehende Erfindung ferner gekennzeichnet durch zusätzliche Anweisungen zum Einstellen des Zündzeitpunkts als Reaktion auf Angaben von Klopfen.

[0196] Gemäß einer Ausführungsform beruhen die Angaben von Klopfen auf den Zylinderklopf hintergrundgeräuschpegeln.

[0197] Gemäß einer Ausführungsform beinhaltet das Einstellen des Zündzeitpunkts Verzögern des Zündzeitpunkts.

Patentansprüche

1. Motorbetriebsverfahren, umfassend:
Eintreten in einen ersten Betriebsmodus, in dem ein erster Zylinder über eine Steuerung abgeschaltet wird; und
Erzeugen einer Angabe von Klopfen über die Steuerung für einen zweiten Zylinder gemäß einem ersten Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders, der sich aus Bedingungen ergibt, die beinhalten, dass eine Direkteinspritzvorrichtung des ersten Zylinders während eines ersten Motorzyklus abgeschaltet wird, wobei der erste Zylinder während des ersten Motorzyklus Kraftstoff verbrennt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend Verzögern des Zündzeitpunkts des zweiten Zylinders als Reaktion auf die Angabe von Klopfen.
3. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend Integrieren und Rektifizieren der Ausgabe eines Klopfensors, wobei die Ausgabe des Klopfensors während eines Klopfensters des zweiten Zylinders abgetastet wird und wobei das Klopfenster des zweiten Zylinders ein Kurbelwellengradintervall während eines Arbeitstakts des zweiten Zylinders ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, ferner umfassend Tiefpassfiltern der integrierten und rektifizierten Ausgabe des Klopfensors, um den ersten Hintergrundgeräuschpegel bereitzustellen.
5. Verfahren nach Anspruch 4, ferner umfassend Teilen der integrierten und rektifizierten Ausgabe des Klopfensors durch die tiefpassgefilterte integrierte und rektifizierte Ausgabe des Klopfensors, um einen Klopfintensitätspegel zu bestimmen, und wobei die Angabe von Klopfen auf Grundlage dem Klopfintensitätspegel beruht.
6. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend Austreten aus dem ersten Betriebsmodus und Eintreten in einen zweiten Betriebsmodus, in dem alle Motorzylinder aktiv sind, und Bereitstellen einer Angabe von Klopfen über die Steuerung für den zweiten Zylinder gemäß einem zweiten Hintergrundgeräuschpegel des zweiten Zylinders, der sich aus Bedingun-

gen ergibt, die beinhalten, dass die Direkteinspritzvorrichtung des ersten Zylinders während eines zweiten Motorzyklus angeschaltet wird, wobei der erste Zylinder während des zweiten Motorzyklus Kraftstoff verbrennt, wobei der zweite Motorzyklus stattfindet, bevor in den ersten Betriebsmodus eingetreten wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei der erste Betriebsmodus ein Modus ist, in dem mindestens ein Motorzylinder bei jedem Zyklus des Motors abgeschaltet wird.

8. System zum Betreiben eines Motors, umfassend:
einen Motor mit variablem Hubraum, beinholdend eine Saugrohrkraftstoffeinspritzung und eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung für jeden Motorzylinder; und
eine Steuerung, die in einem nichtflüchtigen Speicher gespeicherte ausführbare Anweisungen beinholdet, um den Motor mit variablem Hubraum zu betreiben, wobei alle Zylinder Kraftstoff verbrennen, die Direktkraftstoffeinspritzvorrichtungen jedes Motorzylinders nacheinander abzuschalten, während alle Zylinder Kraftstoff verbrennen, und Hintergrundgeräuschpegel für das Zylinderklopfen für jeden Motorzylinder von einer abgetasteten Klopfensorausgabe zu erzeugen, während mindestens eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung abgeschaltet ist, während alle Zylinder Kraftstoff verbrennen.

9. System nach Anspruch 8, ferner umfassend zusätzliche Anweisungen zum Einspritzen von Kraftstoff in die Motorzylinder über Saugrohrkraftstoffeinspritzungen.

10. System nach Anspruch 8, ferner umfassend zusätzliche Anweisungen zum Einstellen des Zündzeitpunkts als Reaktion auf Angaben von Klopfen.

11. System nach Anspruch 10, wobei die Angaben von Klopfen auf den Zylinderklopf hintergrundgeräuschpegeln beruhen.

12. System nach Anspruch 10, wobei das Einstellen des Zündzeitpunkts Verzögern des Zündzeitpunkts beinholdet.

Es folgen 17 Seiten Zeichnungen

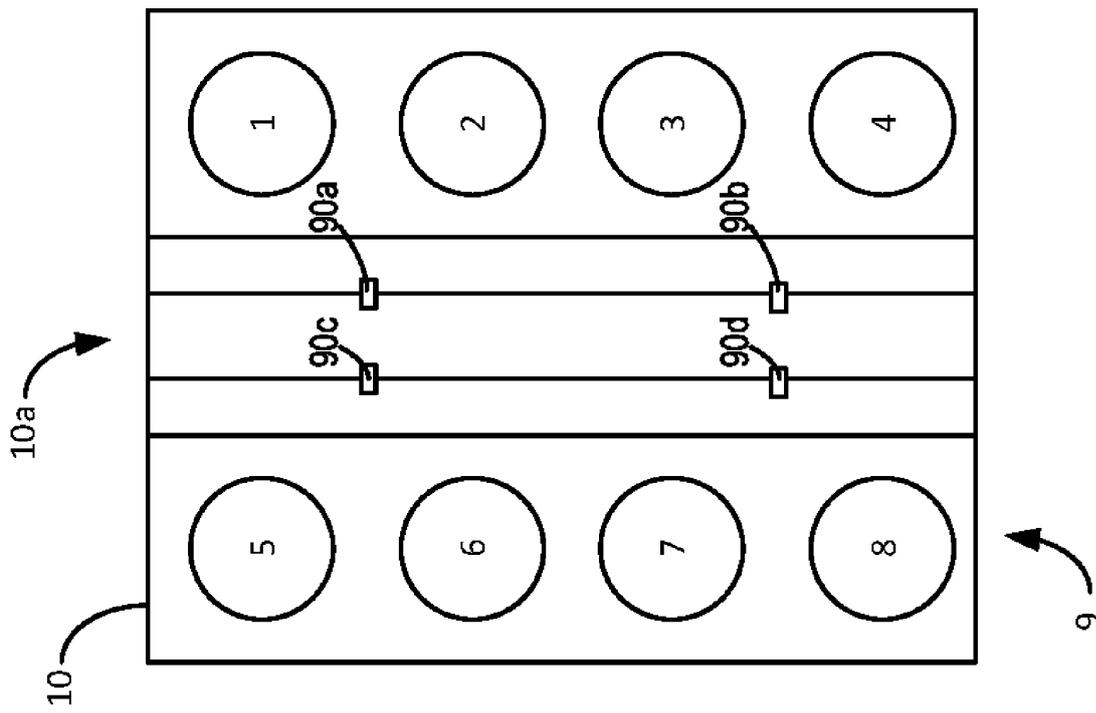


FIG. 1B

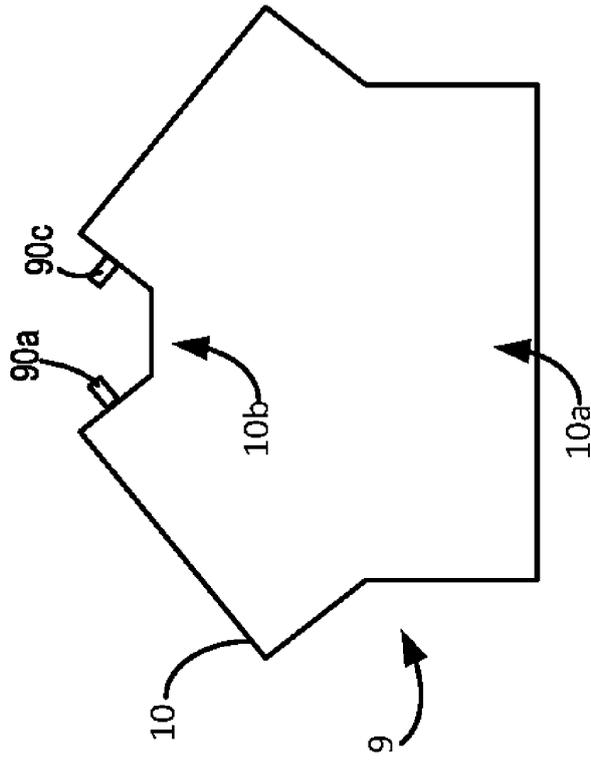


FIG. 1C

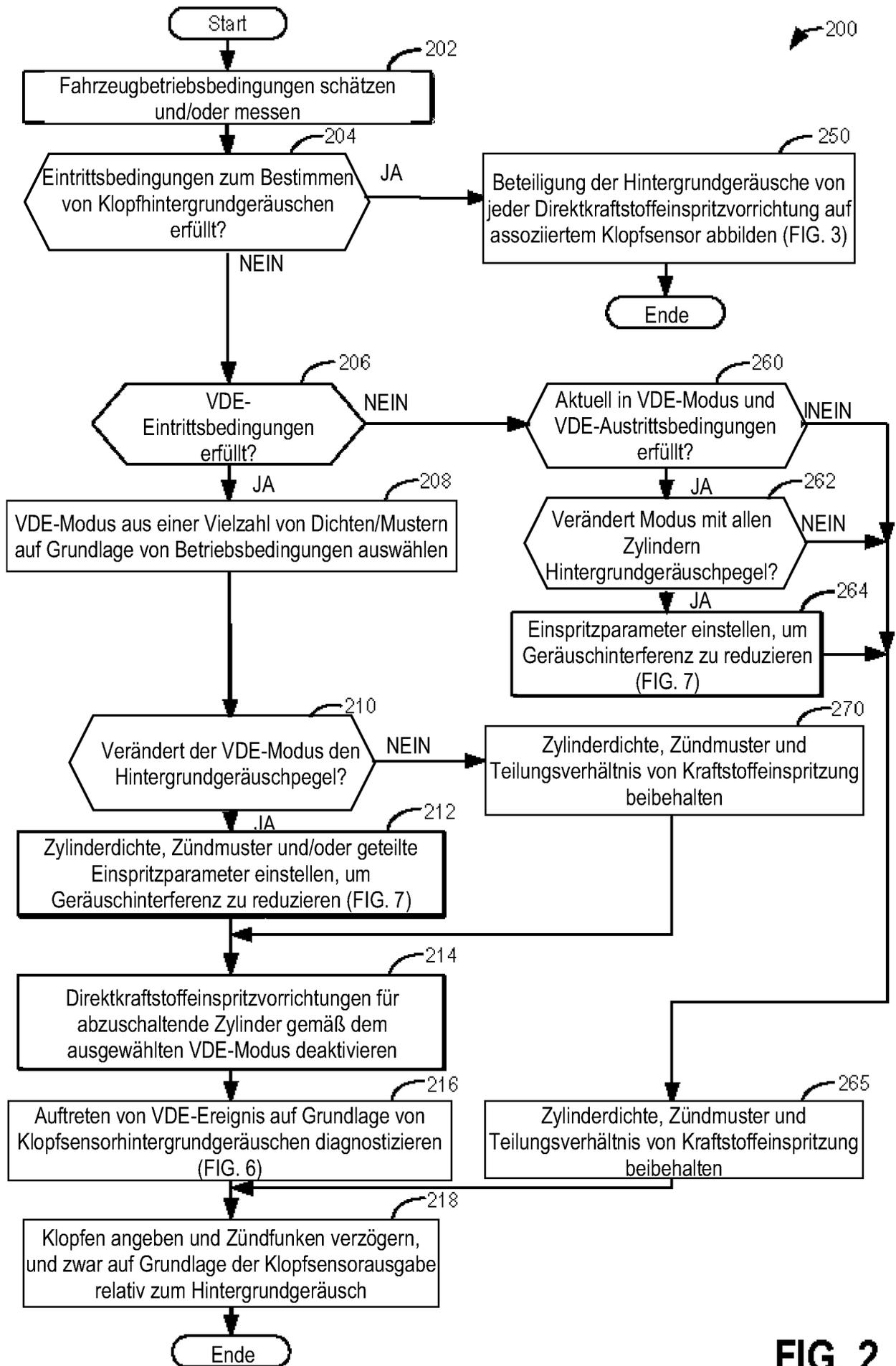


FIG. 2

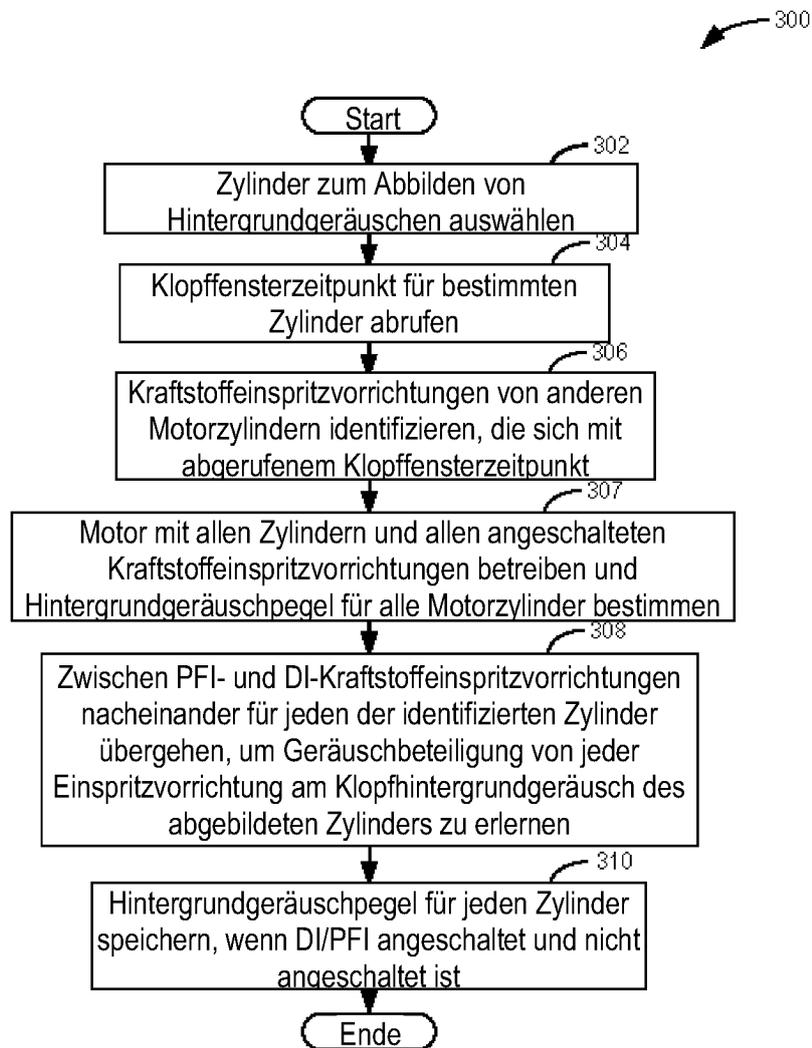


FIG. 3

400 ↗

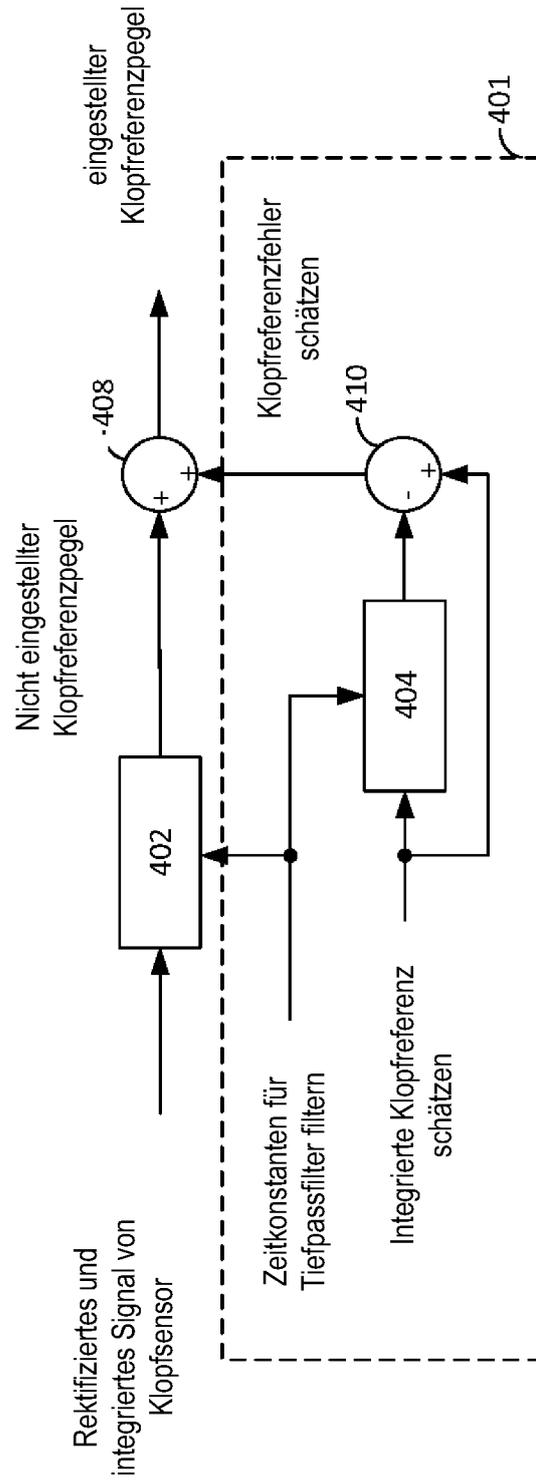
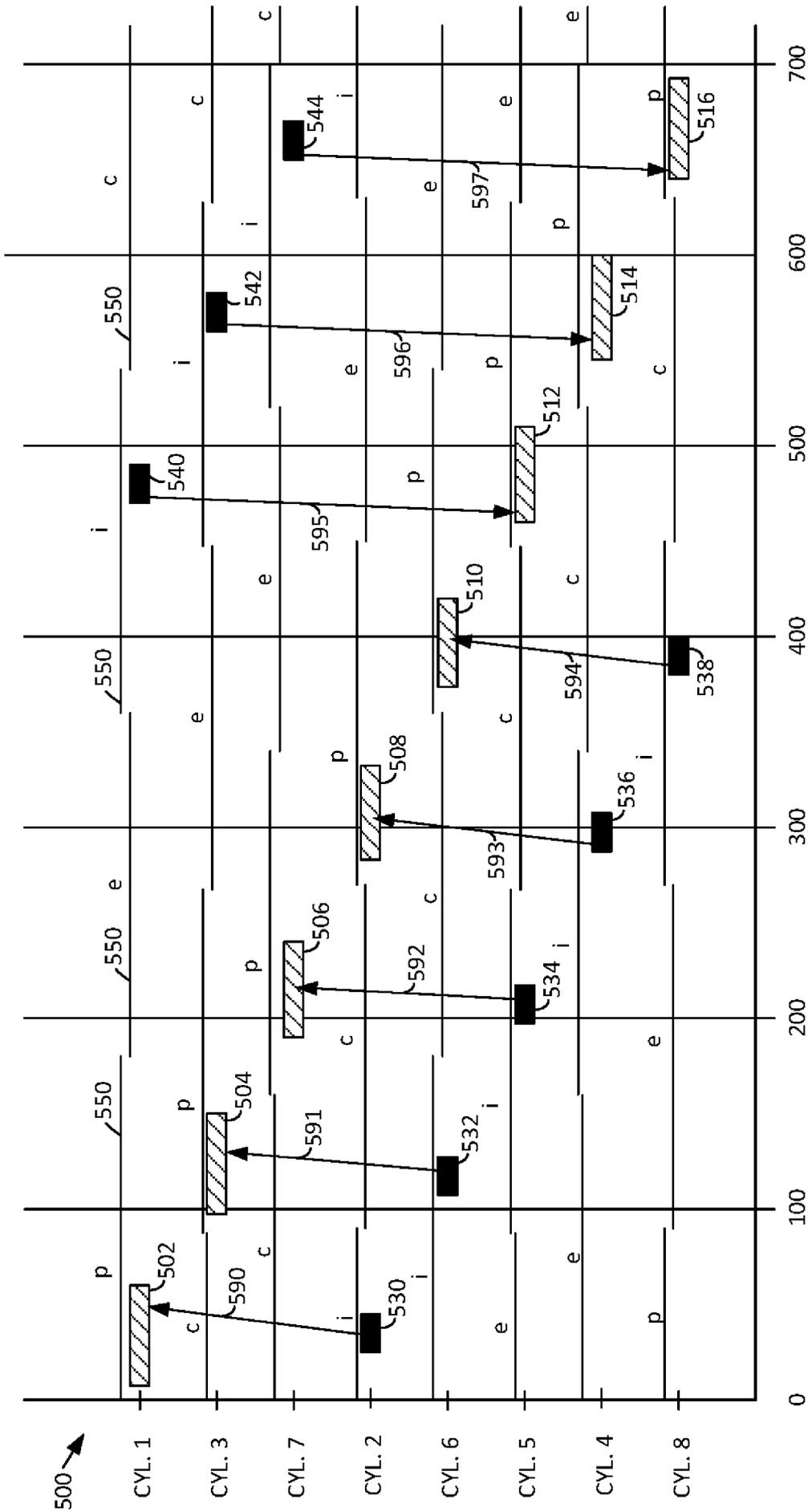


FIG. 4



501 → In verbrennenden Zylinder eingespritzter Kraftstoff

Klopffensterzylinder, der durch die Einspritzung in den verbrennenden Zylinder beeinflusst wird

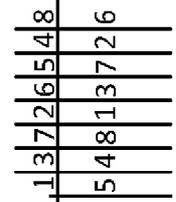


FIG. 5

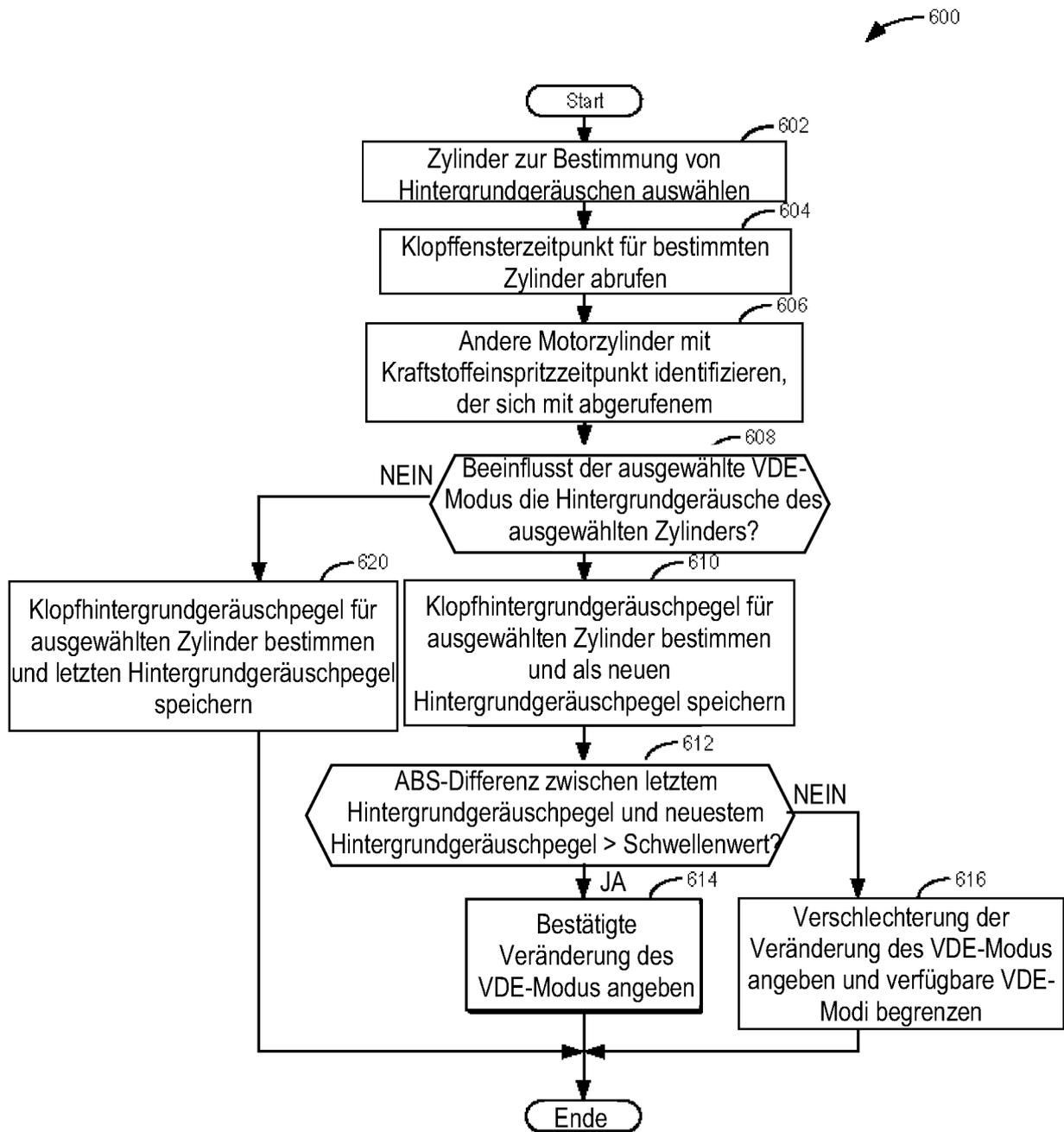


FIG. 6

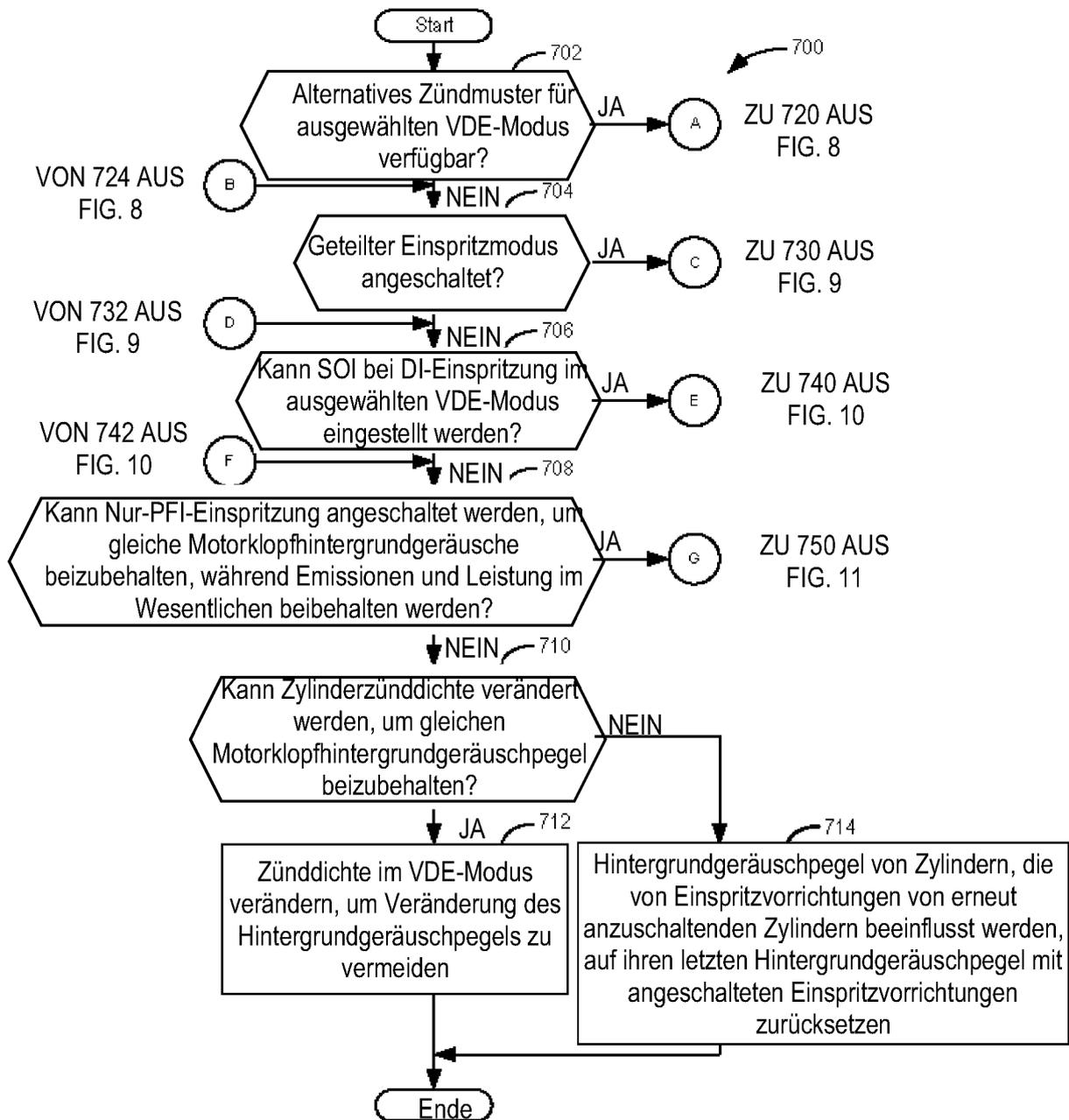


FIG. 7

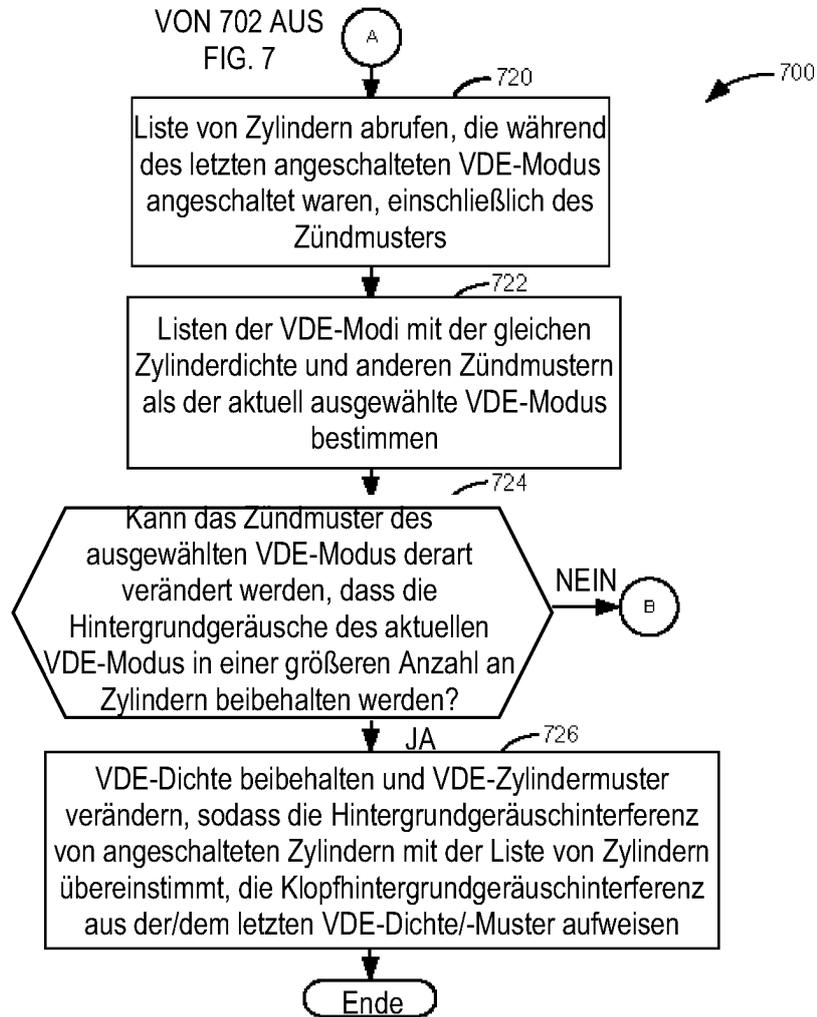


FIG. 8

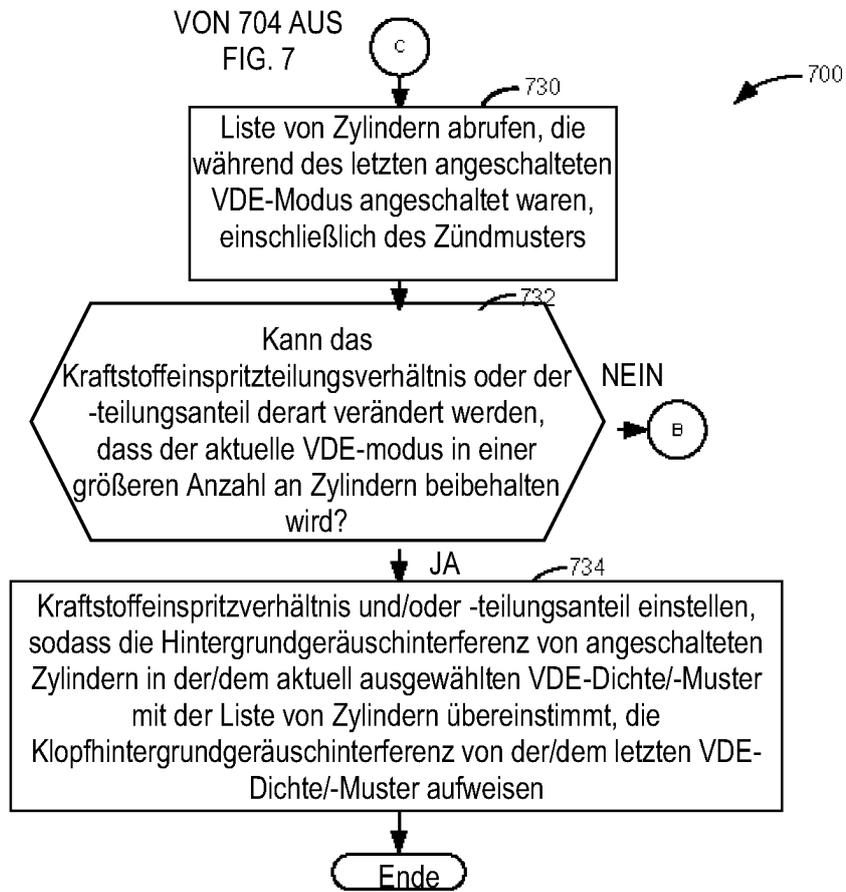


FIG. 9

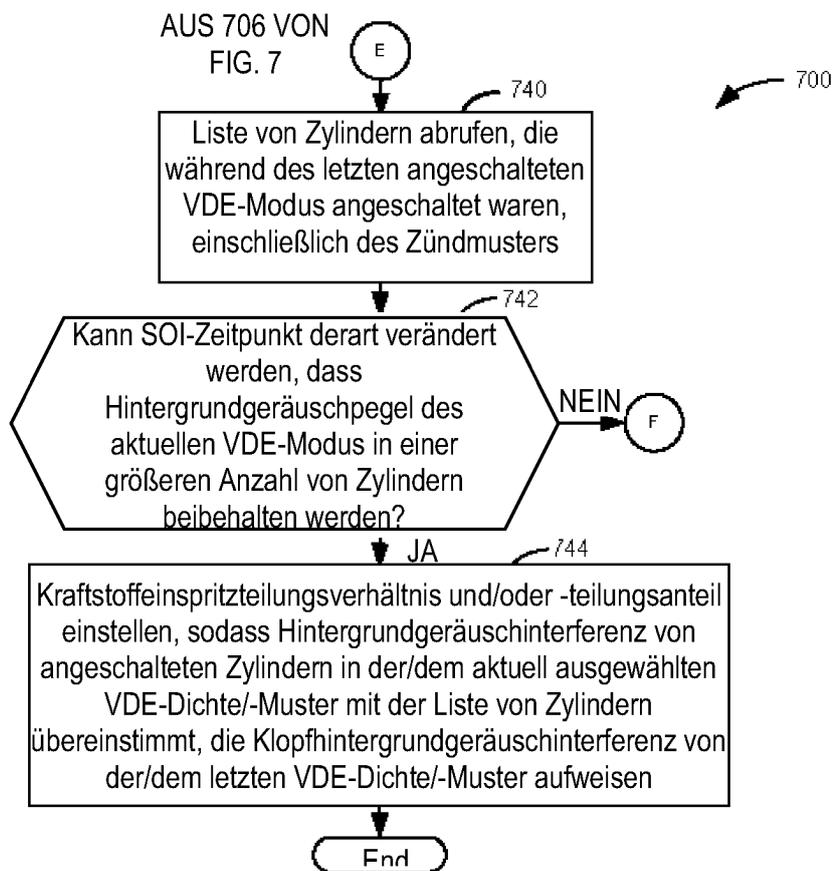


FIG. 10

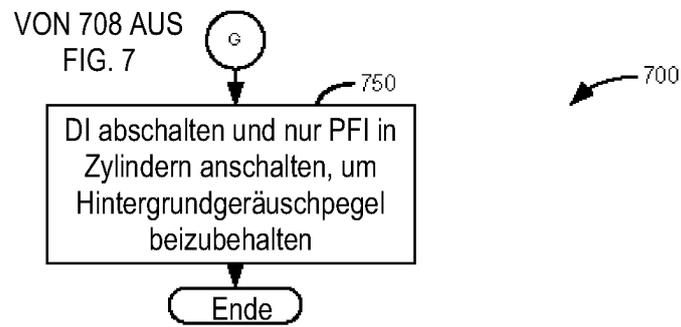
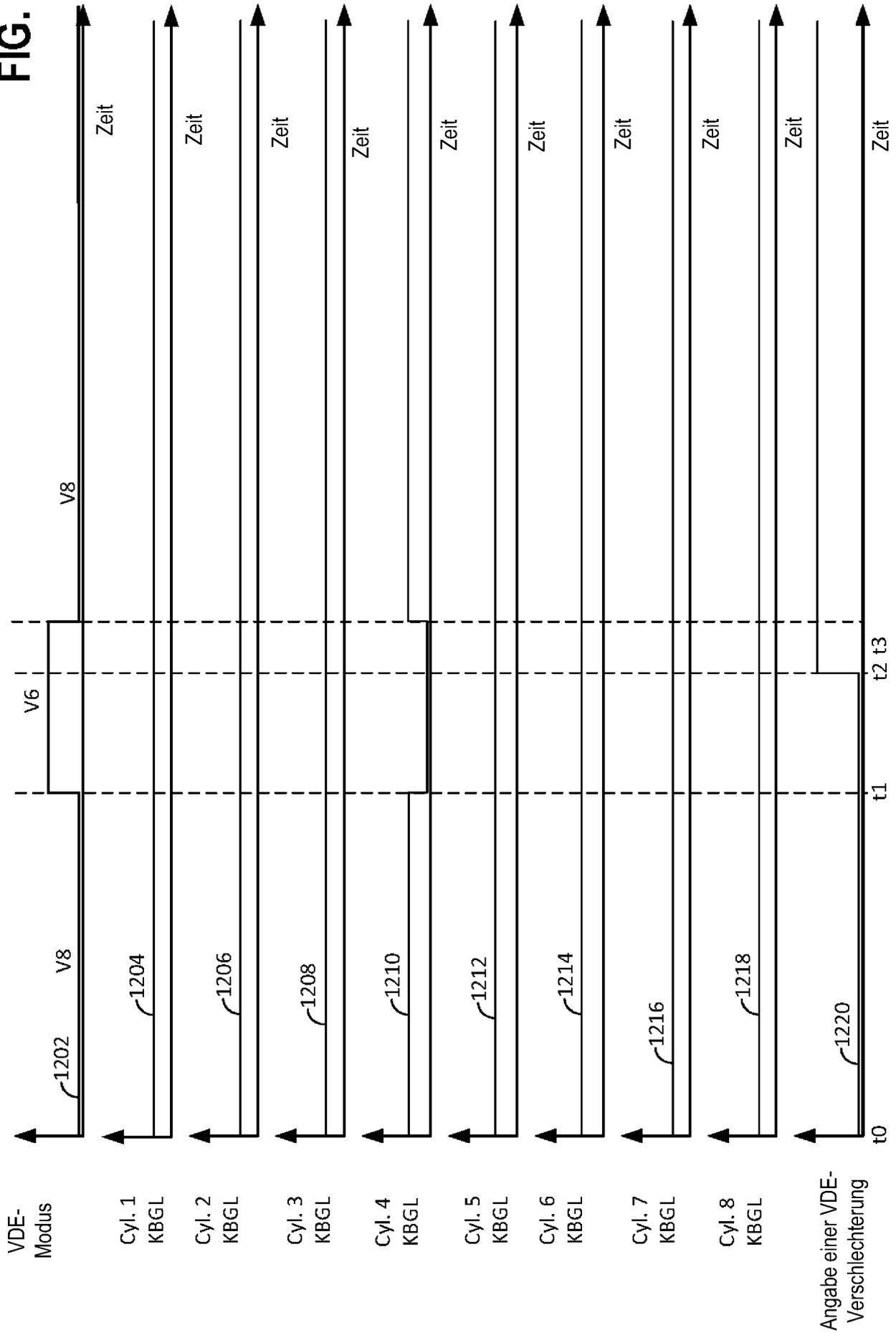


FIG. 11

FIG. 12



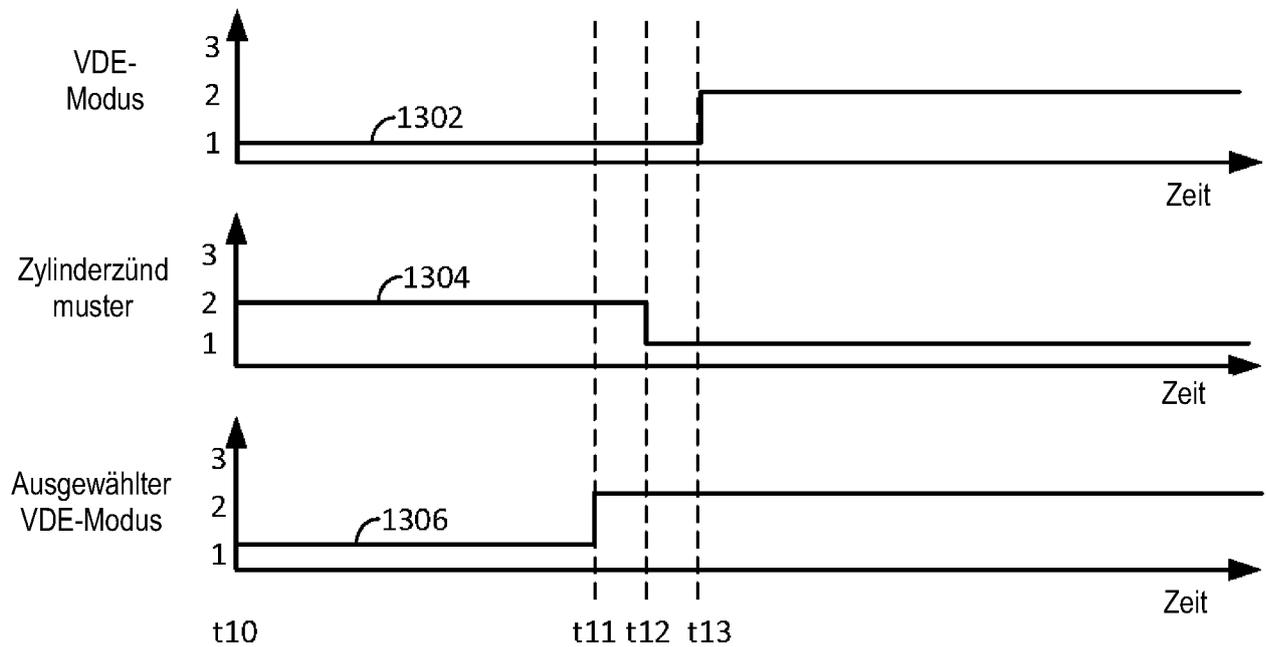


FIG. 13

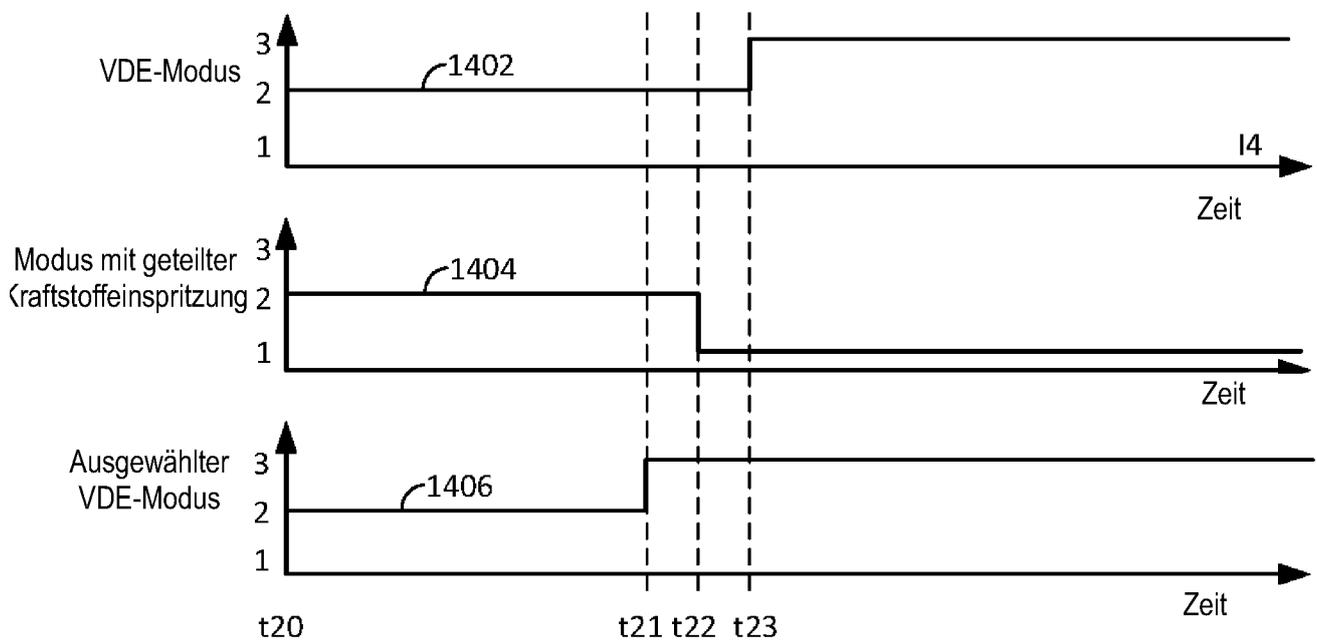


FIG. 14

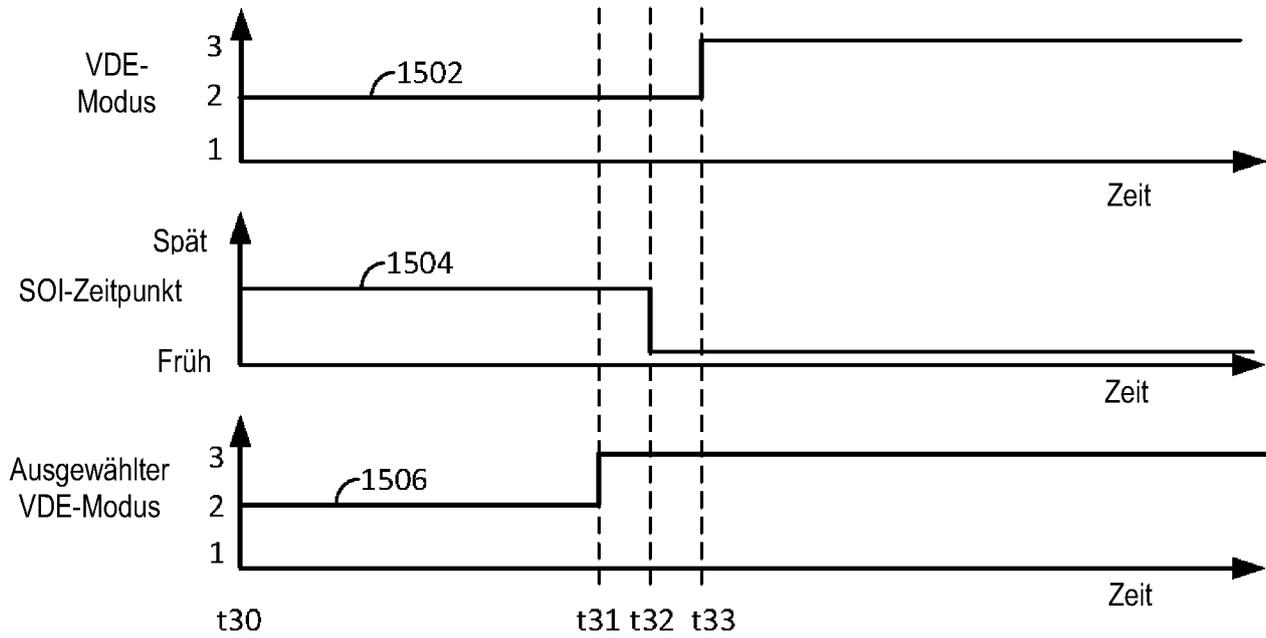


FIG. 15

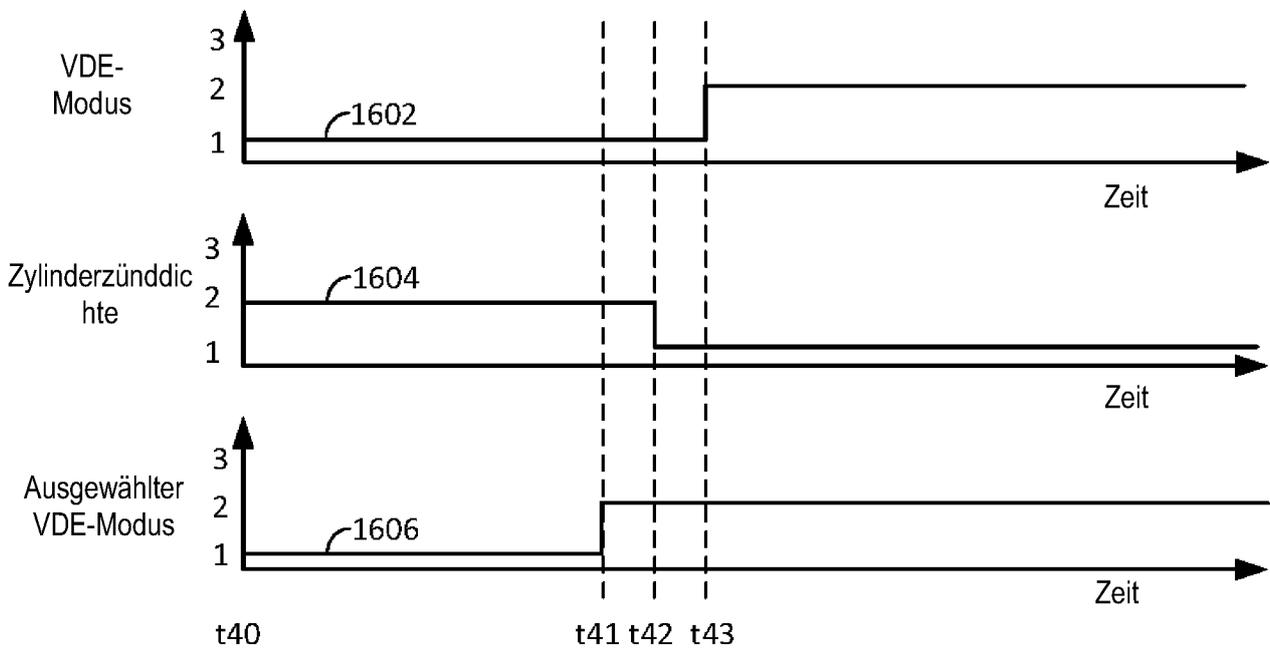


FIG. 16

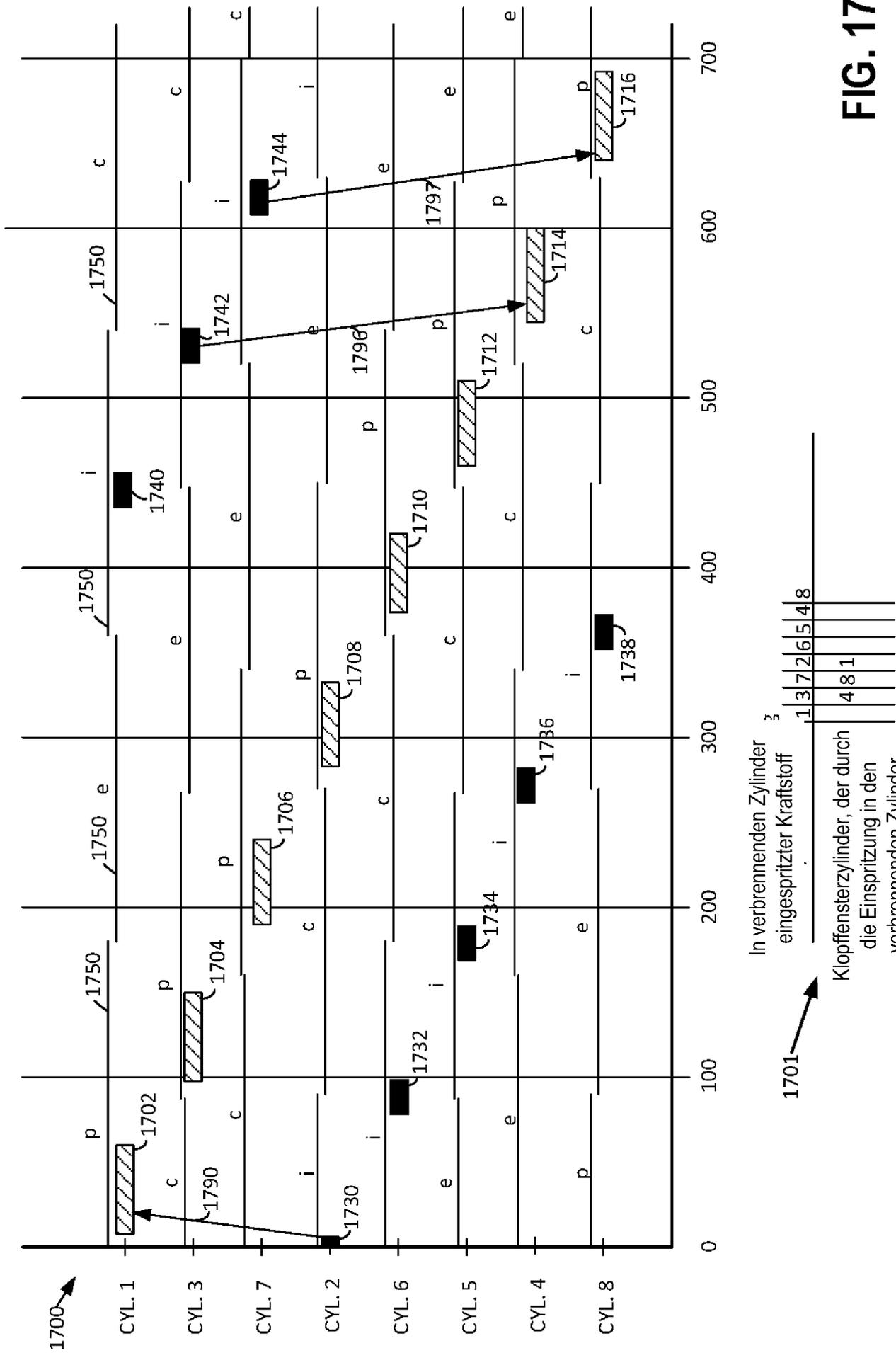


FIG. 17

BG-Geräusche charakterisieren
Betriebsmodus

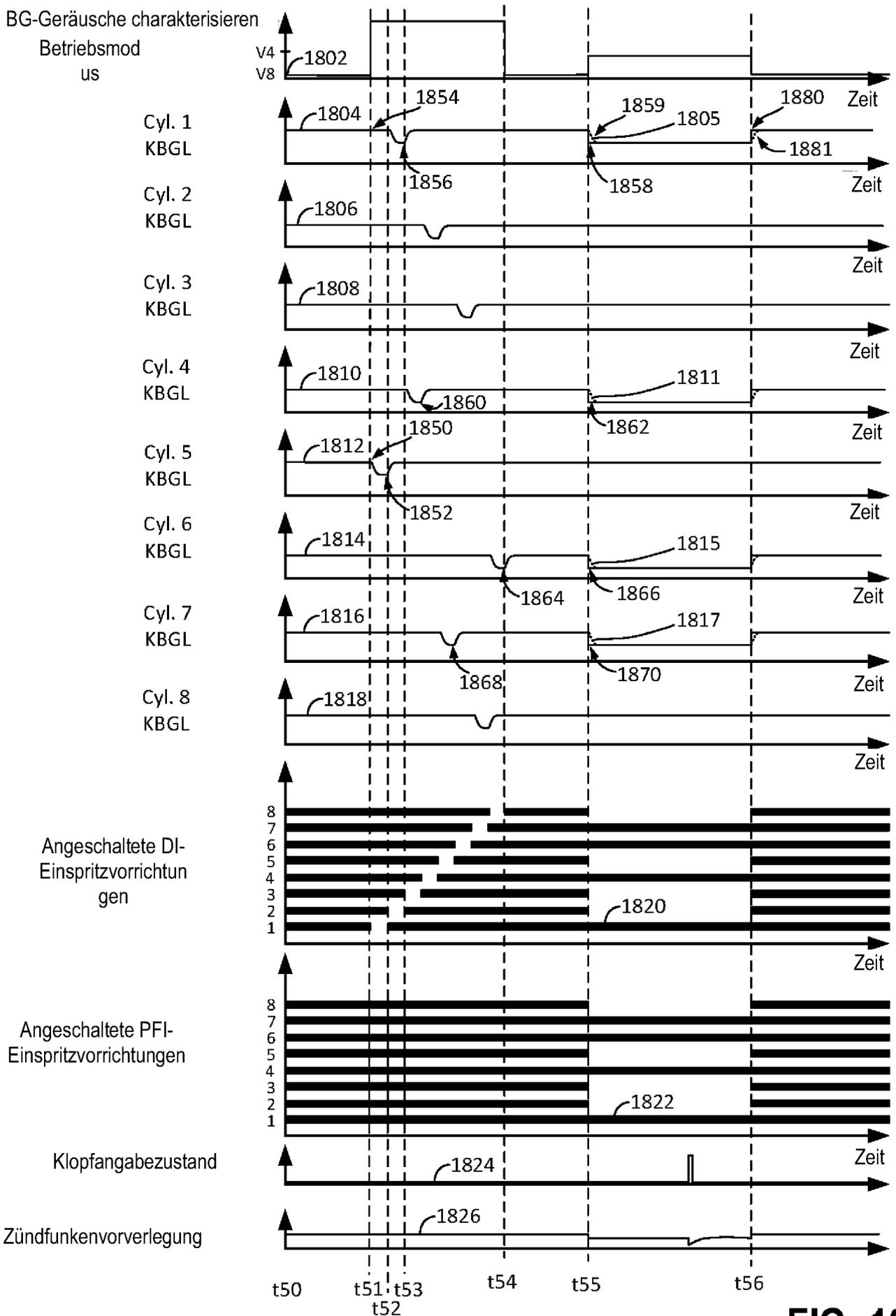


FIG. 18