



(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 116 158.9**
 (22) Anmeldetag: **18.07.2017**
 (43) Offenlegungstag: **25.01.2018**
 (45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **06.03.2025**

(51) Int Cl.: **F02D 41/30 (2006.01)**
F02D 41/06 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
15/214,232 **19.07.2016** **US**

(73) Patentinhaber:
Ford Global Technologies, LLC, Dearborn, Mich., US

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

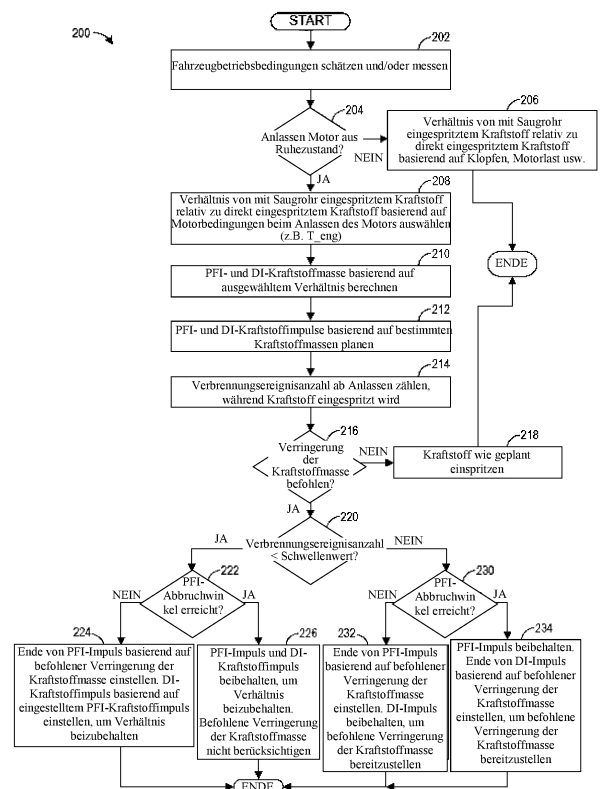
(72) Erfinder:
Hollar, Paul, Belleville, Mich., US; Reichenbach, Ron, Troy, Mich., US; Sanborn, Ethan D., Saline, Mich., US; Dusa, Daniel, West Bloomfield, Mich., US; Thomas, Joseph Lyle, Kimball, Mich., US

(56) Ermittelte Stand der Technik:

US	7 726 277	B2
US	8 100 107	B2
US	9 284 906	B2

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN UND SYSTEME ZUR DUALEN KRAFTSTOFFEINSPRITZUNG**

(57) Hauptanspruch: Verfahren für einen Motor, umfassend: für eine erste Anzahl von aufeinanderfolgenden Verbrennungsereignissen, gezählt ab einem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassen des Motors aus einem Ruhezustand, Zuführen von Kraftstoff zu einem Motor jeweils mit Saugrohr- und mit Direkteinspritzung; und Beibehalten eines Verhältnisses von über eine Saugrohreinjection relativ zu über eine Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff, während der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert.



Beschreibung

Gebiet

[0001] Die vorliegende Beschreibung betrifft im Allgemeinen Verfahren und Systeme für einen Motor, der sowohl mit Möglichkeiten zur Saugrohreinspritzung als auch zur Direkteinspritzung von Kraftstoff konfiguriert ist.

Allgemeiner Stand der Technik und Kurzdarstellung

[0002] Motoren können verschiedene Formen der Kraftstoffzuführung verwenden, um in jedem Zylinder eine gewünschte Kraftstoffmenge für die Verbrennung bereitzustellen. Eine Art der Kraftstoffzufuhr verwendet eine Saugrohreinspritzvorrichtung für jeden Zylinder, um den jeweiligen Zylindern Kraftstoff zuzuführen. Eine weitere Art der Kraftstoffzuführung verwendet ferner eine Direkteinspritzvorrichtung für jeden Zylinder. Direktkraftstoffeinspritzsysteme (direct injection - DI) können die Zylinderfüllungskühlung verbessern, sodass die Motorzylinder bei höheren Verdichtungsverhältnissen betrieben werden können, ohne dass unerwünschtes Motorklopfen entsteht. Saugrohrkraftstoffeinspritzsysteme (port fuel injection - PFI) können die Partikelemissionen verringern und die Kraftstoffverdampfung verbessern. Außerdem können durch die Saugrohreinspritzung Pumpverluste bei niedrigen Lasten verringert werden. Um die Vorteile beider Kraftstoffeinspritzarten zu nutzen, können Motoren auch jeweils mit der Saugrohr- und der Direkteinspritzung konfiguriert sein. Dabei kann basierend auf den Motorbetriebsbedingungen, wie den Motordrehzahl-Lastbereichen, Kraftstoff nur über Direkteinspritzung, nur über Saugrohreinspritzung oder über eine Kombination beider Einspritzarten zugeführt werden. Bei einem erneuten Anlassen des Motors kann der Motor zum Beispiel jeweils mit der Saugrohr- und der Direkteinspritzung mit Kraftstoff versorgt werden, wobei das Teilungsverhältnis basierend auf einer oder mehreren Motorbetriebsbedingungen eingestellt wird.

[0003] Ein Beispiel für einen Ansatz für das Betreiben eines Motors mit dualen Kraftstoffzuführungsmöglichkeiten ist von Bidner et al. in US 8 100 107 B2 dargestellt. Darin beinhaltet das Teilungsverhältnis für die Kraftstoffzufuhr zum Motor einen höheren Anteil der Kraftstoffmasse, die während eines Kaltstarts des Motors befohlen und über Saugrohreinspritzung bereitgestellt wird und einen verbleibenden kleineren Anteil, der über Direkteinspritzung bereitgestellt wird. Durch Erhöhen des Verhältnisses von mittels Saugrohr eingespritztem Kraftstoff bei der Kraftstoffaufteilung werden die Partikelemissionen verringert.

[0004] Ferner beschreiben US 9 284 906 B2 und US 7 726 277 B2 Verfahren und Systeme zum

Steuern und Regeln einer dualen Kraftstoffeinspritzung eines Motorsystems.

[0005] Die Erfinder der vorliegenden Erfindung haben jedoch mögliche Probleme bei einem Ansatz wie dem von Bidner et al. in US 8 100 107 B2 erkannt. Als Beispiel kann während einem Anlassen des Motors, wenn die Verbrennung bei einigen ersten Ereignissen, gezählt ab dem ersten Verbrennungseignis des Motors, stattfindet, die Motordrehzahl vorhersehbar steigen oder nicht steigen. Das Drehzahlprofil kann durch zahlreiche Faktoren verändert werden, welche Motortemperatur, Abnutzung von Komponenten, die zu Reibungsveränderungen führt, Verschlechterung der Zündkerze, Kraftstoffqualität, geringe Batteriespannung, die zu langsamen Startdrehzahlen führt, usw. beinhalten. Motoren können kalibriert sein, um bei den ersten Kraftstoffzuführeignissen/Motortakten mit größeren Kraftstoffmassen zu beginnen, bis der Motor die Startdrehzahlen beendet. Wenn der Schwellenwert für das Beenden der Startmotordrehzahl in der Mitte des Kraftstoffzufuhrtakts für einen oder mehrere Zylinder überschritten wird und wenn sich die gewünschte Kraftstoffmasse während dieses Kraftstoffzufuhrtakts verringert, kann der dual mit Kraftstoff versorgte Motor entscheiden, durch Trimmen des Kraftstoffimpulses, welcher der DI-Kraftstoffeinspritzvorrichtung befohlen wird, die gewünschte geringere Kraftstoffmasse einzuhalten. In der Folge wird ein Zielteilungsverhältnis zwischen der PFI- und DI-Einspritzvorrichtung während dieses Verbrennungseignisses nicht bewahrt. Insbesondere kann die DI-Kraftstoffmasse verringert (oder eliminiert) sein, wenn sich die gewünschte Kraftstoffmasse um eine große Menge verringert, wenn der Motor die Startdrehzahlen beendet, oder wenn die Verringerung spät im Saugrohrkraftstoffzufuhrfenster befohlen wird (wenn Einstellungen der Saugrohreinspritzung nicht möglich sind). Die Abweichung von einem kalibrierten Teilungsverhältnis für die Kraftstoffzuführung kann eine wesentliche Auswirkung auf die Gemischbildung haben. Außerdem kann die Abweichung vom kalibrierten Teilungsverhältnis kaskadierende Auswirkungen auf andere Motorbetriebsparameter haben, wie beispielsweise eine Abweichung von einem kalibrierten Zündzeitpunkt. In der Folge können die Verbrennungsstabilität und -robustheit beim Anlassen des Motors verändert sein. Ferner können die Zuverlässigkeit und Wiederholbarkeit des Anlassens des Motors verringert sein.

[0006] Vor obigem Hintergrund liegt die Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, Verbrennungsstabilität und -robustheit beim Anlassen eines Motors und/oder die Zuverlässigkeit und Wiederholbarkeit des Anlassens eines Motors gegenüber dem Stand der Technik zu verbessern. Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentan-

sprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben.

[0007] In einem Beispiel können einige der vorstehend beschriebenen Probleme durch ein Verfahren für einen Motor behoben werden, umfassend: für eine erste Anzahl von aufeinanderfolgenden Verbrennungsereignissen, gezählt ab einem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassen des Motors aus einem Ruhezustand, Versorgen eines Motors mit Kraftstoff j jeweils mit Saugrohr- und mit Direkteinspritzung; und Beibehalten eines Verhältnisses von über eine Saugrohreinspritzung eingespritztem relativ zu über eine Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff über die erste Anzahl von Verbrennungsereignissen, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert. Auf diese Weise kann dem kalibrierten Teilungsverhältnis während des Anlassens des Motors Priorität eingeräumt werden, bis die Startdrehzahl erreicht ist und dann kann der kalibrierten Kraftstoffmasse Priorität eingeräumt werden.

[0008] Als ein Beispiel kann der Motor während eines Anlassens des Motors aus einem Ruhezustand jeweils über die Saugrohr- und die Direkteinspritzung mit Kraftstoff versorgt werden. Ein kalibriertes Teilungsverhältnis von über Saugrohreinspritzung zugeführtem relativ zu über Direkteinspritzung zugeführtem Kraftstoff kann basierend auf den Motorbedingungen während des Anlassens des Motors (wie beispielsweise der Motortemperatur) bestimmt werden. Für das erste Verbrennungsereignis beim Anlassen sowie für eine erste Anzahl von Verbrennungsereignissen, die als nacheinander stattfindend nach dem ersten Verbrennungsereignis gezählt werden (ohne dazwischenliegende Verbrennungsereignisse), kann das kalibrierte Kraftstoffteilungsverhältnis beibehalten werden, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert. Wenn zum Beispiel eine Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen wird, wird die Kraftstoffmasse durch proportionales Trimmen sowohl des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses (PFI) als auch des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses (DI) verringert, sodass das Teilungsverhältnis beibehalten wird. Zum Beispiel kann das Ende des Einspritzzeitpunkts sowohl der PFI- als auch die DI-Kraftstoffimpulse vorgezogen werden. Somit kann dies möglich sein, wenn die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse früher in dem Saugrohreinspritzungskraftstoffzufuhrfenster empfangen wird (z. B. bevor ein Abbruchwinkel des Saugrohreinspritzungsfensters erreicht ist). Wenn die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse später in dem Saugrohreinspritzungskraftstoffzufuhrfenster empfangen wird (z. B. nachdem der Abbruchwinkel erreicht ist), kann das Trimmen des Saugrohreinspritzungsimpulses nicht mehr möglich sein. In diesem Fall wird anstelle des Trimmens des DI-Kraftstoffimpulses, um die befohlene Kraftstoffmasse zulasten des befohlenen Teilungsverhältnis-

ses bereitzustellen, der DI-Kraftstoffimpuls beibehalten, um das befohlene Teilungsverhältnis zulasten der befohlenen Kraftstoffmasse beizubehalten. Das heißt, die tatsächlich zugeführte Kraftstoffmasse kann höher sein als die befohlene Kraftstoffmasse. Nachdem die erste Anzahl von Verbrennungsereignissen verstrichen ist, kann das befohlene Teilungsverhältnis so verändert werden, dass es Veränderungen einer befohlenen Kraftstoffmasse erlaubt.

[0009] Auf diese Weise kann eine robustere Motorkalibrierung über Anlassvorgänge des Motors hinweg bereitgestellt werden, selbst wenn sich Faktoren, die das Anlassen beeinflussen könnten, ändern. Durch selektives Nichtbeachten einer befohlenen Verringerung der Kraftstoffmasse, die in der Mitte eines Verbrennungsereignisses während des Startens des Motors empfangen wird, kann ein kalibriertes Kraftstoffteilungsverhältnis für eine definierte Anzahl von Verbrennungsereignissen, gezählt ab dem Anlassen des Motors, beibehalten werden. Somit werden Schwankungen bei der Gemischbildung und Abweichungen von einem kalibrierten Zündzeitpunkt verringert. Indem dem befohlenen Teilungsverhältnis Priorität vor der befohlenen Kraftstoffmasse für die definierte Anzahl von Verbrennungsereignissen ab dem Anlassen eingeräumt wird, kann die Variabilität des Anlassens des Motors durch plötzliche Änderungen der Kraftstoffmasse verringert werden. Insgesamt wird die Verbrennungsstabilität beim Anlassen des Motors verbessert. Außerdem wird das Anlassen des Motors zuverlässiger und wiederholbarer gemacht.

[0010] Es versteht sich, dass die vorstehende Kurzdarstellung bereitgestellt wird, um auf vereinfachte Art und Weise eine Auswahl an Konzepten einzuführen, die in der ausführlichen Beschreibung weitergehend beschrieben werden. Es ist nicht beabsichtigt, wichtige oder maßgebliche Merkmale des beanspruchten Gegenstands festzustellen, dessen Schutzzumfang einzig in den Patentansprüchen im Anschluss an die ausführliche Beschreibung definiert ist. Zudem ist der beanspruchte Gegenstand nicht auf Umsetzungen beschränkt, welche die vorstehenden oder in jedwedem Teil dieser Offenbarung angemerkten Nachteile beheben.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Fig. 1 zeigt schematisch ein Ausführungsbeispiel eines Zylinders eines Verbrennungsmotors, der mit dualen Kraftstoffeinspritzmöglichkeiten konfiguriert ist.

Fig. 2 zeigt ein Ablaufdiagramm auf höherer Ebene eines Verfahrens zum Einstellen von jeweils einem Direkt- und Saugrohreinspritzungskraftstoffimpuls während eines Anlassens des Motors als Reaktion auf eine befohlene Änderung der Kraftstoffmasse.

Fig. 3 zeigt beispielhafte Einstellungen jeweils eines Direkt- und Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses während eines Anlassens des Motors gemäß der vorliegenden Offenbarung.

Detaillierte Beschreibung

[0011] Die folgende detaillierte Beschreibung stellt Informationen bereit über das Einstellen der Kraftstoffzufuhr zu einem Fahrzeugmotor während einer anfänglichen Anzahl von Verbrennungsereignissen bei einem Anlassen des Motors, um die Verbrennungsstabilität zu verbessern, bis der Motor die Startdrehzahlen beendet. Ein Ausführungsbeispiel eines Zylinders in einem Verbrennungsmotor, der sowohl für die Saugrohr- als auch für die Direkteinspritzung konfiguriert ist, ist in **Fig. 1** dargestellt. Eine Steuerung kann konfiguriert sein, um eine Steuerroutine, wie etwa die Beispielroutine aus **Fig. 2**, auszuführen, um selektiv einen Saugrohr- und Direkteinspritzungskraftstoffimpuls in Reaktion auf eine während einer anfänglichen Anzahl von Verbrennungsereignissen bei einem Anlassen des Motors befohlenen Verringerung der Kraftstoffmasse zu trimmen. Beispielhafte Kraftstoffeinspritzungseinstellungen von Direkt- und Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulsen während eines Anlassens des Motors sind in **Fig. 3** dargestellt.

[0012] In Bezug auf die Terminologie, die in dieser detaillierten Beschreibung verwendet wird, kann Saugrohreinspritzung als PFI abgekürzt werden, während Direkteinspritzung als DI abgekürzt werden kann.

[0013] **Fig. 1** stellt ein Beispiel einer Brennkammer oder eines Zylinders des Verbrennungsmotors 10 dar. Der Motor 10 kann zumindest teilweise durch ein Steuersystem, das die Steuerung 12 beinhaltet, und durch eine Eingabe von einem Fahrzeugführer 130 über eine Eingabevorrichtung 132 gesteuert werden. In diesem Beispiel beinhaltet die Eingabevorrichtung 132 ein Gaspedal und einen Pedalpositionssensor 134 zum Erzeugen eines proportionalen Pedalpositionssignals PP. Der Zylinder (hier auch „Brennkammer“) 14 des Motors 10 kann Brennkammerwände 136 beinhalten, in denen ein Kolben 138 angeordnet ist. Der Kolben 138 kann an eine Kurbelwelle 140 gekoppelt sein, sodass eine Wechselbewegung des Kolbens in eine Rotationsbewegung der Kurbelwelle übersetzt wird. Die Kurbelwelle 140 kann über ein Getriebesystem an mindestens ein Antriebsrad des Personenkraftwagens gekoppelt sein. Ferner kann ein Anlasser (nicht dargestellt) über ein Schwungrad mit der Kurbelwelle 140 gekoppelt sein, um einen Anlassvorgang des Motors 10 zu ermöglichen.

[0014] Der Zylinder 14 kann Ansaugluft über eine Reihe von Ansaugluftkanälen 142, 144 und 146 emp-

fangen. Der Ansaugluftkanal 146 kann zusätzlich zu dem Zylinder 14 mit anderen Zylindern des Motors 10 kommunizieren. In manchen Beispielen können ein oder mehrere von den Ansaugkanälen eine Aufladevorrichtung wie einen Turbolader oder einen mechanischen Lader beinhalten. Zum Beispiel zeigt **Fig. 1** den Motor 10, der mit einem Turbolader konfiguriert ist, welcher einen Kompressor 174 beinhaltet, der zwischen den Ansaugkanälen 142 und 144 und einer Abgasturbine 176 angeordnet ist, die entlang eines Auslasskanals 148 angeordnet ist. Der Kompressor 174 kann zumindest teilweise über eine Welle 180 durch die Abgasturbine 176 mit Energie versorgt werden, wobei die Aufladevorrichtung als Turbolader ausgelegt ist. In anderen Beispielen, wie etwa wenn der Motor 10 mit einem mechanischen Lader versehen ist, kann die Abgasturbine 176 jedoch gegebenenfalls weggelassen werden, wobei der Kompressor 174 durch mechanische Eingaben von einem Elektromotor oder dem Verbrennungsmotor mit Energie versorgt werden kann. Eine Drossel 162, die eine Drosselplatte 164 beinhaltet, kann entlang eines Ansaugkanals des Motors zum Variieren der Durchflussrate und/oder des Drucks der Ansaugluft bereitgestellt sein, die den Zylindern des Motors bereitgestellt werden. Zum Beispiel kann die Drossel 162 dem Kompressor 174 nachgelagert positioniert sein, wie in **Fig. 1** dargestellt, oder sie kann alternativ dem Kompressor 174 vorgelagert bereitgestellt sein.

[0015] Der Abgaskanal 148 kann Abgase von anderen Zylindern des Motors 10 zusätzlich zu dem Zylinder 14 empfangen. Ein Abgassensor 128 ist an den Abgaskanal 148 stromaufwärts von der Emissionssteuerungsvorrichtung 178 gekoppelt gezeigt. Der Sensor 128 kann aus diversen geeigneten Sensoren zum Bereitstellen einer Angabe eines Abgasluft-/Kraftstoff-Verhältnisses ausgewählt sein, wie zum Beispiel einer linearen Lambdasonde oder UEGO (Universal Exhaust Gas Oxygen Sensor, Breitband- oder Weitbereichslambdasonde), einer Zweizustands-Lambda-Sonde oder EGO (wie abgebildet), einer HEGO (beheizte EGO), einem NOx-, HC- oder CO-Sensor. Bei der Emissionssteuerungsvorrichtung 178 kann es sich um einen Dreiwegekatalysator (Three Way Catalyst - TWC), eine NOx-Falle, verschiedene andere Emissionssteuerungsvorrichtungen oder Kombinationen davon handeln.

[0016] Jeder Zylinder des Motors 10 kann ein oder mehrere Einlassventile und ein oder mehrere Auslassventile beinhalten. Zum Beispiel wird der Zylinder 14 als mindestens ein Einlasstellerventil 150 und mindestens ein Auslasstellerventil 156 beinhaltend gezeigt, die sich in einem oberen Bereich des Zylinders 14 befinden. In manchen Beispielen kann jeder Zylinder des Motors 10, was den Zylinder 14 beinhaltet, mindestens zwei Einlasstellerventile und mindestens zwei Auslasstellerventile beinhalten, die

in einem oberen Bereich des Zylinders angeordnet sind.

[0017] Das Einlassventil 150 kann über den Aktor 152 von der Steuerung 12 gesteuert werden. Gleichermaßen kann das Auslassventil 156 über den Aktor 154 von der Steuerung 12 gesteuert werden. Unter einigen Bedingungen kann die Steuerung 12 die den Aktoren 152 und 154 bereitgestellten Signale variieren, um das Öffnen und Schließen der entsprechenden Einlass- und Auslassventile zu steuern. Die Position von Einlassventil 150 und Auslassventil 156 kann durch entsprechende Ventilpositionssensoren (nicht gezeigt) bestimmt werden. Die Ventilaktoren können vom Typ der elektrischen Ventilbetätigung oder dem Typ der Nockenbetätigung oder eine Kombination davon sein. Die Einlass- und die Auslassventilansteuerung können gleichzeitig gesteuert werden oder es kann eine beliebige von einer Möglichkeit zur variablen Einlassnockenansteuerung, zur variablen Auslassnockenansteuerung, zur dualen unabhängigen variablen Nockensteuerung oder zur festgelegten Nockensteuerung verwendet werden. Jedes Nockenbetätigungssystem kann ein oder mehrere Nocken beinhalten und eines oder mehrere der Folgenden verwenden: Nockenprofilverstell- (cam profile switching - CPS), variable Nockensteuerungs- (variable cam timing - VCT), variable Ventilansteuerungs- (variabel valve timing - VVT) und/oder variable Ventilhubsysteme (variable valve lift - VVL), die durch die Steuerung 12 betrieben werden können, um den Ventilbetrieb zu variieren. Beispielsweise kann Zylinder 14 alternativ ein über elektronische Ventilansteuerung gesteuertes Einlassventil und ein über Nockensteuerungssysteme gesteuertes Auslassventil beinhalten, die CPS und/oder VCT beinhalten. Bei anderen Beispielen können die Einlass- und Auslassventile durch einen gemeinsamen Ventilaktor oder ein gemeinsames Betätigungssystem oder einen Aktor oder ein Betätigungssystem zur variablen Ventilansteuerung gesteuert werden.

[0018] Der Zylinder 14 kann ein Verdichtungsverhältnis aufweisen, bei dem es sich um das Verhältnis der Volumina handelt, wenn sich der Kolben 138 am unteren Totpunkt befindet, bis hin zum oberen Totpunkt. In einem Beispiel liegt das Verdichtungsverhältnis im 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 beispielsweise kommen, wenn Kraftstoffe mit einer höheren Oktanzahl oder Kraftstoffe mit einer höheren latenten Verdampfungsenthalpie verwendet werden. Das Verdichtungsverhältnis kann bei der Verwendung einer Direkteinspritzung aufgrund ihrer Wirkung auf das Motorklopfen ebenfalls erhöht sein.

[0019] In manchen Beispielen kann jeder Zylinder des Motors 10 eine Zündkerze 192 beinhalten, um die Verbrennung zu initiieren. Das Zündsystem 190 kann der Brennkammer 14 über die Zündkerze 192 einen Zündfunken als Reaktion auf ein Vorzündungssignal SA von der Steuerung 12 unter ausgewählten Betriebsmodi bereitstellen. In einigen Ausführungsformen kann die Zündkerze 192 jedoch entfallen, wie etwa, wenn der Motor 10 die Verbrennung durch eine Selbstzündung oder durch das Einspritzen von Kraftstoff initiieren kann, was bei einigen Dieselmotoren der Fall sein kann.

[0020] In manchen Beispielen kann jeder Zylinder des Motors 10 mit einem oder mehreren Einspritzvorrichtungen zum Bereitstellen von Kraftstoff an diesen konfiguriert sein. Als nicht einschränkendes Beispiel ist der Zylinder 14 so dargestellt, dass er zwei Einspritzvorrichtungen 166 und 170 umfasst. Die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen 166 und 170 können dazu konfiguriert sein, Kraftstoff, der von einem Kraftstoffsystem 8 erhalten wurde, bereitzustellen. Das Kraftstoffsystem 8 kann einen oder mehrere Kraftstofftanks, Kraftstoffpumpen und Kraftstoffverteiler beinhalten. Die Einspritzvorrichtung 166 ist in der Darstellung direkt mit dem Zylinder 14 gekoppelt, um Kraftstoff proportional zur Impulsbreite eines Signals FPW-1, das von der Steuerung 12 über einen elektronischen Treiber 168 empfangen wird, direkt in diesen einzuspritzen. So stellt die Kraftstoffeinspritzvorrichtung 166 bereit, was als Direkteinspritzung (im Folgenden als „DI“ bezeichnet) von Kraftstoff in den Verbrennungszylinder 14 bekannt ist. Wenngleich **Fig. 1** die Einspritzvorrichtung 166 an einer Seite des Zylinders 14 positioniert zeigt, kann sie sich alternativ über dem Kolben befinden, wie beispielsweise in der Nähe der Position der Zündkerze 192. Eine solche Position kann das Mischen und Verbrennen verbessern, wenn der Motor mit einem alkoholbasierten Kraftstoff betrieben wird, da einige alkoholbasierte Kraftstoffe eine geringere Flüchtigkeit aufweisen. Alternativ kann die Einspritzvorrichtung oberhalb und in der Nähe des Einlassventils angeordnet sein, um das Mischen zu verbessern. Der Kraftstoff kann der Einspritzvorrichtung 166 von einem Kraftstofftank des Kraftstoffsystems 8 über eine Hochdruckkraftstoffpumpe und einen Kraftstoffverteiler zugeführt werden. Darüber hinaus kann der Kraftstofftank einen Druckwandler aufweisen, der der Steuerung 12 ein Signal bereitstellt.

[0021] Die Kraftstoffeinspritzvorrichtung 170 ist in der Darstellung in dem Einlasskanal 146 statt im Zylinder 14 in einer Konfiguration angeordnet, welche die sogenannte Saugrohreinjection von Kraftstoff (im Folgenden als „PFT“ bezeichnet) in den Einlasskanal bereitstellt, der dem Zylinder 14 nachgelagert ist. Die Einspritzvorrichtung 170 kann Kraftstoff, der vom Kraftstoffsystem 8 erhalten wird, proportional zur Impulsbreite eines Signals FPW-2,

das von der Steuerung 12 über den elektronischen Treiber 171 empfangen wird, einspritzen. Es ist zu beachten, dass entsprechend der Darstellung ein einziger Treiber 168 oder 171 für beide Kraftstoffeinspritzsysteme verwendet werden kann oder mehrere Treiber, zum Beispiel Treiber 168 für die Kraftstoffeinspritzvorrichtung 166 und Treiber 171 für Kraftstoffeinspritzvorrichtung 170 verwendet werden können.

[0022] In einem alternativen Beispiel kann jede der Kraftstoffeinspritzvorrichtungen 166 und 170 als Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff direkt in den Zylinder 14 konfiguriert sein. In noch einem weiteren Beispiel kann jede der Kraftstoffeinspritzvorrichtungen 166 und 170 als Saugrohrkraftstoffeinspritzvorrichtung zum Einspritzen von Kraftstoff vorgelagert zum Einlassventil 150 konfiguriert sein. In noch weiteren Beispielen kann der Zylinder 14 nur eine einzelne Kraftstoffeinspritzvorrichtung beinhalten, die dazu konfiguriert ist, verschiedene Kraftstoffe von den Kraftstoffsystemen in variierenden relativen Mengen als ein Kraftstoffgemisch zu empfangen, und die ferner dazu konfiguriert ist, dieses Kraftstoffgemisch entweder direkt in den Zylinder als eine Direktkraftstoffeinspritzvorrichtung oder vorgelagert zu den Einlassventilen als Saugrohrkraftstoffeinspritzvorrichtung einzuspritzen. Somit ist darauf hinzuweisen, dass die hier beschriebenen Kraftstoffsysteme nicht durch die hier exemplarisch beschriebenen jeweiligen Kraftstoffeinspritzvorrichtungskonfigurationen beschränkt werden sollten.

[0023] Der Kraftstoff kann während eines einzigen Takts des Zylinders durch beide Einspritzvorrichtungen dem Zylinder zugeführt werden. Zum Beispiel kann jede Einspritzvorrichtung gemäß einem kalibrierten Teilungsverhältnis einen Teil einer gesamten Kraftstoffeinspritzung bereitstellen, die im Zylinder 14 verbrannt wird. Ferner kann sich die Verteilung und/oder die relative Kraftstoffmenge, die von jeder Einspritzvorrichtung zugeführt wird (das heißt das Teilungsverhältnis), je nach den Betriebsbedingungen, wie beispielsweise Motorlast, Motortemperatur, Klopfen, Abgastemperatur sowie der Verbrennungsereignisanzahl, gezählt ab einem ersten Verbrennungsereignis ab dem Anlassen des Motors, variieren. Der mittels Saugrohr eingespritzte Kraftstoff kann während eines Ereignisses mit geöffnetem Einlassventil, einem Ereignis mit geschlossenem Einlassventil (z. B. im Wesentlichen vor dem Ansaugtakt) sowie sowohl während eines Betriebs bei offenem als auch geschlossenem Einlassventil zugeführt werden. Somit wird durch Zuführen von Kraftstoff mittels Saugrohr während eines Ereignisses mit geschlossenem Einlassventil, die Luft-Kraftstoff-Gemischbildung verbessert (im Vergleich zu während des Betriebs bei offenem Einlassventil). Gleichermaßen kann direkt eingespritzter Kraftstoff bei-

spielsweise während eines Ansaugtakts sowie teilweise während eines vorhergehenden Ausstoßtakts, während des Ansaugtakts und teilweise während des Verdichtungstakts zugeführt werden. Somit kann, selbst für ein einziges Verbrennungsereignis, eingespritzter Kraftstoff zu unterschiedlichen Zeitpunkten aus der Saugrohr- und Direkteinspritzvorrichtung eingespritzt werden. Ferner können für ein einziges Verbrennungsereignis mehrere Einspritzungen des zugeführten Kraftstoffs pro Takt durchgeführt werden. Die mehreren Einspritzungen können während des Verdichtungstakts, Ansaugtakts oder geeigneten Kombinationen davon durchgeführt werden.

[0024] Wie vorstehend beschrieben, zeigt **Fig. 1** lediglich einen Zylinder eines Motors mit mehreren Zylindern. Somit kann jeder Zylinder gleichermaßen seinen eigenen Satz Einlass-/Auslassventile, Kraftstoffeinspritzvorrichtung(en), Zündkerze usw. beinhalten. Man wird verstehen, dass der Motor 10 jede geeignete Anzahl von Zylindern beinhalten kann, wobei 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 oder mehr Zylinder beinhaltet sein können. Ferner kann jeder dieser Zylinder einige oder alle der verschiedenen Komponenten beinhalten, die in **Fig. 1** unter Bezugnahme auf Zylinder 14 beschrieben und abgebildet sind.

[0025] Die Kraftstoffeinspritzvorrichtungen 166 und 170 können unterschiedliche Eigenschaften aufweisen. Dies beinhaltet Unterschiede in Bezug auf die Größe, zum Beispiel kann eine Einspritzvorrichtung eine größere Einspritzöffnung als die andere aufweisen. Andere Unterschiede beinhalten u. a. unterschiedliche Spritzwinkel, unterschiedliche Betriebstemperaturen, unterschiedliche Zielsetzungen, unterschiedliche Einspritzzeitpunkte, unterschiedliche Spritzeigenschaften, unterschiedliche Positionen usw. Darüber hinaus können je nach Verteilungsverhältnis des eingespritzten Kraftstoffs unter den Einspritzvorrichtungen 170 und 166 unterschiedliche Wirkungen erzielt werden.

[0026] Kraftstofftanks in dem Kraftstoffsystem 8 können Kraftstoffe unterschiedlichen Typs enthalten, wie beispielsweise Kraftstoffe mit unterschiedlichen Kraftstoffeigenschaften und unterschiedlichen Kraftstoffzusammensetzungen. Diese Unterschiede können Unterschiede in Bezug auf den Alkoholgehalt, den Wassergehalt, die Oktanzahl, Verdampfungswärmen, Kraftstoffgemische und/oder Kombinationen davon usw. beinhalten. Ein Beispiel für Kraftstoffe mit unterschiedlichen Verdampfungswärmen könnte Benzin als erste Kraftstoffart mit niedrigerer Verdampfungswärme und Ethanol als zweite Kraftstoffart mit größerer Verdampfungswärme beinhalten. In einem weiteren Beispiel kann der Motor Benzin als erste Kraftstoffart und einen Alkohol, der ein Kraftstoffgemisch enthält, wie beispielsweise E85 (das ungefähr zu 85 % aus Ethanol und 15 % aus

Benzin besteht) oder M85 (das ungefähr zu 85 % aus Methanol und 15 % aus Benzin besteht), als eine zweite Kraftstoffart verwenden. Weitere mögliche Stoffe umfassen Wasser, Methanol, ein Gemisch aus Alkohol und Wasser, ein Gemisch aus Wasser und Methanol, ein Gemisch aus Alkoholen usw.

[0027] In einem weiteren Beispiel kann es sich ferner bei beiden Kraftstoffen um Alkoholgemische mit unterschiedlicher Alkoholzusammensetzung handeln, wobei die erste Kraftstoffart ein Benzin-Alkoholgemisch mit einer niedrigeren Alkoholkonzentration sein kann, wie beispielsweise E10 (das ungefähr zu 10 % aus Ethanol besteht), während die zweite Kraftstoffart ein Benzin-Alkoholgemisch mit einer höheren Alkoholkonzentration sein kann, wie beispielsweise E85 (das ungefähr zu 85 % aus Ethanol besteht). Darüber hinaus können sich der erste und der zweite Kraftstoff auch in Bezug auf weitere Kraftstoffeigenschaften unterscheiden, wie beispielsweise einen Unterschied hinsichtlich der Temperatur, Viskosität, Oktanzahl usw. Außerdem können sich die Kraftstoffeigenschaften eines oder beider Kraftstofftanks häufig ändern, zum Beispiel aufgrund täglicher Schwankungen beim Auffüllen des Tanks.

[0028] Steuerung 12 ist in **Fig. 1** als ein Mikrocomputer dargestellt, der eine Mikroprozessoreinheit 106, Eingangs-/Ausgangsanschlüsse 108, ein elektronisches Speichermedium für ausführbare Programme und Kalibrierungswerte, in diesem konkreten Beispiel zum Speichern von ausführbaren Anweisungen als nichtflüchtiger Nurlesespeicher 110 dargestellt, Direktzugriffsspeicher 112, Keep-Alive-Speicher 114 und ein Datenbus beinhaltet. Die Steuerung 12 kann zusätzlich zu den zuvor erörterten Signalen verschiedene Signale von an den Motor 10 gekoppelten Sensoren empfangen, beinhaltend die Messung von eingeleitetem Luftmassenstrom (mass air flow - MAF) von Luftmassenstromsensor 122; Motorkühlmitteltemperatur (engine coolant temperature - ECT) von Temperatursensor 116, der mit Kühlhülse 118 gekoppelt ist; eines Profilzündungsaufnahmesignals (profile ignition pickup - PIP) von Hall-Effekt-Sensor 120 (oder anderer Art), der mit der Kurbelwelle 140 gekoppelt ist; Drosselstellung (throttle position - TP) von einem Drosselstellungssensor; und Krümmerabsolutdrucksignal (absolute manifold pressure - MAP) von Sensor 124. Das Motordrehzahlsignal RPM kann durch die Steuerung 12 aus dem Signal PIP generiert werden. Das Krümmerdrucksignal (MAP) vom Krümmerdrucksensor kann verwendet werden, um eine Angabe von Unterdruck oder Druck in dem Ansaugkrümmer bereitzustellen. Die Steuerung 12 empfängt Signale von den verschiedenen Sensoren aus **Fig. 1** und setzt die verschiedenen Aktoren aus **Fig. 1** ein, um den Motorbetrieb basierend auf den empfangenen Signalen und Anweisungen, die auf einem Speicher der Steuerung gespeichert sind, einzustel-

len. Das Einstellen kann zum Beispiel beinhalten, dass die Steuerung ein Signal an die Saugrohrein-spritzvorrichtung als Reaktion auf eine befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse sendet, um eine Ende des Einspritzzeitpunkts eines Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses vorzuziehen. Die Steuerung kann auch ein Signal an die Direkteinspritzvorrichtung als Reaktion auf eine Veränderung des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses senden, um ein Ende des Einspritzzeitpunkts eines Direktein-spritzungskraftstoffimpulses vorzuziehen, um ein kalibriertes Kraftstoffteilungsverhältnis beizubehalten, selbst wenn sich die befohlene Kraftstoffmasse verändert. Eine beispielhafte Steuerungsroutine wird hier unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben.

[0029] Auf diese Weise ermöglicht das System aus **Fig. 1** ein Motorkraftstoffsystem, umfassend: einen Motorzylinder, eine Direkteinspritzvorrichtung, die an den Zylinder gekoppelt ist; eine Saugrohrein-spritzvorrichtung, die an den Zylinder gekoppelt ist; und eine Steuerung. Die Steuerung kann mit in einem nichtflüchtigen Speicher gespeicherten computerlesbaren Anweisungen für Folgendes konfiguriert sein: Wiederanlassen eines Motors mit Kraftstoff, der in den Zylinder bei einem ersten Verbrennungsereignis ab dem Ruhezustand von jeweils der Saugrohrein-spritzvorrichtung und der Direkteinspritzvorrichtung in einem Verhältnis bereitgestellt wird; Einstellen einer Kraftstoffmasse, die dem Zylinder basierend auf einer Verbrennungsereignisanzahl ab dem ersten Verbrennungsereignis, bis eine Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen verstrichen ist, befohlen wird; wenn eine befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse innerhalb einer Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden eines Saugrohrein-spritzungsfensters empfangen wird, Einstellen von jeweils einem Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls und einem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls, um die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse bereitzustellen, während das Verhältnis eingestellt wird; und wenn die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse außerhalb der Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden des Saugrohrein-spritzungsfensters empfangen wird, Beibehalten von jeweils dem Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls, um das Verhältnis beizubehalten, während eine tatsächliche Kraftstoffmasse bereitgestellt wird, die größer ist als eine befohlene Kraftstoffmasse. In dem vorstehenden beispielhaften System beinhaltet das Einstellen von jeweils dem Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls das Vorziehen eines Endes des Einspritzzeitpunkts von jeweils dem Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls. In dem vorstehenden beispielhaften System beinhaltet das Beibehalten von jeweils dem Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls und dem

Direkteinspritzungskraftstoffimpuls das Beibehalten des Endes des Einspritzzeitpunkts von jeweils dem Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls. Dabei basiert das Verhältnis auf einer Motortemperatur, die vor dem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassen des Motors geschätzt wird, wobei das Verhältnis einen höheren Anteil von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff beinhaltet, wenn sich die Motortemperatur verringert.

[0030] Nun wird unter Bezugnahme auf **Fig. 2** ein Verfahren 200 beschrieben zum Erhöhen der Robustheit des Anlassens des Motors durch Beibehalten eines kalibrierten Teilungsverhältnisses von über eine Saugrohrein-spritzung relativ zu über eine Direkteinspritzung zugeführtem Kraftstoff über jede definierte Anzahl von Verbrennungsereignissen, die ab einem Anlassen des Motors gezählt werden, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert. Anweisungen zum Ausführen des Verfahrens 200 und der übrigen hier beinhalteten Verfahren können durch eine Steuerung auf Grundlage von auf einem Speicher der Steuerung gespeicherten Anweisungen und in Verbindung mit von Sensoren des Motorsystems empfangenen Signalen ausgeführt werden, wie beispielsweise den vorstehend unter Bezugnahme auf **Fig. 1** beschriebenen Sensoren. Die Steuerung kann gemäß den nachstehend beschriebenen Verfahren Motoraktoren des Motorsystems einsetzen, um den Motorbetrieb einzustellen.

[0031] Bei 202 beinhaltet das Verfahren ein Schätzen und/oder Messen von Fahrzeugbetriebsbedingungen. Diese beinhalten zum Beispiel Motortemperatur, Umweltbedingungen (wie beispielsweise Umgebungstemperatur, Druck und Luftfeuchtigkeit), Motorlast, Fahrerbedarf usw.

[0032] Bei 204 kann bestimmt werden, ob der Motor aus dem Ruhezustand angelassen wird. In einem Beispiel kann ein Wiederanlassen des Motors als Reaktion auf ein Zündschlüssel-Einschalt-Ereignis oder ein alternatives Fahrzeug-Einschalt-Ereignis bestätigt werden. Als weiteres Beispiel kann in Motoren, die mit Start-Stopp-Systemen konfiguriert sind, ein Wiederanlassen des Motors als Reaktion auf eine Erhöhung des Fahrerbedarfs nach einer Leerlaufabschaltung des Motors bestätigt werden.

[0033] Ein Anlassen des Motors kann nicht bestätigt werden, wenn der Motor die Motorstartdrehzahl bereits überschritten hat (oder eine erste Anzahl an Verbrennungsereignissen seit einem letzten Anlassen des Motors überstiegen hat) und der Nennmotorbetrieb fortgesetzt wird. Wird ein Anlassen des Motors nicht bestätigt, beinhaltet die Routine bei 206 die Kraftstoffzufuhr zum Motor mit einer Kraftstoffmasse und einem Teilungsverhältnis von mit

dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff zu direkt eingespritztem Kraftstoff basierend auf einer oder mehreren der geschätzten Motorbetriebsbedingungen. Insbesondere kann das Teilungsverhältnis basierend auf Motorbetriebsparametern eingestellt werden, während eine befohlene Kraftstoffmasse beibehalten wird, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse verändert. Das Teilungsverhältnis kann zum Beispiel basierend auf Motorlast, Motortemperatur, Abgastemperatur und/oder Klopfwahrscheinlichkeit bestimmt werden. Als weiteres Beispiel kann das Teilungsverhältnis von mit Saugrohrein-spritzung relativ zu mit Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff auf Fahrer-drehmomentbedarf basieren, das Verhältnis der Saugrohrein-spritzung relativ zur Direkteinspritzung verringert werden, wenn sich der Fahrerbedarf erhöht.

[0034] Wenn ein Anlassen des Motors bestätigt ist, kann der Motor bei 208 jeweils über die Saugrohrein-spritzung und die Direkteinspritzung mit Kraftstoff versorgt werden. Ein Verhältnis von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff kann basierend auf Motorbedingungen beim Anlassen des Motors ausgewählt werden (z. B. Motorbedingungen bevor jegliche Kraftstoffzufuhr eingeleitet wird), wie beispielsweise Motortemperatur. Als Beispiel kann das Verhältnis von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff zu direkt eingespritztem Kraftstoff erhöht werden, wenn sich die Motortemperatur bei einem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassen verringert. Daher kann während eines Kaltstarts des Motors im Vergleich zu einem Warmstart des Motors ein größerer Anteil der Gesamtkraftstoffmasse als Saugrohrein-spritzung zugeführt werden. Ferner kann das Verhältnis basierend auf einem Alkoholgehalt oder einer Oktanzahl des Kraftstoffs, der von der Saugrohr- und Direkteinspritzvorrichtung eingespritzt wird, ausgewählt werden.

[0035] Bei 210 beinhaltet das Verfahren das Berechnen von PFI- und DI-Kraftstoffmassen für ein anstehendes Verbrennungsereignis (wie beispielsweise ein erstes Verbrennungsereignis beim Anlassen des Motors sowie eine erste Anzahl aufeinanderfolgender Verbrennungsereignisse, gezählt ab dem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassen des Motors) basierend auf dem ausgewählten Verhältnis. Hier kann die Steuerung für jedes Verbrennungsereignis eine Gesamtkraftstoffmasse berechnen, die einem Zylinder zugeführt werden soll, und dann kann die Steuerung basierend auf dem ausgewählten Teilungsverhältnis die Gesamtkraftstoffmasse berechnen, die dem Zylinder über die Saugrohrein-spritzvorrichtung und über die Direkteinspritzvorrichtung zugeführt werden soll.

[0036] Bei 212 beinhaltet das Verfahren das Planen von PFI- und DI-Kraftstoffimpulsen basierend auf

den bestimmten Kraftstoffmassen. Hier kann basierend auf der relativen Kraftstoffmasse, die über jede Einspritzvorrichtung zugeführt werden soll, ein Start und Ende des Einspritzzeitpunkts bestimmt werden, wodurch die bestimmte Kraftstoffmasse über jede Einspritzvorrichtung zu einem durchschnittlichen Zieleinspritzzeitpunkt zugeführt werden kann. Die Steuerung kann ein Signal senden, um ein Magnetventil der entsprechenden Kraftstoffeinspritzvorrichtungen zu betätigen, damit die Ventile geöffnet und geschlossen werden, und dadurch die Kraftstoffeinspritzung zu dem bestimmten Start und Ende des Einspritzzeitpunkts zu beginnen und beenden.

[0037] Während des Einspritzens des Kraftstoffs gemäß den geplanten Kraftstoffimpulsen kann bei 214 ein Zähler eingestellt werden, um jede Anzahl von Verbrennungsereignissen beim Anlassen des Motors zu zählen. Daher kann ein erstes Verbrennungsereignis als ein Verbrennungsereignis definiert werden, das nach der Kraftstoffzufuhr in einen ersten Zylinder beim Anlassen des Motors aus dem Ruhezustand erfolgt, wobei sich der Motor vor dem ersten Verbrennungsereignis im Ruhezustand befand und keinen Kraftstoff erhielt und wobei der Motor infolge des ersten Verbrennungsereignisses anzulaufen beginnt.

[0038] Bei 216 kann bestimmt werden, ob eine Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen wurde. Somit kann der Motor während anfänglichen Verbrennungsereignissen beim Anlassen des Motors mit einer höheren Kraftstoffmasse versorgt werden und eine Verringerung der Kraftstoffmasse kann befohlen werden, wenn oder nachdem der Motor eine Startdrehzahl beendet. In einem Beispiel kann die Verringerung der befohlenen Kraftstoffmasse als Reaktion darauf erfolgen, dass die Motorstartdrehzahl die Startdrehzahl übersteigt. In einem weiteren Beispiel kann die Verringerung der befohlenen Kraftstoffmasse als Reaktion auf eine Verringerung der Luftladung erfolgen. Wird keine Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen, wird bei 218 weiterhin wie geplant Kraftstoff eingespritzt.

[0039] Wird eine Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen, kann bei 220 bestimmt werden, ob die Anzahl der Verbrennungsereignisse, bei der die Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen wurde, kleiner als eine Schwellenwertanzahl ist. Die Schwellenwertanzahl kann eine vordefinierte Anzahl sein, die einer ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen seit dem Anlassen des Motors entspricht. Das heißt, es wird bestimmt, ob sich der Motor noch innerhalb der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen seit dem Anlassen befindet. Wie vorstehend erörtert, können die Verbrennungsereignisse ab einem Anlassen des Motors, bei dem die Motordrehzahl bei Null liegt (im Ruhezustand), gezählt werden, wobei ein anfängliches Verbrennungsereignis, bei

dem die Kraftstoffzufuhr zum Motor initiiert wird, als ein erstes Verbrennungsereignis (z. B. als Nummer 1 bezeichnet) gezählt wird. Jedes darauf folgende Verbrennungsereignis wird als einzelnes Verbrennungsereignis gezählt und die Verbrennungsereignisanzahl wird bei jedem Ereignis um den Wert eins erhöht (z. B. als Nummer 2, 3, 4 und so weiter bezeichnet, bis die Kraftstoffzufuhr zum Motor unterbrochen wird). Für eine erste Anzahl nacheinander stattfindender Verbrennungsereignisse seit dem ersten Verbrennungsereignis (z. B. für Verbrennungsereignisse mit der Nummer 1 bis n) kann ein Verhältnis von über eine Saugrohreinspritzung relativ zu über eine Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff beibehalten werden, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert, um die Luft-Kraftstoffgemischbildung zu verbessern, während der Motor gestartet wird, und um die Robustheit beim Anlassen des Motors insgesamt zu verbessern.

[0040] Wenn daher die Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen wird, bevor die erste Anzahl an Verbrennungsereignissen stattgefunden hat, wird bei 222 ein Zeitpunkt für den Befehl zur Verringerung der Kraftstoffmasse im Verhältnis zu einem Saugrohreinspritzungsfenster bestimmt. Insbesondere kann bestimmt werden, ob der Befehl empfangen wird, wenn (oder nachdem) der PFI-Abbruchwinkel erreicht wurde. In einem Beispiel kann der PFI-Abbruchwinkel noch nicht erreicht sein, wenn der Befehl früher im Saugrohreinspritzungsfenster empfangen wird, beispielsweise, wenn mehr als eine Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden bis zu einem Ende des Saugrohreinspritzungsfensters vorhanden ist. In einem weiteren Beispiel kann der PFI-Abbruchwinkel erreicht sein, wenn der Befehl später im Saugrohreinspritzungsfenster empfangen wird, beispielsweise, wenn weniger als eine Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden bis zu einem Ende des Saugrohreinspritzungsfensters vorhanden ist. Wenn somit ein Kraftstoffbefehl erhalten wird, nachdem der Abbruchwinkel erreicht ist, können Einstellungen eines PFI-Kraftstoffimpulses nicht mehr möglich sein.

[0041] Wenn der Abbruchwinkel nicht erreicht wurde, beinhaltet bei 224, als Reaktion auf eine Verringerung der Kraftstoffmasse, die früher während des Saugrohreinspritzungsfensters eines Verbrennungsereignisses innerhalb der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wurde, das Verfahren das Trimmen des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses (des gegebenen Verbrennungsereignisses) basierend auf der befohlenen Verringerung der Kraftstoffmasse. Außerdem wird ein Direkteinspritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) basierend auf dem Trimmen des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses getrimmt, während das früher ausgewählte Teilungsverhältnis von mit dem Saugrohr eingespritz-

tem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff beibehalten wird. Trimmen des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses beinhaltet ein Vorziehen eines Endes des Einspritzzeitpunkts/-winkels der Saugrohrein-spritzung. Ebenso beinhaltet ein Trimmen des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses das Vorziehen eines Endes des Einspritzzeitpunkts/-winkels der Direkteinspritzung. Infolge des Trimmens wird die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse erfüllt, während das anfänglich ausgewählte Teilungsverhältnis beibehalten wird.

[0042] Wenn der Abbruchwinkel erreicht wurde, beinhaltet bei 226, als Reaktion auf eine Verringerung der Kraftstoffmasse, die später während des Saugrohrein-spritzungsfensters eines Verbrennungsereignisses innerhalb der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wurde, das Verfahren das Beibehalten des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses (des gegebenen Verbrennungsereignisses). Außerdem wird ein Direkteinspritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) nicht getrimmt, um das früher ausgewählte Teilungsverhältnis von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff beizubehalten. Hier wird aufgrund des Unvermögens den Saugrohrein-spritzungsimpuls einzustellen, da der Abbruchwinkel erreicht oder überschritten ist, der Direkteinspritzvorrichtungsimpuls beibehalten und dadurch dem Beibehalten des Teilungsverhältnisses Priorität vor dem Erfüllen der befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse eingeräumt. Infolge nicht erfolgten Trimmens des Saugrohr- oder Direkteinspritzungskraftstoffimpulses ist die tatsächliche in den Motorzylinder eingespritzte Kraftstoffmasse (wenn die Verringerung der Kraftstoffmasse später im Saugrohrein-spritzungsfenster befohlen wird) höher als die befohlene Kraftstoffmasse. Infolge nicht erfolgten Trimmens beider Impulse wird die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse nicht erfüllt, um das Beibehalten des anfänglich ausgewählten Teilungsverhältnisses zu ermöglichen.

[0043] Außerdem können, als Reaktion auf die Zuführung von Kraftstoff über den angeforderten Kraftstoff hinaus, ein oder mehrere Parameter eingestellt werden. Zum Beispiel kann eine Kraftstoffflächenmodellndynamik des Saugrohrs für ein folgendes Verbrennungsereignis als Reaktion darauf (und in Abhängigkeit davon) eingestellt werden, dass die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmasse größer als die befohlene Kraftstoffmasse ist.

[0044] In beiden Fällen wird durch ein Beibehalten des Teilungsverhältnisses, während sich die Kraftstoffmasse innerhalb einer ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen ab dem Anlassen des Motors verändert, die Verbrennungsstabilität während den

Verbrennungsereignissen verbessert und das Anlassen des Motors wird wiederholbarer gemacht.

[0045] In weiteren Beispielen kann ferner bei 216 bestimmt werden, ob eine Erhöhung der Kraftstoffmasse befohlen wurde. In einem Beispiel kann dem Motor während den anfänglichen Verbrennungsereignissen beim Anlassen des Motors eine höhere Brennstoffmasse zugeführt werden. Zum Beispiel kann die Erhöhung der befohlene Kraftstoffmasse als Reaktion darauf erfolgen, dass die Motordrehzahl unter der Startdrehzahl liegt. In einem weiteren Beispiel kann die Erhöhung der befohlene Kraftstoffmasse als Reaktion auf eine Erhöhung der Luftladung erfolgen. Wenn eine Erhöhung der Kraftstoffmasse befohlen wird und die Verbrennungsereignisanzahl, bei der die Erhöhung der Kraftstoffmasse befohlen wurde, kleiner als die Schwellenwertanzahl ist (z. B. kleiner als eine vordefinierte Anzahl, die einer ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen entspricht, die seit dem Anlassen des Motors gezählt wurden), dann kann das Verhältnis von über eine Saugrohrein-spritzung relativ zu einer Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff beibehalten werden, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse verändert, um die Luft-Kraftstoffgemischbildung zu verbessern, während der Motor gestartet wird, und um die Robustheit beim Anlassen des Motors insgesamt zu verbessern. Insbesondere wird als Reaktion auf die befohlene Erhöhung der Kraftstoffmasse, bevor die erste Anzahl an Verbrennungsereignissen stattgefunden hat, ein Zeitpunkt der Erhöhung der Kraftstoffmasse in Bezug auf ein Saugrohrein-spritzungsfenster bestimmt, um festzustellen, ob der Befehl erhalten wurde, bevor oder nachdem der PFI-Abbruchwinkel erreicht wurde. Wenn der Befehl zur Erhöhung der Kraftstoffmasse früher im Saugrohrein-spritzungsfenster erhalten wurde, bevor der PFI-Abbruchwinkel erreicht wurde, kann der Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) basierend auf der befohlene Erhöhung der Kraftstoffmasse erweitert werden, beispielsweise durch Verzögern eines Endes des Einspritzzeitpunkts/-winkels der Saugrohrein-spritzung. Außerdem wird ein Direkteinspritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) erweitert, beispielsweise durch Verzögern eines Endes des Einspritzzeitpunkts/-winkels der Direkteinspritzung, basierend auf der Einstellung des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses, um das früher ausgewählte Teilungsverhältnis von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff beizubehalten, während der erhöhte Kraftstoffbedarf erfüllt wird. Wenn jedoch der Befehl zur Erhöhung der Kraftstoffmasse erhalten wird, nachdem der Abbruchwinkel erreicht wurde, wird der Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) beibehalten und ferner wird der Direkteinspritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen

Verbrennungsereignisses) ebenfalls beibehalten, um das früher gewählte Teilungsverhältnis von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff beizubehalten. Hier wird aufgrund des Unvermögens den Saugrohrein-spritzungsimpuls einzustellen, da der Abbruchwinkel erreicht oder überschritten ist, der Direkteinspritzvorrichtungsimpuls beibehalten und dadurch dem Beibehalten des Teilungsverhältnisses Priorität vor dem Erfüllen der befohlenen Erhöhung der Kraftstoffmasse eingeräumt. Infolgedessen ist die tatsächliche in den Motorzylinder eingespritzte Kraftstoffmasse (wenn die Erhöhung der Kraftstoffmasse später im Saugrohrein-spritzungsfenster befohlen wird) niedriger als die befohlene Kraftstoffmasse. Außerdem können, als Reaktion auf die Zuführung von Kraftstoff mit einem Defizit in Bezug auf den angeforderten Kraftstoff, ein oder mehrere Parameter eingestellt werden. Zum Beispiel kann eine Kraftstoffflächenmodell-dynamik des Saugrohrs für ein folgendes Verbrennungsereignis als Reaktion darauf (und in Abhängigkeit davon) eingestellt werden, dass die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmasse kleiner als die befohlene Kraftstoffmasse ist. Außerdem kann ein Saugrohr- und ein Direkteinspritzungskraftstoffimpuls für ein folgendes Verbrennungsereignis erweitert werden, um das Kraftstoffdefizit zu kompensieren, während das Teilungsverhältnis für dieses Verbrennungsereignis beibehalten wird.

[0046] Wenn, zurückkehrend zu 220, die Verringerung (oder Erhöhung) der Kraftstoffmasse befohlen wird, nachdem die erste Anzahl von Verbrennungsereignissen verstrichen ist, wird bei 230 wie bei 222 ein Zeitpunkt für den Befehl zur Verringerung der Kraftstoffmasse im Verhältnis zum Saugrohrein-spritzungsfenster bestimmt. Insbesondere kann bestimmt werden, ob der Befehl empfangen wird, wenn (oder nachdem) der PFI-Abbruchwinkel erreicht wurde. Somit kann, nachdem die erste Anzahl an Verbrennungsereignissen vergangen ist, die Steuerung der befohlenen Brennstoffmasse wieder Priorität vor dem befohlenen Teilungsverhältnis einräumen. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die Wirkung einer Veränderung des Teilungsverhältnisses auf die Anlassbarkeit des Motors weniger ausgeprägt sein kann, nachdem die erste Anzahl von Verbrennungsereignissen verstrichen ist und wenn die Maschine die Startdrehzahl beendet hat.

[0047] Wenn der Abbruchwinkel nicht erreicht wurde, beinhaltet bei 232, als Reaktion auf eine Verringerung der Kraftstoffmasse, die früher während des Saugrohrein-spritzungsfensters eines Verbrennungsereignisses nach der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wurde, das Verfahren das Trimmen eines oder beider von dem Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) basierend auf der befohlenen

lenen Verringerung der Kraftstoffmasse. Als Beispiel kann der PFI-Kraftstoffimpuls getrimmt werden, während der DI-Kraftstoffimpuls beibehalten wird. Ein Trimmen des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses kann ein Vorziehen eines Endes des Einspritzzeitpunkts/-winkels der Saugrohrein-spritzung beibehalten. Das Trimmen kann ausgeführt werden, sodass die tatsächliche Kraftstoffmasse, die dem Zylinder zugeführt wird, der befohlenen (verringerten) Kraftstoffmasse entspricht, ohne dass das anfänglich ausgewählte Teilungsverhältnis für dieses Verbrennungsereignis beibehalten werden muss.

[0048] Ebenso beinhaltet, als Reaktion auf eine Erhöhung der Kraftstoffmasse, die früher während des Saugrohrein-spritzungsfensters eines Verbrennungsereignisses nach der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wurde, das Verfahren das Erweitern eines oder beider von dem Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) basierend auf der befohlenen Erhöhung der Kraftstoffmasse. Als Beispiel kann der PFI-Kraftstoffimpuls erweitert werden, während der DI-Kraftstoffimpuls beibehalten wird, indem ein Ende des Einspritzzeitpunkts/-winkels der Saugrohrein-spritzung verzögert wird. Das Erweitern kann so ausgeführt werden, dass die tatsächliche Kraftstoffmasse, die dem Zylinder zugeführt wird, der befohlenen (erhöhten) Kraftstoffmasse entspricht, ohne dass das anfänglich ausgewählte Teilungsverhältnis für dieses Verbrennungsereignis beibehalten werden muss. Als weiteres Beispiel kann der DI-Kraftstoffimpuls erweitert werden, während der PFI-Kraftstoffimpuls beibehalten wird, indem ein Ende des Einspritzzeitpunkts/-winkels der Direkteinspritzung verzögert wird. Das Erweitern kann so ausgeführt werden, dass die tatsächliche Kraftstoffmasse, die dem Zylinder zugeführt wird, der befohlenen (erhöhten) Kraftstoffmasse entspricht, ohne dass das anfänglich ausgewählte Teilungsverhältnis für dieses Verbrennungsereignis beibehalten werden muss. In einem Beispiel können, wenn sich die befohlene Kraftstoffmasse erhöht (nachdem die Schwellenwertanzahl der Verbrennungsereignisse verstrichen ist), der DI- und PFI-Kraftstoffimpuls eingestellt werden, um das Teilungsverhältnis von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff zu direkt eingespritztem Kraftstoff entweder beizubehalten oder zu verringern.

[0049] Wenn der Abbruchwinkel erreicht wurde, beinhaltet bei 234, als Reaktion auf eine Verringerung der Kraftstoffmasse, die später während des Saugrohreinspritzungsfensters eines Verbrennungsereignisses nach der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wird, das Verfahren das Beibehalten des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses (des gegebenen Verbrennungsereignisses), während der Direkteinspritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) getrimmt wird, um die befohlene Kraftstoffmasse bereitzustellen. Ein Trimmen des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses kann das Vorziehen eines Endes des Einspritzzeitpunkts/-winkels der Direkteinspritzung beinhalten. Hier wird aufgrund des Unvermögens den Saugrohreinspritzungsimpuls einzustellen, da der Abbruchwinkel erreicht oder überschritten ist, der Direkteinspritzvorrichtungsimpuls getrimmt und dadurch dem Erfüllen der befohlenen Verringerung der Kraftstoffmasse Priorität vor der Beibehaltung des Teilungsverhältnisses eingeräumt.

[0050] Außerdem können, als Reaktion auf die Zuführung von Kraftstoff über den angeforderten Kraftstoff hinaus, ein oder mehrere Parameter eingestellt werden. Zum Beispiel kann eine Kraftstoffflächenmodellndynamik des Saugrohrs für ein folgendes Verbrennungsereignis als Reaktion darauf (und in Abhängigkeit davon) eingestellt werden, dass die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmasse größer als die befohlene Kraftstoffmasse ist.

[0051] Ebenso wird, als Reaktion auf eine Erhöhung der Kraftstoffmasse, die später während des Saugrohreinspritzungsfensters eines Verbrennungsereignisses nach der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wird, der Saugrohreinspritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) beibehalten während der Direkteinspritzungskraftstoffimpuls (des gegebenen Verbrennungsereignisses) erweitert wird, indem ein Ende des Einspritzzeitpunkts/-winkels der Direkteinspritzung verzögert wird. Hier wird aufgrund des Unvermögens den Saugrohreinspritzungs-Impuls einzustellen, da der Abbruchwinkel erreicht oder überschritten ist, der Direkteinspritzvorrichtungsimpuls erweitert und dadurch dem Erfüllen der befohlenen Erhöhung der Kraftstoffmasse Priorität vor der Beibehaltung des Teilungsverhältnisses eingeräumt. Insbesondere führt dies dazu, dass das Teilungsverhältnis von mit Saugrohr eingespritztem : direkt eingespritztem Kraftstoff verringert wird.

[0052] Außerdem können, als Reaktion auf die Zuführung von Kraftstoff mit einem Defizit in Bezug auf den angeforderten Kraftstoff, ein oder mehrere Parameter eingestellt werden. Zum Beispiel kann eine Kraftstoffflächenmodellndynamik des Saugrohrs für ein folgendes Verbrennungsereignis als Reaktion darauf (und in Abhängigkeit davon) eingestellt wer-

den, dass die tatsächlich eingespritzte Kraftstoffmasse kleiner als die befohlene Kraftstoffmasse ist. Außerdem können ein Saugrohr- und ein Direkteinspritzungskraftstoffimpuls für ein folgendes Verbrennungsereignis erweitert werden, um das Kraftstoffdefizit zu kompensieren, während das Teilungsverhältnis für dieses Verbrennungsereignis beibehalten wird.

[0053] In beiden Fällen wird durch das Erfüllen der befohlenen Kraftstoffmasse unabhängig vom Teilungsverhältnis, wenn sich die Kraftstoffmasse nach der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen seit dem Anlassen des Motors verändert, die Motorleistung verbessert und die Fahreranforderung wird besser erfüllt.

[0054] Somit ist aufgrund des Trimmens des Saugrohr- und/oder Direkteinspritzungsimpulses die tatsächliche Kraftstoffmasse, die in den Motorzylinder eingespritzt wird, wenn die Verringerung der Kraftstoffmasse später im Saugrohreinspritzungsfenster nach der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wird, höher als die tatsächliche Kraftstoffmasse, die eingespritzt wird, wenn die Verringerung der Kraftstoffmasse später im Saugrohreinspritzungsfenster innerhalb der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wird.

[0055] Beispiele für Kraftstoffimpulseinstellungen sind jetzt unter Bezugnahme auf **Fig. 3** dargestellt. **Abb. 300** stellt Veränderungen der Motordrehzahl in Diagramm 302, eine befohlene Kraftstoffmasse in Diagramm 304 und einen zugeführten Kraftstoffimpuls in Diagramm 306 dar. In Diagramm 306 wird für jedes Verbrennungsereignis ein Anteil der als Saugrohreinspritzungskraftstoffimpuls zugeführten gesamten Kraftstoffmasse durch einen einfarbigen Balken dargestellt, während der Anteil der gesamten Kraftstoffmasse, die als Direkteinspritzungskraftstoffimpuls zugeführt wird, durch einen schraffierten Balken dargestellt ist. Alle Diagramme sind über eine Anzahl von Verbrennungsereignissen dargestellt, die sich von links nach rechts entlang der x-Achse erhöhen. Die Nummerierung aufeinanderfolgender Verbrennungsereignisse nach einem ersten Anlassen des Motors wird als beginnend mit n1 dargestellt, wobei n1 ein erstes Verbrennungsereignis des ersten Anlassens des Motors aus dem Ruhezustand darstellt. Eine Nummerierung aufeinanderfolgender Verbrennungsereignisse nach einem zweiten folgenden Anlassen des Motors wird als beginnend mit m1 dargestellt, wobei m1 ein erstes Verbrennungsereignis des zweiten Anlassens des Motors aus dem Ruhezustand darstellt.

[0056] Diagramm 302 zeigt eine Erhöhung der Motordrehzahl von Null als Reaktion auf ein erstes Anlassen des Motors. Hier ist das erste Anlassen des Motors ein Kaltstart, wobei der Motor angelassen

wird, während die Motortemperatur niedriger ist. Ein erstes Verbrennungsereignis n1 des ersten Anlassens des Motors aus dem Ruhezustand wird initiiert, indem Kraftstoff mit einem ersten Teilungsverhältnis von mit Saugrohr eingespritztem Kraftstoff zu direkt eingespritztem Kraftstoff in den Zylinder eingespritzt wird. Da es sich bei dem ersten Anlassen um einen Kaltstart handelt, beinhaltet das erste Teilungsverhältnis einen höheren Anteil an mit Saugrohr eingespritztem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff, um die Kaltstart-Abgasemissionen zu verringern. In einem Beispiel beinhaltet das erste Teilungsverhältnis 60 % PFI: 40 % DI.

[0057] Die befohlene Kraftstoffmasse (Diagramm 304) wird bei jedem folgenden Verbrennungsereignis eingestellt, damit das dargestellte Motordrehzahlprofil (Diagramm 302) bereitgestellt werden kann. Insbesondere wird die befohlene Kraftstoffmasse während eines anfänglichen Teils des Anlassens des Motors erhöht, während der Motor gestartet wird, und dann verringert. Nach einer Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen, die hier als nicht einschränkendes Beispiel bei Verbrennungsereignis n21 dargestellt sind, erreicht der Motor die Startdrehzahl und das Starten wird beendet. Daher räumt die Motorsteuerung zwischen n1 und n21 der Beibehaltung des gewählten Teilungsverhältnisses Priorität vor dem Gewährleisten, dass die tatsächliche Kraftstoffmasse die befohlene Kraftstoffmasse erfüllt, ein.

[0058] Bei Verbrennungsereignis n14 wird eine erste Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen. Der Befehl für n14 wird während des Saugrohrein-spritzungsfensters, bevor der Abbruchwinkel erreicht ist, empfangen. Folglich erfüllt die Steuerung sowohl das Teilungsverhältnis als auch die befohlene Kraftstoffmasse, durch das Vorziehen eines Endes der Einspritzung jeweils des PFI-Kraftstoffimpulses (einfarbiger Balken) und des DI-Kraftstoffimpulses (schraffierter Balken).

[0059] Bei Verbrennungsereignis n15 wird eine zweite Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen. Der Befehl für n15 wird während des Saugrohrein-spritzungsfensters, nachdem der Abbruchwinkel erreicht ist, empfangen. Da diese Verringerung der Kraftstoffmasse empfangen wird, bevor die Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen verstrichen ist (vor n21), zielt die Steuerung zuerst darauf ab, das Teilungsverhältnis beizubehalten. Da der Befehl zu spät im Saugrohrein-spritzungsfenster empfangen wird und Einstellungen des PFI-Impulses nicht möglich sind, wird der PFI-Kraftstoffimpuls beibehalten, während der DI-Impuls auch beibehalten wird, damit das gewählte Teilungsverhältnis beibehalten wird. Infolgedessen wird mehr Kraftstoff bereitgestellt, als befohlen wurde (dargestellt bei der Strichlinie 307). Dasselbe erfolgt für Verbrennungsereignis n16 mit einer daraus resultierenden

Zuführung von überschüssigem Kraftstoff (dargestellt bei der Strichlinie 308), während das Teilungsverhältnis beibehalten wird. Auf diese Weise wird das ausgewählte Teilungsverhältnis beibehalten, bis n21 erreicht wird, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert, wodurch eine verbesserte Anlassbarkeit des Motors ermöglicht wird.

[0060] Nach n21 kann das Teilungsverhältnis verändert werden, wenn sich die Betriebsbedingungen des Motors verändern. Zum Beispiel kann ein höherer Anteil von DI bei höheren Motordrehzahlen und höherer Last angewendet werden. Außerdem werden nach n21, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert, die Kraftstoffimpulse so eingestellt, dass die tatsächliche Kraftstoffmasse die befohlene Kraftstoffmasse erfüllt, während Abweichungen vom Zielteilungsverhältnis ermöglicht werden. Nach n21 werden zum Beispiel, als Reaktion auf eine Verringerung der befohlene Kraftstoffmasse, ein Ende der Einspritzung jeweils des PFI- und DI-Kraftstoffimpulses vorgezogen, wenn der Befehl früher im Saugrohrein-spritzungsfenster erfolgt, und ein Ende der Einspritzung nur des DI-Kraftstoffimpulses wird vorgezogen, wenn der Befehl später im Saugrohrein-spritzungsfenster erfolgt. Bei n56 erfolgt ein letztes Verbrennungsereignis bevor die Kraftstoffzufuhr unterbrochen wird und der Motor in den Ruhezustand ausläuft.

[0061] Diagramm 302 zeigt eine folgende Erhöhung der Motordrehzahl von Null als Reaktion auf ein zweites Anlassen des Motors nach dem ersten Anlassen des Motors. Da ein kurzer Zeitraum verstrichen ist, seit der Motor nach n56 abgeschaltet wurde, handelt es sich beim zweiten Anlassen des Motors um einen Warmstart, wobei der Motor angelassen wird, während die Motortemperatur höher ist. Ein erstes Verbrennungsereignis m1 beim ersten Anlassen des Motors aus dem Ruhezustand wird initiiert, indem Kraftstoff mit einem zweiten Teilungsverhältnis von mit Saugrohr eingespritztem Kraftstoff zu direkt eingespritztem Kraftstoff in den Zylinder eingespritzt wird. Da es sich bei dem zweiten Anlassen um einen Warmstart handelt, beinhaltet das zweite Teilungsverhältnis einen kleineren Anteil an mit Saugrohr eingespritztem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff. In einem Beispiel beinhaltet das erste Teilungsverhältnis 30 % PFI: 70 % DI.

[0062] Die befohlene Kraftstoffmasse (Diagramm 304) wird bei jedem folgenden Verbrennungsereignis eingestellt, damit das dargestellte Motordrehzahlprofil (Diagramm 302) bereitgestellt werden kann. Insbesondere wird die befohlene Kraftstoffmasse während eines anfänglichen Teils des Anlassens des Motors erhöht, während der Motor gestartet wird, und dann verringert. Nach einer Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen, die hier als nicht einschränkendes Beispiel bei Verbrennungsereignis m21 dar-

gestellt sind, erreicht der Motor die Startdrehzahl und das Starten wird beendet. Daher räumt die Motorsteuerung zwischen m1 und m21 der Beibehaltung des gewählten Teilungsverhältnisses Priorität vor dem Gewährleisten, dass die tatsächliche Kraftstoffmasse die befohlene Kraftstoffmasse erfüllt, ein. Es versteht sich, dass sich in alternativen Beispielen die Schwellenwertanzahl der Verbrennungsereignisse, über die das Teilungsverhältnis beibehalten wird, für einen Warmstart gegenüber einem Kaltstart des Motors unterscheiden kann.

[0063] Bei Verbrennungsereignis m14 wird eine erste Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen. Der Befehl für m14 wird während des Saugrohreinspritzungsfensters, bevor der Abbruchwinkel erreicht ist, empfangen. Folglich erfüllt die Steuerung sowohl das Teilungsverhältnis als auch die befohlene Kraftstoffmasse, durch das Vorziehen eines Endes der Einspritzung jeweils des PFI-Kraftstoffimpulses (einfarbiger Balken) und des DI-Kraftstoffimpulses (schraffierter Balken).

[0064] Bei Verbrennungsereignis m15 wird eine zweite Verringerung der Kraftstoffmasse befohlen. Der Befehl für m15 wird während des Saugrohreinspritzungsfensters, nachdem der Abbruchwinkel erreicht ist, empfangen. Da diese Verringerung der Kraftstoffmasse empfangen wird, bevor die Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen verstrichen ist (vor n21), zielt die Steuerung zuerst darauf ab, das Teilungsverhältnis beizubehalten. Da der Befehl zu spät im Saugrohreinspritzungsfenster empfangen wird und Einstellungen des PFI-Impulses nicht möglich sind, wird der PFI-Kraftstoffimpuls beibehalten, während der DI-Impuls auch beibehalten wird, damit das gewählte Teilungsverhältnis beibehalten wird. Infolgedessen wird mehr Kraftstoff bereitgestellt, als befohlen wurde (dargestellt bei der Strichlinie 309). Dasselbe erfolgt für Verbrennungsereignis n16 mit einer daraus resultierenden Zuführung von überschüssigem Kraftstoff (dargestellt bei der Strichlinie 310), während das Teilungsverhältnis beibehalten wird. Auf diese Weise wird das ausgewählte (zweite) Teilungsverhältnis beibehalten, bis m21 erreicht wird, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert, wodurch eine verbesserte Anlassbarkeit des Motors ermöglicht wird.

[0065] Nach m21 kann das Teilungsverhältnis verändert werden, wenn sich die Betriebsbedingungen des Motors verändern. Zum Beispiel kann ein höherer Anteil von DI bei höheren Motordrehzahlen und höherer Last angewendet werden. Außerdem werden nach m21, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert, die Kraftstoffimpulse so eingestellt, dass die tatsächliche Kraftstoffmasse die befohlene Kraftstoffmasse erfüllt, während Abweichungen vom Zielteilungsverhältnis ermöglicht werden. Nach m21 werden zum Beispiel, als Reaktion auf eine

Verringerung der befohlene Kraftstoffmasse, ein Ende der Einspritzung jeweils des PFI- und DI-Kraftstoffimpulses vorgezogen, wenn der Befehl früher im Saugrohreinspritzungsfenster erfolgt, und ein Ende der Einspritzung nur des DI-Kraftstoffimpulses wird vorgezogen, wenn der Befehl später im Saugrohreinspritzungsfenster erfolgt.

[0066] In einem alternativen Beispiel kann während des Kaltstarts, für die Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen, die seit einem ersten Verbrennungsereignis nacheinander auftreten, die Steuerung das gewählte Verhältnis von über die Saugrohreinspritzung relativ zur Direkteinspritzung zugeführtem Kraftstoff beibehalten, wenn sich die befohlene Kraftstoffmasse verringert. Das kann dazu führen, dass die tatsächlich zugeführte Kraftstoffmasse von der befohlene Kraftstoffmasse abweicht. Im Vergleich kann während des Warmstarts, für die Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen, die seit einem ersten Verbrennungsereignis nacheinander auftreten, die Steuerung die tatsächliche Kraftstoffmasse auf Höhe der befohlene Kraftstoffmasse beibehalten, wenn sich die befohlene Kraftstoffmasse verringert. Das kann dazu führen, dass das tatsächlich zugeführte Kraftstoffteilungsverhältnis von dem ausgewählten/befohlene Kraftstoffteilungsverhältnis abweicht.

[0067] Zum Beispiel kann, über eine Anzahl von Verbrennungsereignissen, die nacheinander seit einem ersten Verbrennungsereignis bei einem ersten Anlassen des Motors aus dem Ruhezustand stattfinden, eine Steuerung ein Verhältnis von über Saugrohreinspritzung relativ zu über Direkteinspritzung zugeführtem Kraftstoff beibehalten, wenn sich eine befohlene Kraftstoffmasse verringert. Im Vergleich erfolgt, über die Anzahl von Verbrennungsereignissen, die nacheinander seit dem ersten Verbrennungsereignis bei einem zweiten Anlassen des Motors aus dem Ruhezustand stattfinden, das Einstellen des Verhältnisses von mit Saugrohreinspritzung relativ zu mit Direkteinspritzung gelenktem Kraftstoff, während die tatsächliche Kraftstoffmasse auf Höhe der befohlene Kraftstoffmasse beibehalten wird, wenn sich die befohlene Kraftstoffmasse verringert. Beim ersten Anlassen des Motors kann die tatsächliche Kraftstoffmasse nicht auf Höhe der befohlene Kraftstoffmasse beibehalten werden, wenn sich die befohlene Kraftstoffmasse verringert. Insbesondere kann beim ersten Anlassen des Motors die tatsächliche Kraftstoffmasse, die in einen Motorzylinder eingespritzt wird, höher sein als die befohlene Kraftstoffmasse. Außerdem wird während des ersten Anlassens des Motors eine Verringerung der befohlene Kraftstoffmasse früher in einem Saugrohreinspritzungsfenster befohlen als im Vergleich zur Verringerung der befohlene Kraftstoffmasse, die während des zweiten Anlassens des

Motors befohlen wird. Beibehalten des Verhältnisses während des Anlassens des Motors kann das Vorziehen eines Endes des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses basierend auf der befohlenen Kraftstoffmassenverringering und das Vorziehen eines Endes eines Direkteinspritzungskraftstoffimpulses basierend auf dem Vorziehen des Endes des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses beinhalten. Einstellen des Verhältnisses, während die tatsächliche Kraftstoffmasse beibehalten wird, kann ein Beibehalten des Endes des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses und ein Beibehalten des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses beinhalten, während die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse nicht berücksichtigt wird.

[0068] Man wird verstehen, dass, während das Beispiel in Fig. 3 unter Bezugnahme auf eine befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse gezeigt ist, ähnliche Einstellungen als Reaktion auf eine befohlene Erhöhung der Kraftstoffmasse ausgeführt werden können. Zum Beispiel werden, als Reaktion auf eine befohlene Erhöhung der Kraftstoffmasse, die vor einer Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen erhalten wird, die DI- und PFI-Kraftstoffimpulse eingestellt, um das Teilungsverhältnis beizubehalten, selbst wenn die befohlene Kraftstoffmasse nicht bereitgestellt wird (z. B. die Kraftstoffmasse kann geringer als gewünscht sein). Als Reaktion auf eine befohlene Erhöhung der Kraftstoffmasse, die nach einer Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen erhalten wird, werden die DI- und PFI-Kraftstoffimpulse eingestellt, um die befohlene Kraftstoffmasse bereitzustellen, selbst wenn das befohlene Teilungsverhältnis nicht erfüllt wird (z. B. das Teilungsverhältnis kann geringer als gewünscht sein).

[0069] Auf diese Weise wird die Qualität des Anlassens des Motors verbessert. Der technische Effekt des konstanten Beibehaltens eines Kraftstoffteilungsverhältnisses für eine definierte Anzahl von Verbrennungsereignissen, die nacheinander seit einem ersten Verbrennungsereignis bei einem Anlassen des Motors aus dem Ruhezustand (Drehzahl Null) auftreten, liegt darin, dass die Luft-Kraftstoffgemischbildung während des Startens des Motors verbessert sein kann, was eine höhere Verbrennungsstabilität ermöglicht. Durch Verringern der Variabilität des Kraftstoffteilungsverhältnisses werden Abweichungen von einem kalibrierten Zündzeitpunkt verringert, wodurch die Leistung beim Anlassen des Motors verbessert wird. Indem ermöglicht wird, dass ein Teilungsverhältnis, das für die definierte Anzahl an Verbrennungsereignissen seit einem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassen des Motors befohlen wird, beibehalten werden kann, während Abweichungen der tatsächlichen Kraftstoffmasse von der befohlenen Kraftstoffmasse ermöglicht werden, kann die Variabilität des Anlas-

sens des Motors durch eine Verringerung der Kraftstoffmasse während des Hochfahrens des Motors und Startens verringert werden. Insgesamt wird das Anlassen des Motors wiederholbarer.

[0070] Ein Beispielverfahren für einen Motor umfasst: für eine erste Anzahl von aufeinanderfolgenden Verbrennungsereignissen, gezählt ab einem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassen des Motors aus einem Ruhezustand, Zufuhr von Kraftstoff zu einem Motor jeweils mit Saugrohr- und mit Direkteinspritzung; und Beibehalten eines Verhältnisses von über eine Saugrohreinspritzung relativ zu über eine Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff während der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert. Das vorstehende Beispiel umfasst ferner, zusätzlich oder optional, nachdem die erste Anzahl von aufeinanderfolgenden Verbrennungsereignissen verstrichen ist, das Einstellen des Verhältnisses von über eine Saugrohreinspritzung relativ zu über eine Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff, basierend auf Fahrerbedarf, während eine befohlene Kraftstoffmasse beibehalten wird, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert. Zusätzlich oder optional wird in einem oder allen der vorstehenden Beispiele das Verhältnis von über eine Saugrohreinspritzung relativ zu über eine Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff beibehalten oder verringert, wenn die befohlene Kraftstoffmasse steigt. Zusätzlich oder optional beinhaltet in einem oder allen der vorstehenden Beispiele das Beibehalten, als Reaktion auf eine Verringerung der Kraftstoffmasse, die früher während eines Saugrohreinspritzungsfensters eines Verbrennungsereignisses der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wurde, ein Trimmen eines Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses basierend auf der Verringerung der Kraftstoffmasse und ein Trimmen eines Direkteinspritzungskraftstoffimpulses des Verbrennungsereignisses basierend auf dem Trimmen des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses, während das Verhältnis beibehalten wird. Zusätzlich oder optional beinhaltet in einem oder allen der vorstehenden Beispiele das Beibehalten ferner, als Reaktion auf die Verringerung der Kraftstoffmasse, die später während des Saugrohreinspritzungsfensters des Verbrennungsereignisses befohlen wird, das Beibehalten des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses und nicht das Trimmen des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses, um das Verhältnis beizubehalten. Zusätzlich oder optional beinhaltet in einem oder allen der vorstehenden Beispiele früher während des Saugrohreinspritzungsfensters den Zeitraum, während es mehr als eine Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden bis zu einem Ende des Saugrohreinspritzungsfensters gibt, und wobei später während des Saugrohreinspritzungsfensters den Zeitraum beinhaltet, während es weniger als die Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden zu dem Ende des Saugrohrein-

spritzungsfensters gibt. Zusätzlich oder optional ist in einem oder allen der vorstehenden Beispiele die Kraftstoffmasse, die tatsächlich eingespritzt wird, wenn die Verringerung der Kraftstoffmasse später während des Saugrohreinspritzungsfensters befohlen wird, größer ist als eine befohlene Kraftstoffmasse. Zusätzlich oder optional umfasst in einem oder allen der vorstehenden Beispiele das Verfahren ferner ein Einstellen einer Kraftstoffflächenmodellodynamik des Saugrohrs für ein folgendes Verbrennungseignis als Reaktion darauf, dass die tatsächliche eingespritzte Kraftstoffmasse größer ist als die befohlene Kraftstoffmasse. Zusätzlich oder optional beinhaltet in einem oder allen der vorstehenden Beispiele ein Trimmen des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses das Vorziehen eines Endes des Einspritzwinkels des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses. Zusätzlich oder optional basiert in einem oder allen der vorstehenden Beispiele das Verhältnis auf einer Motortemperatur beim Anlassen des Motors, wobei das Verhältnis ein höheres Verhältnis von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff zu direkt eingespritztem Kraftstoff beinhaltet, wenn sich die Motortemperatur bei dem ersten Verbrennungseignis beim Anlassen des Motors verringert.

[0071] Ein weiteres Beispiel eines Motorverfahrens umfasst: über eine Anzahl von Verbrennungseignissen, die nacheinander seit einem ersten Verbrennungseignis bei einem ersten Anlassen des Motors aus dem Ruhezustand stattfinden, Beibehalten eines Verhältnisses von über Saugrohreinspritzung relativ zu Direkteinspritzung zugeführtem Kraftstoff, wenn sich eine befohlene Kraftstoffmasse verringert; und über die Anzahl von Verbrennungseignissen, die nacheinander seit dem ersten Verbrennungseignis bei einem zweiten Anlassen des Motors aus dem Ruhezustand stattfinden, Einstellen des Verhältnisses von über Saugrohreinspritzung relativ zu Direkteinspritzung zugeführtem Kraftstoff, während die tatsächliche Kraftstoffmasse auf Höhe der befohlenen Kraftstoffmasse beibehalten wird, wenn sich die befohlene Kraftstoffmasse verringert. Zusätzlich oder optional wird im vorstehenden Beispiel beim ersten Anlassen des Motors die tatsächliche Kraftstoffmasse nicht auf Höhe der befohlenen Kraftstoffmasse beibehalten, wenn sich die befohlene Kraftstoffmasse verringert. Zusätzlich oder optional wird in einem oder allen der vorstehenden Beispiele während des ersten Anlassens des Motors eine Verringerung der befohlenen Kraftstoffmasse früher in einem Saugrohreinspritzungsfenster befohlen als im Vergleich zur Verringerung der befohlenen Kraftstoffmasse, die während des zweiten Anlassens des Motors befohlen wird. Zusätzlich oder optional beinhaltet in einem oder allen der vorstehenden Beispiele das Beibehalten des Verhältnisses während des Anlassens des Motors das Vorziehen eines Endes des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses basierend auf der befohlenen Kraftstoffmassenverringere-

ung und das Vorziehen eines Endes eines Direkteinspritzungskraftstoffimpulses basierend auf dem Vorziehen des Endes des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses. Zusätzlich oder optional beinhaltet in einem oder allen der vorstehenden Beispiele das Einstellen des Verhältnisses während die tatsächliche Kraftstoffmasse beibehalten wird, das Beibehalten des Endes des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses und das Beibehalten des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses, während die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse nicht berücksichtigt wird. Zusätzlich oder optional ist in einem oder allen der vorstehenden Beispiele beim ersten Anlassen des Motors die tatsächliche Kraftstoffmasse, die in einen Motorzylinder eingespritzt wird, höher als die befohlene Kraftstoffmasse.

[0072] Ein weiteres Beispiel eines Motorkraftstoffsystems umfasst: einen Motorzylinder; eine Direkteinspritzungsvorrichtung, die mit dem Zylinder gekoppelt ist; eine Saugrohreinspritzvorrichtung, die mit dem Zylinder gekoppelt ist; und eine Steuerung, die mit in einem nichtflüchtigen Speicher gespeicherten computerlesbaren Anweisungen für Folgendes konfiguriert ist: Wiederanlassen eines Motors mit Kraftstoff, der in den Zylinder bei einem ersten Verbrennungseignis ab dem Ruhezustand von jeweils der Saugrohreinspritzvorrichtung und der Direkteinspritzvorrichtung in einem Verhältnis bereitgestellt wird; Einstellen einer Kraftstoffmasse, die dem Zylinder basierend auf einer Verbrennungseignisanzahl befohlen wird, ab dem ersten Verbrennungseignis bis eine Schwellenwertanzahl von Verbrennungseignissen verstrichen ist; wenn eine befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse innerhalb einer Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden eines Saugrohreinspritzungsfensters empfangen wird, Einstellen von jeweils einem Saugrohreinspritzungskraftstoffimpuls und einem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls, um die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse bereitzustellen, während gleichzeitig das Verhältnis eingestellt wird; und wenn die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse außerhalb der Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden des Saugrohreinspritzungsfensters empfangen wird, beibehalten von jeweils dem Saugrohreinspritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls, um das Verhältnis beizubehalten, während gleichzeitig eine tatsächliche Kraftstoffmasse bereitgestellt wird, die größer ist als die befohlene Kraftstoffmasse. Zusätzlich oder optional beinhaltet in dem vorstehenden Beispiel das Einstellen von jeweils dem Saugrohreinspritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls das Vorziehen eines Endes des Einspritzzeitpunkts von jeweils dem Saugrohreinspritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls. Zusätzlich oder optional beinhaltet in einem oder allen der vorstehenden Beispiele das Beibehalten von jeweils dem Saugrohreinspritzungskraftstoffim-

puls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls das Beibehalten des Endes des Einspritzzeitpunkts von jeweils dem Saugrohreinspritzungskraftstoffimpuls und dem Direkteinspritzungskraftstoffimpuls. In einem oder allen der vorstehenden Beispiele basiert das Verhältnis zusätzlich oder optional auf einer Motortemperatur, die vor dem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassen des Motors geschätzt wird, wobei das Verhältnis einen höheren Anteil von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff beinhaltet, wenn sich die Motortemperatur verringert.

[0073] Es ist zu beachten, dass die hier beinhalteten beispielhaften Steuer- und Schätzzroutinen mit verschiedenen Motor- und/oder Fahrzeugsystemkonfigurationen verwendet werden können. Die hierin offenbarten Steuerverfahren und -routinen können als ausführbare Anweisungen in einem nichtflüchtigen Speicher gespeichert und durch das Steuersystem, einschließlich der Steuerung in Kombination mit den verschiedenen Sensoren, Aktoren und anderer Motorhardware, ausgeführt werden. Die spezifischen hierin beschriebenen Routinen können eine oder mehrere einer beliebigen Anzahl von Verarbeitungsstrategien darstellen, wie etwa ereignisgesteuert, unterbrechungsgesteuert, Multi-Tasking, Multi-Threading und Ähnliches. Somit können verschiedene veranschaulichte Handlungen, Vorgänge und/oder Funktionen in der veranschaulichten Reihenfolge oder parallel durchgeführt oder in einigen Fällen weggelassen werden. Gleichermaßen ist die Verarbeitungsreihenfolge nicht zwangsläufig erforderlich, um die Merkmale und Vorteile der hierin beschriebenen beispielhaften Ausführungsformen zu erreichen, sondern wird vielmehr zur Erleichterung der Veranschaulichung und Beschreibung bereitgestellt. Ein(e) 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 graphisch Code darstellen, der in einem nichtflüchtigen Speicher des computerlesbaren Speichermediums in dem Motorsteuersystem programmiert werden soll, in dem die beschriebenen Handlungen durch Ausführen der Anweisungen in einem System, einschließlich der verschiedenen Motorhardwarekomponenten in Kombination mit der elektronischen Steuerung, ausgeführt werden.

[0074] Es versteht sich, dass die hierin offenbarten Konfigurationen und Routinen beispielhafter Natur sind und dass diese spezifischen Ausführungsformen nicht in einschränkendem Sinn aufzufassen sind, da zahlreiche Variationen möglich sind. Zum Beispiel kann die vorstehende Technologie auf V6-, I4-, I6-, V12-, 4-Zylinder-Boxer- und andere Motortypen angewendet werden. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung schließt alle neuartigen und

nicht naheliegenden Kombinationen und Unterkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen und weitere hierin offenbarte Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften ein.

[0075] Die folgenden Patentansprüche legen insbesondere bestimmte Kombinationen und Unterkombinationen dar, die als neuartig und nicht naheliegend betrachtet werden. Diese Patentansprüche können sich auf „ein“ Element oder „ein erstes“ Element oder das Äquivalent davon beziehen. Derartige Patentansprüche sind so zu verstehen, dass sie die Einbeziehung eines oder mehrerer derartiger Elemente einschließen und zwei oder mehr derartige Elemente weder erfordern noch ausschließen. Weitere 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 einen weiteren, engeren, gleichen oder unterschiedlichen Schutzzumfang im Vergleich zu den ursprünglichen Ansprüchen aufweisen, darüber hinaus als im Gegenstand der vorliegenden Offenbarung eingeschlossen betrachtet.

Patentansprüche

1. Verfahren für einen Motor, umfassend: für eine erste Anzahl von aufeinanderfolgenden Verbrennungsereignissen, gezählt ab einem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassen des Motors aus einem Ruhezustand, Zuführen von Kraftstoff zu einem Motor jeweils mit Saugrohr- und mit Direkteinspritzung; und Beibehalten eines Verhältnisses von über eine Saugrohreinspritzung relativ zu über eine Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff, während der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen, selbst wenn sich die Kraftstoffmasse ändert.
2. Verfahren nach Anspruch 1, ferner umfassend, nachdem die erste Anzahl von aufeinanderfolgenden Verbrennungsereignissen verstrichen ist, Einstellen des Verhältnisses von über eine Saugrohreinspritzung relativ zu über eine Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff, basierend auf Fahrerbedarf, während eine befohlene Kraftstoffmasse beibehalten wird, selbst wenn sich die Kraftstoffmenge ändert.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Verhältnis von über eine Saugrohreinspritzung relativ zu über eine Direkteinspritzung eingespritztem Kraftstoff beibehalten oder verringert wird, wenn die befohlene Kraftstoffmasse steigt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Beibehalten, als Reaktion auf eine Verringerung der Kraftstoffmasse, die früher während eines Saugrohrein-spritzungsfensters eines Verbrennungsereignisses der ersten Anzahl von Verbrennungsereignissen befohlen wurde, ein Trimmen eines Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses basierend auf der Verringerung der Kraftstoffmasse und ein Trimmen eines Direkteinspritzungskraftstoffimpulses des Verbrennungsereignisses basierend auf dem Trimmen des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses, während das Verhältnis beibehalten wird, beinhaltet.

5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Beibehalten ferner, als Reaktion auf die Verringerung der Kraftstoffmasse, die später während des Saugrohrein-spritzungsfensters des Verbrennungsereignisses befohlen wird, das Beibehalten des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses und nicht das Trimmen des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses, um das Verhältnis beizubehalten, beinhaltet.

6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei früher während des Saugrohrein-spritzungsfensters den Zeitraum beinhaltet, während es mehr als eine Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden bis zu einem Ende des Saugrohrein-spritzungsfensters gibt, und wobei später während des Saugrohrein-spritzungsfensters den Zeitraum beinhaltet, während es weniger als die Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden bis zu dem Ende des Saugrohrein-spritzungsfensters gibt.

7. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Kraftstoffmasse, die tatsächlich eingespritzt wird, wenn die Verringerung der Kraftstoffmasse später während des Saugrohrein-spritzungsfensters befohlen wird, größer ist als eine befohlene Kraftstoffmasse.

8. Verfahren nach Anspruch 7, ferner umfassend, ein Einstellen der Kraftstoffflächenmodell-dynamik des Saugrohrs für ein folgendes Verbrennungsereignis als Reaktion darauf, dass die tatsächliche eingespritzte Kraftstoffmasse größer ist als die befohlene Kraftstoffmasse.

9. Verfahren nach Anspruch 4, wobei das Trimmen des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses das Vorziehen eines Endes eines Einspritzwinkels des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses beinhaltet.

10. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Verhältnis auf einer Motortemperatur beim Anlassen des Motors basiert, wobei das Verhältnis ein höheres Verhältnis von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff zu direkt eingespritztem Kraftstoff beinhaltet, wenn sich die Motortemperatur bei dem ersten Verbrennungsereignis beim Anlassens des Motors verringert.

11. Motorkraftstoffsystem, umfassend: einen Motorzylinder, eine Direkteinspritzvorrichtung, die an den Zylinder gekoppelt ist; eine Saugrohrein-spritzvorrichtung, die an den Zylinder gekoppelt ist; und eine Steuerung mit in einem nichtflüchtigen Speicher gespeicherten computerlesbaren Anweisungen für Folgendes:

Wiederanlassen eines Motors mit Kraftstoff, der in den Zylinder bei einem ersten Verbrennungsereignis ab dem Ruhezustand jeweils von der Saugrohrein-spritzvorrichtung und der Direkteinspritzvorrichtung in einem Verhältnis bereitgestellt wird; Einstellen einer Kraftstoffmasse, die dem Zylinder auf der Basis einer Verbrennungsereignisanzahl befohlen wird, ab dem ersten Verbrennungsereignis bis eine Schwellenwertanzahl von Verbrennungsereignissen verstrichen ist; wenn eine befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse innerhalb einer Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden eines Saugrohrein-spritzungsfensters empfangen wird, Einstellen jeweils eines Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses und eines Direkteinspritzungskraftstoffimpulses, um die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse bereitzustellen, während gleichzeitig das Verhältnis eingestellt wird; und wenn die befohlene Verringerung der Kraftstoffmasse außerhalb der Schwellenwertanzahl von Kurbelwinkelgraden des Saugrohrein-spritzungsfensters empfangen wird, Beibehalten jeweils des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses und des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses, um das Verhältnis beizubehalten, während gleichzeitig eine tatsächliche Kraftstoffmasse bereitgestellt wird, die größer ist als die befohlene Kraftstoffmasse.

12. System nach Anspruch 11, wobei das Einstellen jeweils des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses und des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses das Vorziehen eines Endes des Einspritzzeitpunkts jeweils des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses und des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses beinhaltet.

13. System nach Anspruch 12, wobei das Beibehalten jeweils des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses und des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses das Beibehalten des Endes des Einspritzzeitpunkts jeweils des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses und des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses beinhaltet.

14. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das Beibehalten des Verhältnisses das Vorziehen eines Endes des Saugrohrein-spritzungskraftstoffimpulses basierend auf der befohlenen Kraftstoffmassenverringerng und das Vorziehen eines Endes des Direkteinspritzungskraftstoffimpulses basierend auf

dem Vorziehen des Endes des Saugrohreinspritzungskraftstoffimpulses beinhaltet.

15. System nach Anspruch 11, wobei das Verhältnis auf einer Motortemperatur basiert, die vor dem ersten Verbrennungseignis beim Anlassen des Motors geschätzt wird, wobei das Verhältnis einen höheren Anteil von mit dem Saugrohr eingespritztem Kraftstoff relativ zu direkt eingespritztem Kraftstoff beinhaltet, wenn sich die Motortemperatur verringert.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

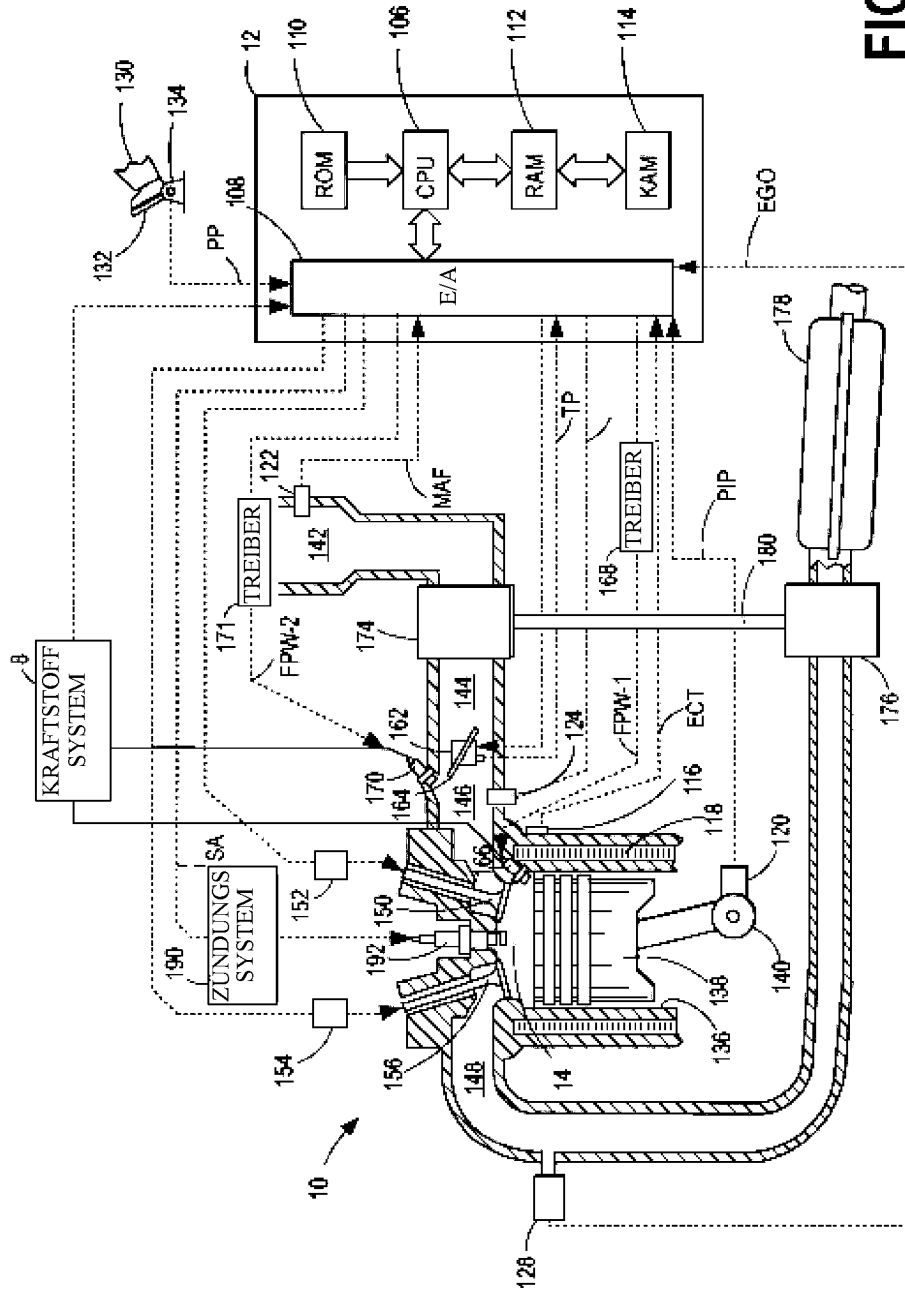


FIG. 1

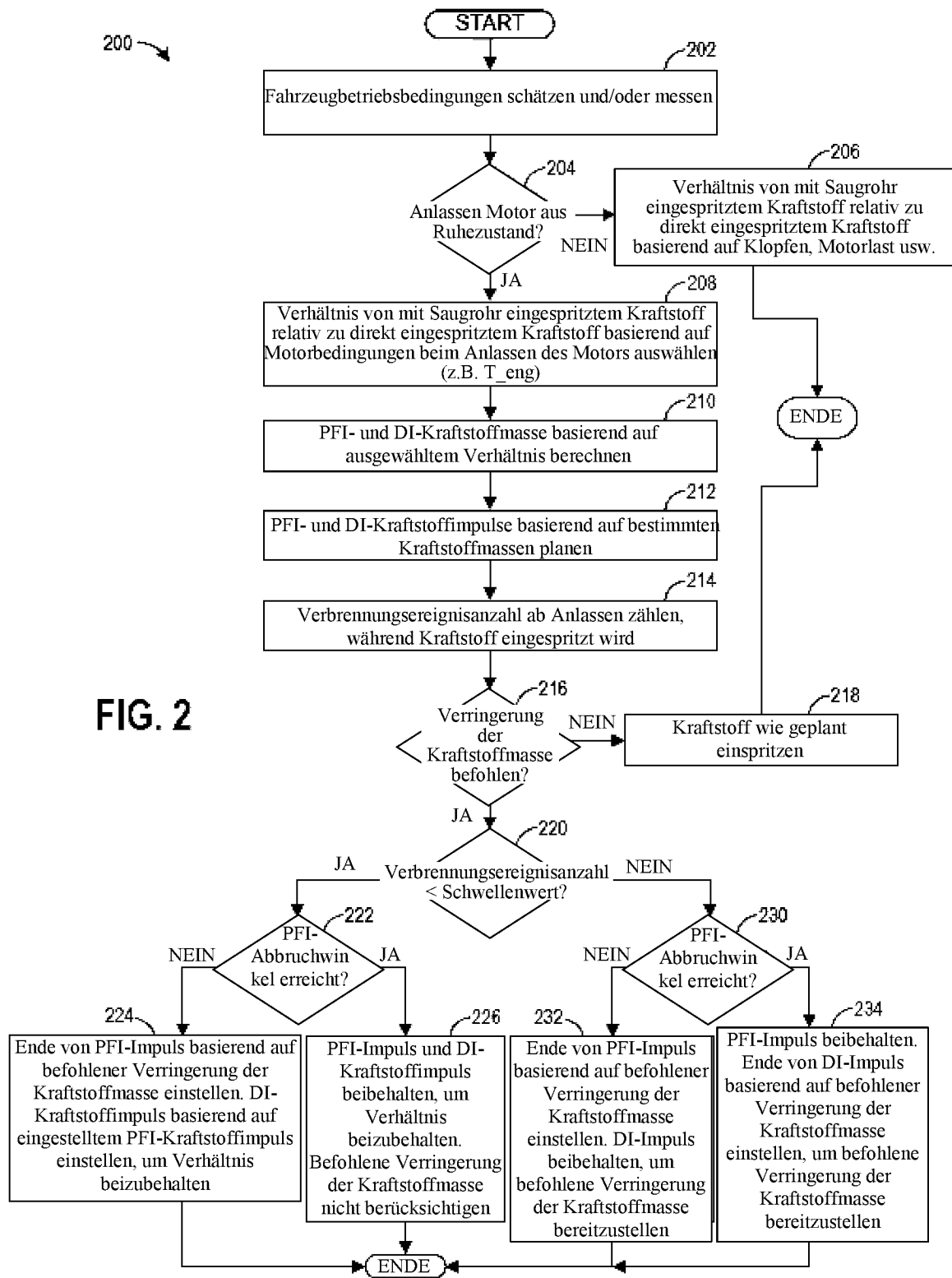


FIG. 2

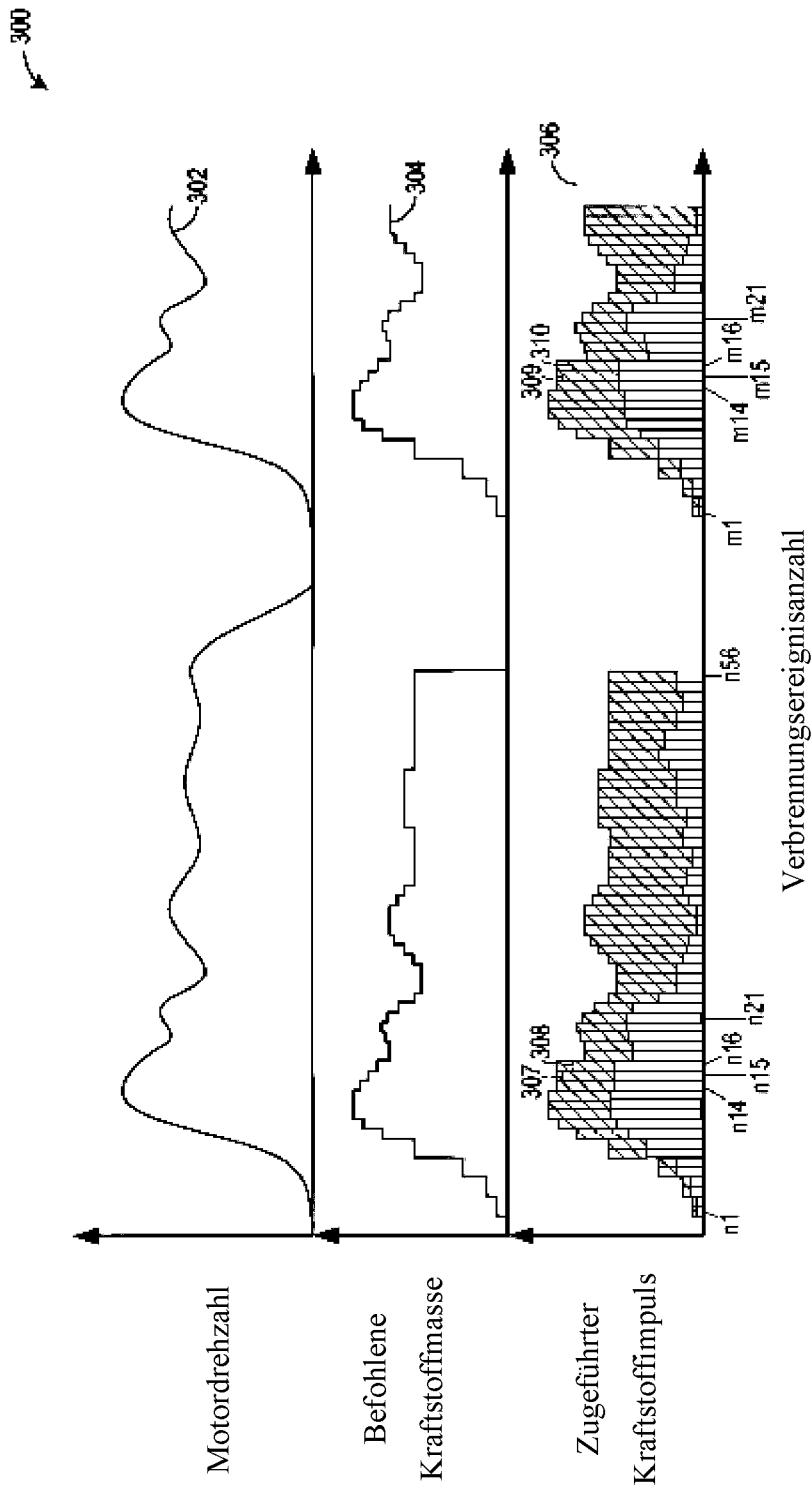


FIG. 3