



(10) **DE 10 2010 029 453 B4** 2019.07.18

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2010 029 453.5**
(22) Anmeldetag: **28.05.2010**
(43) Offenlegungstag: **25.08.2011**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **18.07.2019**

(51) Int Cl.: **F02N 9/02 (2006.01)**
F02N 99/00 (2010.01)
F02D 45/00 (2006.01)

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

(30) Unionspriorität:
12/474,085 28.05.2009 US

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

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

(72) Erfinder:
**Gibson, Alex O'Connor, Ann Arbor, Mich., US; Yi,
Jianwen James, Canton, Mich., US; VanDerWege,
Brad Alan, Canton, Mich., US; Ulrey, Joseph
Norman, Dearborn, Mich., US; Zhou, Cindy,
Canton, Mich., US; Wooldridge, Steven Todd,
Saline, Mich., US; Reiche, David Bruce, Livonia,
Mich., US**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

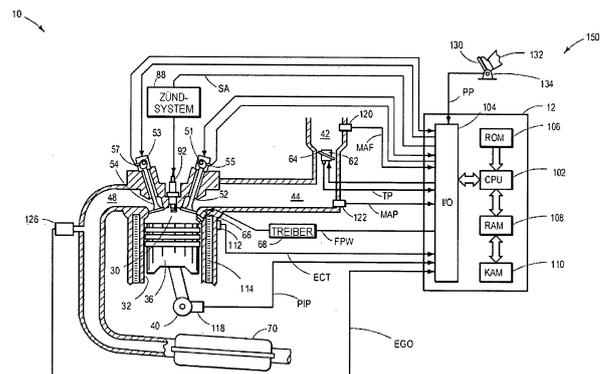
DE	10 2006 043 678	A1
DE	10 2007 023 225	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor beim Direktstart**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor, der eine oder mehrere Brennkammern, ein Kraftstoff-Versorgungssystem, das ein mit jeder Brennkammer gekoppeltes Direktkraftstoffeinspritzventil enthält, ein Zündsystem, das eine oder mehrere mit jeder Brennkammer gekoppelte Zündkerzen enthält, einen in jeder Brennkammer angeordneten Kolben und ein Einlass- und ein Auslassventil, die mit jeder Brennkammer gekoppelt sind, enthält, wobei der Verbrennungsmotor dem Fahrzeug Antriebskraft zuführt, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Unterbrechen des Verbrennungsbetriebs in dem Verbrennungsmotor als Reaktion auf Leerlaufstoppbetrieb; und während eines Direktstarts, Durchführen eines Mehrfunkenzündungsbetriebs pro Verbrennungstakt über eine oder mehrere ausgewählte Zündkerzen für mindestens einen ersten Verbrennungstakt in einer Brennkammer nach der Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs, wobei die eine oder die mehreren Zündkerzen mit der Brennkammer gekoppelt ist bzw. sind,

Einstellung der Menge, des Zeitpunkts und/oder der Dauer der Funkenzündungsereignisse, die im Mehrfunkenzündungsbetrieb enthalten sind, auf Grundlage eines Betriebszustands des Kraftstoff-Versorgungssystems, einer Stillstandsstelle des Kolbens in der Brennkammer und/oder einer Motortemperatur, wobei die Stillstandsstelle des Kolbens von einem oberen Totpunkt der Brennkammer gemessen wird, wenn sich der Kolben vor dem Mehrfunkenzündungsbetrieb im Stillstand befand, wobei ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor beim Direktstart.

[0002] Es sind die verschiedensten Steuerstrategien zur Verringerung des Kraftstoffverbrauchs in einem Verbrennungsmotor entwickelt worden. Eine Steuerstrategieart kann bei dem Versuch, Kraftstoffverbrauch sowie Emissionen aus dem Fahrzeug zu verringern, vorübergehendes Abschalten des Betriebs eines Verbrennungsmotors während Leerstopps und schnellen Neustart des Motors, falls erforderlich, enthalten. In einem Beispiel kann eine Direktstart-(DS)-Steuerstrategie beim Neustart des Motors aus Leerlaufstoppbedingungen verwendet werden, wobei ein erstes Verbrennungsereignis des Starts, während sich der Motor noch in Ruhestellung befindet, mit oder ohne Startermotorunterstützung auftritt. Während ein Fahrzeug aus einem Leerlaufzustand angehalten wird, können DS verwendende Fahrzeuge den Betrieb über die Unterbrechung der Kraftstoffeinspritzung, der Ventilbetätigung und/oder der Funkenentladung in den Brennkammern abschalten. Nach dem Abschalten des Motors kann bei dem Versuch, Kraftstoffverbrauch sowie Emissionen beim Start zu verringern, Kraftstoff in eine ausgewählte Brennkammer eingespritzt und über eine Funkenentladung gezündet werden, um Verbrennung in dem Motor schnell und nahtlos wieder zu beginnen.

[0003] Die Anmelder haben jedoch erkannt, dass DS verwendende Fahrzeuge Fehlzündungen, variables abgegebenes Drehmoment und in einigen Fällen verstärkte Emissionen bei DS-Betrieb aufgrund der variablen und nicht vorhersagbaren Position des Kolbens sowie der bzw. des nicht angemessen vermischten Luft und Kraftstoffs und der Bewegung des zündfähigen Gemisches in der Brennkammer erfahren können, insbesondere kann sich die Position des ersten Kolbens, die für DS aus der Ruhestellung ausgewählt wird, nahe dem oberen Totpunkt (OT) der Brennkammer befinden, was wiederum zu einem uneinheitlichen Mischen der Luft und des Kraftstoffs und zu unvollständiger Verbrennung führen kann. Die unvollständige und ineffiziente Verbrennung kann die oben erwähnten Probleme (zum Beispiel Fehlzündungen und variables abgegebenes Drehmoment) verursachen. Des Weiteren können aufgrund des schwankend abgegebenen Drehmoments Geräusche, Schwingungen und Rauigkeit (NVH - noise, vibration and harshness) im Fahrzeug verstärkt werden, wodurch die Kundenzufriedenheit leidet.

[0004] Druckschrift DE 10 2006 043 678 A1 beschreibt, dass im Rahmen einer Direktstartstrategie ein Mehrfunkenzündungsbetrieb zum Einsatz kommen kann. Druckschrift DE 10 2007 023 225 A1 sieht

vor, zur Unterstützung eines Direktstarts eine Momentenerzeugungseinrichtung einzusetzen.

[0005] Aufgabe der Erfindung ist es, die aus dem Stand der Technik bekannten Nachteile der bisherigen Verfahren beim Direktstart eines Verbrennungsmotors zu vermeiden und so das Direktstartverhalten zu verbessern.

[0006] Gelöst wird diese Aufgabe mit den Verfahren nach den Ansprüchen 1, 7 und 14.

[0007] Es wird ein Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor bereitgestellt. Der Verbrennungsmotor kann eine oder mehrere Brennkammern, ein Kraftstoff-Versorgungssystem, das ein mit jeder Brennkammer gekoppeltes Direktkraftstoffeinspritzventil enthält, ein Zündsystem, das eine oder mehrere mit jeder Brennkammer gekoppelte Zündkerzen enthält, einen in jeder Brennkammer angeordneten Kolben und ein Einlass- und ein Auslassventil, die mit jeder Brennkammer gekoppelt sind, enthalten, wobei der Verbrennungsmotor dem Fahrzeug Antriebskraft zuführt. Das Verfahren kann Unterbrechen des Verbrennungsbetriebs in dem Verbrennungsmotor als Reaktion auf Leerlaufstoppbetrieb beinhalten. Weiterhin kann das Verfahren, während eines Direktstarts, Durchführen eines Mehrfunkenzündungsbetriebs pro Verbrennungstakt über eine oder mehrere ausgewählte Zündkerzen für mindestens einen ersten Verbrennungstakt in einer Brennkammer nach der Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs beinhalten, wobei die eine oder die mehreren Zündkerzen mit der Brennkammer gekoppelt ist bzw. sind.

[0008] Auf diese Weise können aufgrund von erhöhter Verbrennungsstabilität eines Mehrfunkenzündungsbetriebs Emissionen und variables abgegebenes Drehmoment bei DS verringert und in einigen Beispielen verhindert werden.

[0009] Es wird in anderen Beispielen ein weiteres Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor bereitgestellt. Das Verfahren kann während eines ersten Starts, wenn eine Zeitdauer nach Leerlaufstoppbetrieb unter einem Schwellwert liegt, beinhalten, den Motor aus der Ruhestellung mit einem ersten Verbrennungsereignis, das Mehrfunkenzündungsbetrieb pro Verbrennungsereignis enthält, direkt zu starten, wobei ein erster Grad an Startermotorunterstützung für den Motor bereitgestellt wird. Weiterhin kann das Verfahren während eines zweiten Starts, wenn die Temperatur des Motors unter einem Schwellwert liegt und/oder ein vom Fahrer ausgelöstes Zündsignal über das Fahrzeug erhalten worden ist, beinhalten, den Motor aus der Ruhestellung mit einem zweiten Verbrennungsereignis, das nur einen Einzelfunkenzündungsbetrieb pro Verbrennungsereignis enthält, zu starten, wobei

ein zweiter Grad an Startermotorunterstützung für den Motor bereitgestellt wird, wobei die zweite Startermotorunterstützung stärker ist als der erste Grad an Startermotorunterstützung.

[0010] Auf diese Weise steht während eines Direktstarts, wenn der Starter in einem geringeren Ausmaß oder gar nicht verwendet wird, zusätzlicher Strom von dem elektrischen Speicher (zum Beispiel der Batterie) des Fahrzeugs für den Mehrfunkenzündungsbetrieb zur Verfügung. Wenn jedoch zusätzliche Energie zum Antrieb der verstärkten Starterunterstützung benötigt wird, wird weniger Strom von dem elektrischen Speicher (zum Beispiel der Batterie) des Fahrzeugs für die Einzelfunkenzündung benötigt. Auf diese Weise ist es möglich, Stromentnahme bei Starts auszugleichen, während gleichzeitig die zunehmende Verfügbarkeit von Direktstarts zur Ermöglichung von Mehrfunkenzündungsbetrieb ausgenutzt wird. Wenn zusätzliche Startermotorunterstützung verwendet wird, dann wird weniger Strom für Einzelfunkenzündung verwendet.

[0011] Es versteht sich, dass der obige Hintergrund bzw. die obige Kurzdarstellung dazu vorgesehen ist, in vereinfachter Form eine Auswahl von Konzepten vorzustellen, die in der ausführlichen Beschreibung näher beschrieben werden. Sie sollen keine Schlüssel- oder wesentlichen Merkmale des beanspruchten Erfindungsgegenstands aufzeigen, dessen Schutzbereich einzig durch die der ausführlichen Beschreibung folgenden Ansprüche definiert wird. Des Weiteren ist der beanspruchte Erfindungsgegenstand nicht auf Implementierungen beschränkt, die irgendwelche oben oder in irgendeinem anderen Teil dieser Offenbarung angeführten Nachteile lösen.

[0012] Weitere Merkmale der Erfindung ergeben sich aus den Zeichnungen.

Fig. 1 ist ein Schemadiagramm eines Verbrennungsmotors.

Fig. 2 zeigt ein Schemadiagramm eines Fahrzeugs mit einem Motor, einer Kraftübertragungsvorrichtung und einem Kraftstoff-Versorgungssystem.

Fig. 3A - Fig. 3I zeigen verschiedene graphische Darstellungen von Funkenzündungssignalen, die einer oder mehreren im Verbrennungsmotor enthaltenen Zündkerzen zugeführt werden können, die in den **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigt werden.

Fig. 4A und **Fig. 4B** zeigen eine Steuerstrategie, die dazu verwendet werden kann, Verbrennungsbetrieb in einem Verbrennungsmotor vorübergehend abzuschalten und direkt neu zu starten.

[0013] **Fig. 1** ist ein Schemadiagramm, das einen Zylinder eines Mehrzylindermotors **10** zeigt, der in einem Antriebssystem eines Kraftfahrzeugs enthalten sein kann. Der Motor **10** kann zumindest teilweise durch eine Steuerung **12** enthaltendes Steuerungssystem und durch Eingabe von einem Fahrzeugführer **132** über eine Eingabevorrichtung **130** gesteuert werden. In diesem Beispiel enthält die Eingabevorrichtung **130** ein Fahrpedal und einen Pedalpositionssensor **134** zur Erzeugung eines proportionalen Pedalpositionssignals **PP**. Die Brennkammer (das heißt der Zylinder) **30** des Motors **10** kann Brennkammerwände **32** mit einem darin positionierten Kolben **36** enthalten. Der Kolben **36** kann so mit der Kurbelwelle **40** verbunden sein, dass eine Hin- und Herbewegung des Kolbens in eine Drehbewegung der Kurbelwelle umgewandelt wird. Die Kurbelwelle **40** kann über ein Zwischenautomatikgetriebesystem mit mindestens einem Antriebsrad eines Fahrzeugs verbunden sein. Des Weiteren kann ein Startermotor über ein Schwungrad mit der Kurbelwelle **40** verbunden sein, um einen Startbetrieb des Motors **10** zu ermöglichen.

[0014] Die Brennkammer **30** kann Einlassluft von dem Einlasskrümmer **44** über den Einlasskanal **42** empfangen und Verbrennungsabgase über den Auslasskanal **48** ablassen. Der Einlasskrümmer **44** und der Auslasskanal **48** können über ein Einlassventil **52** bzw. ein Auslassventil **54** gezielt mit der Brennkammer **30** in Verbindung treten. Bei einigen Ausführungsformen kann die Brennkammer **30** zwei oder mehr Einlassventile und/oder zwei oder mehr Auslassventile enthalten.

[0015] In diesem Beispiel können das Einlassventil **52** und das Auslassventil **54** durch Nockenbetätigung über ein jeweiliges Nockenbetätigungssystem **51** und **53** gesteuert werden. Die Nockenbetätigungssysteme **51** und **53** können jeweils einen oder mehrere Nocken enthalten und können ein Nockenprofilumschaltungs-(CPS-) und/oder ein variables Nockensteuerungs-(VCT-) und/oder ein variables Ventilsteuerungs-(VVT-) und/oder ein variables Ventilhub-(WL-)System verwenden, die durch die Steuerung **12** betätigt werden können, um den Ventilbetrieb zu variieren. In diesem Beispiel wird VCT verwendet. In anderen Beispielen können jedoch andere Ventilbetätigungssysteme, wie zum Beispiel elektronische Ventilbetätigung (EVA) verwendet werden. Die Position des Einlassventils **52** und des Auslassventils können durch Positionssensoren **55** bzw. **57** ermittelt werden.

[0016] In der Darstellung ist ein Kraftstoffeinspritzventil **66** direkt mit der Brennkammer **30** verbunden, um Kraftstoff proportional zur Impulsbreite des Signals FPW, das von der Steuerung **12** über einen elektronischen Treiber **68** erhalten wird, direkt darin einzuspritzen. Auf diese Weise stellt das Kraft-

stoffeinspritzventil **66** eine so genannte Direkteinspritzung von Kraftstoff in die Brennkammer **30** bereit. Das Kraftstoffeinspritzventil kann zum Beispiel auf der Seite der Brennkammer oder im oberen Teil der Brennkammer angebracht werden. Kraftstoff kann dem Kraftstoffeinspritzventil **66** durch ein (nicht gezeigtes) Kraftstoff-Versorgungssystem, das einen Kraftstofftank, eine Kraftstoffpumpe und eine Kraftstoff-Verteilerleitung enthält, zugeführt werden. Bei einigen Ausführungsformen kann die Brennkammer **30** als Alternative oder zusätzlich dazu bei einer Konfiguration, die eine so genannte Einlasskanaleinspritzung von Kraftstoff in den Einlasskanal stromaufwärts der Brennkammer **30** bereitstellt, ein im Einlasskanal **42** angeordnetes Kraftstoffeinspritzventil enthalten.

[0017] Der Einlasskanal **42** kann eine Drossel **62** mit einer Drosselplatte **64** enthalten. In diesem bestimmten Beispiel kann die Position der Drosselplatte **64** durch die Steuerung **12** über ein Signal variiert werden, das einem Elektromotor oder einem Aktuator, der mit der Drossel **62** enthalten ist, zugeführt wird, wobei diese Konfiguration gemeinhin als elektronische Drosselklappensteuerung (ETC) bezeichnet wird. Auf diese Weise kann die Drossel **62** betätigt werden, um die der Brennkammer **30** unter anderen Motorzylindern zugeführte Einlassluft zu variieren. Die Position der Drosselplatte **64** kann der Steuerung **12** durch ein Drosselpositionssignal TP zugeführt werden. Der Einlasskanal **42** kann einen Luftmassensensor **120** und einen Einlasskrümmerdrucksensor **122** enthalten, um der Steuerung **12** jeweilige Signale MAF und MAP zuzuführen.

[0018] Das Zündsystem **88** kann der Brennkammer **30** über eine Zündkerze **92** als Reaktion auf ein Zündungsfrühverstellungssignal **SA** von der Steuerung **12** unter ausgewählten Betriebsmodi einen Zündfunken zuführen. Obgleich Funkenzündungskomponenten gezeigt werden, können bei einigen Ausführungsformen die Brennkammer **30** oder eine oder mehrere andere Brennkammern des Motors **10** in einem Eigenzündungsmodus mit oder ohne einen Zündfunken betrieben werden. Verschiedene Funkenzündungssignale werden in den **Fig. 3A - Fig. 3I** dargestellt, die hier ausführlicher besprochen werden.

[0019] In der Darstellung ist ein Abgassensor **126** stromaufwärts der Abgasreinigungsvorrichtung **70** mit dem Auslasskanal **48** verbunden. Der Sensor **126** kann irgendein geeigneter Sensor zur Bereitstellung einer Anzeige eines Abgas-Luft/Kraftstoff-Verhältnisses, wie zum Beispiel ein linearer Sauerstoffsensoren oder UEGO (universal or wide-range exhaust gas oxygen), ein Zweizustands-Sauerstoffsensoren oder ein EGO-, ein HEGO- (heated EGO), ein NOx-, ein HC- oder ein CO-Sensor, sein. In der Darstellung ist die Abgasreinigungsvorrichtung **70** entlang dem Auslasskanal **48** stromabwärts des Abgas-

sensors **126** angeordnet. Die Vorrichtung **70** kann ein Dreibege-Katalysator (TWC - three way catalyst), eine NOx-Falle, verschiedene andere Abgasreinigungsvorrichtungen oder Kombinationen davon sein. Bei einigen Ausführungsformen kann die Abgasreinigungsvorrichtung **70** während des Betriebs des Motors **10** durch Betätigen mindestens eines Zylinders des Motors in einem bestimmten Luft/Kraftstoff-Verhältnis regelmäßig neu eingestellt werden.

[0020] In der Darstellung von **Fig. 1** ist die Steuerung **12** ein Mikrocomputer, der einen Mikroprozessor **102**, Eingangs-/Ausgangs-Ports (I/O) **104**, ein in diesem bestimmten Beispiel als Nurlesespeicherchip (ROM) **106** gezeigtes elektronisches Speichermedium für ausführbare Programme und Kalibrierwerte, einen Direktzugriffsspeicher (RAM) **108**, einen Erhaltungsspeicher (KAM) **110** und einen Datenbus enthält. Die Steuerung **12** kann neben den zuvor besprochenen Signalen verschiedene Signale von mit dem Motor **10** gekoppelten Sensoren erhalten, darunter Messung der eingeleiteten Luftmasse (MAF) von dem Luftmassensensor **120**; die Motorkühlmittemperatur (ECT) von dem mit der Kühllülse **114** gekoppelten Temperatursensor **112**; ein Profilizündungsaufnahmesignal (PIP) von dem mit der Pleuellwelle **40** gekoppelten Hall-Sensor **118** (oder Sensor anderer Art); die Drosselklappenstellung (TP) von einem Drosselklappenstellungssensor; und ein Absolutkrümmerdrucksignal, MAP, von dem Sensor **122**. Aus dem PIP-Signal kann die Steuerung **12** ein Motordrehzahlsignal U/min erzeugen. Das Absolutkrümmerdrucksignal MAP von dem Krümmerdrucksensor kann zur Bereitstellung einer Anzeige des Vakuums oder Drucks in dem Einlasskrümmer verwendet werden. Es sei darauf hingewiesen, dass verschiedene Kombinationen der obigen Sensoren verwendet werden können, wie zum Beispiel ein MAF-Sensor ohne einen MAP-Sensor oder umgekehrt. Im stöchiometrischen Betrieb kann der MAP-Sensor eine Anzeige des Motordrehmoments geben. Weiterhin kann dieser Sensor zusammen mit der erfassten Motordrehzahl eine Schätzung der in den Zylinder eingeleiteten Ladung (einschließlich Luft) bereitstellen. In einem Beispiel kann der Sensor **118**, der auch als ein Motordrehzahlsensoren verwendet wird, bei jeder Umdrehung der Pleuellwelle eine vorbestimmte Anzahl von gleichmäßig beabstandeten Impulsen erzeugen. Die Steuerung **12** kann im Steuersystem **150** enthalten sein, das hier ausführlicher beschrieben wird.

[0021] Wie oben beschrieben, zeigt **Fig. 1** nur einen Zylinder eines Mehrzylindermotors, und jeder Zylinder kann ebenso seinen eigenen Satz von Einlass-/Auslassventilen, Kraftstoffeinspritzventil, Zündkerze usw. enthalten.

[0022] **Fig. 2** zeigt ein Fahrzeug **200** mit einem Motor **10** und einer damit wirkverbundenen zugehörigen Kraftübertragungsvorrichtung **210**. Die Kraftübertra-

gungsvorrichtung kann eine geeignete Kraftübertragungsvorrichtung, wie zum Beispiel ein Automatikgetriebe, ein Handschaltgetriebe, ein stufenloses Getriebe, ein diskretes Automatikgetriebe usw., sein. In diesem Beispiel enthält die Kraftübertragungsvorrichtung ein Getriebe **212**. Das Getriebe kann in einer Vielzahl von Konfigurationen angeordnet sein, wie zum Beispiel in einer ausgerückten (zum Beispiel neutralen) Konfiguration **214**, in der die Zahnräder nicht mit der Kurbelwelle in Eingriff stehen, und einer eingerückten (zum Beispiel Antriebs-) Konfiguration **216**, in der die Zahnräder mit der Kurbelwelle in Eingriff stehen. Die ausgerückte Konfiguration **214** kann während Zeiträumen des Leerlaufstoppbetriebs verwendet werden. Leerlaufstoppbetrieb kann einen Fahrzeugbetriebsmodus enthalten, in dem das Fahrzeug im Leerlauf läuft und/oder die Geschwindigkeit des Fahrzeugs unterhalb eines Schwellwerts (zum Beispiel im Wesentlichen null) liegt. Ebenso kann die eingerückte Konfiguration **216** verwendet werden, um das Fahrzeug über ein oder mehrere Räder **218** entlang einer Fahrbahnoberfläche **220** anzutreiben. Es versteht sich, dass zahlreiche alternative oder zusätzliche Zahnradkonfigurationen möglich sind. Zum Beispiel kann ein Handschaltgetriebe eine diskrete Anzahl von vom Benutzer einstellbaren Konfigurationen (zum Beispiel 5-Gang, 6-Gang usw.) aufweisen.

[0023] Des Weiteren kann/können ein oder mehrere Bremsmechanismen **221** mit dem Rad/den Rädern gekoppelt sein. Ebenso kann der Bremsmechanismus mit der Steuerung **12** gekoppelt sein. Des Weiteren kann ein Bremspedal **222** oder eine andere geeignete Eingabevorrichtung elektronisch mit der Steuerung gekoppelt sein. Das Bremspedal kann zur Betätigung des Bremsmechanismus/der Bremsmechanismen **221** konfiguriert sein.

[0024] Darüber hinaus kann ein Startermotor **223**, wie gezeigt, mit dem Motor **10** gekoppelt sein. Der Startermotor kann zur Einleitung der Drehung der Kurbelwelle beim Anlassen zur Einleitung von Verbrennung konfiguriert sein. Somit kann der Startermotor einen Unterstutzungsgrad für den Motor bereitstellen. In einigen Beispielen kann der Unterstutzungsgrad einer Menge an dem Startermotor zugeführter Energie und/oder der Zeitdauer, während der die Energie bereitgestellt wird, entsprechen. Es versteht sich, dass der Betrieb des Startermotors unter bestimmten Betriebsbedingungen gesperrt sein kann. Die Steuerung **12** kann sowohl mit dem Startermotor **223** als auch mit der Kraftübertragungsvorrichtung **210** gekoppelt sein. In einigen Beispielen kann die Steuerung dazu konfiguriert sein, Betrieb des Startermotors zu sperren. Darüber hinaus kann die Steuerung dazu konfiguriert sein, die Konfiguration der Kraftübertragungsvorrichtung zu bestimmen und/oder einzustellen.

[0025] Ein Kraftstoff-Versorgungssystem **224** kann mit dem Motor **10** gekoppelt sein. Das Kraftstoff-Versorgungssystem kann eine Kraftstoffpumpe **226** (zum Beispiel Hubpumpe) enthalten, die in einem Kraftstofftank **228** angeordnet ist. Die Kraftstoffpumpe **226** kann in einigen Beispielen elektronisch mit der Steuerung **12** gekoppelt sein. Des Weiteren kann die Kraftstoffpumpe mit einer Kraftstoff-Verteilerleitung **230** strömungsgekoppelt sein. Die Kraftstoff-Verteilerleitung kann mit mehreren Kraftstoffeinspritzventilen **232** gekoppelt sein. Die mehreren Kraftstoffeinspritzventile können das Kraftstoffeinspritzventil **66** enthalten. In einigen Beispielen kann mindestens ein Teil der Kraftstoffeinspritzventile Direktkraftstoffeinspritzventile sein. Es versteht sich, dass zusätzliche Komponenten in dem Kraftstoff-Versorgungssystem enthalten sein können, wie zum Beispiel eine Hochdruckpumpe, ein Kraftstofffilter, ein rücklauffreier Kraftstoffkreislauf usw.

[0026] Das Steuersystem **150** kann die Steuerung **12** sowie verschiedene zugehörige Aktuatoren enthalten, die sowohl in **Fig. 1** als auch in **Fig. 2** dargestellt sind. Die Aktuatoren können mit den Zündkerzen, dem Einlass- und dem Auslassventil, dem Kraftstoff-Versorgungssystem usw., die bzw. das im Motor **10** enthalten sind/ist, gekoppelt sein. Darüber hinaus kann das Steuersystem **150** dazu konfiguriert sein, den Motor **10** direkt zu starten. Ein Direktstart kann implementiert werden, um den Motor aus der Ruhestellung nach einer Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs schnell neu zu starten. Die Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs kann als Reaktion auf einen Leerlaufstoppbetrieb implementiert werden. Die Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs kann im Wesentlichen die Sperrung eines oder mehrerer von Kraftstoffeinspritzung, Funkenentladung in der Brennkammer und Einlass- und/oder Auslassventilbetätigung enthalten. Des Weiteren kann Direktstart in einigen Beispielen als Reaktion auf eine Drehmomentanforderung von einer Eingabevorrichtung, wie zum Beispiel ein Gaspedal, implementiert werden. Als Alternative dazu kann der Verbrennungsbetrieb eingeleitet werden, wenn ein Bremspedal (zum Beispiel das Bremspedal **222**) oder eine andere geeignete Eingabevorrichtung freigegeben wird. Auf diese Weise kann sich der Motor abschalten, wenn keine Antriebskraft erforderlich ist, und automatisch neu gestartet werden, wenn ein Fahrer Antriebskraft anfordert, wodurch der Spritverbrauch verringert wird. Es versteht sich, dass Direktstart in einigen Beispielen gesperrt werden kann, wenn sich der Motor **10** unterhalb einer Schwelltemperatur befindet. Darüber hinaus oder als Alternative dazu kann Direktstart gesperrt werden, wenn ein Schwellzeitintervall, das vorbestimmt sein kann und als Reaktion auf eine Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs ausgelöst wird, erreicht oder übertroffen worden ist.

[0027] Es kann wünschenswert sein, die Dauer eines Direktstarts zu verkürzen und in einigen Beispielen zu minimieren, wodurch die Reaktionsfähigkeit des Fahrzeugs über eine Verkürzung einer Verzögerung zwischen einer Drehmomentanforderung und einem abgegebenen Drehmoment verbessert wird. In einem Beispiel kann Mehrfunkenzündungsbetrieb, insbesondere im ersten Verbrennungsereignis eines Zylinders, der den Zylinder mit dem ersten Verbrennungsereignis aus der Ruhestellung eines Direktstarts umfasst, verwendet werden, um Verbrennung während eines Direktstarts zu verbessern. Insbesondere kann aufgrund von nicht angemessener Vermischung von Luft und Kraftstoff und der Bewegung des zündfähigen Gemisches in der Brennkammer während eines Direktstarts das Mehrfunkenzündungssignal im Vergleich zu einem Einzelfunkenzündungsbetrieb die Menge an Luft-Kraftstoff, die in der Brennkammer verbrannt wird, vergrößern. Folglich kann die Änderung des abgegebenen Drehmoments und der Fahrzeugemissionen während mindestens des ersten Verbrennungstakts aus der Ruhestellung reduziert werden, wenn ein Mehrfunkenzündungsbetrieb während eines Direktstarts vorgesehen ist. Des Weiteren kann dieses Problem aufgrund der kurzen Dauer des Direktstarts, wodurch es schwierig wird, ein Zündsignal zu einem geeigneten Zeitpunkt genau abzugeben, um eine effiziente Verbrennung zu erleichtern, verschärft werden. Obgleich der Mehrfunkenzündungsbetrieb Verbrennung verbessern kann, kann er auch Stromentnahme an der Fahrzeugbatterie verstärken. Beim Direktstart, bei dem in einigen Beispielen keine oder eine wesentlich reduzierte Startermotorunterstützung bereitgestellt wird, steht jedoch zusätzlicher Strom von der Batterie zur Verfügung.

[0028] Deshalb kann zur Verringerung der Dauer eines Direktstarts ein Kraftstoff- und Funkenzündungssignal für eine ausgewählte Brennkammer mit einem darin angeordneten Kolben bereitgestellt werden, wobei die Wahl der Brennkammer auf der Position des Kolbens im Stillstand vor der Drehung basiert. In einigen Beispielen kann ein Mehrfunkenzündungssignal für eine ausgewählte Brennkammer bereitgestellt werden, um die Startzeit zu verringern und Verbrennungsstabilität zu erhöhen. Insbesondere kann in einigen Beispielen eine Brennkammer mit einem Kolben, dessen Stillstandsstelle näher am oberen Totpunkt (OT) der Brennkammer liegt als die Stillstandsstelle der anderen Kolben im Motor, ausgewählt werden. Eine Stillstandsstelle kann eine Position des Kolbens umfassen, während die Geschwindigkeit des Kolbens unter einem Schwellwert liegt (zum Beispiel im Wesentlichen null ist). Die Stillstandsstelle des Kolbens kann vor einem Direktstart ermittelt werden, wenn die Geschwindigkeit des Kolbens vor Einrücken eines Startermotors, einem Kraftstoffeinspritzereignis und/oder einem Zündereignis unter einem Schwellwert liegt (sich zum Beispiel im

Stillstand befindet). Somit kann die Dauer des Direktstarts verkürzt werden. Es können in anderen Beispielen jedoch auch alternative Techniken verwendet werden, um die Brennkammer auszuwählen.

[0029] Es hat sich herausgestellt, dass die Stillstandsstelle des Kolbens am nächsten zum OT durch Gleichung 1 beschrieben werden kann.

$$\text{Kolbenposition} \leq \frac{720}{\text{Anzahl von Zylindern}} (\text{Grad von OT}) \quad (1)$$

[0030] Es versteht sich, dass in anderen Beispielen zur Bestimmung des Bereichs der Kolbenstillstandsstelle eine andere Gleichung verwendet werden kann und zur Beschreibung der Stillstandsstelle der Kolben andere Messeinheiten verwendet werden können.

[0031] Des Weiteren kann in einigen Beispielen ein Mehrfunkenzündungssignal für mindestens eine Brennkammer und zugehörigen Kolben mit einer Stillstandsstelle unter einem Schwellwert bei Messung vom OT vorgesehen werden, um die Startzeit zu verkürzen. Der Schwellwert kann unter Verwendung eines oder mehrerer der folgenden Parameter ermittelt werden: Motortemperatur, MAP und Drosselstellung. Ebenso kann ein Mehrfunkenzündungssignal während eines Direktstarts gesperrt werden, wenn alle Kolben in dem Motor eine Stillstandsstelle aufweisen, die größer ist als ein Schwellwert. Das Mehrfunkenzündungssignal wird mit Bezug auf die **Fig. 3A - Fig. 3I** hier näher beschrieben.

[0032] Weiterhin kann ein Direktstart die Synchronisation von verschiedenen Systemen in dem Motor zur Erleichterung der Implementierung eines schnellen und nahtlosen Neustarts nach Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs in dem Motor enthalten. Es versteht sich, dass ein(er) oder mehrere des Kraftstoff-Versorgungssystems, des Zündsystems und des Startermotors synchronisiert werden können, um einen schnellen Direktstart zu erleichtern. Deshalb kann der Startermotor **223** während eines Direktstarts für eine Dauer eingerückt werden. In einigen Beispielen kann die Dauer des Einrückens des Startermotors und/oder des durch den Startermotor zugeführten Drehmoments während eines Direktstarts im Vergleich zu einem Kaltstartbetrieb, wenn sich der Motor unter einer Schwelltemperatur befindet und ein Fahrer Starten einleitet, verkürzt werden. Somit kann der dem Motor über den Startermotor zur Verfügung gestellte Grad an Unterstützung während eines Direktstarts verringert und während eines Kaltstarts erhöht werden. In einem bestimmten Beispiel kann der Startermotor während eines Direktstarts nicht eingerückt werden.

[0033] **Fig. 3A - Fig. 3I** zeigen verschiedene Funkenzündungssignale, die einer oder mehreren Zünd-

kerzen über ein Steuersystem, wie zum Beispiel das Steuersystem **150**, zugeführt werden können, um eine Funkenentladung in einer Brennkammer einzuleiten, wodurch ein Verbrennungsereignis eingeleitet wird. Es versteht sich, dass ein Verbrennungsereignis eine oder mehrere Funkenentladungen (Funkenzündungen) in einer Brennkammer während eines Verbrennungstakts enthalten kann. Ein Funkenzündungssignal kann ein oder mehrere Signalereignisse enthalten, die einem oder mehreren Funkenentladungsereignissen in der Brennkammer entsprechen.

[0034] Die folgenden Parameter können zur Beschreibung der Signalereignisse und der Funkenentladungsereignisse verwendet werden: Amplitude, Zeitpunkt und Dauer. Die Amplitude der Funkenzündungssignale wird auf der **Y**-Achse gezeigt, während der Zeitpunkt des Funkenzündungssignals auf der **X**-Achse gezeigt wird. In einigen Beispielen kann der Zeitpunkt der Funkenzündungssignale bestimmten Kurbelwinkeln entsprechen. In anderen Beispielen können andere Messeinheiten verwendet werden, um den Zeitpunkt der Funkenzündungssignale zu beschreiben. Darüber hinaus kann in anderen Beispielen die **Y**-Achse die Energie darstellen, die der Brennkammer über ein geeignetes Zündsystem zugeführt wird. Es versteht sich, dass eine Vielzahl von Funkenzündungssignalen einer oder mehreren Zündkerzen zugeführt werden kann und die folgenden Funkenzündungssignale beispielhaft sind.

[0035] Insbesondere zeigt **Fig. 3A** ein Einzelfunkenzündungssignal **310**, das einer oder mehreren Zündkerzen im Betrieb des Motors zugeführt werden kann, wie zum Beispiel wenn der Motor Antriebskraft für ein Fahrzeug erzeugt. Darüber hinaus oder als Alternative dazu kann das Funkenzündungssignal **310** einer oder mehreren Zündkerzen während eines Motorstarts zugeführt werden, der von dem Fahrer eingeleitet sein kann. Ein Motorstart kann einen Startbetrieb unter Verwendung eines Startermotors umfassen, dem ein Abschalten des Motors vorausgeht. In einem Beispiel kann es sich bei dem Motorstart um einen Kaltstart handeln. Der Kaltstart kann implementiert werden, wenn die Motortemperatur unter einem Schwellwert liegt oder sich diesem annähert. Der Schwellwert kann unter Verwendung eines oder mehrerer der folgenden Parameter ermittelt werden: Umgebungstemperatur, Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung und Kraftstoffeinspritzsteuerung, Kraftstoffverbrauch und Krümmerluftdruck. In anderen Beispielen kann der Kaltstart jedoch implementiert werden, wenn eine vorbestimmte Zeitdauer nach einem Motorabschaltereignis abgelaufen ist.

[0036] Das Luft-Kraftstoff-Gemisch in der Brennkammer kann während eines Direktstarts nicht angemessen vermischt werden. Insbesondere liegt aufgrund der großen Nähe des Kolbens zum OT, wie oben besprochen, ein Bereich mit einem Luft/Kraft-

stoff-Verhältnis, der eine effiziente Verbrennung erleichtert (zum Beispiel ein im Wesentlichen stöchiometrischer Bereich), möglicherweise nicht neben einem Zündpunkt (das heißt einem Ende der Zündkerze). Insbesondere kann sich der im Wesentlichen stöchiometrische Bereich an dem Zündpunkt vorbei bewegen. Deshalb kann eine einheitliche Zündung des Luft-Kraftstoff-Gemisches schwierig sein, wenn ein einzelner Funke in der Brennkammer entladen wird. Folglich kann ein Mehrfunkenzündungssignal der Brennkammer zugeführt werden, um eine einheitliche Zündung des stöchiometrischen Bereichs zu erleichtern, wodurch der Wirkungsgrad der Verbrennung erhöht wird und die Schwankungen des abgegebenen Drehmoments und die NVH in dem Fahrzeug reduziert werden.

[0037] Die **Fig. 3B - Fig. 3I** zeigen verschiedene Mehrfunkenzündungssignale, die einer oder mehreren Zündkerzen, die mit einer einzigen Brennkammer gekoppelt ist bzw. sind, während eines Direktstarts zugeführt werden können. Das Mehrfunkenzündungssignal kann zwei oder mehr Signalereignisse für einen gegebenen Verbrennungstakt eines Zylinders enthalten, wobei die Signalereignisse eine Dauer aufweisen können, bei der Ladung von der Zündkerze abgegeben wird. Ebenso können die Signalereignisse zwei oder mehr Funkenentladungsereignissen entsprechen, die in der Brennkammer über eine oder mehrere Zündkerzen implementiert werden. Es versteht sich, dass ein Mehrfunkenzündungsbetrieb Entladen von zwei oder mehr Zündkerzenereignissen in der Brennkammer pro Verbrennungstakt enthalten können. Des Weiteren kann ein Kraftstoffeinspritzereignis und/oder ein Einrücken des Startermotors mit dem Mehrfunkenzündungssignal koordiniert werden, um eine vollständige und effiziente Verbrennung in der Brennkammer zu erleichtern. Darüber hinaus können in einigen Beispielen das Mehrfunkenzündungssignal, das Kraftstoffeinspritzereignis und/oder das Einrücken des Startermotors koordiniert werden, um die Startzeit zu verringern und möglicherweise auf ein Minimum zu reduzieren. Es versteht sich, dass die Dauer des Einrückens des Startermotors während eines Direktstarts kürzer sein kann als die Dauer des Einrückens des Starters während eines Motorstarts, bei dem ein Einzelfunkenzündungssignal verwendet wird. In anderen Beispielen ist der Startermotor jedoch möglicherweise während eines Direktstarts nicht eingerückt.

[0038] In einigen Beispielen kann ein Mehrfunkenzündungssignal einer ausgewählten Zündkerze und deshalb Brennkammer für einen einzigen Verbrennungstakt zugeführt werden. Es versteht sich jedoch, dass die Mehrfunkenzündungssignale einer ausgewählten Brennkammer für zwei oder mehr Verbrennungstakte wiederholt zugeführt werden können. Die ausgewählte Zündkerze und Brennkammer können einer ersten zündenden Brennkammer beim Direkt-

start aus der Ruhestellung entsprechen. Die Auswahl der Brennkammer kann auf der Stillstandsstelle des Kolbens in der Brennkammer basieren, wie oben besprochen. Es versteht sich jedoch, dass in anderen Beispielen auch alternative Techniken zur Auswahl der Brennkammer verwendet werden können. Des Weiteren können in anderen Beispielen die Mehrfunkenzündungssignale anderen Brennkammern während eines Direktstarts zugeführt werden und/oder können für mindestens zwei vollständige Verbrennungstakte während eines Direktstarts zugeführt werden.

[0039] Des Weiteren können die Menge, der Zeitpunkt (zum Beispiel der Zeitpunkt des ersten Funkenentladungsereignisses) und/oder die Dauer der Signalereignisse, die in dem Mehrfunkenzündungssignal enthalten sind, auf Grundlage der Stillstandsstelle des Kolbens in der Brennkammer, der Konfiguration des Kraftstoff-Versorgungssystems, wie zum Beispiel des Drucks in der Kraftstoff-Verteilerleitung, der Motortemperatur und/oder der Konfiguration der Kraftübertragungsvorrichtung eingestellt werden. In einigen Beispielen kann der Zeitpunkt des ersten Zündereignisses eingestellt werden. Es versteht sich, dass die oben genannten Variablen (zum Beispiel Menge, Zeitpunkt und Dauer der Signalereignisse) entsprechend eingestellt werden können, um ein gewünschtes Mehrfunkenzündungssignal (zum Beispiel Mehrfunkenzündungsprofil) zu erhalten, das eine zuverlässige und effiziente Verbrennung erleichtert. Auf diese Weise kann die Wahrscheinlichkeit einer ineffizienten Verbrennung verringert werden, was wiederum Emissionen sowie die Anzahl von Fehlzündungen verringern kann, wodurch NVH in dem Fahrzeug verringert werden und die Kundenzufriedenheit verbessert wird. Insbesondere kann die Menge an Funkenentladungsereignissen einer Stillstandsstelle eines Kolbens (zum Beispiel dem Abstand des Kolbens von dem oberen Totpunkt (OT)) in der ausgewählten Brennkammer umgekehrt entsprechen. Darüber hinaus kann der Zeitpunkt des ersten Funkenentladungsereignisses auf Grundlage der Stillstandsstelle des Kolbens eingestellt (zum Beispiel nach spät oder nach früh verstellt) werden. Die Stillstandsstelle des Kolbens kann vor einem Direktstart ermittelt werden, wenn die Geschwindigkeit des Kolbens vor Einrücken eines Startermotors, einem Kraftstofffeinspritzereignis und/oder einem Zündereignis, wie oben besprochen, unterhalb eines Schwellwerts liegt (sich zum Beispiel im Stillstand befindet). Deshalb kann in einigen Beispielen, wie in den **Fig. 3B** und **Fig. 3C** gezeigt, die Menge an Funkenentladungsereignissen vergrößert werden, wenn die Stillstandsstelle des Kolbens bezüglich des OT verkürzt wird, wobei die Verkürzung zwischen mindestens zwei Direktstarts ermittelt wird. Des Weiteren kann das erste Funkenentladungsereignis nach spät verstellt werden, wenn die Position des Kolbens verkürzt wird,

wobei die Verkürzung zwischen mindestens zwei Direktstarts ermittelt wird.

[0040] Insbesondere zeigt **Fig. 3B** ein Mehrfunkenzündungssignal **312**, das einer ausgewählten Brennkammer für ein einziges Verbrennungsereignis, die einen Kolben enthält, während eines ersten Direktstarts zugeführt werden kann. Das Mehrfunkenzündungssignal enthält Entladungsdauern, die mit **t1**, **t2** und **t3** bezeichnet werden. Der Kolben kann in einigen Beispielen eine im Wesentlichen statische Position bezüglich des OT der Brennkammer vor Drehung der Kurbelwelle aufweisen. In anderen Beispielen kann die Position des Kolbens jedoch in einem bestimmten Zeitintervall gemessen werden, während der Kolben in Bewegung ist. Es versteht sich, dass der Kurbelwinkel zur Beschreibung der Position des Kolbens verwendet werden kann. In anderen Beispielen können jedoch auch andere Messeinheiten zur Beschreibung der Position des Kolbens verwendet werden.

[0041] **Fig. 3C** zeigt ein Mehrfunkenzündungssignal **314**, das während eines zweiten Direktstarts einer ausgewählten Brennkammer, die einen Kolben enthält, zugeführt werden kann. Das Mehrfunkenzündungssignal enthält Entladungsdauern, die mit **t1**, **t2**, **t3** und **t4** bezeichnet werden. Darüber hinaus kann der Kolben in einigen Beispielen eine im Wesentlichen statische Position bezüglich des OT der Brennkammer vor Drehung der Kurbelwelle aufweisen. Die Position des Kolbens, die vor Drehung der Kurbelwelle ermittelt werden kann, was **Fig. 3B** entspricht, kann näher am OT sein als die Position des Kolbens, die vor Drehung der Kurbelwelle ermittelt werden kann, was **Fig. 3C** entspricht. Somit kann die Menge an Funkenentladungsereignissen vergrößert werden, wenn die Position des Kolbens bezüglich des OT verkürzt wird, wobei die Verkürzung zwischen mindestens zwei Direktstarts ermittelt wird.

[0042] Des Weiteren kann die Temperatur des Motors der Dauer der Funkenentladungsereignisse umgekehrt entsprechen. Deshalb kann in einem Beispiel, wie in den **Fig. 3D** - **Fig. 3E** dargestellt, die Dauer der Funkenentladungsereignisse verkürzt werden, wenn die Temperatur des Motors erhöht wird, wobei die Temperaturerhöhung zwischen mindestens zwei Direktstarts ermittelt wird. Insbesondere zeigt **Fig. 3D** ein Mehrfunkenzündungssignal **316**, das einer ausgewählten Brennkammer während eines ersten Direktstarts zugeführt werden kann, während sich der Motor auf einer ersten Temperatur befindet. Ebenso zeigt **Fig. 3E** ein Mehrfunkenzündungssignal **318**, das einer ausgewählten Brennkammer während eines zweiten Direktstarts zugeführt werden kann, während sich der Motor auf einer zweiten Temperatur befindet, die höher ist als die erste Temperatur. Es versteht sich, dass die Motortemperatur vor der Mehrfunkenentladung ermittelt werden

kann. Somit kann die Dauer der Funkenentladungsereignisse mit Zunahme der Temperatur des Motors verkürzt werden, oder umgekehrt. Das Mehrfunkenzündungssignal enthält Entladungsdauern, die in den beiden **Fig. 3D** und **Fig. 3E** mit **t1**, **t2** und **t3** bezeichnet werden.

[0043] Darüber hinaus kann der Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung der Menge an Funkenentladungsereignissen umgekehrt entsprechen. Deshalb kann in einem Beispiel, wie in den **Fig. 3F** und **Fig. 3G** dargestellt, die Menge an Funkenentladungsereignissen als Reaktion auf eine Erhöhung des Drucks in der Kraftstoff-Verteilerleitung verringert werden. **Fig. 3F** zeigt ein Mehrfunkenzündungssignal **320**, das einer ausgewählten Brennkammer eines Motors mit einem ersten Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung während eines ersten Direktstarts zugeführt werden kann. Das Mehrfunkenzündungssignal **320** enthält mit **t1**, **t2**, **t3** und **t4** bezeichnete Entladungsdauern.

[0044] **Fig. 3G** zeigt ein Mehrfunkenzündungssignal **322**, das einer ausgewählten Brennkammer in einem Motor mit einem zweiten Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung während eines zweiten Direktstarts zugeführt werden kann, wobei der zweite Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung größer ist als der erste Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung. Das Mehrfunkenzündungssignal **322** enthält mit **t1**, **t2** und **t3** bezeichnete Entladungsdauern. Es versteht sich, dass der Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung vor, während und/oder nach einem Kraftstoffeinspritzereignis gemessen werden kann. Des Weiteren wird in anderen Beispielen ein Kraftstoffdruckprofil zur Bestimmung der Eigenschaften des Mehrfunkenzündungssignals verwendet.

[0045] Darüber hinaus können die Dauer und die Menge der Funkenentladungsereignisse der Konfiguration oder Temperatur der Kraftübertragungsvorrichtung direkt entsprechen. Die Konfiguration der Kraftübertragungsvorrichtung kann die Anordnung der Zahnräder in der Kraftübertragungsvorrichtung (zum Beispiel der Gangstufe) enthalten. Somit können in einigen Beispielen die Dauer und die Menge an Funkenentladungsereignissen als Reaktion auf eine Abnahme der Getriebeöltemperatur oder ein Verstellen der Kraftübertragung zu einer eingerückten Konfiguration aus einer ausgerückten Konfiguration oder umgekehrt verlängert bzw. erhöht werden, wie in den **Fig. 3H** und **Fig. 3I** dargestellt.

[0046] Insbesondere zeigt **Fig. 3H** ein Mehrfunkenzündungssignal **324**, das einer ausgewählten Brennkammer in einem Fahrzeug mit einer Kraftübertragungsvorrichtung in einer ausgerückten Konfiguration zugeführt werden kann, und **Fig. 3I** zeigt ein Mehrfunkenzündungssignal **326**, das einer ausgewählten Brennkammer in einem Fahrzeug mit einer Kraftübertragungsvorrichtung in einer eingerückten Konfiguration

zugeführt werden kann. Das Mehrfunkenzündungssignal **324** enthält Entladungsdauern, die mit **t1** und **t2** bezeichnet werden. Ebenso enthält das Mehrfunkenzündungssignal **326** Entladungsdauern, die mit **t1**, **t2** und **t3** bezeichnet werden. Wie dargestellt werden die Menge und die Dauer des Funkenentladungsereignisses als Reaktion auf eine Einstellung der Kraftübertragungsvorrichtung erhöht bzw. verlängert. Es versteht sich, dass die Kraftübertragungsvorrichtung im Anschluss an eine Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs in dem Motor in die eingerückte Konfiguration eingestellt (zum Beispiel geschaltet) werden kann. In anderen Beispielen kann die Konfiguration der Kraftübertragungsvorrichtung jedoch vor einer Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs in dem Motor eingestellt werden.

[0047] Des Weiteren kann das Mehrfunkenzündungssignal (zum Beispiel die Menge, der Zeitpunkt und/oder die Dauer der Signalereignisse) auf Grundlage einer Kombination der oben genannten Parameter eingestellt werden: Motortemperatur, Kolbenposition, Kraftübertragungsvorrichtungskonfiguration und/oder Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung. Zum Beispiel können die Menge, der Zeitpunkt und/oder die Dauer der Signalereignisse, die im Mehrfunkenzündungssignal enthalten sind, auf Grundlage einer Zylinderluftladung eingestellt werden, um den Wirkungsgrad der Verbrennung zu erhöhen und die Schwankungen der Verbrennung zu reduzieren. Die Zylinderluftladung ist eine Funktion sowohl einer Anfangsposition des Kolbens in der Brennkammer als auch einer Brennkammertemperatur, die der Motortemperatur entspricht. Auf diese Weise kann die Schwankung des abgegebenen Drehmoments verringert werden, wodurch mögliche Fehlzündungen vermieden werden und somit die NVH im Fahrzeug sowie Emissionen verringert werden.

[0048] Die **Fig. 4A** und **Fig. 4B** zeigen eine Steuerstrategie **400**, die zur Einleitung der Verbrennung in einer Brennkammer über eine Mehrfunkenentladung während eines Direktstarts verwendet werden kann. Ein Direktstart kann ein Startereignis enthalten, das nach einer automatischen Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs als Reaktion auf Leerlaufstopbetrieb eingeleitet wird. In einigen Beispielen kann die Steuerstrategie **400** unter Verwendung der oben beschriebenen Systeme und Komponenten implementiert werden. Als Alternative dazu kann die Steuerstrategie **400** in anderen Beispielen unter Verwendung anderer geeigneter Systeme und Komponenten implementiert werden.

[0049] Bei **410** kann die Steuerstrategie **400** die Zuführung eines Einzelfunkenzündungssignals zu einer Zündkerze pro Verbrennungstakt für einen oder mehrere Verbrennungstakt(e) umfassen. Als Nächstes wird bei **412** ermittelt, ob sich der Motor in Leerlaufstopbetrieb befindet. Wenn ermittelt wird, dass

sich der Motor nicht im Leerlaufstoppbetrieb befindet, kann die Steuerstrategie zurückgehen oder, als Alternative bei anderen Ausführungsformen kann die Steuerstrategie enden.

[0050] Wenn sich der Motor jedoch im Leerlaufstoppbetrieb befindet, wird Verbrennungsbetrieb im Motor bei **414** unterbrochen. Eine Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs kann Sperren der Kraftstoffinspritzung bei **414A**, Sperren des Betriebs des Einlass- und/oder des Auslassventils bei **414B** und Sperren des Betriebs des Zündsystems bei **414C** umfassen. Sperren des Betriebs des Einlass- und/oder des Auslassventils kann Aufsetzen und Abdichten des Einlass- und/oder des Auslassventils umfassen.

[0051] Als Nächstes kann bei **416** ermittelt werden, ob im Fahrzeug eine Drehmomentanforderung vorliegt. In einigen Beispielen kann eine Drehmomentanforderung über eine Eingabevorrichtung, wie zum Beispiel ein Fahrpedal, eingeleitet werden. Zusätzlich dazu oder als Alternative kann ermittelt werden, ob eine Eingabevorrichtung (zum Beispiel ein Bremspedal) freigegeben worden ist.

[0052] Wenn keine Drehmomentanforderung gemacht wurde, kehrt die Steuerstrategie zu **416** zurück. Wenn jedoch eine Drehmomentanforderung gemacht wurde, kann die Steuerstrategie zu **418** übergehen, wo ermittelt wird, ob der Motor über einer Schwelltemperatur liegt. Einer oder mehrere der folgenden Parameter können zur Ermittlung der Schwelltemperatur verwendet werden: Umgebungstemperatur, Kraftstoffzusammensetzung und Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung. Zusätzlich dazu oder als Alternative kann ermittelt werden, ob eine Leerlaufstoppbetrieb folgende Dauer unter einem Schwellwert liegt. Es versteht sich jedoch, dass in einigen Beispielen Schritt **418** möglicherweise nicht in der Steuerstrategie **400** enthalten ist.

[0053] Wenn der Motor nicht über einer Schwelltemperatur liegt, rückt die Steuerstrategie zu **420** vor, wo ein zusätzlicher Startbetrieb implementiert wird, der Verwendung eines Startermotors für einer längere Zeitdauer zur Einleitung von Verbrennungsbetrieb im Motor im Vergleich zu einem Direktstartbetrieb enthalten kann. Nach **420** kann die Steuerstrategie zum Start zurückkehren oder als Alternative bei anderen Ausführungsformen enden.

[0054] Wenn jedoch ermittelt wird, dass die Motortemperatur über einem Schwellwert liegt, geht die Steuerstrategie zu **422** über, wo die Position eines oder mehrerer Kolben im Motor ermittelt wird. Dann geht die Steuerstrategie zu **424** über, wo die Konfiguration des Kraftstoff-Versorgungssystems ermittelt wird. In einigen Beispielen kann der Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung bei **424** ermittelt werden. Bei **426** kann die Konfiguration der Kraft-

übertragungsvorrichtung ermittelt werden. In einigen Beispielen kann die Konfiguration der Kraftübertragungsvorrichtung die Konfiguration eines Getriebes mit einer eingerückten und einer ausgerückten Konfiguration enthalten. Als Nächstes rückt die Steuerstrategie zu **428** vor, wo eine erste zündende Brennkammer aus der Ruhestellung im Anschluss an eine Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs ausgewählt wird.

[0055] Als Nächstes kann bei **430** ein Mehrfunkenzündungssignal für ein einziges Verbrennungseignis auf Grundlage eines oder mehrerer der folgenden Parameter eingestellt werden: Kolbenposition, Motortemperatur, Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung und/oder Konfiguration der Kraftübertragungsvorrichtung. In einigen Beispielen kann die Konfiguration der Kraftübertragungsvorrichtung eine Konfiguration enthalten, bei der die Kraftübertragungsvorrichtung eingerückt oder ausgerückt ist. In einigen Beispielen kann die Steuerstrategie bei **430A** Einstellen der Anzahl von Signalereignissen und bei **430B** Einstellen des Zeitpunkts der Zündsignalereignisse umfassen. Darüber hinaus kann die Steuerstrategie bei **430C** Einstellen der Dauer der Zündsignalereignisse umfassen. Es versteht sich, dass in einigen Beispielen Schritt **430** möglicherweise nicht in der Steuerstrategie **400** enthalten ist.

[0056] Als Nächstes wird bei **431** ein erster Grad an Startermotorunterstützung für den Motor bereitgestellt. Die Bereitstellung von Startermotorunterstützung kann Zuführung einer Energiemenge zu einem Startermotor zum Ermöglichen von Eingriff des Startermotors mit einer Kurbelwelle enthalten, die Energie kann von einer Energiespeicherquelle, wie zum Beispiel einer Batterie, bereitgestellt werden. In einigen Beispielen kann der während eines Direktstarts bereitgestellte Grad an Startermotorunterstützung geringer sein als der während eines Kaltstarts, der vom Bediener eingeleitet sein kann, bereitgestellte Grad an Startermotorunterstützung. Aufgrund der endlichen Menge an im Fahrzeug zur Verfügung stehender Energie, kann eine vergrößerte Energiemenge für das Zündsystem bereitgestellt werden, wenn der Grad an Startermotorunterstützung verringert wird, wodurch Mehrfunkenzündungsbetrieb erleichtert wird. Folglich kann ein Mehrfunkenzündungssignal während eines Direktstarts bereitgestellt werden, ohne die Leistung anderer Fahrzeugkomponenten zu verringern. Es versteht sich jedoch, dass in einigen Beispielen Schritt **431** in der Steuerstrategie möglicherweise nicht enthalten ist.

[0057] Als Nächstes wird bei **432** Kraftstoff in die Brennkammer eingespritzt. In einigen Beispielen kann der Kraftstoff über ein Direkteinspritzventil direkt in die Brennkammer eingespritzt werden. Als Nächstes geht die Steuerstrategie **400** zu **434** über, wo das eingestellte Mehrfunkenzündungssignal für min-

destens einen Verbrennungstakt während eines Direktstarts einer oder mehreren ausgewählten Zündkerzen zugeführt wird, die der ausgewählten Brennkammer entspricht bzw. entsprechen. Auf diese Weise kann ein Mehrfunkenzündungsbetrieb pro Verbrennungstakt über eine oder mehrere ausgewählte Zündkerzen, die mit der ausgewählten Brennkammer gekoppelt ist bzw. sind, für mindestens einen ersten Verbrennungstakt nach einer Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs während eines Direktstarts durchgeführt werden.

[0058] Als Nächstes kann bei **436** ermittelt werden, ob der Mehrfunkenzündungsbetrieb unterbrochen werden sollte. Insbesondere kann in einigen Beispielen der Mehrfunkenzündungsbetrieb nach Beendigung einer vorbestimmten Anzahl von Verbrennungstakten (zum Beispiel einem einzigen Verbrennungstakt) unterbrochen werden. Als Alternative dazu kann der Mehrfunkenzündungsbetrieb im Anschluss an die Beendigung des Direktstarts unterbrochen werden. Wenn ermittelt wird, dass der Mehrfunkenzündungsbetrieb nicht unterbrochen werden sollte, kehrt die Steuerstrategie zu Schritt **434** zurück.

[0059] Wenn jedoch ermittelt wird, dass der Mehrfunkenzündungsbetrieb unterbrochen werden sollte, kann bei **438** ein Einzelfunkenzündungssignal einer oder mehrerer Zündkerzen pro Verbrennungstakt für einen oder mehrere Verbrennungstakt(e) zugeführt werden. Auf diese Weise kann der Motor über einen Einzelfunkenzündungsbetrieb pro Verbrennungstakt aus der Ruhestellung gestartet werden.

[0060] Als Nächstes wird bei **440** ermittelt, ob das Abschalten des Motors eingeleitet worden ist. In einem Beispiel kann ermittelt werden, ob ein Fahrer ein Abschalten des Motors eingeleitet hat oder ein Abschalten des Motors über eine Einstellung einer Eingabevorrichtung (zum Beispiel einen Eingabeschalter) eingeleitet worden ist. Wenn ermittelt wird, dass kein Abschalten des Motors eingeleitet worden ist, kehrt die Steuerstrategie zu **438** zurück. Wenn jedoch ermittelt wird, dass das Abschalten des Motors eingeleitet worden ist, kann ein Abschalten des Motors bei **442** durchgeführt werden.

[0061] Als Nächstes wird bei **444** ermittelt, ob ein Startbetrieb eingeleitet worden ist. In einem Beispiel kann ermittelt werden, ob ein Startsignal von einer Eingabevorrichtung (zum Beispiel einem Zündschalter) empfangen worden ist. Darüber hinaus kann in anderen Beispielen ermittelt werden, ob die Temperatur des Motors unter einem Schwellwert liegt. Der Schwellwert kann unter Verwendung eines oder mehrerer der folgenden Parameter ermittelt werden: Kraftstoffverbrauch, Umgebungstemperatur und Druck in der Kraftstoff-Verteilerleitung. Wenn ermittelt wird, dass kein Startbetrieb eingeleitet worden ist, dann kehrt die Steuerstrategie zu **444** zurück.

[0062] Wenn jedoch ermittelt wird, dass Startbetrieb eingeleitet worden ist, dann wird bei **446** ein zweiter Grad an Startermotorunterstützung für den Motor bereitgestellt. Der zweite Grad an Startermotorunterstützung kann in einigen Beispielen größer sein als der erste Grad an Startermotorunterstützung. Das Bereitstellen von Startermotorunterstützung für den Motor kann in einigen Beispielen Zuführen von Energie von einer geeigneten Energiespeichervorrichtung, wie zum Beispiel einer Batterie, zu einem Startermotor zum Einleiten von Drehung einer Kurbelwelle über Startermotoreinrücken umfassen. Als Nächstes wird bei **448** Kraftstoff in mindestens eine Brennkammer eingespritzt, und bei **450** kann ein Einzelfunkenzündungssignal mindestens einer Brennkammer pro Verbrennungstakt für einen oder mehrere Verbrennungstakt(e) zugeführt werden. Auf diese Weise kann ein Verbrennungsereignis, das einen Einzelfunkenzündungsbetrieb pro Verbrennungsereignis enthält, verwendet werden, um Verbrennungsbetrieb in dem Fahrzeug zu starten. Nach **450** kehrt die Steuerstrategie **400** zum Start zurück.

[0063] Es sei darauf hingewiesen, dass die hier enthaltenen beispielhaften Steuerungs- und Schätzroutinen mit verschiedenen Motor- und/oder Fahrzeugsystemkonfigurationen verwendet werden können. Die hier beschriebenen bestimmten Routinen können eine oder mehrere einer Anzahl von Verarbeitungsstrategien, wie zum Beispiel ereignisgesteuert, interruptgesteuert, Multitasking, Multithreading und dergleichen, darstellen. Somit können verschiedene dargestellte Handlungen, Betätigungen oder Funktionen in der dargestellten Reihenfolge oder parallel durchgeführt werden oder in einigen Fällen weggelassen werden. Ebenso muss die Verarbeitungsreihenfolge nicht zwangsweise die Merkmale und Vorteile der beispielhaften Ausführungsformen, die hier beschrieben werden, erreichen, sondern ist zur besseren Veranschaulichung und Beschreibung vorgesehen. Eine oder mehrere der dargestellten Handlungen oder Funktionen kann in Abhängigkeit von der verwendeten bestimmten Strategie wiederholt durchgeführt werden. Des Weiteren können die beschriebenen Handlungen einen in das computerlesbare Speichermedium im Motorsteuersystem zu programmierenden Code graphisch darstellen.

[0064] Es versteht sich, dass die hier offenbarten Konfigurationen und Routinen rein beispielhaft sind und dass diese bestimmten Ausführungsformen nicht in einem einschränkenden Sinne betrachtet werden sollen, weil zahlreiche Variationen möglich sind. Die obige Technologie kann zum Beispiel auf I-3-, V-6-, I-4-, I-6-, V-12-, Boxer-4- und andere Motortypen angewandt werden. Der Gegenstand der vorliegenden Offenbarung schließt somit alle neuen und nicht offensichtlichen Kombinationen und Unterkombinationen der verschiedenen Systeme und Konfigurationen

und andere Merkmale, Funktionen und/oder Eigenschaften, die hierin offenbart sind, ein.

[0065] Die folgenden Ansprüche weisen speziell auf bestimmte Kombinationen und Unterkombinationen hin, die als neu und nicht offensichtlich betrachtet werden. Diese Ansprüche können sich auf „ein“ Element oder „ein erstes“ Element oder das Äquivalent davon beziehen. Solche Ansprüche sollten als den Einschluss von einem oder mehreren solchen Elementen aufweisend verstanden werden, wobei sie zwei oder mehr solche Elemente weder erfordern noch ausschließen. Andere Kombinationen und Unterkombinationen der offenbarten Merkmale, Funktionen, Elemente und/oder Eigenschaften können durch Änderung der vorliegenden Ansprüche oder durch Vorlage von neuen Ansprüchen in dieser oder einer verwandten Anmeldung beansprucht werden. Solche Ansprüche werden, ob sie im Schutzbereich breiter, schmaler, gleich oder anders in Bezug auf die ursprünglichen Ansprüche sind, auch als im Gegenstand der vorliegenden Offenbarung enthalten betrachtet.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor, der eine oder mehrere Brennkammern, ein Kraftstoff-Versorgungssystem, das ein mit jeder Brennkammer gekoppeltes Direktkraftstoffeinspritzventil enthält, ein Zündsystem, das eine oder mehrere mit jeder Brennkammer gekoppelte Zündkerzen enthält, einen in jeder Brennkammer angeordneten Kolben und ein Einlass- und ein Auslassventil, die mit jeder Brennkammer gekoppelt sind, enthält, wobei der Verbrennungsmotor dem Fahrzeug Antriebskraft zuführt, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Unterbrechen des Verbrennungsbetriebs in dem Verbrennungsmotor als Reaktion auf Leerlaufstopbetrieb; und

während eines Direktstarts, Durchführen eines Mehrfunktanzündungsbetriebs pro Verbrennungstakt über eine oder mehrere ausgewählte Zündkerzen für mindestens einen ersten Verbrennungstakt in einer Brennkammer nach der Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs, wobei die eine oder die mehreren Zündkerzen mit der Brennkammer gekoppelt ist bzw. sind,

Einstellung der Menge, des Zeitpunkts und/oder der Dauer der Funkenzündungsereignisse, die im Mehrfunktanzündungsbetrieb enthalten sind, auf Grundlage eines Betriebszustands des Kraftstoff-Versorgungssystems, einer Stillstandsstelle des Kolbens in der Brennkammer und/oder einer Motortemperatur, wobei die Stillstandsstelle des Kolbens von einem oberen Totpunkt der Brennkammer gemessen wird, wenn sich der Kolben vor dem Mehrfunktanzündungsbetrieb im Stillstand befand, wobei mindestens einer der folgenden Bedingungen erfüllt ist:

- die Menge an Funkenentladungsereignissen, die im Mehrfunktanzündungsbetrieb enthalten sind, entspricht der Stillstandsstelle des Kolbens umgekehrt;
- die Dauer der Funkenentladungsereignisse, die im Mehrfunktanzündungsbetrieb enthalten sind, wird als Reaktion auf eine Zunahme der Temperatur des Motors verkürzt oder

- die Menge an Funkenentladungsereignissen, die im Mehrfunktanzündungsbetrieb enthalten sind, wird als Reaktion auf eine Abnahme eines Drucks in der Kraftstoff-Verteilerleitung vergrößert, wobei die Kraftstoff-Verteilerleitung im Kraftstoff-Versorgungssystem enthalten ist,

- die Menge und die Dauer der Funkenentladungsereignisse, die im Mehrfunktanzündungsbetrieb enthalten sind, werden als Reaktion auf eine Einstellung einer Kraftübertragungsvorrichtung in eine eingerückte Konfiguration aus einer ausgerückten Konfiguration oder als Reaktion auf eine Abnahme der Getriebeöltemperatur vergrößert bzw. verlängert.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Brennkammer eine erste zündende Brennkammer nach Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs während des Direktstarts ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei vor dem Direktstart eine Stillstandsstelle des Kolbens in der Brennkammer näher als eine Stillstandsstelle der in dem Motor enthaltenen zusätzlichen Kolben ist, wobei die Stillstandsstelle der Kolben von einem oberen Totpunkt jeder Brennkammer gemessen wird, wenn sich die Kolben vor dem Mehrfunktanzündungsbetrieb im Stillstand befanden.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das weiterhin Durchführen eines Einzelfunktanzündungsbetriebs pro Verbrennungstakt für einen oder mehrere Verbrennungstakte, die einer Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs vorausgehen, umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Direktstart gesperrt wird, wenn eine Temperatur des Verbrennungsmotors unter einem Schwellwert liegt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, das weiterhin Direkteinspritzung von Kraftstoff in die Brennkammer, die dem Mehrfunktanzündungsbetrieb vorausgeht und sich an eine Unterbrechung des Verbrennungsbetriebs anschließt, umfasst.

7. Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor, der eine oder mehrere Brennkammern, ein Kraftstoff-Versorgungssystem, das ein mit jeder Brennkammer gekoppeltes Direktkraftstoffeinspritzventil enthält, ein Zündsystem, das eine oder mehrere mit jeder Brennkammer gekoppel-

te Zündkerzen enthält, einen in jeder Brennkammer angeordneten Kolben und ein Einlass- und ein Auslassventil, die mit jeder Brennkammer gekoppelt sind, enthält, wobei der Verbrennungsmotor dem Fahrzeug Antriebskraft zuführt, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

während eines ersten Starts, wenn eine Zeitdauer nach Leerlaufstoppbetrieb unter einem Schwellwert liegt, Direktstart des Motors aus der Ruhestellung mit einem ersten Verbrennungsereignis, das Mehrfunkenzündungsbetrieb pro Verbrennungsereignis enthält, wobei ein erster Grad an Startermotorunterstützung für den Motor bereitgestellt wird; und

während eines zweiten Starts, wenn die Temperatur des Motors unter einem Schwellwert liegt und/oder ein vom Fahrer ausgelöstes Zündsignal über das Fahrzeug erhalten worden ist, Starten des Motors aus der Ruhestellung mit einem zweiten Verbrennungsereignis, das nur einen Einzelfunkenzündungsbetrieb pro Verbrennungsereignis enthält, wobei ein zweiter Grad an Startermotorunterstützung für den Motor bereitgestellt wird,

wobei die zweite Startermotorunterstützung stärker ist als der erste Grad an Startermotorunterstützung.

8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei Direktstart des Motors Direkteinspritzung von Kraftstoff in die Brennkammer, die dem ersten Verbrennungsereignis vorausgeht, umfasst.

9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, das weiterhin Einstellen des Mehrfunkenzündungsbetriebs umfasst, wobei das Einstellen eine Einstellung einer Menge und/oder eines Zeitpunkts und/oder einer Dauer der Funkenereignisse, die im Mehrfunkenzündungsbetrieb enthalten sind, auf Grundlage einer Stillstandsstelle eines Kolbens in einer Brennkammer, die das erste Verbrennungsereignis während des Direktstarts durchführt, umfasst, wobei die Stillstandsstelle von dem oberen Totpunkt der Brennkammer gemessen wird, während sich der Kolben vor dem Direktstart im Stillstand befindet.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, das weiterhin Einstellen des ersten Verbrennungsereignisses umfasst, wobei das Einstellen eine Einstellung einer Menge und/oder eines Zeitpunkts und/oder einer Dauer der Funkenereignisse, die im Mehrfunkenzündungsbetrieb enthalten sind, umfasst.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das erste Verbrennungsereignis in einer Brennkammer mit einem Kolben mit einer Stillstandsstelle implementiert wird, die kürzer ist als die Stillstandsstelle der im Motor enthaltenen zusätzlichen Kolben, wobei die Stillstandsstellen der Kolben von einem oberen Totpunkt der Brennkammer gemessen werden, während sich der Kolben vor dem Mehrfunkenzündungsbetrieb im Stillstand befindet.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei der Mehrfunkenzündungsbetrieb auf eine oder mehrere Brennkammern, die einen Kolben mit einer Stillstandsstelle, die unter einem Schwellwert liegt, enthält bzw. enthalten, angewandt wird, wobei die Stillstandsstellen der Kolben von einem oberen Totpunkt der Brennkammer gemessen werden, während sich der Kolben vor dem Mehrfunkenzündungsbetrieb im Stillstand befindet.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 12, wobei das Steuersystem eine Menge an Funkenentladungsereignissen, die im Mehrfunkenzündungsbetrieb enthalten sind, als Reaktion auf eine Verkürzung einer Stillstandsstelle des Kolbens in der Brennkammer vergrößert, wobei die Stillstandsstelle von dem oberen Totpunkt der Brennkammer gemessen wird, während sich der Kolben vor einem Direktstart im Stillstand befindet, wobei die Vergrößerung der Menge der Funkenentladungsereignisse zwischen zwei oder mehr Direktstarts eingestellt wird.

14. Verfahren zum Betrieb eines Fahrzeugs mit einem Verbrennungsmotor, der eine oder mehrere Brennkammern, ein Kraftstoff-Versorgungssystem, das ein mit jeder Brennkammer gekoppeltes Direktkraftstoffeinspritzventil enthält, ein Zündsystem, das eine oder mehrere mit jeder Brennkammer gekoppelte Zündkerzen enthält, einen in jeder Brennkammer angeordneten Kolben und ein Einlass- und ein Auslassventil, die mit jeder Brennkammer gekoppelt sind, enthält, wobei der Verbrennungsmotor dem Fahrzeug Antriebskraft zuführt, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Zuführen eines Einzelfunkenzündungssignals zu einer oder mehreren Zündkerzen pro Verbrennungstakt für einen oder mehrere Verbrennungstakte; Unterbrechen des Verbrennungsbetriebs des Motors als Reaktion auf Leerlaufstoppbetrieb; Auswählen eines Zylinders als eine erste zündende Brennkammer aus der Ruhestellung; Direkteinspritzung von Kraftstoff in die ausgewählte Brennkammer; Einstellen der Menge, des Zeitpunkts und/oder der Dauer von Signalereignissen, die in einem Mehrfunkenzündungssignal enthalten sind, auf Grundlage einer Position des Kolbens in der Brennkammer, eines Drucks in der Kraftstoff-Verteilerleitung, einer Motortemperatur und einer Kraftübertragungsvorrichtungstemperatur; und Zuführen des eingestellten Mehrfunkenzündungssignals zu einer oder mehreren Zündkerzen, die in der ausgewählten Brennkammer enthalten sind, während eines anfänglichen Direktstart-Verbrennungstakts aus der Ruhestellung.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei die erste zündende Brennkammer auf Grundlage der Position des Kolbens in der Brennkammer ausgewählt ist.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

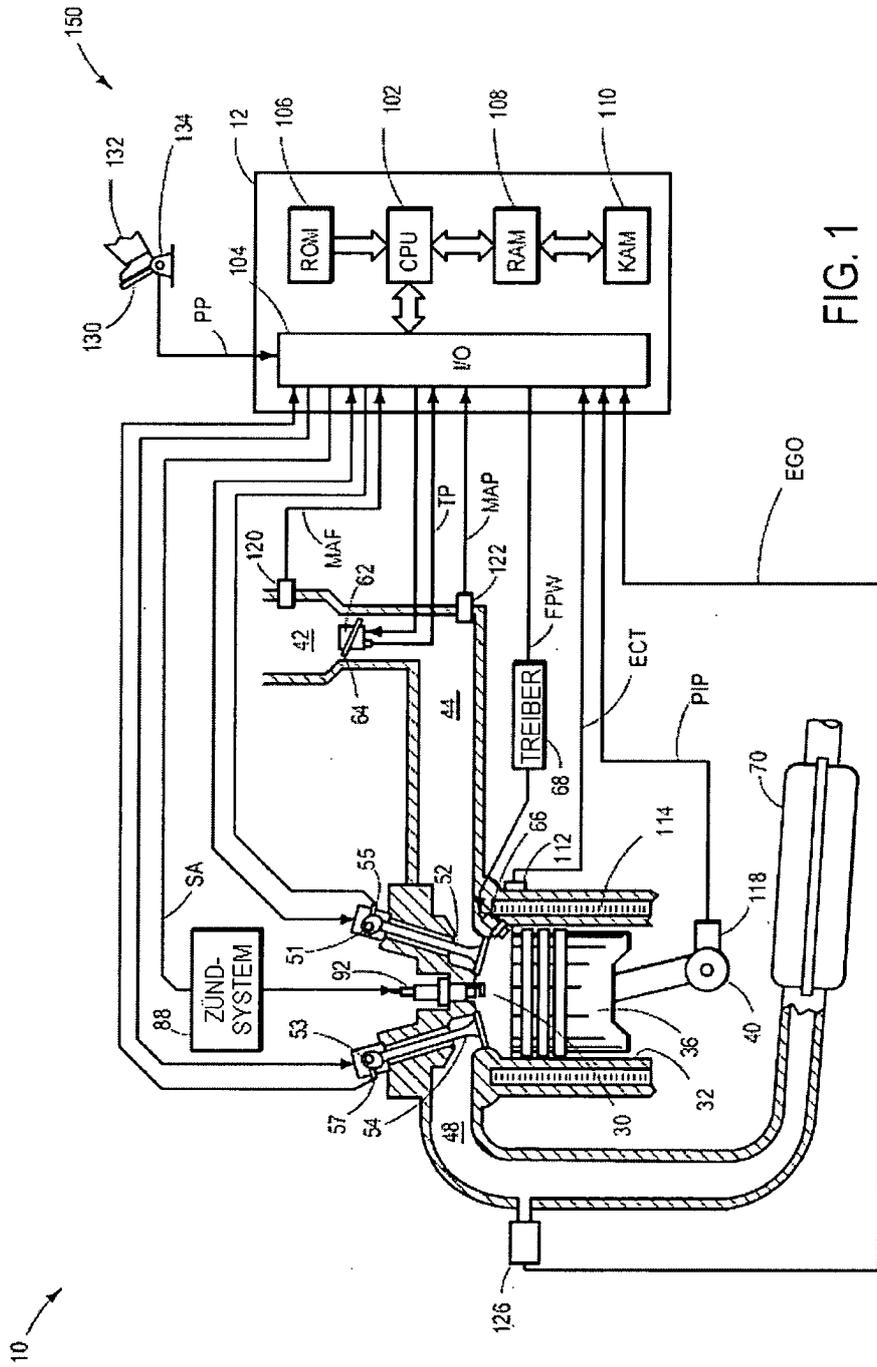
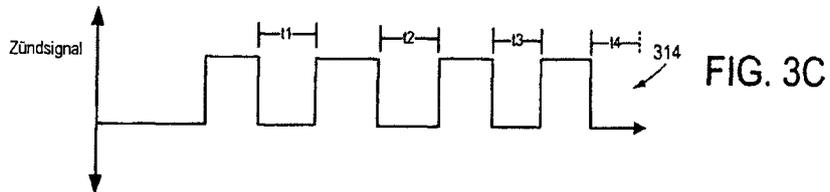
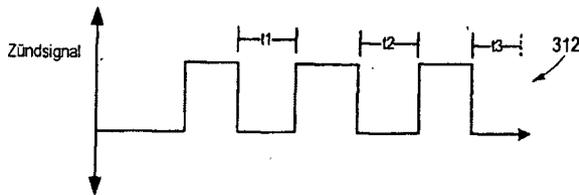
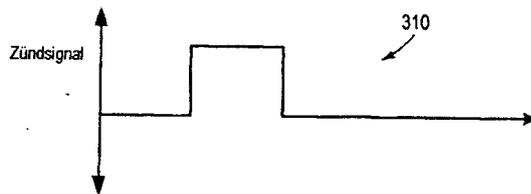
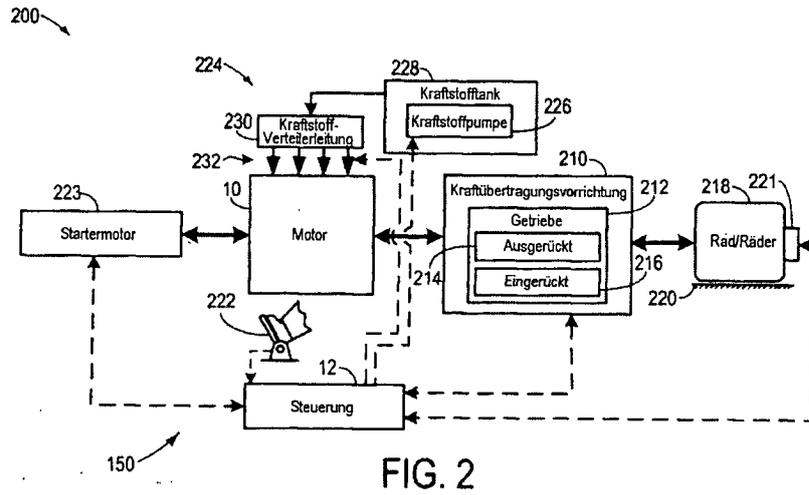


FIG. 1



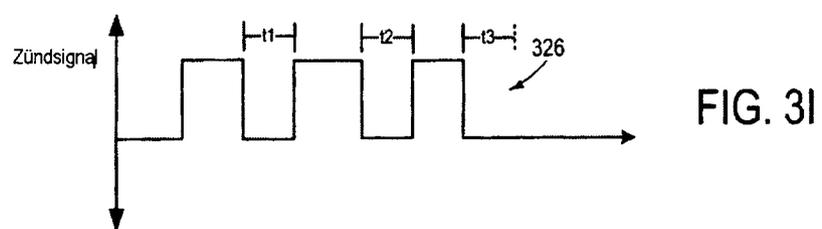
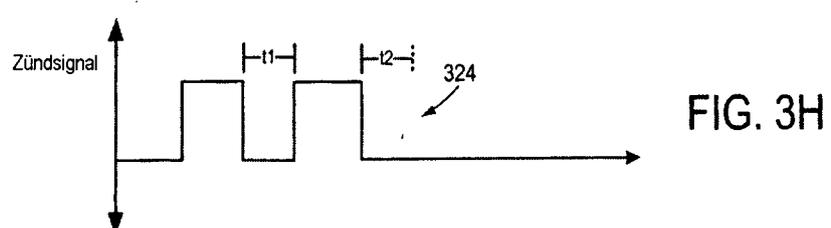
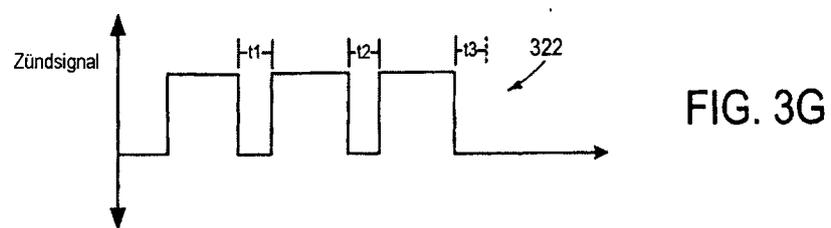
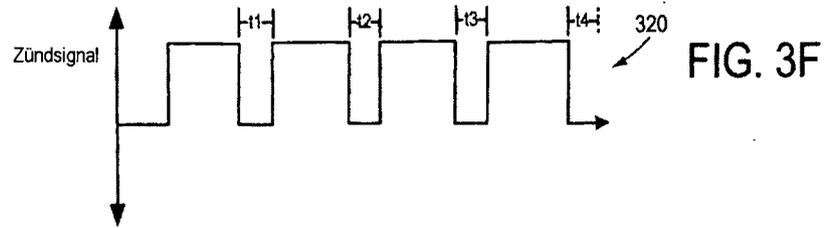
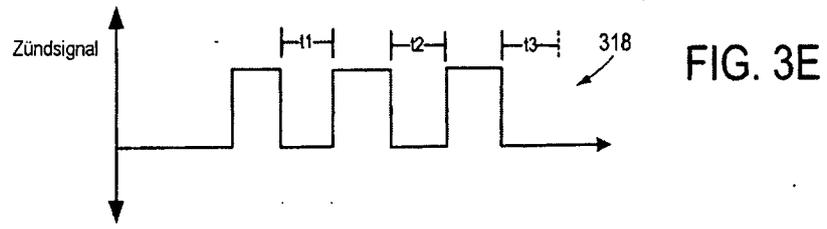
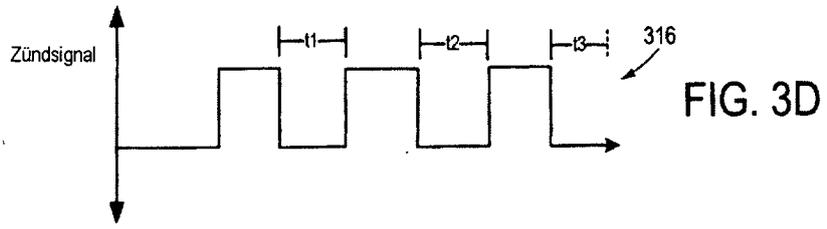


FIG. 4A

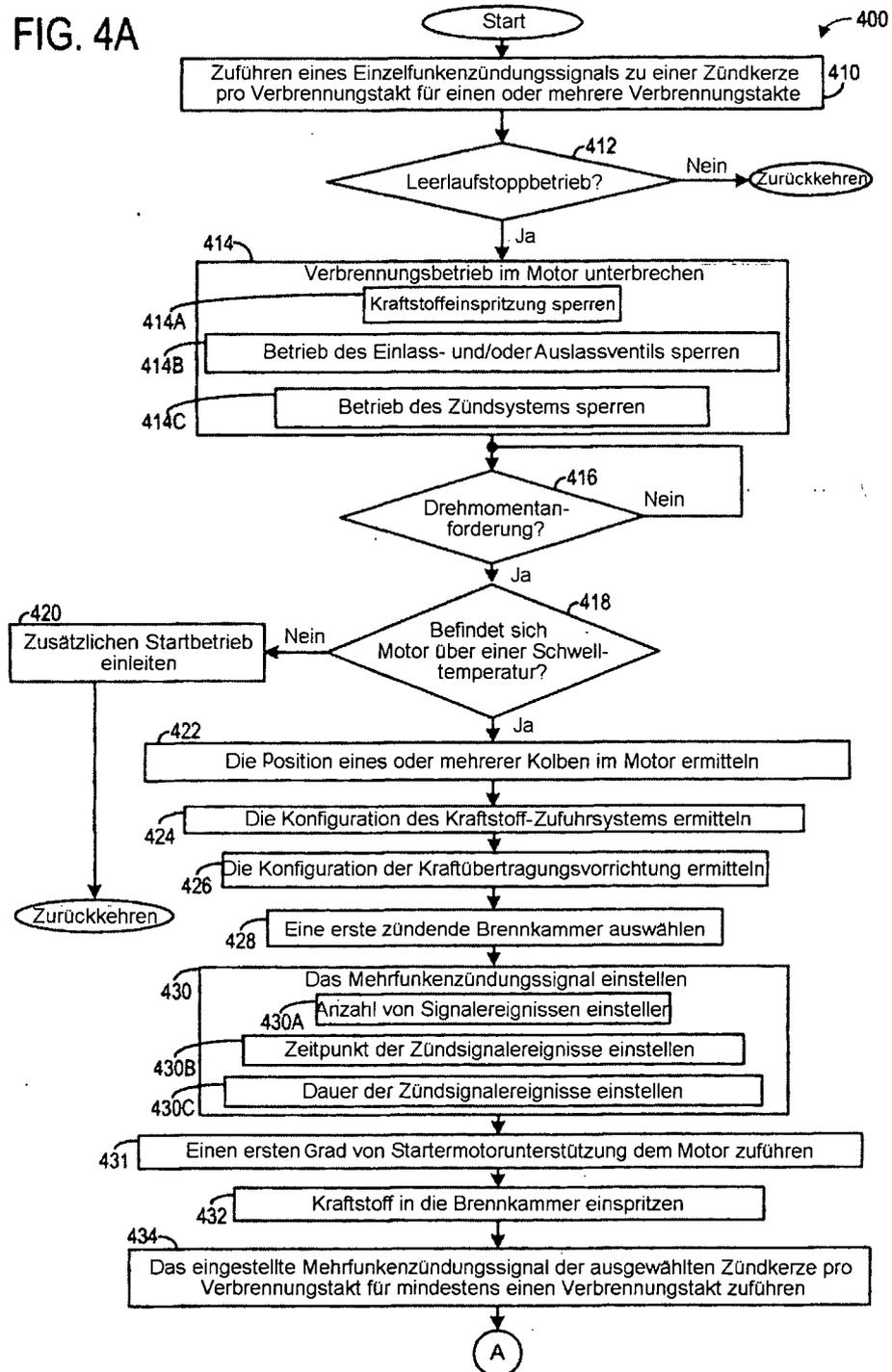


FIG. 4B

