



(10) **DE 11 2015 005 091 B4** 2019.05.29

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 005 091.4**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2015/059776**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/077246**  
(86) PCT-Anmeldetag: **09.11.2015**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **19.05.2016**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **10.08.2017**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **29.05.2019**

(51) Int Cl.: **F02D 17/00** (2006.01)  
**F02D 17/02** (2006.01)  
**F02D 41/04** (2006.01)  
**F02P 9/00** (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:

<b>62/077,439</b>	<b>10.11.2014</b>	<b>US</b>
<b>62/117,426</b>	<b>17.02.2015</b>	<b>US</b>
<b>62/121,374</b>	<b>26.02.2015</b>	<b>US</b>
<b>14/919,018</b>	<b>21.10.2015</b>	<b>US</b>
<b>14/919,011</b>	<b>21.10.2015</b>	<b>US</b>

(62) Teilung in:

**11 2015 007 259.4; 11 2015 007 258.6; 11 2015 007 260.8**

(73) Patentinhaber:

**Tula Technology, Inc., San Jose, Calif., US**

(74) Vertreter:

**Fleuchaus & Gallo Partnerschaft mbB, 81369 München, DE**

(72) Erfinder:

**Younkins, Matthew A., San Jose, Calif., US;**  
**Serrano, Louis J., Los Gatos, Calif., US**

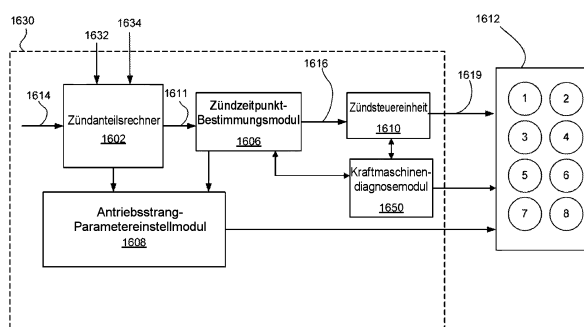
(56) Ermittelter Stand der Technik:

**siehe Folgeseiten**

(54) Bezeichnung: **Mehrniveau-Zündauslassung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Brennkraftmaschine mit mehreren Arbeitskammern, um eine gewünschte Ausgabe zu liefern, wobei jede Arbeitskammer mindestens ein Einlassventil, dasnockenbetätigt ist, und mindestens ein Auslassventil aufweist, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Betreiben der Kraftmaschine in einer Zündauslassweise, die ausgewählte ausgelassene Arbeitszyklen auslöst und ausgewählte aktive Arbeitszyklen zündet, um eine gewünschte Kraftmaschinenausgabe zu liefern, wobei Entscheidungen, ob jeder Arbeitszyklus gezündet oder ausgelassen werden soll, dynamisch während des Betriebs der Kraftmaschine auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit bestimmt werden; und  
Auswählen einer hohen oder niedrigen Drehmomentausgabe an den gezündeten Arbeitskammern, wobei Entscheidungen, ob eine hohe oder niedrige Drehmomentausgabe verwendet werden soll, während des Betriebs der Kraftmaschine auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit dynamisch bestimmt werden; und  
Einstellen der Luftladung für die gezündeten Arbeitskammern auf der Basis dessen, ob die hohe oder niedrige Drehmomentausgabe an den gezündeten Arbeitskammern ausgewählt wurde.



(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	44 06 982	A1
US	7 577 511	B1
US	7 849 835	B2
US	7 886 715	B2
US	7 954 474	B2
US	8 099 224	B2
US	8 131 445	B2
US	8 131 447	B2
US	8 616 181	B2

US-Patentanmeldung 13/004839

US-Patentanmeldung 13/004844

US-Patentanmeldung 13/654244

US-Patentanmeldung 13/654248

US-Patentanmeldung 13/774134

US-Patentanmeldung 13/794157

US-Patentanmeldung 13/842234

US-Patentanmeldung 13/843567

US-Patentanmeldung 13/886107

US-Patentanmeldung 13/961701

US-Patentanmeldung 13/963744

US-Patentanmeldung 13/963759

US-Patentanmeldung 13/963819

US-Patentanmeldung 14/206918

US-Patentanmeldung 14/207109

US-Patentanmeldung 14/638908

US-Patentanmeldung 13/963686

US-Patentanmeldung 13/953615

Vorläufige US-Patentanmeldung 61/080192

Vorläufige US-Patentanmeldung 61/104222

Vorläufige US-Patentanmeldung 61/640646

**Beschreibung****GEBIET DER ERFINDUNG**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf Verfahren und Kraftmaschinensteuereinheiten zum Betreiben einer Kraftmaschine in einer Zündauslassweise. In verschiedenen Ausführungsformen werden Zündauslass-Kraftmaschinensteuersysteme beschrieben, die selektiv Arbeitskammern deaktivieren und sie mit mehreren verschiedenen Ausgabeniveaus zünden können.

**HINTERGRUND**

**[0002]** Die meisten Fahrzeuge in heutigem Betrieb (und viele andere Vorrichtungen) werden durch Brennkraftmaschinen (IC-Kraftmaschinen) angetrieben. Brennkraftmaschinen weisen typischerweise mehrere Zylinder oder andere Arbeitskammern auf, in denen eine Verbrennung stattfindet. Unter normalen Antriebsbedingungen muss das durch eine Brennkraftmaschine erzeugte Drehmoment über einen breiten Bereich variieren, um die Betriebsanforderungen des Fahrers zu erfüllen. Über die Jahre wurde eine Anzahl von Verfahren zum Steuern des Brennkraftmaschinendrehmoments vorgeschlagen und verwendet. Einige solche Methoden ziehen das Verändern des effektiven Hubraums der Kraftmaschine in Betracht. Kraftmaschinensteuermethoden, die den effektiven Hubraum einer Kraftmaschine verändern, können in zwei Typen von Steuerung klassifiziert werden, mehrere feste Hubräume und Zündauslassung. Bei der Steuerung mit festen mehreren Hubräumen wird ein gewisser fester Satz von Zylindern unter niedrigen Lastbedingungen deaktiviert; beispielsweise eine 8-Zylinder-Kraftmaschine, die mit denselben 4 Zylindern unter bestimmten Bedingungen arbeiten kann. Im Gegensatz dazu zieht eine Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung das selektive Auslassen der Zündung von bestimmten Zylindern während ausgewählten Zündgelegenheiten in Erwägung. Folglich kann ein spezieller Zylinder während eines Kraftmaschinenzyklus gezündet werden und kann dann während des nächsten Kraftmaschinenzyklus ausgelassen werden und dann selektiv während des nächsten ausgelassen oder gezündet werden. Das Zünden jedes dritten Zylinders in einer 4-Zylinder-Kraftmaschine würde beispielsweise einen effektiven Hubraum von  $\frac{1}{3}$  des vollständigen Kraftmaschinenhubraums schaffen, was ein anteiliger Hubraum ist, der durch einfaches Deaktivieren eines Satzes von Zylindern nicht erhältlich ist. Ebenso würde das Zünden jedes zweiten Zylinders in einer 3-Zylinder-Kraftmaschine einen effektiven Hubraum von  $\frac{1}{2}$  schaffen, was ein anteiliger Hubraum ist, der durch einfaches Deaktivieren eines Satzes von Zylindern nicht erhältlich ist. Das US-Pat. US 8 131 445 B2 (das durch den Rechtsnachfolger der vorliegenden Anmeldung eingereicht wurde und durch den Hinweis in seiner Gesamtheit für alle Zwecke hier aufgenommen wird) lehrt eine Vielfalt von Zündauslass-Kraftmaschinensteuerimplementierungen. Im Allgemeinen wird verstanden, dass die Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung eine Anzahl von potentiellen Vorteilen bietet, einschließlich des Potentials einer signifikant verbesserten Kraftstoffsparsamkeit in vielen Anwendungen. Obwohl das Konzept der Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung für viele Jahre vorhanden war und ihre Vorteile verständlich sind, hat die Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung noch keinen signifikanten kommerziellen Erfolg erreicht.

**[0003]** Die DE 44 06 982 A1 offenbart beispielsweise ein Verfahren zur Reduzierung des Drehmoments einer Brennkraftmaschine in Kraftfahrzeugen durch Spätverstellung des Zündwinkels bis zu einem maximalen zulässigen Wert. Dabei wird die eine der momentanen Abgastemperatur proportionale Größe ermittelt und in Abhängigkeit von dieser Größe ein maximal zulässiger Wert für die Spätverstellung des Zündwinkels bestimmt.

**[0004]** Es ist gut verstanden, dass arbeitende Kraftmaschinen gewöhnlich die Quelle von signifikantem Geräusch und signifikanten Vibrationen sind, die häufig auf dem Gebiet gemeinsam als NVH (Geräusch, Vibration und Rauheit) bezeichnet werden. Im Allgemeinen besteht ein Stereotyp, der der Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung zugeordnet ist, darin, dass der Zündauslassbetrieb einer Kraftmaschine veranlasst, dass die Kraftmaschine signifikant rauer läuft, das heißt mit erhöhtem NVH, relativ zu einer herkömmlich betriebenen Kraftmaschine. In vielen Anwendungen wie z. B. Kraftfahrzeuganwendungen ist eine der signifikantesten Herausforderungen, die durch die Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung dargestellt wird, die Vibrationskontrolle. Tatsächlich wird angenommen, dass die Unfähigkeit, NVH-Angelegenheiten zufriedenstellend anzugehen, eines der Haupthindernisse ist, das die weitverbreitete Übernahme von Zündauslasstypen der Kraftmaschinensteuerung verhindert hat.

**[0005]** Die US-Patente US 7 954 474 B2; US 7 886 715 B2; US 7 849 835 B2; US 7 577 511 B1; US 8 099 224 B2; US 8 131 445 B2 und US 8 131 447 B2 und die US-Patentanmeldungen mit den Nrn. 13/004 839; 13/004 844; und andere beschreiben eine Vielfalt von Kraftmaschinensteuereinheiten, die es praktisch machen, eine breite Vielfalt von Brennkraftmaschinen in einem Zündauslassbetriebsmodus zu betreiben. Jedes dieser Patente und jede dieser Patentanmeldungen ist hier durch Bezugnahme mit aufgenommen. Obwohl

die beschriebenen Steuereinheiten gut arbeiten, bestehen anhaltende Anstrengungen, um die Leistung von diesen und anderen Zündauslass-Kraftmaschinensteuereinheiten weiter zu verbessern, um NVH-Probleme in Kraftmaschinen, die unter Zündauslasssteuerung arbeiten, weiter zu mildern. Die vorliegende Anmeldung beschreibt zusätzliche Zündauslasssteuermerkmale und Verbesserungen, die die Kraftmaschinenleistung in einer Vielfalt von Anwendungen verbessern können.

**[0006]** Diese und andere Probleme werden mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der jeweiligen Unteransprüche.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0007]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung. In einem Aspekt wird ein Verfahren zum Steuern einer Kraftmaschine beschrieben. Ausgewählte Arbeitszyklen werden ausgelassen und ausgewählte aktive Arbeitszyklen werden gezündet, um eine gewünschte Kraftmaschinenausgabe zu liefern. Eine oder mehrere Arbeitskammern sind in der Lage, mehrere mögliche Niveaus von Drehmomentausgabe, z. B. für dieselben Nockenphasensteller- und/oder MAP- (Einlasskrümmerabsolutdruck) Einstellungen, zu erzeugen. Ein spezielles Niveau einer Drehmomentausgabe (z. B. hohe oder niedrige Drehmomentausgabe) wird für jede der gezündeten Arbeitskammern (d. h. die Arbeitskammern, die gezündet werden sollen) ausgewählt. Dies wird hier als Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung bezeichnet. In verschiedenen Konstruktionen wird die Luftladung für gezündete Arbeitskammern auf der Basis dessen eingestellt, ob die hohe oder niedrige Drehmomentausgabe an den gezündeten Arbeitskammern ausgewählt wurde. Verschiedene Ausführungsformen beziehen sich auf Steuereinheiten, Software und Systeme einer Kraftmaschine, die helfen, das obige Verfahren zu implementieren.

**[0008]** In einem anderen Aspekt wird eine Kraftmaschinensteuereinheit beschrieben. Die Kraftmaschinensteuereinheit umfasst mehrere Arbeitskammern. Jede Arbeitskammer umfasst mindestens ein nockenbetätigtes Einlassventil. Die Kraftmaschinensteuereinheit umfasst einen Zündanteilsrechner, ein Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul und eine Zündsteuereinheit. Der Zündanteilsrechner ist angeordnet, um einen Zündanteil zu bestimmen, der zum Liefern eines gewünschten Drehmoments geeignet ist. Das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul ist angeordnet, um eine Zündauslass-Zündsequenz auf der Basis des Zündanteils zu bestimmen. Die Zündauslass-Zündsequenz gibt an, ob während einer ausgewählten Zündgelegenheit eine ausgewählte Arbeitskammer deaktiviert oder gezündet wird, und gibt ferner für jede Zündung an, ob die Zündung eine niedrige Drehmomentausgabe oder eine hohe Drehmomentausgabe erzeugt. Die Zündsteuereinheit ist angeordnet, um die Arbeitskammern in einer Zündauslassweise auf der Basis der Zündsequenz zu betreiben. In verschiedenen Ausführungsformen ist die Zündsteuereinheit auch angeordnet, um die Luftladung für jede gezündete Arbeitskammer (d. h. jede Arbeitskammer, die gezündet wird) auf der Basis dessen einzustellen, ob die Zündsequenz eine niedrige Drehmomentausgabe oder eine hohe Drehmomentausgabe für die gezündete Arbeitskammer angibt.

**[0009]** Die Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung kann in einer breiten Vielfalt von Weisen durchgeführt werden. In einigen Ausführungsformen werden beispielsweise Entscheidungen hinsichtlich dessen, ob jeder Arbeitszyklus gezündet oder ausgelassen werden soll, und/oder Entscheidungen, ob ein spezielles Niveau einer Drehmomentausgabe für eine gezündete Arbeitskammer ausgewählt werden soll, auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit durchgeführt. Solche Entscheidungen können unter Verwendung von einer oder mehreren Nachschlagetabellen, einer Schaltung, eines Sigma-Delta-Umsetzers oder anderer Techniken getroffen werden.

**[0010]** Verschiedene Systeme können verwendet werden, um die Drehmomentausgabe der gezündeten Arbeitskammern zu steuern. Bei einigen Methoden umfassen beispielsweise eine oder mehrere der Arbeitskammern jeweils ein oder mehrere Einlassventile, die unabhängig gesteuert werden. Die Einlassventile können zu verschiedenen Zeiten und/oder gemäß verschiedenen Zyklen (z. B. Atkinson- und Otto-Zyklen) geöffnet oder geschlossen werden, was helfen kann, die Drehmomentausgabe der Arbeitskammer zu verändern. Die Einlassventile für eine Arbeitskammer können auf einer Basis von Arbeitszyklus zu Arbeitszyklus unabhängig betätigt oder deaktiviert werden. In verschiedenen Ausführungsformen ermöglicht das Ventilsteuersystem für eine Arbeitskammer, dass die Arbeitskammer zwei, drei oder mehr Drehmomentausgabenniveaus unter denselben Kraftmaschinenbedingungen, z. B. denselben Nockenphasensteller-, Drosselklappenpositions- und/oder Kraftmaschinendrehzahl-Einstellungen, schafft. Es sollte erkannt werden, dass die hier beschriebenen Verfahren zum Implementieren der Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung mit irgendeiner geeigneten Arbeitskammerkonstruktion oder irgendeinem geeigneten Ventilsteuersystem verwendet werden können.

**[0011]** In einem anderen Aspekt wird ein Kraftmaschinensystem beschrieben. Das Kraftmaschinensystem umfasst einen Einlasskrümmer, eine oder mehrere Arbeitskammern und zwei oder mehr Einlassdurchgänge. In verschiedenen Ausführungsformen verbinden zwei Einlassdurchgänge mit einer Arbeitskammer. Die zwei Einlassdurchgänge sind relativ zur Arbeitskammer derart angeordnet, dass eine Mittelachse von jedem der Einlassdurchgänge im Wesentlichen eine Mittelachse der Arbeitskammer schneidet.

#### Figurenliste

**[0012]** Die Erfindung und deren Vorteile können durch Bezugnahme auf die folgende Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen am besten verstanden werden, in denen:

**Fig. 1A und Fig. 1B** Querschnittsansichten einer Arbeitskammer und eines zugehörigen Ventilsteuersystems gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung sind.

**Fig. 2-7** Diagramme sind, die Ventilsteuersysteme gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen.

**Fig. 8** ein Graph ist, der eine VentilhubEinstellung für eine Arbeitskammer gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

**Fig. 9** ein Ventilsteuersystem gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**Fig. 10** ein Diagramm ist, das Beispiel-Einlassdurchgänge darstellt.

**Fig. 11** ein Diagramm ist, das Einlassdurchgänge gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

**Fig. 12A-12F** Diagramme sind, die Stufen im Betrieb einer Arbeitskammer und von Einlassventilen gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen.

**Fig. 13A-13B** Schaubilder sind, die gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen, wie Ventile betrieben werden können, um verschiedene Niveaus einer Drehmomentausgabe von einer Arbeitskammer zu erzeugen.

**Fig. 14A-14H** Schaubilder sind, die verschiedene Anordnungen und Merkmale von Arbeitskammern gemäß verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung darstellen.

**Fig. 15** ein Diagramm ist, das eine Gruppe von Zylindern gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**Fig. 16** ein Blockdiagramm einer Kraftmaschinensteuereinheit gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**Fig. 17** ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Implementieren der Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**Fig. 18** eine Beispiel-Nachschlagetabelle ist, die eine maximale zulässige Arbeitskammerausgabe als Funktion der Kraftmaschinendrehzahl und eines effektiven Zündanteils angibt.

**Fig. 19** eine Beispiel-Nachschlagetabelle ist, die einen Zündanteil und einen Niveauanteil als Funktion eines effektiven Zündanteils angibt.

**Fig. 20** ein Diagramm einer Beispielschaltung ist, die eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzeugt.

**Fig. 21** ein Diagramm einer Beispielschaltung ist, die eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz gemäß einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erzeugt.

**Fig. 22** eine Beispiel-Nachschlagetabelle ist, die eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz als Funktion eines effektiven Zündanteils bereitstellt.

**Fig. 23** ein Ablaufdiagramm ist, das ein Beispielverfahren zur Verwendung der Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung während eines Übergangs zwischen Zündanteilen darstellt.

**Fig. 24** ein Ablaufdiagramm ist, das ein Beispielverfahren zum Detektieren und Managen von Klopfen in einer Kraftmaschine gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

**Fig. 25** ein Ablaufdiagramm ist, das ein Beispielverfahren zur Verwendung der Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung in Reaktion auf spezielle Kraftmaschinenoperationen darstellt.

**Fig. 26** ein Ablaufdiagramm ist, das ein Beispielverfahren zum Diagnostizieren und Managen von Kraftmaschinenproblemen gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

**[0013]** In den Zeichnungen werden manchmal gleiche Bezugszeichen verwendet, um gleiche Strukturelemente zu bezeichnen. Es sollte auch erkannt werden, dass die Darstellungen in den Figuren schematisch und nicht maßstäblich sind.

## AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG

**[0014]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein System zum Betreiben einer Brennkraftmaschine in einer Zündauslassweise. Insbesondere beinhalten verschiedene Implementierungen der vorliegenden Erfindung ein Zündauslass-Kraftmaschinensteuersystem, das in der Lage ist, eine Arbeitskammer mit mehreren verschiedenen Drehmomentausgabenniveaus selektiv zu zünden.

**[0015]** Im Allgemeinen zieht die Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung das selektive Auslassen der Zündung von bestimmten Zylindern während ausgewählten Zündgelegenheiten in Betracht. Ein spezieller Zylinder kann somit beispielsweise während einer Zündgelegenheit gezündet werden und kann dann während der nächsten Zündgelegenheit ausgelassen und dann während der nächsten selektiv ausgelassen oder gezündet werden. Dies steht zum herkömmlichen Kraftmaschinenbetrieb mit variablem Hubraum im Gegensatz, in dem ein fester Satz der Zylinder während bestimmter Betriebsbedingungen mit geringer Last deaktiviert wird.

**[0016]** Eine Herausforderung bei der Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung ist das Verringern von unerwünschtem Geräusch, Vibration und Rauheit (NVH) auf ein annehmbares Niveau. Das Geräusch und die Vibration, die durch die Kraftmaschine erzeugt werden, können zu Insassen in der Fahrzeugkabine durch eine Vielfalt von Wegen übertragen werden. Einige dieser Wege, beispielsweise der Antriebsstrang, können die Amplitude der verschiedenen Frequenzkomponenten modifizieren, die in der Kraftmaschinen- und Kraftmaschinenvibrationssignatur vorhanden sind. Insbesondere verstärken gewöhnlich niedrigere Übersetzungsverhältnisse Vibrationen, da das Getriebe das Drehmoment und die Drehmomentveränderung an den Rädern erhöht. Das Geräusch und die Vibration können auch verschiedene Fahrzeugresonanzen anregen, die dann in die Fahrzeugkabine einkoppeln können.

**[0017]** Einige Geräusch- und Vibrationsfrequenzen können für die Fahrzeuginsassen besonders störend sein. Insbesondere erzeugen gewöhnlich sich wiederholende Niederfrequenzmuster (z. B. Frequenzkomponenten im Bereich von 0,2 bis 8 Hz) unerwünschte Vibrationen, die von den Fahrzeuginsassen wahrgenommen werden. Die Oberwellen höherer Ordnung dieser Muster können ein Geräusch in der Fahrgastkabine verursachen. Insbesondere kann eine Frequenz um 40 Hz innerhalb der Fahrzeugkabine mitschwingen, die sogenannte „Dröhn“-Frequenz. Eine kommerziell umsetzbare Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung erfordert den Betrieb auf einem annehmbaren NVH-Niveau, während gleichzeitig dem Fahrer die gewünschte oder angeforderte Kraftmaschinendrehmomentausgabe geliefert wird und signifikante Kraftstoffeffizienzgewinne erreicht werden.

**[0018]** Die NVH-Eigenschaften variieren mit der Kraftmaschinendrehzahl, der Zündfrequenz und dem Getriebegang. Beispielsweise soll eine Kraftmaschinensteuereinheit betrachtet werden, die eine spezielle Zündfrequenz auswählt, die einen Prozentsatz von Zündungen angibt, die erforderlich sind, um ein gewünschtes Drehmoment bei einer speziellen Kraftmaschinendrehzahl und einem speziellen Gang zu liefern. Auf der Basis der Zündfrequenz erzeugt die Kraftmaschinensteuereinheit ein sich wiederholendes Zündmuster, um die Arbeitskammern der Kraftmaschine in einer Zündauslassweise zu betreiben. Wie dem Fachmann auf dem Gebiet gut bekannt ist, kann eine Kraftmaschine bei einer gegebenen Kraftmaschinendrehzahl, die mit einigen Zündmustern gleichmäßig läuft, unerwünschte akustische oder Vibrationseffekte bei anderen Zündmustern erzeugen. Ebenso kann ein gegebenes Zündmuster annehmbares NVH bei einer Kraftmaschinendrehzahl liefern, aber dasselbe Muster kann bei anderen Kraftmaschinendrehzahlen ein unannehmbares NVH erzeugen. Durch die Kraftmaschine induziertes Geräusch und Vibration wird auch durch die Zylinderlast oder Arbeitskammerausgabe beeinflusst. Wenn weniger Luft und Kraftstoff zu einem Zylinder zugeführt werden, erzeugt die Zündung des Zylinders weniger Ausgabe sowie weniger Geräusch und Vibration. Wenn die Zylinderausgabe verringert wird, können folglich einige Zündfrequenzen und Zündsequenzen, die aufgrund ihrer schlechten NVH-Eigenschaften unbrauchbar waren, dann brauchbar werden.

**[0019]** Wie in der US-Patentanmeldung Nr. 14/638 908 beschrieben, die hier in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke aufgenommen wird, ist es im Allgemeinen erwünscht, dass eine Zündauslass-Kraftmaschinensteuerein-

heitskonstruktion die angeforderte Kraftmaschinenausgabe liefert, während der Kraftstoffverbrauch minimiert wird und eine annehmbare NVH-Leistung geschaffen wird. Dies ist ein herausforderndes Problem aufgrund des breiten Bereichs von Betriebsbedingungen, die während des Fahrzeugbetriebs angetroffen werden. Eine angeforderte Kraftmaschinenausgabe kann als Drehmomentanforderung bei einer Kraftmaschinenbetriebsdrehzahl ausgedrückt werden. Es sollte erkannt werden, dass der Betrag des gelieferten Kraftmaschinendrehmoments durch das Produkt der Zündfrequenz und der Zylinderlast dargestellt werden kann. Wenn die Zündfrequenz (FF) erhöht wird, kann folglich die Zylinderdrehmomentlast (CTF) verringert werden, um dasselbe Kraftmaschinendrehmoment zu erzeugen, und umgekehrt. Mit anderen Worten

$$\text{Kraftmaschinendrehmomentanteil(ETF)} = \text{CTF} * \text{FF} \quad (\text{Gl. 1})$$

wobei der ETF ein Wert ist, der das normierte Netto- oder angegebene Kraftmaschinendrehmoment darstellt. In dieser Gleichung sind alle Werte dimensionslos, was ermöglicht, dass sie bei allen Typen von Kraftmaschinen und in allen Typen von Fahrzeugen verwendet wird. Das heißt, um dasselbe Kraftmaschinendrehmoment zu liefern, kann eine Vielfalt von verschiedenen Zündfrequenzen und CTF-Kombinationen verwendet werden. Gleichung 1 umfasst nicht die Auswirkungen von Kraftmaschinenreibung. Eine ähnliche Analyse könnte mit Reibung durchgeführt werden. In diesem Fall wäre der berechnete Parameter der Bremsdrehmomentanteil. Entweder der Kraftmaschinen-Nettodrehmomentanteil, Kraftmaschinen-Bremsdrehmomentanteil, angegebene Kraftmaschinendrehmomentanteil oder irgendeine ähnliche Metrik kann als Basis eines Steueralgorithmus verwendet werden. Für die Klarheit kann sich der Begriff Kraftmaschinendrehmomentanteil auf irgendeines dieser Maße der Kraftmaschinenausgabe beziehen und wird in der anschließenden Erörterung von Kraftmaschinensteuereinheiten und Kraftmaschinensteuerverfahren verwendet.

**[0020]** Verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein Zündauslass-Kraftmaschinensteuersystem, das in der Lage ist, eine ausgewählte Arbeitskammer mit mehreren verschiedenen Ausgabeniveaus zu zünden. Dies wird hier als Mehrniveau-Zündauslassbetrieb bezeichnet. In anderen Ausführungsformen kann der Mehrniveau-Zündauslassbetrieb durch Modifizieren der obigen Gl. 1 modelliert werden, um die Möglichkeit von mehreren Zündniveaus einzuschließen, wie folgt:

$$\text{Kraftmaschinendrehmomentanteil(ETF)} = \text{CTF}_1 * \text{FF}_1 + \text{CTF}_2 * \text{FF}_2 + \dots + \text{CTF}_n * \text{FF}_n \quad (\text{Gl. 2})$$

wobei  $\text{CTF}_1$  der Zylinderdrehmomentanteil und  $\text{FF}_1$  der Zündanteil auf dem ersten Niveau ist,  $\text{CTF}_2$  der Zylinderdrehmomentanteil und  $\text{FF}_2$  der Zündanteil auf dem zweiten Niveau ist, und  $\text{CTF}_n$  der Zylinderdrehmomentanteil und  $\text{FF}_n$  der Zündanteil auf dem n-ten Niveau ist. Die Summe der Zündanteile auf verschiedenen Niveaus ist gleich dem gesamten Zündanteil, d. h.

$$\text{FF} = \text{FF}_1 + \text{FF}_2 + \dots + \text{FF}_n \quad (\text{Gl. 3})$$

**[0021]** In einigen nachstehend beschriebenen Ausführungsformen ist n gleich zwei, obwohl dies keine Begrenzung ist.

**[0022]** Es sollte erkannt werden, dass es viele äquivalente Verfahren zum Ausdrücken der vorstehend beschriebenen Konzepte gibt. Anstelle der Modellierung auf der Basis eines Kraftmaschinendrehmomentanteils (ETF) könnte beispielsweise die Modellierung auf dem Netto-Kraftmaschinendrehmoment (ET) basieren, da die Größen einfach proportional sind. Der Zylinderdrehmomentanteil (CTF) kann zum mittleren effektiven Nettodruck (NMEP) proportional sein und der Zündanteil des n-ten Niveaus ( $\text{FF}_n$ ) kann zum anteiligen Kraftmaschinenhubraum für Zylinder proportional sein, die auf dem n-ten Niveau ( $\text{FED}_n$ ) arbeiten. Gleichung 2 kann folglich äquivalent formuliert werden als

$$\text{ET} = \text{NMEP}_1 * \text{FED}_1 + \text{NMEP}_2 * \text{FED}_2 + \dots + \text{NMEP}_n * \text{FED}_n \quad (\text{Gl. 4})$$

**[0023]** Die obige Gleichung 4 ist nur eine beispielhafte Umformung und viele äquivalente Umformungen können erdacht werden. Sie haben alle gemeinsam eine Größe in Bezug auf das Kraftmaschinenausgangsdrehmoment, das als Summe von Größen ausgedrückt wird, wobei jede Größe mit der Ausgabe einer Zylindergruppe in Beziehung steht und mindestens zwei Zylindergruppen mit verschiedenen von null verschiedenen Ausgaben vorhanden sind.

**[0024]** Ein Beispiel des Mehrniveau-Zündauslassbetriebs kann wie folgt beschrieben werden. Eine Arbeitskammer kann während eines ausgewählten Arbeitszyklus deaktiviert werden, mit einem hohen Niveau an Ausgabe während des nächsten Arbeitszyklus gezündet werden und dann mit einem niedrigeren Niveau an Ausgabe (z. B. 0-80 % der Ausgabe mit hohem Niveau) während des nächsten Arbeitszyklus gezündet werden. In verschiedenen Implementierungen kann die Ausgabe mit niedrigem Niveau im Wesentlichen einer Arbeitskammerlast entsprechen, die eine optimale Kraftstoffeffizienz, d. h. den niedrigsten BSFC-Betriebspunkt (Betriebspunkt mit bremsspezifischem Kraftstoffverbrauch), schafft. Wie gut bekannt ist, variiert die BSFC-Arbeitskammerlast als Funktion der Drehzahl. An sich kann das Verhältnis zwischen dem hohen und dem niedrigen Zündniveau als Funktion der Kraftmaschinenendrehzahl und möglicherweise anderen Variablen in verschiedenen Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung variieren. Die Zündungen und Deaktivierungen werden so koordiniert, dass ein gewünschtes Kraftmaschinenendrehmoment erzeugt wird. Die Verfügbarkeit des Mehrniveau-Zündauslassbetriebs ermöglicht, dass das Kraftmaschinen-Steuersystem mehr Optionen zum Finden eines Gleichgewichts zwischen der Kraftmaschinenausgabe, der Kraftstoffeffizienz, dem Geräusch und der Vibration hat.

**[0025]** Es sollte erkannt werden, dass irgendeine geeignete Technologie verwendet werden kann, um einen Mehrniveau-Zündauslassbetrieb zu ermöglichen. In einigen Ausführungsformen wird beispielsweise die Arbeitskammer-Drehmomentausgabe unter Verwendung einer Drosselklappensteuerung, des Zündfunkenzeitpunkts, der Ventilzeitsteuerung, der MAP-Einstellung und/oder der Abgasrückführung gesteuert. In dieser Anmeldung wird eine Vielfalt von Arbeitskammersteuersystemen und Arbeitskammeranordnungen beschrieben. Solche Systeme sind angeordnet, um zu ermöglichen, dass eine Arbeitskammer mehrere Niveaus einer Drehmomentausgabe erzeugt. Diese Anmeldung beschreibt auch verschiedene Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerverfahren (z. B. wie in Verbindung mit **Fig. 16-26** beschrieben), die unter Verwendung der vorstehend erwähnten Systeme implementiert werden können. Diese Verfahren sind jedoch nicht auf die hier beschriebenen Systeme begrenzt und können mit irgendeiner geeigneten Arbeitskammerkonstruktion, irgendeinem geeigneten System oder irgendeinem geeigneten Mechanismus verwendet werden.

#### Arbeitskammer-Ventilsteuersystem

**[0026]** Verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein Arbeitskammer-Ventilsteuersystem. Mit anfänglichem Bezug auf **Fig. 1A** und **Fig. 1B** werden zwei Querschnittsansichten eines Beispiel-Arbeitskammer-Ventilsteuersystems **100** beschrieben. Das Arbeitskammer-Ventilsteuersystem **100** umfasst eine Arbeitskammer **102** mit einem Kolben **104**, zwei Einlassventilen **120a/120b** und zwei Auslassventilen **122a/122b**. Aktuatoren **116a/116b** steuern das Öffnen und Schließen der Einlassventile. Einlasssdurchgänge **110a/110b** koppeln die Einlassventile **120a/120b** jeweils mit einem Einlasskrümmer (nicht dargestellt).

**[0027]** Wenn ein Einlassventil geöffnet wird, wird Luft vom Einlasskrümmer in die Arbeitskammer **102** durch den entsprechenden Einlassdurchgang **110a/110b** zugeführt. Wie dem Fachmann auf dem Gebiet gut bekannt ist, wird, wenn die Arbeitskammer **102** gezündet werden soll, die Luft mit Kraftstoff in der Arbeitskammer **102** gemischt und das Kraftstoff/Luft-Gemisch wird gezündet. Die resultierende Verbrennung treibt den Kolben **104** zur Unterseite der Arbeitskammer **102**. Die Auslassventile **122a/122b** werden geöffnet und Abgase werden aus der Arbeitskammer **102** in die Auslassdurchgänge **112a/112b** geschoben, wenn der Kolben **104** ansteigt.

**[0028]** In vielen herkömmlichen Konstruktionen werden die Einlassventile **120a/120b** der Arbeitskammer **102** gleichzeitig geöffnet und geschlossen. Das heißt, sie werden durch denselben Aktuator gesteuert und/oder werden gemäß demselben Hubprofil geöffnet und geschlossen. Die Zeitsteuerung des Hubprofils kann unter Verwendung eines Nockenphasenstellers eingestellt werden, der die Ventilöffnungs- und Ventilschließzeiten relativ zur Kurbelwellenbewegung verschiebt. In verschiedenen herkömmlichen Konstruktionen ermöglicht jedoch die Nockenstellermechanik im Allgemeinen nur kleine Änderungen in der Ventilzeitsteuerung auf einer Basis von Zyklus zu Zyklus und betreibt alle Zylinder in einer Gruppe in einer ähnlichen Weise. In der dargestellten Ausführungsform werden jedoch die Einlassventile **120a/120b** unabhängig betätigt und betrieben. Von einem Arbeitszyklus zum nächsten kann sich die Zeitsteuerung des Öffnens und Schließens eines Einlassventils unterscheiden oder gleich sein wie das andere Einlassventil. Als Beispiel kann während eines ausgewählten Arbeitszyklus das Einlassventil **120a** deaktiviert oder geschlossen bleiben, während das Einlassventil **120b** geöffnet wird, um Luft in die Arbeitskammer einzulassen. Während eines ausgewählten Arbeitszyklus kann alternativ das Einlassventil **120a** auf der Basis eines Otto-Zyklus geöffnet und geschlossen werden, während das andere Einlassventil **120b** auf der Basis eines Atkinson- oder anderen Zyklus geöffnet und geschlossen werden kann. Während irgendeines ausgewählten Arbeitszyklus können ein oder beide der Einlassventile deaktiviert oder geschlossen werden. In verschiedenen Ausführungsformen kann jedes Einlassventil für die Ar-



beitskammer **102** auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit unabhängig betätigt oder deaktiviert werden.

**[0029]** Die Fähigkeit, die Einlassventile derselben Arbeitskammer unabhängig zu steuern, bietet eine Vielfalt von Vorteilen. Zum Einen kann die Drehmomentausgabe der Arbeitskammer dynamisch eingestellt werden. In verschiedenen Konstruktionen, wenn beide Einlassventile während eines Einlasshubs offen sind und dann während des anschließenden Kompressionshubs geschlossen werden, dann führt als Beispiel die Deaktivierung von einem der Einlassventile während eines ausgewählten Arbeitszyklus dazu, dass weniger Luft zur Arbeitskammer zugeführt wird. Dies verringert wiederum das durch die Zündung der Arbeitskammer erzeugte Drehmoment relativ zu einer Situation, in der beide Einlassventile geöffnet wären. Ebenso führt das Schließen von einem oder beiden der Einlassventile vor der Vollendung des Einlasshubs zu weniger Luftansaugung und einer niedrigeren Arbeitszyklus-Drehmomentausgabe. Das Offenlassen von einem oder beiden der Einlassventile über sowohl den Einlasshub als auch einen Teil des Kompressionshubs führt ebenso zu weniger Arbeitszyklusaussage. In diesem Fall wird die in den Zylinder eingesaugte Luft aus dem Zylinder vor der Einleitung des Leistungshubs ausgestoßen. Durch die Verwendung einer unabhängigen Steuerung von jedem Einlassventil und die Verwendung von verschiedenen Typen von Öffnungs-/Schließ-Zeitsteuerung für jedes Einlassventil sind zwei, drei oder mehr Niveaus von Arbeitskammerausgabe möglich, wie später in der Anmeldung erörtert wird. Wie vorher erörtert, kann die Fähigkeit, die Arbeitskammer-Drehmomentausgabe schnell zu modulieren, wie z. B. auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit, eine bessere Kontrolle über die Vibration, das Geräusch und den Kraftstoffverbrauch ermöglichen.

**[0030]** Die Aktuatoren **116a/116b** können eine breite Vielfalt von Mechanismen verwenden, um das Öffnen und Schließen der Einlassventile **120a/120b** für die Arbeitskammer **102** zu steuern. In verschiedenen Ausführungsformen wird beispielsweise jedes Einlassventil durch einen Nocken betätigt und/oder mechanisch gesteuert. In der dargestellten Ausführungsform sind beispielsweise der Aktuator **116a** und **116b** separate Nocken, die unabhängig die Einlassventile **120a** bzw. **120b** betreiben. In einigen Konstruktionen kann ein Totgang-Klappventilstößel, ein Klappspieleinsteller, ein Klapprollenfingerringstößel oder eine konzentrische Klappschaufel im Ventiltrieb angeordnet sein, um die Deaktivierung des Ventils zu ermöglichen. Diese Vorrichtungen können ermöglichen, dass ein Einlassventil in irgendeinem gegebenen Arbeitszyklus aktiviert oder deaktiviert wird. In einigen Implementierungen können Nockenwellen, die sich axial bewegen, wobei verschiedene Nockennasen verschoben werden können, um mit einem Einlassventilschaft in Eingriff zu kommen, auch verwendet werden, um die Ventilbewegung zu steuern. In diesem Fall kann eine der Nockennasen eine Nase mit Nullhub sein, die effektiv den Zylinder deaktiviert. In einigen Ausführungsformen kann nur ein einzelnes Einlassventil verwendet werden und die Ventilöffnung kann zwei oder mehr verschiedenen Hubprofilen folgen oder auf der Basis derer betrieben werden. Die verschiedenen Profile können unter Verwendung von verschiedenen Nocken oder durch die Verwendung von komplexeren Ventiltrieben erzeugt werden. Es sollte jedoch erkannt werden, dass eine Vielfalt von anderen Konstruktionen auch möglich ist, wie später in dieser Anmeldung erörtert wird. Die Betätigung der Einlassventile kann mechanisch, elektromechanisch, elektrohydraulisch oder unter Verwendung irgendeines anderen geeigneten Mechanismus durchgeführt werden.

**[0031]** Eine breite Vielfalt von Systemen kann verwendet werden, um die Einlass- und Auslassventile der Arbeitskammer **102** zu betätigen und zu steuern. Solche Beispielkonstruktionen sind in **Fig. 2-7** dargestellt. **Fig. 2-7** sind schematische Draufsichten eines Beispiel-Arbeitskammer-Ventilsteuersystems (z. B. des in **Fig. 1A** und **Fig. 1B** dargestellten Arbeitskammer-Steuersystems **100**). Jede von **Fig. 2-7** stellt eine Arbeitskammer **102**, Aktuatoren **116a/116b**, Einlassventile **120a/120b**, ein Auslassventil **122a** und möglicherweise ein zusätzliches Auslassventil **122b** dar. Eine zwischen einem Aktuator und einem speziellen Ventil gezeichnete Linie gibt an, dass der Aktuator das Öffnen und Schließen des Ventils steuert. Wenn eine Linie zwischen einem Aktuator und zwei oder mehr Ventilen gezeichnet ist, bedeutet dies im Allgemeinen, dass, wenn der Aktuator aktiviert wird, alle Ventile während eines ausgewählten Arbeitszyklus betätigt werden müssen; wenn der Aktuator während eines Arbeitszyklus alternativ nicht aktiviert wird, müssen alle Ventile während des Arbeitszyklus deaktiviert werden. Wenn eine Linie zwischen einem Aktuator und einem speziellen Ventil nicht gezeichnet ist, bedeutet dies, dass der Aktuator dieses spezielle Ventil nicht steuert. Die vorstehend erwähnte Betätigung kann unter Verwendung irgendeiner geeigneten Technologie oder irgendeines geeigneten Mechanismus durchgeführt werden, wie z. B. durch die Verwendung einer Nockenwellenanordnung mit einem oder mehreren Nocken und/oder Nockenwellen.

**[0032]** Es kann eine Vielfalt von verschiedenen Ventilsteueranordnungen geben. In **Fig. 2** liegen beispielsweise das Einlassventil **120a** und Auslassventil **122a** auf einer Seite der Arbeitskammer **102** (d. h. auf einer Seite der Symmetrielinie **105**). Das Einlassventil **120b** und das Auslassventil **122b** liegen auf der anderen Seite der Arbeitskammer **102** (d. h. auf der anderen Seite der Linie **105**). Der Aktuator **116a** steuert die Ventile auf

einer Seite der Arbeitskammer **102** (d. h. das Einlassventil **120a** und das Auslassventil **122a**) und ein anderer Aktuator (Aktuator **116b**) steuert die Ventile auf der anderen Seite der Arbeitskammer (d. h. das Einlassventil **120b** und Auslassventil **122b**).

**[0033]** **Fig. 3** stellt eine etwas andere Anordnung dar. In diesem Beispiel steuert jeder Aktuator **116a/116b** ein Einlassventil auf einer Seite der Arbeitskammer und das Auslassventil auf der anderen Seite der Arbeitskammer. Das heißt, der Aktuator **116a** steuert das Einlassventil **120a** und Auslassventil **122b**, während der Aktuator **116b** das Einlassventil **120b** und Auslassventil **122a** steuert.

**[0034]** Die obigen Anordnungen können zu verschiedenen Strömungen im Inneren der Arbeitskammer **102** führen. Wenn beispielsweise ein Aktuator ein Einlassventil und Auslassventil auf derselben Seite der Arbeitskammer (z. B. wie in **Fig. 2**) steuert, strömt Luft, die vom Einlassventil zum Auslassventil strömt, gewöhnlich nicht durch die Mitte oder eine Mittelachse **106** der Arbeitskammer. Wenn der Aktuator ein Einlassventil und ein Auslassventil auf verschiedenen Seiten der Arbeitskammer (z. B. wie bei **Fig. 3**) steuert, strömt Luft, die zwischen dem Einlass- und dem Auslassventil strömt, gewöhnlich durch die Mitte oder Mittelachse der Arbeitskammer. Dies kann verschiedene Effekte auf das Wirbeln oder die Rotation von Luft und Gasen in der Kammer haben. Verschiedene Steuerschemen und Anordnungen für Aktuatoren und Ventile können helfen, ein gewünschtes Ausmaß an Wirbeln in der Kammer zu erreichen. Im Allgemeinen ist ein mäßiges Ausmaß an Wirbeln erwünscht. Wenn zu viel Wirbeln besteht, kann zu viel Konvektion von Wärme zu den Wänden der Arbeitskammer bestehen. Wenn zu wenig Wirbeln besteht, kann die Verbrennungsrate in der Arbeitskammer zu niedrig sein.

**[0035]** Andere Ventilsteueranordnungen sind auch möglich. In **Fig. 4** steuert beispielsweise der Aktuator **116a** ein Einlassventil **120a** auf einer Seite der Arbeitskammer **102** und beide Auslassventile **122a/122b** auf der anderen Seite der Arbeitskammer. Der andere Aktuator **116b** steuert das restliche Einlassventil (Einlassventil **120b**). Sobald der Aktuator **116b** aktiviert wird, um das Einlassventil **120b** während eines ausgewählten Arbeitszyklus zu öffnen und ein Auslassereignis erwünscht ist, muss der Aktuator **116a** folglich auch aktiviert werden. Anders ausgedrückt, sobald ein Auslassereignis für einen ausgewählten Arbeitszyklus gewünscht ist, muss der Aktuator **116a** aktiviert werden und das Einlassventil **120a** und beide Auslassventile **122a** und **122b** werden während des Arbeitszyklus geöffnet. Das Öffnen beider Auslassventile kann helfen, das Abblasen, d. h. das Entlüften von Abgasen von der Arbeitskammer, zu verbessern, direkt bevor der Kolben den oberen Totpunkt erreicht (d. h. vor dem Beginn des Einlasshubs) .

**[0036]** **Fig. 5** stellt ein anderes Ventilsteuersystem dar. In diesem Beispiel steuert ein Aktuator **116a** ein Einlassventil **120a** auf einer Seite der Arbeitskammer **102** und beide Auslassventile **122a** und **122b**. Der andere Aktuator **116b** weist eine ähnliche Funktionalität auf, d. h. er steuert das Einlassventil **120b** auf der anderen Seite der Arbeitskammer und beide Auslassventile **122a** und **122b** ebenso. Diese Anordnung bewirkt auch, dass beide Auslassventile **122a/122b** während eines ausgewählten Arbeitszyklus betätigt werden, in dem ein Auslassereignis gewünscht ist, und/oder sobald eines der Einlassventile **120a/120b** während eines ausgewählten Arbeitszyklus betätigt wird. Die Auslassventile **122a** und **122b** werden aktiviert, wenn ein Aktuator **116a** oder **116b** aktiviert wird. Im Gegensatz zu **Fig. 4** kann jedoch, wenn ein Verbrennungseignis erwünscht ist, das Einlassventil **120b** während eines ausgewählten Arbeitszyklus geöffnet werden, ohne das Öffnen des Einlassventils **120a** zu erfordern.

**[0037]** Obwohl die obigen Beispiele eine Arbeitskammer mit zwei Einlassventilen und zwei Auslassventilen beinhalten, ist dies keine Anforderung und die Arbeitskammer kann irgendeine geeignete Anzahl von Einlass- oder Auslassventilen umfassen. Als Beispiel stellt **Fig. 6** eine Arbeitskammer **102** mit zwei Einlassventilen **120a/120b** und einem einzelnen Auslassventil **122a** dar. Der Aktuator **116a** steuert das Einlassventil **120a** auf einer Seite der Arbeitskammer und das Auslassventil **122a**. Der Aktuator **116b** steuert das Einlassventil **120b** auf der anderen Seite der Arbeitskammer **102** und das Auslassventil **116b**. Während eines ausgewählten Arbeitszyklus wird folglich, ungeachtet dessen, welches Einlassventil geöffnet wird, das Auslassventil **122a** geöffnet, wenn ein Auslassereignis gewünscht ist.

**[0038]** **Fig. 7** beschreibt ein anderes Steuerschema, das auch eine Arbeitskammer **102** mit zwei Einlassventilen **120a/120b** und einem einzelnen Auslassventil **122a** beinhaltet. In diesem Beispielschema steuert ein Aktuator **116a** das Einlassventil **120a** auf einer Seite der Arbeitskammer **102** und das Auslassventil **122a**. Der Aktuator **116b** steuert nur das Einlassventil **120b** auf der anderen Seite der Arbeitskammer. Im Gegensatz zu dem in **Fig. 6** dargestellten Steuersystem steuert der Aktuator **116b** nicht das Auslassventil **122a** ebenso. Wenn ein Auslassereignis während eines ausgewählten Arbeitszyklus gewünscht ist, muss folglich der Aktuator **116a** aktiviert werden und das Einlassventil **120a** muss geöffnet werden. Das heißt, während eines ausgewählten

Arbeitszyklus, in dem Verbrennungs- und Auslassereignisse in der Arbeitskammer **102** stattfinden, ist das Einlassventil **120b** nicht das einzige Einlassventil, das betätigt wird, sondern wird vielmehr immer zusammen mit dem Einlassventil **120a** betätigt. Das Einlassventil **120a** und Auslassventil **122a** können jedoch während eines ausgewählten Arbeitszyklus geöffnet werden, während das Einlassventil **120b** deaktiviert bleibt.

**[0039]** Fig. 8 und Fig. 9 beschreiben einen anderen Typ von Steuerschema, das einen Aktuator beinhaltet, der die Dauer und Zeitsteuerung der Öffnung eines Einlassventils verändern kann. Anders ausgedrückt, in einigen der obigen Beispiele ist ein Aktuator zu nur zwei Zuständen in der Lage - Deaktivieren eines entsprechenden Einlassventils oder Aktivieren eines entsprechenden Einlassventils. Wenn das Einlassventil betätigt wird, dann ist die Zeitsteuerung und Dauer der Öffnung des Einlassventils für einen ausgewählten Arbeitszyklus fest. In anderen Ausführungsformen ist jedoch der Aktuator zu einer zusätzlichen Funktionalität in der Lage. Das heißt, der Aktuator ist zu folgenden mehreren Nockenprofilen oder Ventilhubereinstellungen in der Lage, von denen jede verschiedene Ventilzeitsteuereigenschaften aufweist.

**[0040]** Ein Beispiel dieser Methode ist in Fig. 8 und Fig. 9 gezeigt. Fig. 8 und Fig. 9 betreffen eine Arbeitskammer **102** mit einem einzelnen Einlassventil **120a**, Auslassventil **122a** und Aktuator **116a** (Fig. 9). Wie in Fig. 9 zu sehen, steuert der Aktuator **116a** alle Ventile in der Arbeitskammer **102**. Um die Ausgabe der Arbeitskammer zu verändern, ist der Aktuator **116a** angeordnet, um selektiv den Ventilhub des Einlassventils **120a** auf der Basis einer Ventilhubereinstellungsfestlegung oder eines Nockenprofils einzustellen.

**[0041]** Fig. 8 ist ein Graph **800**, der einen Ventilhub als Funktion der Zeit angibt. Zwei Ventilhubereinstellungsfestlegungen sind durch Kurven **802** und **804** dargestellt. Der Aktuator **116a** ist angeordnet, um das Einlassventil **120a** auf der Basis von einer der Ventilhubereinstellungsfestlegungen zu betreiben. In verschiedenen Ausführungsformen kann der Aktuator **116a** zwischen Festlegungen auf einer Basis von Arbeitszyklus zu Arbeitszyklus umstellen. Der Graph **800** gibt an, wie die Dauer und das Ausmaß der Öffnung des Einlassventils **120a** von einer Festlegung zur nächsten variieren. Das heißt, für die durch die Kurve **804** dargestellte Festlegung ist das maximale Ausmaß des Ventilhubs und das Ausmaß der Zeit, die das Einlassventil **120a** während eines ausgewählten Arbeitszyklus offen ist, größer als bei der durch den Graphen **802** dargestellten Festlegung. Verschiedene Festlegungen verursachen folglich, dass verschiedene Mengen an Luft zur Arbeitskammer **102** zugeführt werden, was zu verschiedenen Niveaus von Drehmomentausgabe aus der Arbeitskammer **102** führt. Die Implementierung von verschiedenen Ventilhubereinstellungsfestlegungen kann unter Verwendung irgendeiner geeigneten Technologie oder irgendeines geeigneten Ventileinstellmechanismus durchgeführt werden.

**[0042]** Wie vorstehend angegeben, können einige der obigen Ventilsteuersysteme verwendet werden, um zu helfen, die Rotation und/oder das Wirbeln von Gasen innerhalb der Arbeitskammer zu steuern. Die Steuerung der Gasströmung innerhalb der Arbeitskammer kann ferner mit speziellen Einlassdurchgangskonstruktionen verbessert werden. Verschiedene Beispiele solcher Konstruktionen sind in Fig. 10 und Fig. 11 dargestellt.

**[0043]** Für den Zweck des Vergleichs ist Fig. 10 eine Draufsicht einer Arbeitskammer **1002** und von zugehörigen Einlassdurchgängen **1006a/1006b** mit einer herkömmlichen Konstruktion. Die zwei Einlassdurchgänge **1006a/1006b** verbinden jeweils die zwei Einlassventile der Arbeitskammer **102** mit einem Einlasskrümmer **1014**. In diesem Beispiel sind die separaten Einlassdurchgänge **1006a/1006b** durch die Unterteilung eines einzelnen Einlassdurchgangs **1004** durch eine geteilte Durchgangswand **1112** gebildet. Es sollte beachtet werden, dass die Mittelachse jedes Einlassdurchgangs (Achsen **1008a** und **1008b**) nicht eine Mittelachse **1010** der Arbeitskammer schneidet. (Die Mittelachse **1010** kann als Linie verstanden werden, die aus der Seite aufsteigt.)

**[0044]** Fig. 11 stellt eine andere Einlassdurchgangskonstruktion gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung dar. In Fig. 11 koppeln zwei Einlassdurchgänge **1106a/1106b** den Einlasskrümmer **1114** mit der Arbeitskammer **1102** und sind jeweils mit einem separaten Einlassventil an der Arbeitskammer **1102** gekoppelt. Die Einlassdurchgänge **1106a/1106b** sind gespreizt, d. h. sie erstrecken sich nicht parallel zueinander und verbinden mit der Arbeitskammer **1102** in einem Winkel. In der dargestellten Ausführungsform teilt sich der Einlassdurchgang **1106b** für eine Arbeitskammer **1102** einen Luftströmungsweg mit einem Einlassdurchgang **1122** für eine benachbarte Arbeitskammer **1120**, obwohl in anderen Ausführungsformen die Einlassdurchgänge für benachbarte Arbeitskammern vollständig separat sind.

**[0045]** Der Winkel, in dem jeder Einlassdurchgang **1106a/1106b** mit der Arbeitskammer **1102** verbindet, bewirkt, dass die Mittelachse **1108a/1108b** jedes Einlassdurchgangs **1106a/1106b** (im Wesentlichen) eine Mittelachse **1110** der Arbeitskammer **1102** schneidet. Aufgrund dieser Konstruktion wird Luft, die unter Verwendung der Einlassdurchgänge **1106a/1106b** zugeführt wird, direkt zur Mitte der Arbeitskammer zugeführt, wodurch möglicherweise das Ausmaß an Wirbeln oder Mischen relativ zur Anordnung in Fig. 10 verringert wird. Solche

Anordnungen wahlweise in Kombination mit den in **Fig. 1-7** dargestellten Ventilsystemen können helfen, die Steuerung der Bewegung von Gasen in der Arbeitskammer **1102** zu verbessern.

**[0046]** Eine zusätzliche Einstellung kann an der Konstruktion der Arbeitskammer durchgeführt werden, um die Zufuhr von Luft in die Arbeitskammer und/oder die Strömung von Gasen in der Arbeitskammer weiter zu steuern. In einigen Ausführungsformen weisen beispielsweise die Einlassventile einer Arbeitskammer (z. B. Einlassventile **120a/120b** von **Fig. 1A** und **Fig. 1B**) verschiedene Größen und/oder Durchmesser auf. Das heißt, ihre Form, Größe oder Konstruktion bewirkt, dass die Luftdurchflussrate durch die Ventile unterschiedlich ist. Die asymmetrische Zufuhr von Luft in die Arbeitskammer kann helfen, einen Wirbel in der Arbeitskammer zu induzieren, was unter einigen Umständen erwünscht sein kann.

**[0047]** Wenn die Einlassventile einer Arbeitskammer unabhängig gesteuert werden (z. B. wie in **Fig. 1-7** beschrieben), können sie auch verschiedenen Ventilhubprofilen folgen und/oder verschiedene Öffnungs-/Schließ-Zeiten aufweisen. Diese Profile und Ventil-Öffnungs-/Schließ-Zeiten können frei kombiniert werden, wie gewünscht, konsistent mit den verfügbaren Ventilsteuermechanismen. Als Beispiel kann ein Einlassventil betätigt werden, um ein Hubprofil zu implementieren, wobei das Ventil für den ganzen Einlasshub offen ist und bald nach dem BDC geschlossen wird. Dieses Hubprofil ermöglicht die Ansaugung einer maximalen Luftladung und kann als normales Zeitsteuer- und Hubprofil bezeichnet werden. Das andere Einlassventil wird betätigt, um ein Profil mit frühem Einlassventilschließen (EIVC) oder spätem Einlassventilschließen (LIVC) zu implementieren. Sowohl die EIVC- und LIVC-Profile als auch deren Zeitsteuerung führen zu verringerter Luftansaugung im Vergleich zu einem normalen Hubprofil. Die Verwendung eines normalen Zeitsteuer- und Hubprofils führt zu einer Kraftmaschine, die in einem Otto-Zyklus arbeitet, d. h. wobei die Ventilzeitsteuerung zu einer im Wesentlichen maximalen Luftladung führt. Die Verwendung von EIVC- oder LIVC-Ventilzeitsteuerung führt zu weniger Luftladung und folglich einem geringeren effektiven Kompressionsverhältnis. Dies wird häufig als Betrieb einer Kraftmaschine unter Verwendung eines Atkinson- oder Miller-Zyklus bezeichnet. Die Verwendung von verschiedenen Hubprofilen und Zeitsteuerung kann helfen, eine zusätzliche Steuerung über die Arbeitskammerausgabe, die Vibration, das Geräusch und die Kraftstoffeffizienz zu schaffen.

**[0048]** Ein spezielles Schema, das die Verwendung eines speziellen Hubprofils und/oder einer speziellen Ventilzeitsteuerung für ein oder mehrere Einlassventile beinhaltet, um ein spezielles Niveau an Drehmoment zu erzeugen, wird hier als Ventilsteuerschema bezeichnet. Folglich können verschiedene Ventilsteuerschemen zum Erzeugen von verschiedenen (z. B. niedrigen, mäßigen und/oder hohen) Niveaus an Drehmoment von einer gezündeten Arbeitskammer jeweils vorhanden sein. Jedes Ventilsteuerschema beinhaltet das unabhängige Steuern jedes Einlassventils in jeder Arbeitskammer derart, dass jedes Einlassventil unter Verwendung eines speziellen Hubprofils und/oder Zeitsteuerzyklus betrieben wird (Z. B. Otto, Atkinson, usw.). Ein spezielles Ventilsteuerschema kann bewirken, dass mehrere Einlassventile einer Arbeitskammer unter Verwendung derselben oder verschiedener Hubprofile und/oder Zeitsteuerzyklen betrieben werden.

**[0049]** Mit Bezug auf **Fig. 12A-12E** werden nun einige der Unterschiede zwischen solchen Ventilsteuersystemen und herkömmlichen Ventilsteuersystemen beschrieben. Für Vergleichszwecke stellt **Fig. 12A** verschiedene Betriebsstufen einer Arbeitskammer während des Einlass- und Kompressionshubs eines Beispiel-Otto-Zyklus dar, der derzeit in vielen Kraftfahrzeug-Kraftmaschinen verwendet wird. Die Arbeitskammer umfasst zwei Einlassventile (Einlassventile **1202a** und **1202b**), die beide in derselben Weise auf der Basis eines normalen Zeitsteuer- und Hubprofils betrieben werden, das dazu führt, dass die Kraftmaschine mit einem Otto-Zyklus arbeitet.

**[0050]** Während des Einlasshubs werden beide Ventile **1202a/1202b** geöffnet. Der Kolben **1206** bewegt sich vom oberen Totpunkt (TDC) zum unteren Totpunkt (BDC). Ungefähr 40°, bevor der Kolben **1206** den BDC erreicht, erreicht der Ventilhub seinen maximalen Punkt. Sobald der Kolben **1206** den BDC erreicht, beginnt der Kompressionshub. Der Kolben bewegt sich dann zurück in Richtung des oberen Totpunkts (TDC). Ungefähr 40° nach dem BDC werden die Einlassventile geschlossen.

**[0051]** In einem Atkinson-Zyklus können die Einlassventile früher oder später geschlossen werden. Das erste wird als frühes Einlassventilschließen (EIVC) bezeichnet. Ein Beispiel des EIVC-Ventilbetriebs ist in **Fig. 12B** dargestellt. In **Fig. 12B** werden beide Einlassventile **1202a/1202b** gemäß einem EIVC-Atkinson-Zyklus betrieben. Die Einlassventile **1202a/1202b** werden geschlossen, bis der der Kolben **1206** den BDC am Ende des Einlasshubs erreicht. Dies ist viel früher als im Otto-Zyklus, der in **Fig. 12A** dargestellt ist, in dem die Einlassventile 40° danach geschlossen wurden. Im Vergleich zu einem Otto-Zyklus werden folglich die Einlassventile früh geschlossen und für eine kürzere Zeitdauer offen gehalten, was zu weniger Luft in der Arbeitskammer und weniger Drehmomentausgabe führt.

**[0052]** Fig. 12C stellt einen alternativen Atkinson-Zyklus dar, in dem beide Einlassventile relativ zu einem Standard-Otto-Zyklus spät geschlossen werden. Diese Methode wird als spätes Einlassventilschließen (LIVC) bezeichnet. Ein Beispiel-LIVC-Ventilsteuersystem ist in Fig. 12C dargestellt. Wie in der Figur gezeigt, werden die Einlassventile **1202a/1202b** ungefähr  $90^\circ$  nach dem BDC in der Mitte des Kompressionshubs geschlossen. Dagegen werden im Beispiel-Otto-Zyklus die Einlassventile ungefähr  $40^\circ$  nach dem BDC geschlossen. Dies führt zu einer relativ geringeren Menge an Luft, die zur Arbeitskammer zugeführt wird, da mehr der Luft, die während der Einlassphase in die Arbeitskammer zugeführt wird, aus der Arbeitskammer während des Kompressionshubs ausgeschoben wird.

**[0053]** Da die Luftzufuhr vom Einlasskrümmer zur Arbeitskammer in einem Atkinson-Zyklus relativ zu einem Otto-Zyklus verringert wird, ist die Drehmomentausgabe, die durch die Zündung der Arbeitskammer erzeugt wird, geringer. Der Atkinson-Zyklus ist jedoch im Allgemeinen kraftstoffeffizienter als der Otto-Zyklus, da ein größerer Anteil der Verbrennungsenergie in ein Nutzdrehmoment umgesetzt werden kann. Das Betreiben einer Arbeitskammer mit dem Atkinson-Zyklus kann dazu führen, dass die Arbeitskammer bei oder nahe ihrem minimalen BSFC-Betriebspunkt arbeitet.

**[0054]** In den obigen Beispielen, die in Fig. 12A-12C dargestellt sind, werden beide Einlassventile zu den gleichen Zeiten auf der Basis desselben Zyklus aktiviert. Fig. 12D-12E zeigen Implementierungen in Erwägung, in denen unabhängig gesteuerte Einlassventile sich auf der Basis von verschiedenen Zyklen öffnen und schließen. Die in diesen Ausführungsformen beschriebenen Einlassventile können unter Verwendung irgendeiner der vorstehend erwähnten Techniken (z. B. jenen, die in Verbindung mit Fig. 1A, Fig. 1B und Fig. 2-11 beschrieben sind) gesteuert oder betätigt werden.

**[0055]** In Fig. 12D wird das Einlassventil **1202b** unter Verwendung eines EIVC-Atkinson-Zyklus betrieben. Das Einlassventil **1202a** wird unter Verwendung eines Otto-Zyklus betrieben. Wie in der Figur gezeigt, schließt sich folglich das Einlassventil **1202a** ungefähr  $40^\circ$  nach dem BDC, während sich der Kolben **1206** früh in einem Kompressionshub befindet. Das Einlassventil **1202b** schließt sich jedoch früher, d. h. um das Ende des Einlasshubs, wenn sich der Kolben am BDC befindet.

**[0056]** Fig. 12E stellt ein System dar, in dem das Einlassventil **1202a** unter Verwendung eines Otto-Zyklus betrieben wird und das Einlassventil **1202b** unter Verwendung eines LIVC-Atkinson-Zyklus betrieben wird. Das Einlassventil **1202b** schließt sich folglich später als das Einlassventil **1202a**, d. h. ungefähr  $90^\circ$  nach dem BDC während des Kompressionshubs, anstatt um  $40^\circ$  nach dem BDC.

**[0057]** Der Betrieb der Einlassventile unter Verwendung von verschiedenen Zyklen bietet eine Vielfalt von potentiellen Vorteilen. Zum Einen schafft er ein anderes Mittel zum Steuern der Strömung innerhalb der Arbeitskammer. Als Beispiel in Fig. 12D tritt Luft in die Arbeitskammer **1206** asymmetrisch ein. Das heißt, mehr Luft kommt durch ein Einlassventil (Einlassventil **1202a**) für eine längere Zeitdauer als das andere während der Einlassphase herein. Dies kann erwünschte Auswirkungen auf die Gasbewegung in der Arbeitskammer haben, z. B. kann es ein erhöhtes Wirbeln verursachen. In Fig. 12E wird während des Kompressionshubs mehr Luft aus einem Einlassventil (z. B. Einlassventil **1202b**) für eine längere Zeitdauer als dem anderen geschoben. Diese asymmetrische Luftströmung kann vorteilhafterweise die Verbrennungsladungsbewegung, d. h. Wirbeln und Rotation, erhöhen, was die Verbrennungseigenschaften verbessert.

**[0058]** Bei einigen Methoden sind die Einlassventile versetzt, d. h. sie werden relativ zueinander phasengesteuert. Ein Beispiel dieser Methode ist in Fig. 12F dargestellt. Die Einlassventile **1202a** und **1202b** werden auf der Basis desselben Otto-Zyklus betrieben, aber die Öffnungs- und Schließzeiten sind versetzt. Das heißt, das Einlassventil **1202a** öffnet sich früher und schließt sich früher als das Einlassventil **1202b**. Dieses System funktioniert etwas ähnlich zum in Fig. 12E dargestellten System. Luft tritt aus der Arbeitskammer in einer asymmetrischen Weise aus, was sich auf den Wirbel in der Arbeitskammer auswirken kann. Das Ausmaß an Versatz kann in Abhängigkeit von den Bedürfnissen einer speziellen Anwendung umfangreich variieren.

**[0059]** Ein zusätzlicher Vorteil von unabhängig arbeitenden Einlassventilen für eine Arbeitskammer unter Verwendung von verschiedenen Zyklen besteht darin, dass es einen hohen Grad an Steuerung über die Drehmomentausgabe der Arbeitskammer in Abhängigkeit davon bieten kann, wie die Ventile betrieben werden. Mit Bezug als nächstes auf Fig. 13A und Fig. 13B werden verschiedene Beispiel-Ventilsteuerschemen beschrieben. Das heißt, die in Fig. 13A und Fig. 13B dargestellten Schaubilder geben an, wie Einlassventile in verschiedenen Weisen betrieben werden können, um verschiedene Niveaus an Drehmoment zu erzeugen. In einigen Ausführungsformen verwenden die in Fig. 13A und Fig. 13B dargestellten Ventilsteuerschemen die in Fig. 12D bzw. Fig. 12E dargestellten Systeme.

**[0060]** Fig. 13A beschreibt ein Arbeitskammer-Ventilsteuersystem, in dem zwei Einlassventile vorhanden sind, die unabhängig gesteuert werden, z. B. durch unterschiedliche Aktuatoren oder Nocken. Das Ventilsteuersystem kann irgendein Merkmal der in Verbindung mit Fig. 2-7 und/oder 12D beschriebenen Systeme aufweisen. Während eines ausgewählten Arbeitszyklus kann das Einlassventil **1202a** unter Verwendung eines Otto-Zyklus deaktiviert oder betätigt werden (nachstehend als „normales Ventil“ bezeichnet). Während des ausgewählten Arbeitszyklus kann das Einlassventil **1202b** auch unter Verwendung eines Atkinson-Zyklus (EIVC-Zyklus) deaktiviert oder betätigt werden (nachstehend als „EIVC-Ventil“ bezeichnet). Vier verschiedene Ventilsteuersysteme sind somit für das normale und das EIVC-Ventil möglich, die vier verschiedene Ergebnisse **1302/1304/1306/1308** erzeugen, die im Schaubild **1300** von Fig. 13A gezeigt sind.

**[0061]** In den Ergebnissen **1302**, **1304** und **1306** wird die Arbeitskammer während eines ausgewählten Arbeitszyklus gezündet und das Niveau an Drehmomentausgabe, die durch die Zündung erzeugt wird, hängt vom Ventilsteuerschema ab. Das Ergebnis **1302** im Schaubild gibt an, dass die höchste Arbeitskammer-Drehmomentausgabe erreicht werden kann, wenn beide Einlassventile betätigt werden. Dies bewirkt auch ein mäßiges Ausmaß an Wirbeln. Das nächsthöchste Niveau an Arbeitskammerausgabe kann erzeugt werden, wenn das EIVC-Ventil deaktiviert wird und das normale Ventil betätigt wird (Ergebnis **1306**). Das nächsthöchste Niveau an Arbeitskammerausgabe (d. h. niedrigere Ausgabe als mit den Ergebnissen **1302** und **1306**) wird erzeugt, wenn das EIVC-Ventil aktiviert wird und das normale Ventil deaktiviert wird (Ergebnis **1304**). Dies liegt daran, dass der EIVC-Betrieb die Menge an Luft begrenzt, die zur Arbeitskammer geliefert wird. In beiden Ergebnissen **1304** und **1306** kann ein höheres Ausmaß an Wirbeln erzeugt werden (d. h. höher als im Ergebnis **1302**), da die Aktivierung nur eines Ventils die Strömung und Mischung von Gasen in der Arbeitskammer fördert. Außerdem können beide Einlassventile deaktiviert werden, was bedeutet, dass die Verbrennung während eines ausgewählten Arbeitszyklus nicht stattfindet und keine Drehmomentausgabe erzeugt wird, wie durch das Ergebnis **1308** im Schaubild von Fig. 13A angegeben.

**[0062]** Fig. 13B umfasst ein ähnlich strukturiertes Schaubild **1350**, obwohl in dieser Figur das Einlassventil **1202b** deaktiviert oder unter Verwendung eines Atkinson-Zyklus (LIVC-Zyklus) betrieben werden kann (nachstehend als LIVC-Ventil bezeichnet). Das Ventil **1202a** kann deaktiviert oder auf der Basis eines Otto-Zyklus betrieben werden (nachstehend als normales Ventil bezeichnet). Folglich sind wieder vier verschiedene Ventilsteuerschemen für einen ausgewählten Arbeitszyklus möglich: 1) LIVC-Ventil betätigt, normales Ventil betätigt, Verbrennungsereignis findet statt; 2) LIVC-Ventil deaktiviert, normales Ventil betätigt, Verbrennungsereignis findet statt; 3) LIVC-Ventil betätigt, normales Ventil deaktiviert, Verbrennungsereignis findet statt; 4) LIVC-Ventil deaktiviert, normales Ventil deaktiviert, Verbrennungsereignis findet nicht statt. Die Ergebnisse jedes Ventilsteuerschemas sind in Fig. 13B gezeigt. Das Ventilsteuersystem, das verwendet wird, um irgendeines der Ventilsteuerschemen von Fig. 13B zu implementieren, kann irgendein Merkmal der in Verbindung mit Fig. 2-7 und/oder 12E beschriebenen Systeme aufweisen.

**[0063]** Die Ergebnisse im dargestellten Schaubild **1350** sind von jenen im Schaubild **1300** von Fig. 13A ziemlich verschieden. Insbesondere wird die höchste Arbeitskammer-Drehmomentausgabe erreicht, wenn das normale Ventil betätigt wird und das LIVC-Ventil deaktiviert wird (Ergebnis **1356**). Ein niedrigeres, mäßiges Niveau an Arbeitskammerausgabe wird erreicht, wenn beide Ventile betätigt werden (Ergebnis **1352**). Dies liegt daran, dass, wenn beide Ventile betätigt werden, einiges der Luft, die durch die zwei Ventile zugeführt wird, aus der Arbeitskammer ausgeschoben wird, aufgrund des späten Schließens des LIVC-Ventils während eines Kompressionshubs. Ein niedriges Niveau an Arbeitskammerausgabe (d. h. geringer als im Ergebnis **1352**) wird auch erreicht, wenn das normale Ventil deaktiviert wird und das LIVC-Ventil aktiviert wird (Ergebnis **1354**). Im Ergebnis **1358** werden beide Einlassventile deaktiviert und keine Drehmomentausgabe wird erzeugt.

**[0064]** Wie vorher erörtert, beinhalten die Ergebnisse **1354** und **1356** höhere Ausmaße an Wirbeln als bei dem Ergebnis **1352** aufgrund der asymmetrischen Zufuhr von Luft zur Arbeitskammer. Außerdem können sowohl das LIVC-Ventil als auch das normale Ventil auch deaktiviert werden (Ergebnis **1358**), d. h. der Arbeitszyklus wird ausgelassen.

**[0065]** Die in Fig. 13A und Fig. 13B dargestellten Schaubilder geben an, dass die Verwendung von unabhängig gesteuerten Einlassventilen und verschiedenen Zyklen für verschiedene Ventile eine erhöhte Flexibilität im Betrieb der Arbeitskammer ermöglicht. Das heißt, die Arbeitskammer ist in der Lage, drei oder vier verschiedene Niveaus an Drehmomentausgabe zu implementieren. Außerdem kann die Arbeitskammer selektiv den Atkinson-Zyklus an einem einzelnen Ventil verwenden, um niedrigere Niveaus an Drehmomentausgabe in einer kraftstoffeffizienteren Weise im Vergleich zu einigen anderen Techniken (z. B. Senken der Drehmomentausgabe durch Einstellen des Zündfunkenzeitpunkts, der Drosselklappe usw.) zu erzeugen.

**[0066]** Es sollte erkannt werden, dass nicht alle der Arbeitskammern in der Kraftmaschine dasselbe Ventilsteuersystem aufweisen müssen. Stattdessen kann die Arbeitskammer in zwei oder mehr verschiedene Sätze unterteilt sein, von denen jeder verschiedene Fähigkeiten aufweist. Als Beispiel können eine oder mehrere Arbeitskammern zu nur zwei Modi (d. h. Deaktivierung oder Zündung, während alle Einlassventile betätigt werden) oder nur einem Modus (d. h. Zünden während jedes Kraftmaschinenzyklus, ohne ausgelassen zu werden) in der Lage sein. Andere Arbeitskammern können jedoch unabhängig gesteuerte Einlassventile aufweisen, wie vorstehend in Verbindung mit **Fig. 1-13** beschrieben. Solche gemischten Sätze von Arbeitskammern ermöglichen immer noch eine größere Flexibilität und Steuerung relativ zu einer herkömmlichen Kraftmaschine, aber helfen auch, die Hardwarekosten und Komplexität relativ zu einer Kraftmaschine zu verringern, in der jede Arbeitskammer zu einer Mehrniveau-Drehmomentausgabe in der Lage ist.

**[0067]** Eine Vielfalt von verschiedenen Beispiel-ArbeitskammerAnordnungen wird in **Fig. 14A-14H** beschrieben. Jede der Figuren umfasst ein Schaubild mit mehreren Zellen und Indizes für ein Leistungsniveau und eine Zylinder Nummer. Jedes Schaubild gibt die verschiedenen Leistungsniveaus (d. h. Drehmomentausgabestufen), zu denen jeder Zylinder (mit den Nummern **1-4** bezeichnet) in der Lage ist, in einer Beispiel-Vier-Zylinder-Kraftmaschine an. Das heißt, wenn ein Zylinder eine Zelle aufweist, die einem ausgefüllten Leistungsniveau **1** zugeordnet ist, bedeutet dies, dass der Zylinder gezündet werden kann, um eine hohe Drehmomentausgabe zu erzeugen (z. B. CTF = 1,0 oder 100 % einer maximalen zulässigen Ausgabe). Wenn ein Zylinder eine Zelle aufweist, die einem ausgefüllten Leistungsniveau **2** zugeordnet ist, bedeutet dies, dass der Zylinder gezündet werden kann, um eine niedrige oder teilweise Drehmomentausgabe zu erzeugen (z. B. CTF = 0,7 oder 70 % einer maximalen zulässigen Ausgabe). Wenn ein Zylinder eine ausgefüllte Zelle aufweist, die einem Leistungsniveau **3** zugeordnet ist, bedeutet dies, dass der Zylinder deaktiviert werden kann (wobei folglich keine Drehmomentausgabe für einen ausgewählten Arbeitszyklus erzeugt wird).

**[0068]** In der dargestellten Ausführungsform sind nur drei Leistungsniveaus verfügbar, in anderen Ausführungsformen können jedoch mindestens einige der Zylinder zum Erzeugen von mehr als drei Leistungsniveaus in der Lage sein, wie z. B. in **Fig. 13A-13B** gezeigt. Jedes Schaubild in **Fig. 14A-14H** gibt eine unterschiedliche Anordnung und Kombination von Arbeitskammern/Ventilsystemen mit verschiedenen Fähigkeiten an. Die in den Schaubildern beschriebenen Zylinder sind angeordnet, um die verschiedenen Leistungsniveaus unter Verwendung von irgendeinem der Ventilsteuersysteme, Operationen und Merkmale zu erzeugen, die in dieser Anmeldung beschrieben sind (z. B. wie in Verbindung mit **Fig. 1-13** erörtert).

**[0069]** Jedes Schaubild ist auch einem Kraftstoffeffizienzwert zugeordnet. Jeder Kraftstoffeffizienzwert basiert auf Simulationen, die von den Erfindern durchgeführt wurden. Der Wert gibt einen abgeschätzten Kraftstoffeffizienzgewinn an, den die Konfiguration relativ zu einer herkömmlichen Vier-Zylinder-Kraftmaschine (z. B. eine ohne irgendeine Kapazität, um Zylinder zu deaktivieren) hatte. Es sollte erkannt werden, dass die Kraftstoffeffizienzwerte, die jedem der Schaubilder in **Fig. 14A-14H** zugeordnet sind, vorläufig, auf der Basis von experimentellen Simulationen sind und für verschiedene Kraftmaschinenkonstruktionen und Anwendungen variieren können.

**[0070]** Für Vergleichszwecke ist **Fig. 14A** ein Schaubild, das eine Zylinderkonfiguration angibt, in der alle Zylinder zu nur zwei Leistungsniveaus in der Lage sind, d. h. jeder Zylinder kann ausgelassen oder gezündet werden, um ein einzelnes Niveau an Drehmomentausgabe zu erzeugen. Eine solche Konfiguration kann in einem Zündauslass-Kraftmaschinensteuersystem verwendet werden. In dieser Konstruktion werden beide Einlassventile während irgendeiner Zündung betätigt. Die Luftladung, die einer Zündung zugeordnet ist, kann durch einen Nockenphasensteller, der die Ventilöffnungs- und Ventilschließzeiten steuert, und eine Sauerstoffkonzentration, die den MAP für alle Zylinder steuert, eingestellt werden. Im Allgemeinen ermöglichen diese Steuersysteme keine große, schnelle Einstellung in der Ausgabe einer isolierten Arbeitskammer. Obwohl die Ausgabe einer Arbeitskammer durch Verzögern des Zündfunkenzeitpunkts verringert werden kann, ist es häufig erwünscht, dieses Steuerverfahren zu vermeiden, da es kraftstoffineffizient ist. Die in **Fig. 14A** gezeigte Zylinderkonfiguration ist mäßig kraftstoffeffizient, da die Zündung unter solchen Bedingungen hilft, Pumpverluste in der Arbeitskammer zu verringern, und in einigen Fällen Zylinder nahe der optimalen Kraftstoffeffizienz gezündet werden können.

**[0071]** **Fig. 14B** stellt eine Konfiguration für eine herkömmliche Kraftmaschine mit Zylinderdeaktivierung dar. Zwei Zylinder werden während jedes Kraftmaschinenzyklus gezündet, d. h. können nicht deaktiviert werden. Während ausgewählter Arbeitszyklen können zwei andere Zylinder gezündet werden, um ein einziges Niveau an Drehmomentausgabe zu erzeugen, oder deaktiviert werden. Da eine solche Kraftmaschine nicht in der Lage ist, jeden Zylinder auszulassen, kann ihre Kraftstoffeffizienz etwas geringer sein als jene der in **Fig. 14A** dargestellten Konfiguration. Weniger Hardware kann jedoch erforderlich sein, um ein solches System zu un-

terstützen, relativ zu einer Einzelniveau-Zündauslass-Kraftmaschinenkonstruktion für alle Zylinder, z. B. wie in **Fig. 14A** gezeigt.

**[0072]** **Fig. 14C** beschreibt eine Konfiguration, in der jeder Zylinder zu drei Ausgabeniveaus in der Lage ist: deaktiviert (keine Drehmomentausgabe) und Zünden mit zusätzlichen zwei unterschiedlichen Leistungs niveaus. Eine solche Konfiguration kann unter Verwendung irgendeines des in dieser Anmeldung beschriebenen Ventilsteuersystems (z. B. unabhängige Steuerung der Einlassventile für jeden Zylinder, Betreiben der Einlassventile auf der Basis der Otto- und Atkinson-Zyklen usw.) ermöglicht werden. Eine solche Methode kann wesentliche Gewinne der Kraftstoffeffizienz schaffen. Sie kann jedoch auch erfordern, dass jeder Zylinder mit zusätzlicher Hardware und auf die Ventilsteuerung bezogenen Merkmalen ausgestattet wird.

**[0073]** **Fig. 14D** stellt eine einfachere Methode dar, in der zwei Zylinder zu den drei Leistungs niveaus in der Lage sind, die in **Fig. 14C** bezeichnet sind. Die restlichen zwei Zylinder sind jedoch nicht deaktivierbar und werden während jedes Kraftmaschinenzyklus mit einem einzelnen Leistungs niveau gezündet. Folglich können die Zylinder **2** und **3** wenig oder keine zusätzliche Hardware relativ zu einem Zylinder in einer herkömmlichen Kraftmaschine ohne Zündauslassung erfordern.

**[0074]** In einigen Ausführungsformen sind die Zylinder **1-4**, die in **Fig. 14D** bezeichnet sind, angeordnet, um die effizienteste Nutzung von Raum in der Kraftmaschine durchzuführen. Ein Beispiel einer solchen Anordnung ist in **Fig. 15** gezeigt. **Fig. 15** ist eine Draufsicht einer Gruppe oder Reihe von Zylindern **1-4** in einer Kraftmaschine **1500**. Die Zylinder **1** und **4** sind an den Enden der Gruppe angeordnet und die Zylinder **2** und **3** befinden sich in der Mitte der Reihe von Zylindern.

**[0075]** **Fig. 15** stellt ein Beispiel dar, in dem Zylinder, die zu mehr Ausgabeniveaus/Deaktivierung in der Lage sind, an den Enden einer Gruppe von Zylindern angeordnet sind, und Zylinder, die zu weniger Drehmomentausgabeniveaus in der Lage sind und/oder die nicht deaktiviert werden können, in der Mitte angeordnet sind. Dies ermöglicht, dass zusätzliche Hardware leichter an den Zylindern an den Enden der Gruppe angebracht wird; jene mit weniger Hardwareanforderungen sind in der Mitte der Gruppe angeordnet, wo weniger Platz vorhanden ist und wo jeder Zylinder auf beiden Seiten durch einen anderen Zylinder gesäumt ist. Die dargestellte Ausführungsform umfasst vier Zylinder, es sollte jedoch erkannt werden, dass eine ähnliche Anordnung auch für Gruppen/Reihe mit mehr oder weniger Zylindern verwendet werden kann (z. B. eine Reihe mit drei, fünf oder mehr Zylindern). Anders ausgedrückt, in verschiedenen Implementierungen sind die äußersten Zylinder (z. B. Zylinder an oder näher an den Enden der Reihe) zu mehr Ausgabeniveaus in der Lage und die inneren Zylinder (z. B. Zylinder, der (die) näher an der Mitte der Reihe liegt (liegen) und/oder auf beiden Seiten von anderen Zylindern umgeben ist (sind)) sind zu weniger Ausgabeniveaus in der Lage. In Kraftmaschinen mit zwei oder mehr Reihen/Gruppen von Zylindern kann jede Zylindergruppe/Zylinderreihe dieselbe Anordnung aufweisen, wie in **Fig. 15** gezeigt.

**[0076]** **Fig. 14E** stellt eine Konfiguration dar, die eine Modifikation der in **Fig. 14D** und/oder **15** dargestellten ist. In **Fig. 14E** wie in **Fig. 14D** sind die Zylinder **1** und **4** zu drei Ausgabeniveaus in der Lage. Die Zylinder **2** und **3** sind jedoch zu zwei Ausgabeniveaus in der Lage (d. h. sie können ausgelassen oder mit einem einzelnen Drehmomentausgabeniveau gezündet werden). Die in **Fig. 14E** dargestellte Konfiguration kann auch angeordnet sein, wie in **Fig. 15** gezeigt, da die innersten Zylinder (Zylinder **2** und **3**) weniger Hardware erfordern können und weniger zugehörige Ausgabeniveaus aufweisen als die äußersten Zylinder (Zylinder **1** und **4**).

**[0077]** In **Fig. 14F** ist jeder Zylinder zu zwei Ausgabeniveaus in der Lage, aber die Typen von Ausgabeniveaus, zu denen sie in der Lage sind, unterscheiden sich. In dieser Beispielfigur sind die Zylinder **1** und **4** zu zwei Ausgabeniveaus in der Lage - sie können gezündet werden, um ein einzelnes Drehmomentausgabeniveau zu erzeugen, und können auch für einen ausgewählten Arbeitszyklus deaktiviert werden. Die Zylinder **2** und **3** können nicht deaktiviert werden, aber können mit zwei verschiedenen Ausgabeniveaus gezündet werden. Relativ zu einer Konfiguration, in der jeder Zylinder zum Erzeugen von drei oder mehr Ausgabeniveaus in der Lage ist, kann die in **Fig. 14F** dargestellte Konfiguration weniger Hardware erfordern. Das vorläufige Testen gibt auch an, dass eine solche Konfiguration ziemlich kraftstoffeffizient sein kann, selbst im Vergleich zu einem Einzelniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensystem (z. B. wie in **Fig. 14A** dargestellt).

**[0078]** **Fig. 14G** stellt eine Konfiguration dar, in der zwei der Zylinder (Zylinder **1** und **4**) zu drei Ausgabeniveaus in der Lage sind (d. h. Deaktivierung und Zündung mit zwei verschiedenen Drehmomentausgabeniveaus). Die zwei anderen Zylinder (Zylinder **2** und **3**) können nicht deaktiviert werden, können jedoch gezündet werden, um zwei verschiedene Drehmomentausgabeniveaus zu erzeugen. Die in **Fig. 14G** beschriebene Konfiguration kann auch angeordnet sein, wie in **Fig. 15** gezeigt. Das heißt, der Zylinder **1** und **4**, die zu mehr Ausgabeniveaus



in der Lage sind, sind an den Enden der Reihe/Gruppe von Zylindern angeordnet, während die Zylinder, die zu weniger Ausgabeniveaus in der Lage sind (Zylinder **2** und **3**), in der Mitte oder im inneren Abschnitt der Reihe/Gruppe angeordnet sind. Wie vorher erörtert, erfordern in verschiedenen Ausführungsformen die Zylinder **1** und **4** mehr Hardware, um die zusätzlichen Ausgabeniveaus zu unterstützen, und die äußeren Enden der Zylinder-Reihe/Gruppe schaffen mehr Raum, damit eine solche Hardware installiert wird.

**[0079]** Fig. **14H** stellt eine Variation dar, in der alle Zylinder nicht deaktiviert oder ausgelassen werden können. Jeder Zylinder kann jedoch gezündet werden, um zwei verschiedene Drehmomentausgabeniveaus zu erzeugen. In verschiedenen Implementierungen kann diese Implementierung ein niedrigeres NVH relativ zu einem herkömmlichen Zündauslass-Kraftmaschinensteuersystem aufweisen, und kann weniger Hardware relativ zu einem System erfordern, in dem die Zylinder zu mehr Ausgabeniveaus in der Lage sind.

**[0080]** Irgendeines der in dieser Anmeldung beschriebenen Ventilsteuersysteme kann verwendet werden, um die in Fig. **14A-14H** dargestellten Ausführungsformen zu implementieren. Das heißt, verschiedene in Fig. **14A-14H** dargestellte Ausführungsformen beinhalten einen oder mehrere Zylinder, die deaktiviert und/oder gezündet werden können, um mehrere Niveaus von Drehmomentausgabe zu erzeugen. Eine solche Mehrniveau-Drehmomentausgabe kann in einer breiten Vielfalt von Weisen ermöglicht werden. In einigen Implementierungen umfasst beispielsweise jeder Zylinder zwei Einlassventile, wobei jedes Einlassventil durch einen anderen Aktuator gesteuert wird (z. B. wie in Fig. **2-7** beschrieben). Um eine hohe Drehmomentausgabe zu erzeugen, wird Luft durch beide Einlassventile während eines ausgewählten Arbeitszyklus geleitet. Um eine niedrige Drehmomentausgabe zu erzeugen, wird Luft durch nur ein Einlassventil während eines ausgewählten Arbeitszyklus geleitet oder Luft wird aus dem Zylinder durch ein LIVC-Ventil geschoben. Wie in Fig. **2-7** dargestellt, kann die Steuerung von einem oder mehreren Auslassventilen durch einen oder mehrere Aktuatoren gehandhabt werden.

**[0081]** In einigen Methoden ist der Zylinder so konfiguriert, dass er ein einzelnes Einlassventil aufweist, in dem der Ventilhub einstellbar ist, so dass der Zylinder gezündet werden kann, um verschiedene Drehmomentausgabeniveaus zu erzeugen (z. B. wie in Verbindung mit Fig. **8** und Fig. **9** erörtert). Die in Fig. **14A-14H** dargestellten Konfigurationen können auch in einem Kraftmaschinensystem mit irgendeiner der vorstehend erwähnten Ventildurchgangsarrangements verwendet werden (z. B. wie in Verbindung mit Fig. **10A**, Fig. **10B** und Fig. **11** beschrieben). In einigen Konstruktionen betreibt jeder Zylinder, der zu einer Mehrniveau-Drehmomentausgabe in der Lage ist, verschiedene Einlassventile unter Verwendung von verschiedenen Zyklen (z. B. wie in Verbindung mit Fig. **12A-12E** und Fig. **13A-13B** beschrieben). Das heißt, die verschiedenen Niveaus an Drehmomentausgabe, die in den Schaubildern von Fig. **14A-14H** beschrieben sind, können unter Verwendung der Techniken erzeugt werden, die in den Schaubildern von Fig. **13A** und Fig. **13B** beschrieben sind (z. B. Betätigung eines EIVC/LIVC-Ventils und eines normalen Ventils, um eine spezielle Drehmomentausgabe zu erzeugen, und Deaktivieren von einem der Ventile, um eine andere, zweite Drehmomentausgabe zu erzeugen, usw.).

#### Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuersystem

**[0082]** Verschiedene Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung beziehen sich auf ein Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuersystem. Eine oder mehrere Arbeitskammern der Kraftmaschine können gezündet werden, um mindestens zwei verschiedene Niveaus einer von null verschiedenen Drehmomentausgabe zu erzeugen. Das Arbeitskammer-Ausgangsdrehmoment kann auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit gesteuert werden. Die gesamte Kraftmaschinendrehmomentausgabe kann durch Zünden oder Auslassen von Zylindern auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit gesteuert werden. Auf der Basis eines gewünschten Kraftmaschinendrehmoments bestimmt das Kraftmaschinensteuersystem eine Zündsequenz, um die Kraftmaschine in einer Zündauslassweise zu betreiben. Die Sequenz gibt eine Reihe von Auslassungen und Zündungen an. Für jede Zündung gibt die Sequenz ein zugehöriges Niveau an Drehmomentausgabe an. Die Arbeitskammern der Kraftmaschine werden auf der Basis der Zündsequenz betrieben, um das gewünschte Kraftmaschinendrehmoment zu liefern. Eine solche Zündauslass-Zündsequenz wird hier als Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz bezeichnet.

**[0083]** Die beschriebenen Ausführungsformen eines Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuersystems können bei beliebigen der Kraftmaschinen-, Arbeitskammer-, Einlassdurchgangs- und Ventilsteuersystemkonstruktionen, die in dieser Anmeldung beschrieben werden, verwendet werden. In verschiedenen Ausführungsformen erzeugt das System beispielsweise eine Zündsequenz, die Zündungen mit mehreren Drehmomentausgabeniveaus von einer oder mehreren Arbeitskammern beinhaltet. Jede dieser Arbeitskammern kann solche Zündungen mit hoher oder niedriger Drehmomentausgabe unter Verwendung von unabhängig

gesteuerten Einlassventilen und/oder Auslassventilen, durch Betreiben der Einlassventile für dieselbe Arbeitskammer gemäß verschiedenen Zyklen (z. B. Otto und Atkinson) und/oder irgendein anderes Merkmal oder irgendeine andere Technik, die in Verbindung mit den Figuren beschrieben ist, erzeugen. Es sollte jedoch auch erkannt werden, dass die beschriebenen Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuersysteme nicht auf solche Systeme und Operationen begrenzt sind und dass sie auf irgendeine Kraftmaschinen- oder Arbeitskammerkonstruktion angewendet werden können, die zum Erzeugen von mehreren Niveaus von Arbeitskammerausgabe in der Lage ist. Sie ist insbesondere auf Steuersysteme anwendbar, die Zündentscheidungen auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit treffen, obwohl dies nicht auf diesen Typ von Steuersystem begrenzt ist.

**[0084]** Mit Bezug als nächstes auf **Fig. 16** wird eine Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuereinheit **1630** gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** umfasst einen Zündanteilsrechner **1602**, ein Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606**, eine Zündsteuereinheit **1610**, ein Antriebsstrang-Parametereinstellmodul **1608** und ein Kraftmaschinendiagnosemodul **1650**. Die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** ist angeordnet, um die Kraftmaschine in einer Zündauslassweise zu betreiben.

**[0085]** Die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** empfängt ein Eingangssignal **1614**, das die gewünschte Kraftmaschinenausgabe darstellt, und verschiedene Fahrzeugbetriebsparameter wie z. B. Kraftmaschinendrehzahl **1632** und Getriebegang **1634**. Das Eingangssignal **1614** kann als Anforderung für eine gewünschte Kraftmaschinenausgabe oder ein gewünschtes Drehmoment behandelt werden. Das Signal **1614** kann von einem Fahrpedalpositionssensor (APP) oder anderen geeigneten Quellen, wie z. B. einem Tempomat, einem Drehmomentrechner usw., empfangen oder abgeleitet werden. Ein optionaler Vorprozessor kann das Fahrpedalsignal vor der Lieferung zur Kraftmaschinensteuereinheit **1630** modifizieren. Es sollte jedoch erkannt werden, dass in anderen Implementierungen der Fahrpedalpositionssensor direkt mit der Kraftmaschinensteuereinheit **1630** kommunizieren kann.

**[0086]** Der Zündanteilsrechner **1602** empfängt das Eingangssignal **1614** (und wenn vorhanden andere geeignete Quellen) und die Kraftmaschinendrehzahl **1632** und ist angeordnet, um einen Zündanteil zu bestimmen, der geeignet wäre, um die gewünschte Ausgabe zu liefern. In verschiedenen Ausführungsformen ist der Zündanteil beliebige Daten, die ein Verhältnis von Zündungen zu Zündgelegenheiten (d. h. Zündungen plus Auslassungen) angeben oder darstellen.

**[0087]** In einigen Implementierungen erzeugt der Zündanteilsrechner **1602** anfänglich einen effektiven Zündanteil. In verschiedenen Ausführungsformen ist ein effektiver Zündanteil (EFF) das Produkt des Zündanteils und der gewichteten mittleren normierten Referenzzylinderladung für Zündereignisse. (In solchen Ausführungsformen kann folglich der effektive Zündanteil im Gegensatz zum Zündanteil nicht klar ein Verhältnis von Zündungen zu Zündgelegenheiten angeben.) In verschiedenen Ausführungsformen weist die normierte Referenzzylinderladung oder der Zylinderdrehmomentanteil mindestens zwei potentielle unterschiedliche von null verschiedene Werte auf, die jeweils einer Zylindergruppe zugeordnet sind. Mathematisch kann der Kraftmaschinendrehmomentanteil (ETF) hinsichtlich des effektiven Zündanteils (EFF) ausgedrückt werden als

$$ETF = EFF \cdot CTF_{act_H}^{act} \quad (Gl. 5a)$$

wobei  $CTF_{act_H}^{act}$  die tatsächliche Ladung in der Zylindergruppe mit höchstem Ladungsniveau ist. Für Systeme mit zwei Ladungsniveaus kann die Drehmomentladung mit hohem Niveau als volle Ladung bezeichnet werden und die Ladung mit niedrigem Drehmomentniveau kann als teilweise Ladung bezeichnet werden. In den vorher in dieser Anmeldung beschriebenen verschiedenen Beispielen ist der Betrag an Drehmoment, das durch die Zündung einer Arbeitskammer erzeugt wird, durch einen Zylinderdrehmomentanteil (CTF) gekennzeichnet, der eine Angabe einer Arbeitskammerausgabe relativ zu einem Referenzwert gibt. Die CTF-Werte können beispielsweise relativ zum maximalen möglichen Ausgangsdrehmoment sein, das durch eine Arbeitskammer mit weit offener Drosselklappe bei Referenzumgebungsdruck und Referenzumgebungstemperatur, d. h. 100 kPa und 0 °C, und dem geeigneten Ventil- und Zündfunkenzeitpunkt erzeugt wird. Andere Bereiche und Referenzwerte können natürlich verwendet werden. In dieser Anmeldung ist der CTF im Allgemeinen ein Wert zwischen 0 und 1,0, obwohl er unter einigen Umständen größer als 1,0 sein kann, wie z. B. bei niedrigen Umgebungstemperaturen und/oder einem Betrieb unter dem Meeresspiegel oder in aufgeladenen Kraftmaschinen. Für einige der in dieser Anmeldung beschriebenen Ausführungsformen beinhaltet die volle Ladung einen Referenz-CTF-Wert von 1,0 und eine teilweise Ladung beinhaltet einen Referenz-CTF-Wert von 0,7. Der Deutlichkeit halber werden diese Werte in der folgenden Beschreibung der Erfindung verwendet, obwohl

erkannt werden sollte, dass diese Werte in Abhängigkeit von der exakten Kraftmaschinenkonstruktion und den exakten Kraftmaschinenbetriebsbedingungen variieren. Es sollte erkannt werden, dass der tatsächliche CTF, der durch eine Arbeitskammer geliefert wird, von diesen Referenzwerten eingestellt werden kann.

**[0088]** In einigen Ausführungsformen ist der Zündanteilsrechner **1602** angeordnet, um eine oder mehrere Kombinationen von Niveauezündanteilen und Zylinderdrehmomentniveaus (z. B. wie in Gl. 2 zu sehen) zu bestimmen, die geeignet wären, um eine gewünschte Ausgabe zu liefern. Diese Kombinationen können auch als effektiver Zündanteil (EFF) **1611** ausgedrückt werden. In einigen Konstruktionen kann der Kraftmaschinen-drehmomentanteil (ETF) als Produkt des EFF und eines Einstellungsfaktors  $\alpha$  ausgedrückt werden:

$$ETF = EFF * CTF_{H}^{act} = EFF * CTF_{H}^R * \alpha \quad (\text{Gl. 5b})$$

wobei  $CTF_{H}^R$  der Referenz-Zylinderdrehmomentanteil ist, der der Zylindergruppe mit der höchsten Zylinderladung zugeordnet ist. Wie vorstehend beschrieben, wird angenommen, dass  $CTF_{H}^R$  in der hier vorgesehenen Beschreibung **1** ist, aber dies ist keine Anforderung. Der Einstellungsfaktor  $\alpha$  variiert in Abhängigkeit von Kraftmaschinenparametereinstellungen wie z. B. Zündfunkenzeitpunkt und Drosselklappen- und Nockenphasenstellerposition.

**[0089]** Der Zündanteilsrechner **1602** kann den effektiven Zündanteil in einer Vielfalt von Weisen in Abhängigkeit von den Bedürfnissen einer speziellen Anwendung erzeugen. In einigen Implementierungen wird beispielsweise ein effektiver Zündanteil aus einer Bibliothek von vordefinierten effektiven Zündanteilen und/oder aus einer Nachschlagetabelle ausgewählt. Verschiedene Implementierungen beinhalten die Verwendung einer Nachschlagetabelle, um einen effektiven Zündanteil auf der Basis von einem oder mehreren Kraftmaschinenparametern (z. B. Gang, Kraftmaschinendrehzahl usw.), des Kraftstoffverbrauchs, eines maximalen zulässigen CTF und/oder NVH, das verschiedenen effektiven Zündanteilen zugeordnet ist, zu bestimmen. Diese und andere Methoden werden anderswo genauer beschrieben.

**[0090]** Sobald der Rechner **1602** einen effektiven Zündanteil bestimmt, wird er zum Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** geleitet. Auf der Basis des empfangenen effektiven Zündanteils ist das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** angeordnet, um eine Sequenz von Zündbefehlen auszugeben, die bewirken, dass die Kraftmaschine den Prozentsatz von Zündungen und Zündausgangsdrehmomentniveaus liefert, die erforderlich sind, um die gewünschte Kraftmaschinenausgabe zu erzeugen. Diese Sequenz kann in einer Vielfalt von Weisen erzeugt werden, wie z. B. Verwenden eines Sigma-Delta-Umsetzers oder durch die Verwendung von einer oder mehreren Nachschlagetabellen oder unter Verwendung einer Zustandsmaschine. Die Sequenz von Zündbefehlen (manchmal als Antriebsimpulssignal **1616** bezeichnet), die durch das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** ausgegeben wird, wird zur Zündsteuereinheit **1610** geleitet, die die tatsächlichen Zündungen durch Zündsignale **1619** organisiert, die an die Kraftmaschinen-Arbeitskammern **1612** gerichtet sind.

**[0091]** Die Sequenz von Zündbefehlen, die durch das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** ausgegeben werden, gibt eine Kombination von Auslassungen und Zündungen und das den Zündungen zugeordnete Drehmomentniveau an. In verschiedenen Ausführungsformen gibt für jede Zündung die Sequenz ein spezielles Drehmomentausgabenniveau an, das aus zwei oder mehr möglichen Drehmomentausgabenniveaus ausgewählt ist. Die Sequenz kann irgendeine geeignete Form annehmen. In einigen Ausführungsformen besteht die Sequenz beispielsweise aus Werten wie z. B. 0, 0, 0,7, 1. Dieses Beispiel gibt an, dass während der nächsten vier Zündgelegenheiten zugehörige Arbeitskammern ausgelassen, ausgelassen, gezündet (mit einem niedrigeren Niveau an Arbeitskammerausgabe, z. B. 70 % der Referenz-Zylinderdrehmomentausgabe usw.) und gezündet (mit einem hohen Niveau an Arbeitskammerausgabe, z. B. 100 % der Referenz-Zylinderdrehmomentausgabe usw.) werden sollten. Eine Zündsequenz, die Auslassungen und Zündungen mit mehreren Niveaus an Arbeitskammerausgabe angibt, wird hier als Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz bezeichnet.

**[0092]** Das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** kann die Zündentscheidungen und die Zündsequenz in einer Vielfalt von Weisen bestimmen. In verschiedenen Implementierungen durchsucht beispielsweise das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** eine oder mehrere Nachschlagetabellen, um eine geeignete Mehrniveau-Zündsequenz zu bestimmen. Die geeignete Mehrniveau-Zündsequenz kann angeordnet sein, um die Kraftstoffsparsamkeit konsistent mit dem Erreichen von annehmbaren NVH-Eigenschaften zu maximieren. Faktoren, die das NVH beeinflussen, können den Getriebegang, die Kraftmaschinendrehzahl, die Zylinderladung und/oder andere Kraftmaschinenparameter umfassen. Auf der Basis des effektiven Zündanteils, der Kraftstoffsparsamkeit, NVH-Erwägungen und/oder eines oder mehrerer der vorstehend erwähnten Faktoren wählt das Modul **1606** eine Mehrniveau-Zündsequenz aus mehreren Zündsequenzoptionen aus. In anderen

Implementierungen bestimmt das Modul **1606** eine geeignete Zündsequenz unter Verwendung eines Sigma-Delta-Umsetzers oder Algorithmus. Irgendein geeigneter Algorithmus oder Prozess kann verwendet werden, um eine Zündsequenz zu erzeugen, die das gewünschte Kraftmaschinendrehmoment liefert. Verschiedene Techniken zum Bestimmen der Zündsequenz werden nachstehend in Verbindung mit **Fig. 17-22** beschrieben.

**[0093]** In der dargestellten Ausführungsform, die in **Fig. 16** gezeigt ist, ist ein Antriebsstrang-Parametereinstellmodul **1608** vorgesehen, das mit dem Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** zusammenwirkt. Das Antriebsstrang-Parametereinstellmodul **1608** weist die Kraftmaschinen-Arbeitskammern **1612** an, ausgewählte Antriebsstrangparameter geeignet festzulegen, um sicherzustellen, dass die tatsächliche Kraftmaschinenausgabe im Wesentlichen gleich der angeforderten Kraftmaschinenausgabe ist. Unter einigen Bedingungen muss beispielsweise, um ein gewünschtes Kraftmaschinendrehmoment zu liefern, die von jeder Zündung einer Arbeitskammer erzeugte Ausgabe eingestellt werden. Das Antriebsstrang-Parametereinstellmodul **1608** ist für die Einstellung irgendeiner geeigneten Kraftmaschineneinstellung verantwortlich (z. B. Massenluftladung, Zündfunkenzeitpunkt, Nockenzeitsteuerung, Ventilsteuerung, Abgasrückführung, Drosselklappe usw.), um zu helfen sicherzustellen, dass die tatsächliche Kraftmaschinenausgabe der angeforderten Kraftmaschinenausgabe entspricht. Die Kraftmaschinenausgabe ist folglich nicht darauf eingeschränkt, nur mit diskreten Niveaus zu arbeiten, sondern kann in verschiedenen Implementierungen in einer kontinuierlichen analogen Weise durch Einstellung der Kraftmaschineneinstellungen eingestellt werden. Mathematisch kann dies in einigen Methoden durch Einschließen eines Multiplikationsfaktors in die Ausgabe jeder Zylindergruppe ausgedrückt werden. Gleichung 2 kann folglich modifiziert und mit Gleichung 5 kombiniert werden, so dass

$$ETF = \alpha * CTF_H^R * EFF = \alpha_1 * CTF_1^R * FF_1 + \alpha_2 * CTF_2^R * FF_2 + \dots + \alpha_n * CTF_n^R * FF_n \quad (Gl. 6)$$

wobei  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  und  $\alpha_n$  einen Einstellungsfaktor in der Zylinderlast darstellen, die jeder Zylindergruppe zugeordnet ist, und  $CTF_1^R$ ,  $CTF_2^R$  und  $CTF_n^R$  den Referenz-Zylinderdrehmomentanteil für jede Zylindergruppe darstellen. Es sollte erkannt werden, dass einige Kraftmaschineneinstellungen wie z. B. die Drosselklappenposition sich auf die Einstellung für alle Zylindergruppen auswirken, während einige Einstellungen wie z. B. Zündfunkenzeitpunkt und/oder eingespritzte Kraftstoffmasse in einer Weise von Gruppe zu Gruppe oder sogar Zylinder zu Zylinder eingestellt werden können. In verschiedenen Implementierungen weist jede unterschiedliche Zylindergruppe einen unterschiedlichen Zündfunkenzeitpunkt und eine unterschiedliche eingespritzte Kraftstoffmasse auf. Der Zündfunkenzeitpunkt für jede Gruppe kann eingestellt werden, um eine optimale Kraftstoffeffizienz für diese Gruppe zu ergeben, und die eingespritzte Kraftstoffmasse kann für ein im Wesentlichen stöchiometrisches Luft/Kraftstoff-Verhältnis für alle Gruppen eingestellt werden. In diesem Fall ist die Menge an eingespritztem Kraftstoff ungefähr proportional zum erzeugten Zylinderdrehmoment.

**[0094]** Die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** umfasst auch ein Kraftmaschinendiagnosemodul **1650**. Das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** ist angeordnet, um irgendwelche Kraftmaschinenprobleme (z. B. Klopfen, Fehlzündung usw.) in der Kraftmaschine zu detektieren. Beliebige bekannte Techniken, Sensoren oder Detektionsprozesse können verwendet werden, um die Probleme zu detektieren. Wenn ein Problem detektiert wird, weist das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** in verschiedenen Ausführungsformen die Zündsteuereinheit **1610** an, Operationen durchzuführen, um die Wahrscheinlichkeit zu verringern, dass das Problem in der Zukunft entsteht. In verschiedenen Ausführungsformen wird eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz erzeugt, um das potentielle Problem anzugehen. Verschiedene Beispieloperationen, die durch die Kraftmaschinendiagnoseeinheit **1650** durchgeführt werden können, werden später in der Anmeldung beschrieben, z. B. in Verbindung mit **Fig. 24** und **Fig. 26**.

**[0095]** Es sollte erkannt werden, dass die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** nicht auf die in **Fig. 16** gezeigte spezielle Anordnung begrenzt ist. Eines oder mehrere der dargestellten Module können miteinander integriert sein. Alternativ können die Merkmale eines speziellen Moduls stattdessen unter mehreren Modulen verteilt sein. Ein oder mehrere Merkmale von einem Modul/einer Komponente können (stattdessen) durch ein anderes Modul/eine andere Komponente durchgeführt werden. Die Kraftmaschinensteuereinheit kann auch zusätzliche Merkmale, Module oder Operationen auf der Basis von anderen Patentanmeldungen umfassen, einschließlich US-Patent US 7 954 474 B2; US 7 886 715 B2; US 7 849 835 B2; US 7 577 511 B1; US 8 099 224 B2; US 8 131 445 B2; US 8 131 447 B2; und 8 616 181; US-Patentanmeldung Nrn. 13/774 134; 13/799 389; 13/963 686; 13/953 615; 13/886 107; 13/963 759; 13/963 819; 13/961 701; 13/963 744; 13/843 567; 13/794 157; 13/842 234; 13/654 244; 13/654 248; 14/638 908; 14/207 109; und 14/206 918; und vorläufige US-Patentanmeldung Nrn. 61/080 192; 61/104 222; und 61/640 646, von denen jede in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke durch den Hinweis hier aufgenommen wird. Irgendeines der Merkmale, Module und Operationen, die in den obigen

Patentdokumenten beschrieben sind, können zur dargestellten Kraftmaschinensteuereinheit **1630** hinzugefügt werden. In verschiedenen alternativen Implementierungen können diese Funktionsblöcke algorithmisch unter Verwendung eines Mikroprozessors, einer ECU oder anderen Rechenvorrichtung unter Verwendung von analogen oder digitalen Komponenten, unter Verwendung einer programmierbaren Logik, unter Verwendung von Kombinationen der vorangehenden und/oder in irgendeiner anderen geeigneten Weise durchgeführt werden.

**[0096]** Mit Bezug als nächstes auf **Fig. 17** wird ein Verfahren zum Bestimmen einer Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Das Verfahren kann durch die Kraftmaschinensteuereinheit **1630**, die in **Fig. 16** dargestellt ist, durchgeführt werden.

**[0097]** Anfänglich bestimmt die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** in Schritt **1705** ein gewünschtes Kraftmaschinendrehmoment auf der Basis eines Eingangssignals **1614** (**Fig. 16**), der aktuellen Kraftmaschinenbetriebsdrehzahl, des Getriebegangs und/oder anderer Kraftmaschinenparameter. Das Eingangssignal **1614** wird von irgendeinem (irgendwelchen) geeigneten Sensor(en) oder Betriebsparameter(n) abgeleitet, einschließlich beispielsweise eines Fahrpedalpositionssensors.

**[0098]** In Schritt **1710** bestimmt der Zündanteilsrechner **1602** einen effektiven Zündanteil, der zum Liefern des gewünschten Drehmoments geeignet ist. In verschiedenen Ausführungsformen, wie vorher erörtert, umfasst der effektive Zündanteil sowohl den Zündanteil für jede Zylindergruppe als auch das zugehörige Drehmomentniveau der Zylindergruppe. Die Bestimmung des effektiven Zündanteils kann auf irgendeinem geeigneten Kraftmaschinenparameter, z. B. Gang, Kraftmaschinendrehzahl usw., sowie anderen Kraftmaschineneigenschaften wie z. B. NVH und Kraftstoffeffizienz basieren. In einigen Ausführungsformen wird der effektive Zündanteil aus einem Satz von vorbestimmten effektiven Zündanteilen ausgewählt, die als kraftstoffeffizient und/oder annehmbare NVH-Eigenschaften aufweisend in Anbetracht der Kraftmaschinenparameter bestimmt werden. Der effektive Zündanteil kann unter Verwendung irgendeines geeigneten Mechanismus, z. B. einer oder mehreren Nachschlagetabellen, wie in Verbindung mit **Fig. 18** dieser Anmeldung beschrieben, erzeugt oder ausgewählt werden. Eine Methode zum Bestimmen eines geeigneten effektiven Zündanteils ist in **Fig. 18** dargestellt. **Fig. 18** stellt eine Beispiel-Nachschlagetabelle **1800** dar, die Indizes für die Kraftmaschinendrehzahl und einen effektiven Zündanteil (EFF) umfasst. Diese Tabelle ist einem speziellen Gang zugeordnet, d. h. es können andere Tabellen für andere Gänge vorhanden sein. Alternativ ist in einer anderen Version der dargestellten Tabelle der Gang ein zusätzlicher Index für die Tabelle. Für jeden effektiven Zündanteil und jede Kraftmaschinendrehzahl gibt die Tabelle eine maximale zulässige Arbeitskammer-Drehmomentausgabe mit hohem Niveau an, die immer noch eine annehmbare NVH-Leistung bereitstellt. Jeder effektive Zündanteil basiert auf einer Kombination des Zündanteils, der jedem Zündniveau zugeordnet ist, und der Ausgabe bei jedem Niveau. Für den Fall einer Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschine mit zwei Zylindergruppen mit verschiedenen Drehmomentniveaus kann der effektive Zündanteil (EFF) als Zündanteil (FF) und Verhältnis von Zündungen mit hohem Niveau zu den gesamten Zündungen, die als HLF (hoch) bezeichnet sind, ausgedrückt werden. Die FF- und HLF-Werte, die den verschiedenen effektiven Zündanteilen zugeordnet sind, sind in **Fig. 19** gezeigt.

**[0099]** Die maximalen zulässigen Arbeitskammerausgabewerte spiegeln die Tatsache wider, dass das NVH im Allgemeinen bei höheren Niveaus von Arbeitskammerausgabe zunimmt. Für irgendeine gegebene Kraftmaschinendrehzahl und irgendeinen gegebenen effektiven Zündanteil ist es folglich erwünscht sicherzustellen, dass die Arbeitskammerausgabe ein spezielles Niveau nicht überschreitet, so dass das NVH auf annehmbaren Niveaus gehalten wird. In verschiedenen Ausführungsformen durchsucht der Zündanteilsrechner **1602** die Tabelle, wobei er einen oder mehrere effektive Zündanteile, die zum Liefern eines gewünschten Drehmoments geeignet sind und die auch die Arbeitskammer-Ausgabeanforderungen erfüllen, in der Tabelle findet.

**[0100]** Um zu helfen zu verdeutlichen, wie die Tabelle verwendet werden kann, wird ein Beispiel beschrieben. In diesem Beispiel ist der gewünschte Kraftmaschinendrehmomentanteil 0,2 und die Kraftmaschinendrehzahl ist  $1300 \text{ min}^{-1}$ . Wenn die Referenz-Drehmomentwerte, die der mit hohem Niveau zündenden Zylindergruppe zugeordnet sind, auf dem maximalen Drehmomentwert liegen, dann muss der effektive Zündanteil gleich dem Kraftmaschinendrehmomentanteil sein oder diesen überschreiten, um das gewünschte Drehmoment zu erzeugen. In diesem Beispiel können folglich nur EFF-Werte von 0,2 oder größer die erforderliche Drehmomentausgabe erzeugen. Die Tabelle **1800** in **Fig. 18** listet eine Anordnung von möglichen EFF-Werten, die größer sind als 0,2, in Spalte **1802** auf.

**[0101]** Der Zündanteilsrechner kann die Zeilen der Spalte **1802** nach einer Kraftmaschinendrehzahl von  $1300 \text{ min}^{-1}$  durchsuchen, um einen geeigneten effektiven Zündanteil zu finden, der eine optimale Kraftstoffeffizienz und annehmbares NVH gleichzeitig mit dem Liefern des angeforderten Kraftmaschinendrehmoments schafft.

**[0102]** Als Beispiel soll ein effektiver Zündanteil von 0,57 betrachtet werden, wenn die Kraftmaschinenlast (der Kraftmaschinendrehmomentanteil) 0,2 ist. Die Untersuchung von Tabelle 1800 zeigt, dass das Drehmomentniveau, das der Zündung mit hohem Drehmoment zugeordnet ist ( $CTF_{act_H}$  von Gl. 5a und 5b), geringer sein muss als ein CTF von 0,14, Eintrag **1804**, für eine annehmbare NVH-Leistung. Es würde jedoch nur einen ETF von  $0,57 \cdot 0,14 = 0,08$  erzeugen, was gut unterhalb des angeforderten Drehmomentniveaus liegt. Folglich wäre die Verwendung eines EFF von 0,57 in diesem Fall ausgeschlossen, da es nicht gleichzeitig die NVH- und Drehmomentanforderungen erfüllen kann. In verschiedenen Ausführungsformen durchsucht der Zündanteilsrechner **1602** die Zeilen der Tabelle 1800, bis er einen geeigneten effektiven Zündanteil findet. Bei einem effektiven Zündanteil von 0,70 ist die erforderliche Arbeitskammerausgabe (CTF), um das gewünschte Drehmoment zu liefern  $= 0,2/0,70 = 0,29$ . Die Untersuchung der in **Fig. 19** gezeigten Tabelle gibt an, dass ein EFF von 0,7 einem FF=1 und einem HLF=0 entspricht. Folglich sind alle Zündungen mit geringem Niveau, die dem Referenz-CTF mit geringem Niveau von 0,7 entsprechen, und alle Zündgelegenheiten beinhalten Zündungen und in diesem Fall bestehen keine Auslassungen.

**[0103]** Die erforderliche Arbeitskammerausgabe mit hohem Niveau, um das gewünschte Drehmoment zu liefern, ist 0,29, was unter dem Arbeitskammer-Ausgabeschwellenwert mit hohem Niveau liegt, der in Tabelle 1800 beschrieben ist (0,58, Eintrag **1806**), so dass der effektive Zündanteil für die Verwendung beim Betrieb der Kraftmaschine betrachtet werden kann. Der Zündanteilsrechner **1602** durchsucht weiterhin die Zeilen und kann bestimmen, dass mehrere effektive Zündanteile die maximalen Arbeitskammerausgabe-Anforderungen der Tabelle erfüllen. Jeder solche effektive Zündanteil wird hier als effektiver Kandidatenzündanteil bezeichnet.

**[0104]** Der Zündanteilsrechner **1602** wählt dann einen der effektiven Kandidatenzündanteile aus. Diese Auswahl kann in irgendeiner geeigneten Weise durchgeführt werden. In einigen Implementierungen durchsucht der Zündanteilsrechner **1602** beispielsweise eine andere Tabelle oder ein anderes Modul, das den relativen Kraftstoffverbrauch oder die Effizienz für jeden von mehreren effektiven Zündanteilen angibt. Auf der Basis dieser Kraftstoffverbrauchsinformationen wählt der Rechner einen der effektiven Kandidatenzündanteile aus. Das heißt, der Rechner **1602** wählt den effektiven Kandidatenzündanteil aus, der am meisten oder sehr kraftstoffeffizient ist. Der ausgewählte effektive Zündanteil nimmt eine Drehmomentausgabe pro Zündung mit hohem Niveau und niedrigem Niveau an, die erforderlich ist, um die gewünschte Kraftmaschinenausgabe zu liefern, durch Einstellung von Kraftmaschinenparametern, um die gewünschten Einstellungsfaktoren zu erreichen (wie in Bezug auf Gl. 5 beschrieben). In verschiedenen Implementierungen wird der ausgewählte effektive Zündanteil im Allgemeinen auf der Basis des Maximierens der Kraftstoffsparsamkeit gewählt, während mit annehmbarer NVH-Leistung gearbeitet wird. Sobald der effektive Zündanteil ausgewählt oder erzeugt wurde, wird er an das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** geleitet.

**[0105]** Danach bestimmt in Schritt **1715** von **Fig. 17** das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz. Die Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz gibt eine Sequenz von Zündentscheidungen (d. h. Zündungen und Auslassungen) an. Für jede Zündung in der Sequenz wird ein Arbeitskammer-Drehmomentausgabenniveau ausgewählt. In verschiedenen Ausführungsformen wird diese Auswahl in der Sequenz angegeben.

**[0106]** Die Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz kann in einer Vielfalt von Weisen in Abhängigkeit von den Bedürfnissen einer speziellen Anwendung erzeugt werden. In einigen Ausführungsformen durchsucht beispielsweise das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** eine oder mehrere Nachschlagetabellen, die eine geeignete Zündsequenz angeben, auf der Basis von einem oder mehreren ausgewählten Kraftmaschinenparametern, einschließlich des effektiven Zündanteils. Zusätzlich oder alternativ kann das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** einen Sigma-Delta-Umsetzer oder eine Schaltung umfassen, die die Zündentscheidungen und/oder Zündsequenz ausgibt. Eine Vielfalt von verschiedenen Beispielimplementierungen wird nachstehend in **Fig. 19-22** beschrieben.

**[0107]** **Fig. 19-20** stellen eine spezielle Implementierung dar. In dieser Implementierung verwendet das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** eine oder mehrere Nachschlagetabellen, um Eigenschaften einer Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz zu bestimmen. Eine Beispiel-Nachschlagetabelle ist in **Fig. 19** dargestellt. **Fig. 19** ist eine Tabelle, die einen Zündanteil (FF) und einen Anteil mit hohem Niveau (HLF) für jeden eines Satzes von effektiven Zündanteilen (EFF) angibt. Der Zündanteil (FF) gibt ein Verhältnis von Zündungen zu Zündgelegenheiten (z. B. Zündungen und Auslassungen) über ein Intervall von mehreren Zündgelegenheiten an. Der Zündanteil nimmt nicht notwendigerweise ein festes Niveau an Drehmomentausgabe für jede Zündung an. Ein Niveauanteil (LF) ist irgendein Wert, der hilft, ein Verhältnis von Zündungen, die jeweils ein spezielles (z. B. hohes oder niedriges) Niveau an Drehmomentausgabe erzeugen, relativ zu einer Gesamtzahl von Zündungen anzugeben. In der dargestellten Ausführungsform wird ein Anteil mit hohem Niveau (HLF) verwendet,

der ein Verhältnis von Zündungen einer Drehmomentausgabe mit hohem Niveau relativ zu einer Gesamtzahl von Zündungen angibt.

**[0108]** In diesem speziellen Beispiel kann die Zündung einer Arbeitskammer zwei verschiedene Niveaus an Arbeitskammerausgabe erzeugen, ein hohes Niveau an Drehmomentausgabe (z. B. 100 % der Referenz-Zylinderdrehmomentausgabe) und ein niedriges Niveau an Drehmomentausgabe (z. B. 70 % der Referenz-Zylinderdrehmomentausgabe). Da zwei Niveaus an Drehmomentausgabe bestehen, die durch jede Zündung erzeugt werden können, wenn der HLF  $\frac{1}{3}$  ist, dann erzeugen  $\frac{1}{3}$  der Zündungen über ein Intervall eine Drehmomentausgabe mit hohem Niveau und  $\frac{2}{3}$  der Zündungen erzeugen eine Drehmomentausgabe mit niedrigem Niveau. Das obige System und die Indikatoren können modifiziert werden, wie für verschiedene Implementierungen geeignet, z. B. für mehr als zwei Niveaus einer Arbeitskammer-Drehmomentausgabe.

**[0109]** Unter Verwendung der in **Fig. 19** dargestellten Nachschlagetabelle bestimmt das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** Eigenschaften einer Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz (z. B. einen Anteil mit hohem Niveau und einen Zündanteil) auf der Basis des effektiven Zündanteils (EFF), der in Schritt **1710** bestimmt wurde. In dem in **Fig. 19** dargestellten Beispiel ist folglich, wenn der EFF 0,57 ist, dann der Zündanteil  $\frac{2}{3}$  und der Anteil mit hohem Niveau ist  $\frac{1}{2}$ .

**[0110]** In verschiedenen Ausführungsformen erzeugt das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** dann eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz, die gemäß den bestimmten Zündeigenschaften ist. Das heißt, um das obige Beispiel zu verwenden, wenn der Zündanteil  $\frac{2}{3}$  ist und der Anteil mit hohem Niveau  $\frac{1}{2}$  ist, dann erzeugt das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** eine Zündsequenz, die über ein ausgewähltes Intervall ein Gemisch von Zündgelegenheitsergebnissen umfasst. Im Intervall sind  $\frac{2}{3}$  der Zündentscheidungen Zündungen und  $\frac{1}{3}$  sind Auslassungen. Von den Zündungen sind  $\frac{1}{2}$  der hohen Drehmomentausgabe zugeordnet und der Rest ist der niedrigen Drehmomentausgabe zugeordnet. In einigen Ausführungsformen nimmt die Zündsequenz die Form einer Reihe von CTF, Zahlenwerten an, z. B. kann eine Sequenz von 0, 1, 0,7, 0 ein Auslassen, eine Zündung mit hoher Drehmomentausgabe, eine Zündung mit niedriger Drehmomentausgabe und eine andere Auslassung angeben. Die Zündsequenz kann unter Verwendung irgendeines geeigneten Algorithmus, irgendeiner geeigneten Schaltung oder irgendeines geeigneten Mechanismus erzeugt werden.

**[0111]** Eine solche Schaltung ist in **Fig. 20** dargestellt. **Fig. 20** stellt eine Sigma-Delta-Schaltung **2000** dar, die ein Teil des Zündzeitpunkt-Bestimmungsmoduls **1606** ist. In dem dargestellten Beispiel gibt das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** den Zündanteil (FF) und den Anteil mit hohem Niveau (HLF), der vom Diagramm in **Fig. 19** erhalten wird, in die Sigma-Delta-Schaltung **2000** ein, um eine geeignete Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz zu erzeugen. Die Schaltung **2000** kann in Hardware oder Software (z. B. als Teil eines Softwaremoduls oder Implementierung in einem ausführbaren Computercode) implementiert werden. In der Figur gibt das Symbol  $\frac{1}{z}$  eine Verzögerung an.

**[0112]** Der obere Abschnitt der Schaltung **2000** implementiert effektiv einen Sigma-Delta-Algorithmus erster Ordnung. In der Schaltung **2000** wird der Zündanteil (FF) am Eingang **2002** geliefert. Am Subtrahierer **2004** werden der Zündanteil **2002** und die Rückkopplung **2006** addiert. Die Summe **2008** wird zu einem Akkumulierer **2010** geleitet. Der Akkumulierer **2010** addiert die Summe **2008** mit der Rückkopplung **2014**, um eine Summe **2012** zu erzeugen. Die Summe **2012** wird in den Akkumulierer **2010** als Rückkopplung **2014** zurückgeführt. Die Summe **2012** wird zu einem Quantisierer **2018** geleitet und in einen binären Strom umgesetzt. Das heißt, der Quantisierer **2018** erzeugt einen Zündwert **2020**, der eine Sequenz von 0-en und 1-en bildet. Jede 0 gibt an, dass eine zugehörige Arbeitskammer ausgelassen werden sollte. Jede 1 gibt an, dass eine zugehörige Arbeitskammer gezündet werden sollte. Der Zündwert wird am Umsetzer **2019** in eine Gleitkommazahl umgesetzt, um einen Wert **2022** zu erzeugen, der in den Subtrahierer **2004** als Rückkopplung **2006** eingegeben wird.

**[0113]** Der untere Abschnitt der Schaltung gibt für jede Zündung, die durch den Wert **2020** angegeben wird, an, welches Niveau an Drehmomentausgabe die Zündung erzeugen sollte, um das gewünschte Drehmoment zu liefern. Der Wert **2022** wird zu einem Multiplizierer **2023** geleitet, der auch den HLF **2001** empfängt. Der Multiplizierer **2023** multipliziert diese zwei Eingaben. Wenn eine Auslassung am Wert **2022** angegeben wurde, bewirkt dies folglich, dass die Ausgabe des Multiplizierers **2023** 0 ist. Die obige Multiplikation ergibt einen Wert **2026**, der zu einem Subtrahierer **2035** geleitet wird. Der Subtrahierer **2035** subtrahiert die Rückkopplung **2027** vom Wert **2026**. Der resultierende Wert **2037** wird zum Akkumulierer **2028** geleitet. Der Akkumulierer **2028** addiert den Wert **2037** zur Rückkopplung **2030**. Der resultierende Wert **2032** wird zum Akkumulierer **2028** als Rückkopplung **2030** zurückgeführt und wird auch zum Quantisierer **2040** geleitet. Der Quantisierer **2040** setzt die Eingabe in einen binären Wert, d. h. 0 oder 1, um. (Wenn beispielsweise der Eingangswert **2032**  $\geq 1$  ist, dann ist die Ausgabe des Quantisierers 1. Ansonsten ist die Ausgabe 0.) Das resultierende Flag **2042** für das

hohe Niveau gibt an, ob eine zugehörige Zündung (wie durch den Zündwert **2020** angegeben) eine Zündung ist, die eine Drehmomentausgabe mit hohem Niveau erzeugen sollte. Das heißt, wenn in diesem Beispiel das Flag **2042** für das hohe Niveau eine 0 ist, sollte die zugehörige Zündung eine Ausgabe mit niedrigem Niveau erzeugen. Wenn das Flag **2042** für das hohe Niveau eine 1 ist, sollte die zugehörige Zündung eine Ausgabe mit hohem Niveau erzeugen. (Wenn der Zündwert **2020** eine Auslassung angibt, ist das Flag **2042** für das hohe Niveau eine 0 und ist nicht relevant.) Das Flag **2042** für das hohe Niveau wird zu einem Umsetzer **2044** geleitet, der den Wert in eine Gleitkommazahl umsetzt. Die resultierende Zahl **2046** wird zum Subtrahierer **2035** als Rückkopplung **2027** geleitet.

**[0114]** Die obige Schaltung liefert folglich eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz, die verwendet werden kann, um die Kraftmaschine zu betreiben. In diesem Beispiel wird auf der Basis des Zündanteils (FF) (z. B. wie in Schritt **1710** von **Fig. 17** und/oder der Nachschlagetabelle von **Fig. 19** bestimmt) ein Zündwert **2020** erzeugt. Wenn der Zündwert **2020** eine 1 ist, wird eine zugehörige Arbeitskammer gezündet. Für jede solche Zündung kann das Flag **2042** für das hohe Niveau **0** oder **1** in Abhängigkeit vom Anteil **2001** mit (hohem) Niveau sein (z. B. wie unter Verwendung der Nachschlagetabelle von **Fig. 19** bestimmt). Wenn das Flag für das hohe Niveau eine 1 ist, dann sollte die Zündung eine Zündung sein, die ein hohes Niveau an Ausgabe erzeugt. Wenn es eine 0 ist, dann sollte die Zündung eine Zündung sein, die ein niedriges Niveau an Ausgabe erzeugt. Wenn der Zündwert **2020** eine 0 ist, dann sollte die zugehörige Arbeitskammer ausgelassen werden.

**[0115]** Das Leiten dieses Nullwerts zum Multiplizierer **2023** bewirkt, dass das zugehörige Flag für das Niveau ebenso 0 ist. Über die Zeit kann die Schaltung zwei Ströme von binären Werten erzeugen, die Zündentscheidungen und Arbeitskammer-Ausgabenniveaus angeben, z. B. 1-0 (d. h. der Zündwert **2020** ist eine 0 oder 1, das Flag **2042** für das Niveau ist eine 0 oder 1), 0-0, 1-0, 0-1, 1-1).

**[0116]** **Fig. 21** stellt eine andere Schaltung **2100** dar, die angeordnet ist, um eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz auf der Basis eines effektiven Zündanteils (EFF) zu erzeugen, z. B. wie in Schritt **1710** von **Fig. 17** bestimmt. Eine solche Schaltung wird manchmal Mehrbit- oder Mehrniveau-Sigma-Delta genannt. Aus der Eingabe **2102**, der den effektiven Zündanteil darstellt, ist die Schaltung angeordnet, eine Ausgabe **2130** zu erzeugen, die eine Auslassung, eine Zündung mit einer Drehmomentausgabe mit hohem Niveau oder eine Zündung mit einer Drehmomentausgabe mit niedrigem Niveau angibt.

**[0117]** In der Schaltung wird eine Eingabe **2102**, die der EFF ist, der in Schritt **1710** bestimmt wird, zu einem Subtrahierer **2104** geleitet. Die Rückkopplung **2132** wird von der Eingabe **2102** subtrahiert. Der resultierende Wert **2106** wird zu einem Akkumulierer **2107** geleitet. Der Akkumulierer **2107** addiert die Rückkopplung **2108** zum Wert **2106**. Die resultierende Summe **2110** wird zum Akkumulierer **2107** als Rückkopplung **2108** zurückgeführt. Die Summe **2110** wird auch zum Subtrahierer **2126** und Subtrahierer **2112** geleitet. Der Wert **2124** ist als 1 definiert, der ein hohes Niveau an Arbeitskammerausgabe angibt. Der Wert **2124** wird zum Schalter **2122** und zum Subtrahierer **2126** geleitet. Der Subtrahierer **2126** subtrahiert den Wert **2124** von der Summe **2110**, um den Wert **2128** zu erzeugen, der zum Schalter **2122** geleitet wird.

**[0118]** Der Wert **2114** ist in diesem Beispiel als 0,7 definiert und soll ein niedriges Niveau an Arbeitskammerausgabe angeben. Der Wert **2114** wird zum Subtrahierer **2112** und zum Schalter **2118** geleitet. Der Subtrahierer **2112** subtrahiert den Wert **2114** von der Summe **2110**, um einen Wert **2140** zu erzeugen, der zum Schalter **2118** geleitet wird.

**[0119]** Der Schalter **2118** empfängt drei Eingaben: Wert **2114**, Wert **2140** und Wert **2116**. Der Wert **2116** gibt das niedrigste Niveau an Arbeitskammerausgabe an (z. B. ein Auslassen, das kein Drehmoment erzeugt). Der Schalter **2118** leitet den Wert **2114** oder Wert **2116** an seinem Ausgang in Abhängigkeit vom Wert **2140** durch. Wenn der Wert **2140** geringer ist als 0, ist die Ausgabe des Schalters **2118** gleich dem Wert **2116**. Wenn der Wert **2140** größer als oder gleich 0 ist, dann ist die Ausgabe des Schalters **2118** der Wert **2114**. Die Ausgabe **2120** des Schalters wird zum Schalter **2122** geleitet.

**[0120]** Der Schalter **2122** empfängt drei Eingaben: den Wert **2120**, Wert **2128** und Wert **2124**. Der Schalter leitet als Ausgabe den Wert **2120** oder Wert **2124** in Abhängigkeit vom Wert **2128**. Wenn die Summe **2128** geringer ist als 0, ist die Ausgabe des Schalters **2130** der Wert **2120**. Wenn der Wert **2128** größer als oder gleich 0 ist, dann ist die Ausgabe des Schalters **2130** der Wert **2124**. Die Ausgabe des Schalters **2122** wird zum Subtrahierer **2104** als Rückkopplung **2132** geleitet.

**[0121]** Die Ausgabe **2130** des Schalters **2122** gibt die Zündentscheidung an, und wenn die Zündentscheidung eine Zündung beinhaltet, welches das Drehmomentausgabenniveau der Zündung ist. In der dargestellten Aus-



führungsform ist die Ausgabe **2130** entweder eine 0, 1 oder 0,7. Auf der Basis der Eingabe **2102** gibt folglich die Ausgabe **2130** an, ob eine zugehörige Arbeitskammer während eines speziellen Arbeitszyklus ausgelassen, mit hohem Niveau an Ausgabe gezündet oder mit niedrigem Niveau an Ausgabe gezündet werden sollte. Über die Zeit ist die Schaltung **2100** angeordnet, um eine Kette von Werten (z. B. 0, 1, 0,7, 0,7, 0, 1 usw.) zu erzeugen, die eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz (z. B. Angabe von Zündung, Zündung mit Drehmoment auf hohem Niveau, Zündung mit Drehmoment auf niedrigem Niveau, Zündung mit Drehmoment auf niedrigem Niveau, Auslassung, Zündung mit Drehmoment auf hohem Niveau usw.) bilden.

**[0122]** Es sollte beachtet werden, dass Mehrniveau-Zündauslasssequenzen eine Mischung von mindestens drei verschiedenen Niveaus aufweisen, 0, 0,7 und 1 im obigen Beispiel. Unter Verwendung von drei verschiedenen Niveaus können viele verschiedene Sequenzen zu denselben oder ähnlichen effektiven Zündanteilen führen. Der Zündanteilsrechner **1602** oder das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** (**Fig. 16**) kann verwendet werden, um zu bestimmen, welche von diesen mehreren Mehrniveau-Zündauslasssequenzen die beste Kraftstoffsparsamkeit gleichzeitig mit dem Liefern des erforderlichen Ausgangsdrehmomentniveaus und von annehmbaren NVH-Eigenschaften ergibt. Etwas gegenintuitiv kann es manchmal erwünscht sein, Zündungen mit hoher Drehmomentausgabe einzufügen, selbst wenn die gesamte Kraftmaschinendrehmomentausgabe unter Verwendung von lauter niedrigen Ausgangsdrehmomentimpulsen bereitgestellt werden könnte, da die Verwendung des hohen Ausgangsdrehmomentimpulses das von der Kraftmaschine erzeugte Geräusch und Vibration von Resonanzen oder anderen unerwünschten Frequenzen weg schieben kann.

**[0123]** **Fig. 22** stellt eine andere Methode zum Bestimmen einer Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz auf der Basis des effektiven Zündanteils, der in Schritt **1710** von **Fig. 17** bestimmt wird, dar. In dieser Methode verwendet das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** eine oder mehrere Nachschlagetabellen, um eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz auf der Basis des effektiven Zündanteils (EFF), der in Schritt **1710** bestimmt wird, auszuwählen.

**[0124]** **Fig. 22** umfasst eine Beispiel-Nachschlagetabelle **2200**. Die Nachschlagetabelle **2200** gibt mehrere verschiedene Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenzen an. Jede Sequenz (d. h. jede Zeile in der Tabelle) beinhaltet eine Anzahl von Zündgelegenheitsergebnissen und ist einem unterschiedlichen effektiven Zündanteil zugeordnet. Jedes Zündgelegenheitsergebnis ist in der Tabelle als 0 (was ein Auslassen bezeichnet), 1 (was eine Zündung mit einem hohen Drehmomentausgabenniveau bezeichnet) oder 0,7 (was eine Zündung mit einem niedrigen Drehmomentausgabenniveau bezeichnet) definiert. Jede Zündgelegenheit ist einem speziellen Zylinder zugeordnet, wie durch die Spalten angegeben, die den Zylindern **1-4** einer 4-Zylinder-Kraftmaschine zugeordnet sind.

**[0125]** In diesem Beispiel verwendet das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** die Tabelle **2200**, um eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz zu bestimmen, die im Wesentlichen denselben Betrag an Kraftmaschinendrehmoment wie der effektive Zündanteil liefert, der in Schritt **1710** bestimmt wird. Als Beispiel ist, wenn der effektive Zündanteil 0,47 ist, die zugehörige Zündsequenz 0,7, 0,7, 0, 0,7, 0,7, 0, 0,7, 0,7, 0, 0,7, 0,7, 0. Dies bedeutet, dass in aufeinander folgenden Arbeitszyklen Arbeitskammern gezündet, gezündet, ausgelassen, gezündet, gezündet, ausgelassen, gezündet, gezündet, ausgelassen, gezündet, gezündet und ausgelassen werden. Die Verwendung von 0,7 für jede Zündung und die Abwesenheit einer 1 gibt an, dass alle gezündeten Arbeitskammern gezündet werden, um eine niedrige Drehmomentausgabe zu erzeugen, keine hohe Drehmomentausgabe.

**[0126]** Es sollte erkannt werden, dass **Fig. 18-22** nur einige Weisen zum Bestimmen einer geeigneten Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz darstellen und dass die obigen Techniken modifiziert werden können, wie geeignet, um die Bedürfnisse von verschiedenen Anwendungen zu erfüllen. In einigen Implementierungen muss beispielsweise ein effektiver Zündanteil nicht berechnet werden und/oder ein Sigma-Delta-Umsetzer ist nicht erforderlich. Verschiedene Ausführungsformen beinhalten das Bestimmen eines angeforderten Drehmoments (z. B. wie in Verbindung mit Schritt **1705** von **Fig. 17** beschrieben) und das Befragen von einer oder mehreren Nachschlagetabellen, um die Zündauslass-Zündsequenz auf der Basis des angeforderten Drehmoments zu bestimmen. Bei einigen Methoden ist die Funktionalität der Tabellen stattdessen durch ein Softwaremodul, einen Softwarecode, einen Algorithmus oder eine Schaltung bereitgestellt.

**[0127]** Mit Rückkehr zu **Fig. 17** überträgt in Schritt **1720** das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** die Zündauslasssequenz zur Zündsteuereinheit **1610**. Die Zündsteuereinheit **1610** weist dann die Zündentscheidungen den zugehörigen Arbeitskammern zu und betreibt die Arbeitskammern dementsprechend. Das heißt, wie in Verbindung mit Schritt **1715** erörtert, ist in verschiedenen Ausführungsformen jede Zündung in der Sequenz einer Auswahl eines Drehmomentausgabenniveaus zugeordnet (z. B. einer hohen Drehmomentausgabe,

einer niedrigen Drehmomentausgabe). Die Zündsteuereinheit **1610** weist jede Zündung in der Sequenz und ihr zugehöriges Drehmomentausgabenniveau einer speziellen Arbeitskammer zu. Die Arbeitskammern werden gezündet und betrieben, um ihre zugehörigen Drehmomentausgabenniveaus zu erzeugen.

**[0128]** Wenn als Beispiel die Zündsequenz angibt, dass die Arbeitskammern sequentiell ausgelassen, mit hoher Drehmomentausgabe gezündet und dann mit niedriger Drehmomentausgabe gezündet werden, weist die Zündsteuereinheit **1610** die zugehörigen Arbeitskammern an, dass sie in dieser Weise betrieben werden. In verschiedenen Ausführungsformen kann dies das unabhängige Steuern von Einlassventilen der zugehörigen Arbeitskammern beinhalten, um die verschiedenen Drehmomentausgabenniveaus zu erzeugen, die in der Zündauslass-Zündsequenz angegeben sind. Die Arbeitskammern können unter Verwendung irgendeiner der hier beschriebenen Ventilsteuertechniken betrieben werden (z. B. wie in Verbindung mit **Fig. 1A**, **Fig. 1B**, **Fig. 2-11**, **Fig. 12A-12F**, **Fig. 13A-13B**, **Fig. 14A-14H** und **Fig. 15** erörtert), um die verschiedenen Drehmomentausgabenniveaus zu erzeugen. Die Arbeitskammern können auch beliebige der hier oder in den obigen Figuren erörterten Konstruktionen und Anordnungen aufweisen. Es sollte erkannt werden, dass in verschiedenen Ausführungsformen, in denen nicht alle Arbeitskammern gezündet/ausgelassen oder mit verschiedenen Drehmomentniveaus gesteuert werden können, die in **Fig. 17-22** beschriebenen Steuerverfahren Vorkehrungen umfassen können, die die Kraftmaschinen-Hardwarebegrenzung erkennen und Zündungen mit hohem Niveau/Zündungen mit niedrigem Niveau-Zündungen/Auslassungen der Arbeitskammer dementsprechend lenken.

**[0129]** In verschiedenen Ausführungsformen wird die Bestimmung eines effektiven Zündanteils (Schritt **1710**), die Bestimmung einer Zündsequenz und/oder die Auswahl einer Drehmomentausgabe mit hohem oder niedrigem Niveau für ausgewählte Arbeitszyklen und Arbeitskammern (Schritt **1715**) auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit durchgeführt. Folglich können die vorstehend beschriebenen verschiedenen Operationen schnell in Reaktion auf Änderungen im angeforderten Drehmoment oder andere Bedingungen durchgeführt werden. In anderen Ausführungsformen werden die obigen Operationen etwas weniger häufig durchgeführt, z. B. bei jeder zweiten Zündgelegenheit oder in jedem Kraftmaschinenzyklus.

**[0130]** Die Operationen des Verfahrens **1700** von **Fig. 17** können unter Verwendung von irgendeinem der in **Fig. 1-15** beschriebenen Systeme durchgeführt werden. Als Beispiel bezieht sich das Verfahren **1700** auf die Erzeugung einer Zündsequenz, in der jede Zündung einem speziellen Drehmomentausgabenniveau zugeordnet ist. In verschiedenen Ausführungsformen sind diese Drehmomentausgabenniveaus die verschiedenen Leistungsniveaus oder Drehmomentausgabenniveaus, die in Verbindung mit **Fig. 13A-13B** und **Fig. 14A-14H** erörtert sind. Das heißt, wenn die Zündsequenz (Schritt **1720** von **Fig. 17**) an der Kraftmaschine implementiert wird und ausgewählte Arbeitskammern gezündet werden, um verschiedene Niveaus von Drehmomentausgabe zu erzeugen, werden beliebige der Ventilsteuermechanismen und/oder anderen Systeme, die in den Figuren beschrieben sind, verwendet, um diese verschiedenen Niveaus von Drehmomentausgabe zu erzeugen.

**[0131]** Übergang zwischen Kraftmaschinendrehmomentanteilen und effektiven Zündanteilen

**[0132]** Eine Herausforderung bei der Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung ist das Managen von Übergängen zwischen verschiedenen Kraftmaschinen-Ausgangsdrehmomentniveaus. Ein Beispiel soll betrachtet werden, in dem das Fahrpedal geringfügig herabgetreten wird, was einen Wunsch nach mehr Drehmoment angibt. Diese Erhöhung der Drehmomentanforderung kann nur durch Erhöhen der Zylinderlast über jenes Niveau hinaus, das annehmbare Niveaus von NVH schafft, durchgeführt werden. Folglich werden ein unterschiedlicher Zündanteil und Niveauanteil gewählt. Wenn jedoch das neue Muster abrupt verwendet wird, kann die resultierende Änderung des gelieferten Drehmoments so abrupt sein, dass sie ein separates NVH-Problem erzeugt. Folglich kann es erwünscht sein, einen allmählicheren Übergang zwischen den zwei effektiven Zündanteilen zu haben.

**[0133]** Solche Übergänge können unter Verwendung einer Vielfalt von Techniken gemanagt werden. Zum Einen könnte der Zündfunkenzeitpunkt eingestellt werden, um die Drehmomentausgabe während des Übergangs zu verringern. Die Verwendung des Zündfunkenzeitpunkts in dieser Weise ist jedoch im Allgemeinen nicht kraftstoffeffizient. Eine andere Option besteht darin, den Übergang unter Verwendung einer Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung zu managen.

**[0134]** Eine Beispieltechnik ist in **Fig. 23** beschrieben. **Fig. 23** stellt ein Verfahren **2300** zur Verwendung der Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung dar, um einen Übergang zwischen einem ersten und einem zweiten effektiven Zündanteil zu managen. Anfänglich wird in Schritt **2305** eine Kraftmaschine unter Verwendung eines speziellen effektiven Zündanteils betrieben. Danach wird die Kraftmaschine unter Verwendung eines zweiten, anderen effektiven Zündanteils betrieben (Schritt **2310**). Diese verschiedenen effektiven

Zündanteile sind im Allgemeinen verschiedenen Kraftmaschinen-Ausgangsdrehmomentniveaus zugeordnet, obwohl in einigen Fällen das Kraftmaschinendrehmoment über einen effektiven Zündanteilsübergang konstant bleiben kann.

**[0135]** Jeder der effektiven Zündanteile kann das Betreiben der Kraftmaschine in einer Zündauslassweise beinhalten. In einigen Fällen kann es eine Vielfalt von Zündmustern geben, während in anderen Fällen eine begrenzte Anzahl von Zündmustern vorhanden sein kann, z. B. rollende Zylinderdeaktivierung, wobei ein Zylinder in der Folge bei abwechselnden Zündgelegenheiten zündet und auslässt. In einigen Fällen kann der effektive Zündanteil einem Betrieb mit variablem Hubraum entsprechen, z. B. in dem ein fester Satz von Zylindern deaktiviert wird oder ein Betrieb mit allen Zylindern verwendet wird. Selbst wenn der Betrieb mit variablem Hubraum mit festen Zylindersätzen kein Zündauslassbetrieb ist, kann, wenn er durch die Kraftmaschinenhardware unterstützt wird, die Zündauslasssteuerung verwendet werden, um zwischen den verschiedenen festen Hubraumniveaus überzugehen. In einigen Fällen kann der effektive Zündanteil null sein, wie z. B. im Leerlauf. Während jedes Betriebszustandes, in dem ein spezieller Zündanteil verwendet wird, um die Kraftmaschine zu betreiben, kann die Kraftmaschine unter Verwendung irgendeiner der in Verbindung mit **Fig. 16-22** beschriebenen Techniken oder unter Verwendung von anderen Kraftmaschinensteuertechniken betrieben werden.

**[0136]** In Schritt **2315** wird während des Übergangs zwischen den zwei effektiven Zündanteilen die Kraftmaschine unter Verwendung einer Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz betrieben. Die Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz kann in einer Vielfalt von Weisen in Abhängigkeit von den Bedürfnissen einer speziellen Anwendung erzeugt werden. In einigen Ausführungsformen wird beispielsweise der effektive Zündanteil allmählich auf einen oder mehrere Zwischenzündanteile während des Übergangs erhöht. Eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz wird auf der Basis des Zwischenzündanteils (der Zwischenzündanteile) erzeugt und verwendet, um die Kraftmaschine während des Übergangs zu betreiben. Die Änderungsrate des effektiven Zündanteils während des Übergangs kann auf irgendeinem geeigneten Kraftmaschinenparameter, z. B. dem Krümmerabsolutdruck, basieren. Irgendeine der in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Techniken (z. B. eine oder mehrere Nachschlagetabellen, ein Sigma-Delta-Umsetzer usw.) kann verwendet werden, um die Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz zu erzeugen. Außerdem sind verschiedene Techniken zur Verwendung des Zündauslassbetriebs während eines Übergangs zwischen Modi in der gemeinsam übertragenen US-Patentanmeldung Nr. 13/799 389 beschrieben, die in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke hier aufgenommen wird. Beliebige der darin beschriebenen Techniken können auch verwendet werden.

**[0137]** Eine Methode beinhaltet das Speichern von vorbestimmten Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenzen in einer Bibliothek (z. B. in einer oder mehreren Nachschlagetabellen). In verschiedenen Ausführungsformen ist jede Zündauslass-Zündsequenz speziellen effektiven Zündanteilen zugeordnet. Um eine geeignete Mehrniveau-Zündsequenz zur Verwendung für einen Übergang zu bestimmen, befragt das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** die Bibliothek und wählt eine der vorbestimmten Sequenzen aus. Die ausgewählte Sequenz wird dann verwendet, um die Kraftmaschine während des Übergangs zu betreiben.

**[0138]** Ein Beispiel soll betrachtet werden, in dem eine Vier-Zylinder-Kraftmaschine unter Verwendung einer Zündsequenz betrieben wird, in der die vier Arbeitskammern auf der Basis des Musters 0,7, 0, 0,7, 0 gezündet oder ausgelassen werden. Das heißt, die Arbeitskammern **1-4** werden wiederholt gezündet, ausgelassen, gezündet und ausgelassen, wobei jede Zündung eine Zündung mit niedriger Niveaueingabe ist (z. B. die einen CTF=0,7 beinhaltet). Folglich ist der äquivalente effektive Zündanteil für diesen Typ von Kraftmaschinenbetrieb 0,35. Die Kraftmaschine geht dann in einen anderen Typ von Kraftmaschinenbetrieb über, in dem das Zündmuster 0,7, 0,7, 0,7, 0,7 ist. Das heißt, die Arbeitskammern werden wiederholt gezündet und keine Arbeitskammern werden ausgelassen. Jede Zündung erzeugt dasselbe niedrige Ausgabeniveau (z. B. CTF = 0,7). Der effektive Zündanteil für diesen Typ von Kraftmaschinenbetrieb ist somit 0,7. Das heißt, das Kraftmaschinenausgangsdrehmoment verdoppelt sich im Übergang vom ersten effektiven Zündanteil (0,35) zum zweiten effektiven Zündanteil (0,7) unter der Annahme, dass andere Kraftmaschinenparameter wie z. B. MAP und Zündfunkenzeitpunkt fest bleiben.

**[0139]** In diesem Beispiel befragt das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** eine oder mehrere Nachschlagetabellen. Auf der Basis der zugehörigen effektiven Zündanteile stellt (stellen) die Nachschlagetabelle(n) die folgenden Übergangs-Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenzen (nachstehend unterstrichen) bereit:

0, 0,7, 0, 0,7 (erster effektiver Zündanteil)

0, 1, 0,7, 1

0,7, 0,7, 0, 0,7

0,7, 0,7, 0,7, 0,7 (zweiter effektiver Zündanteil)

**[0140]** Die Arbeitskammern **1-4** werden dann auf der Basis der obigen Übergangsmuster als Kraftmaschinen-übergänge zwischen den zwei effektiven Zündanteilen betrieben. Folglich wurde das Kraftmaschinendrehmoment allmählicher erhöht, was folglich hilft, den Übergang zu glätten und den Fahrgastkomfort zu verbessern.

**[0141]** Es sollte erkannt werden, dass die obige Verwendung der Übergangs-Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenzen in einer breiten Vielfalt von Kraftmaschinentypen verwendet werden kann. Folglich ist es nicht erforderlich, dass jede Arbeitskammer in der Kraftmaschine zur Deaktivierung und/oder Zündung mit mehreren Drehmomentausgabenniveaus in der Lage ist. Es ist möglich, dass nur eine oder einige der Arbeitskammern die obige Funktionalität aufweisen, z. B. wie vorher in Verbindung mit **Fig. 14A-14H** erörtert. Im obigen Beispiel können beispielsweise nur der erste und der dritte Zylinder deaktiviert werden. Der zweite und der vierte Zylinder werden während jedes Kraftmaschinenzyklus gezündet und sind in der Lage, ihre Arbeitskammerausgabe zwischen hohen und niedrigen Niveaus einzustellen.

**[0142]** In einigen Situationen kann es während eines Übergangs zwischen zwei effektiven Zündanteilen erwünscht sein, den Niveauanteil zu ändern. Das heißt, in einem Kraftmaschinensteuersystem, das mehrere Niveaus an Arbeitskammer-Drehmomentausgabe ermöglicht, kann es während des Übergangs zwischen effektiven Zündanteilen nützlich sein, die Frequenz zu ändern, mit der ein spezielles Arbeitskammer-Ausgabenniveau verwendet wird.

**[0143]** Ein Beispiel soll betrachtet werden, in dem eine Kraftmaschine zwischen zwei effektiven Zündanteilen umstellt.

**[0144]** Wenn die Kraftmaschine unter Verwendung des ersten effektiven Zündanteils betrieben wird, ist der effektive Zündanteil  $\frac{1}{2}$  und die Arbeitskammern **1-4** der Kraftmaschine werden unter Verwendung einer Sequenz von 1-0-1-0 betrieben (d. h. Zündung mit einem hohen Niveau an Arbeitskammer-Drehmomentausgabe, Auslassung, Zündung mit einem hohen Niveau an Arbeitskammer-Drehmomentausgabe, Auslassung). Wenn die Kraftmaschine unter Verwendung des zweiten effektiven Zündanteils betrieben wird, ist der effektive Zündanteil **1** und die Kraftmaschine wird unter Verwendung einer Sequenz von 1-1-1-1 betrieben (d. h. jede Arbeitskammer wird mit einem hohen Niveau an Ausgabe gezündet). Folglich wird die Kraftmaschinendrehmomentausgabe während des Übergangs zwischen den zwei effektiven Zündanteilen verdoppelt, unter der Annahme, dass andere Kraftmaschinenparameter fest bleiben.

**[0145]** Da alle der vorstehend erwähnten Zündungen das Erzeugen einer maximalen Arbeitskammerausgabe beinhalten, ist der Zündanteil für jeden der vorstehend erwähnten Betriebszustände gleich dem effektiven Zündanteil (was annimmt, dass jede Zündung einen CTF = 1,0 beinhaltet) und der Anteil mit hohem Niveau (HLF) für beide Zustände ist 1 (d. h. 100 % der Zündungen beinhalten eine Ausgabe mit hohem Niveau). In diesem Beispiel können die Arbeitskammern auch jeweils mit einem niedrigen Niveau an Arbeitskammer-Drehmomentausgabe gezündet werden (z. B. CTF = 0,7). Jeder effektive Zündanteil kann durch die folgenden Werte gekennzeichnet sein: (X, Y), wobei X = der Zündanteil und Y = der HLF, wie in **Fig. 19** gezeigt. Folglich sind die zwei Zustände durch  $(\frac{1}{2}, 1)$  und  $(1, 1)$  gekennzeichnet.

**[0146]** Während eines Übergangs zwischen zwei verschiedenen effektiven Zündanteilen ist es manchmal erwünscht, dass die Kraftmaschine in einer Zündauslassweise unter Verwendung eines anderen Niveauanteils als demjenigen, der verwendet wird, während die Kraftmaschine in einem oder beiden Zuständen betrieben wird, betrieben wird. Im Zusammenhang mit dem obigen Beispiel besteht während des Übergangs eine Änderung von  $(\frac{1}{2}, 1)$  auf  $(1, 0)$ , d. h. eine Zündsequenz von 0,7-0,7-0,7-0,7. Das heißt, während einer Teilmenge der Zündung im Übergang zwischen den zwei Zuständen werden die Arbeitskammern mit einem niedrigen Niveau an Ausgabe gezündet (z. B. CTF = 0,7). Der effektive Zündanteil geht folglich von  $\frac{1}{2}$  auf 0,7 auf 1 über. Ein Vorteil der Verwendung von Zündungen mit niedrigem Niveau während des Übergangs besteht darin, dass das durch solche Zündungen erzeugte NVH niedriger ist. Dies liegt daran, dass die Zündungen niedrigere Zylinderlasten beinhalten und auch dass keine Auslassungen im Zündmuster bestehen.

**[0147]** Im obigen Beispiel wurde die Kraftmaschine unter Verwendung eines hohen Niveauanteils von 1 betrieben, wenn sie mit einem festen effektiven Zündanteil und 0 während eines Übergangs zwischen den festen

Zündanteilen betrieben wurde. Das Umgekehrte kann auch stattfinden. Mit anderen Worten, ein Beispiel soll betrachtet werden, in dem jede Arbeitskammer wieder mit einem von zwei Ausgabeniveaus gezündet werden kann, einem hohen Ausgabeniveau (z. B. CTF = 1,0) oder einem niedrigen Ausgabeniveau (z. B. CTF = 0,7). Im anfänglichen effektiven Zündanteil wird die Kraftmaschine unter Verwendung von (1/2, 0) betrieben. Im effektiven Zielzündanteil wird die Kraftmaschine unter Verwendung von (1, 0) betrieben. Das heißt, während sie mit einem festen effektiven Zündanteil betrieben wird, wird die Kraftmaschine unter Verwendung eines hohen Niveauanteils von 0 betrieben (d. h. alle Zündungen erzeugen ein niedrigeres Niveau an Drehmomentausgabe). Der Übergang beinhaltet jedoch einen anderen hohen Niveauanteil. In diesem Beispiel wird die Kraftmaschine in einer Zündauslassweise unter Verwendung eines hohen Niveauanteils von 1, d. h. (1/2, 1), betrieben. Folglich ändert sich der effektive Zündanteil von 0,35 auf 0,5 auf 0,7.

**[0148]** In anderen Ausführungsformen kann der effektive Zündanteil gefiltert werden, um den Übergang zwischen dem anfänglichen und dem endgültigen Zündanteil zu verlangsamen. Dies kann durch Filtern des Zündanteils, Filtern des Niveauanteils oder Filtern beider Größen durchgeführt werden. Die Filtertechniken und Zeitkonstanten für den Zündanteil und Niveauanteil können äquivalent sein oder können sich unterscheiden in Abhängigkeit von der Art des Übergangs. Verfahren zum Filtern und Managen eines Übergangs sind in der US-Patentanmeldung Nrn. 13/654 244 und 14/857 371 beschrieben, die durch den Hinweis in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke hier aufgenommen werden. Beliebige dieser Verfahren können während des Übergangs verwendet werden. In einigen Ausführungsformen wird beispielsweise der EFF mit einer konstanten Rate überführt durch Überführen des FF mit einer konstanten Rate und des LF monoton mit einer geeignet berechneten Rate. Alternativ könnte zuerst zu einem Zwischenpunkt übergegangen werden, dann zum endgültigen Anteil (z. B. 1/2 auf 0,7 auf 1), so dass der LF oder FF sich nicht monoton ändert. Der Zwischenwert könnte aus einer Nachschlagetabelle bestimmt werden; beispielsweise arbeitet eine 2D-Tabelle gut, wenn eine Dimension der Startanteil ist und die zweite Dimension der Zielanteil ist. Eine dritte Dimension kann hinzugefügt werden, wie z. B. ein Kraftmaschinenparameter oder die Änderungsrate der Fahrpedalposition. In einigen Fällen kann es auch erwünscht sein, einen konstanten effektiven Zündanteil aufrechtzuerhalten, aber den Zündanteil und Niveauanteil zu ändern. In diesem Fall könnten der FF und LF mit konstanten entgegengesetzten Raten übergehen, so dass ihr Produkt, der EFF, konstant bleibt.

#### Klopfdetektion und Klopfmanagement

**[0149]** Die Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung kann verwendet werden, um zu helfen, das Klopfen zu managen. Das Klopfen tritt gewöhnlich häufiger unter hohen Drücken oder Temperaturen auf, z. B. wenn die Arbeitskammer mit maximalen Mengen an Luft und Kraftstoff gezündet wird, um die höchstmögliche Drehmomentausgabe zu erzeugen. Unter ausgewählten Bedingungen ist es folglich erwünscht, Arbeitskammern mit einem niedrigeren Drehmomentausgabeniveau zu zünden, wenn Klopfen detektiert wurde.

**[0150]** Mit Bezug auf **Fig. 24** wird ein Beispielfahrer 2400 für das Verringern der Wahrscheinlichkeit von Klopfen in einem Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuersystem beschrieben. Anfänglich wird die Kraftmaschine in Schritt 2405 unter Verwendung einer Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz betrieben. Das heißt, eine Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuereinheit 1630 empfängt eine Drehmomentanforderung und erzeugt eine Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz, um das gewünschte Drehmoment zu liefern. Die Kraftmaschine wird auf der Basis der Zündsequenz betrieben. In verschiedenen Ausführungsformen wird die Kraftmaschine unter Verwendung irgendeiner der Mehrniveau-Zündauslass-Operationen, Mechanismen und/oder Systeme betrieben, die in dieser Anmeldung beschrieben werden (z. B. wie in **Fig. 16** oder **Fig. 17** beschrieben).

**[0151]** In Schritt 2410 detektiert ein Kraftmaschinendiagnosemodul 1650 (**Fig. 16**) ein (potentielles) Klopfen in einer oder mehreren Arbeitskammern der Kraftmaschine 1612. Irgendeine geeignete Technik oder beliebige geeignete Sensoren können verwendet werden, um mögliches Klopfen in der Kraftmaschine zu detektieren. In einigen Implementierungen empfängt beispielsweise das Kraftmaschinendiagnosemodul 1650 Sensordaten von einem oder mehreren Klopfensensoren, die Vibrationsmuster detektieren, die durch die Arbeitskammern der Kraftmaschine 1612 erzeugt werden. Das Kraftmaschinendiagnosemodul 1650 analysiert die Vibrationsmuster, um zu bestimmen, ob Klopfen stattgefunden haben kann.

**[0152]** In Reaktion auf die Detektion eines (potentiellen) Klopfens in einer Arbeitskammer der Kraftmaschine 1612 fordert das Kraftmaschinendiagnosemodul 1650 an, dass eine oder mehrere ausgewählte Arbeitskammern während eines oder mehrerer ausgewählter Arbeitszyklen nur mit (einem) niedrigeren Ausgabeniveau (s) gezündet werden (Schritt 2415). Ein Beispiel-Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuersystem soll betrachtet werden, in dem eine spezielle Arbeitskammer mit niedrigen (z. B. CTF = 0,5), mittleren (CTF = 0,

7) und hohen (CTF = 1,0) Niveaus gezündet werden kann. In Reaktion auf die Detektion eines (potentiellen) Klopfens in einer speziellen Arbeitskammer verhindert das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650**, dass die Arbeitskammer mit einem oder mehreren ausgewählten Niveaus gezündet wird (z. B. dem mittleren und/oder hohen Niveau). Anders ausgedrückt, der (hohe) Niveauanteil kann verringert/geändert werden (z. B. von 1 auf 0). Diese Einschränkung kann auf eine einzelne Arbeitskammer, eine Teilmenge der Arbeitskammern oder alle Arbeitskammern angewendet werden. Sie kann auch auf eine ausgewählte Anzahl von Arbeitszyklen oder auf alle Arbeitszyklen für eine vorbestimmte Zeitdauer angewendet werden.

**[0153]** In verschiedenen Ausführungsformen überträgt das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** die obige Anforderung zum Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606**, so dass zukünftige Zündauslasssequenzen solche Begrenzungen berücksichtigen, wenn eine Sequenz bestimmt wird, um ein angefordertes Drehmoment zu liefern. In Schritt **2420** wird die Kraftmaschine in einer Zündauslassweise auf der Basis der Anforderung betrieben. Das heißt, die Kraftmaschine wird betrieben, wie in Schritt **2405** beschrieben, außer dass das angeforderte Drehmoment unter Verwendung nur der zulässigen Arbeitskammer-Ausgabeniveaus geliefert wird.

**[0154]** Klopfen tritt gewöhnlich häufiger auf, wenn eine Arbeitskammer gezündet wird, um eine hohe Drehmomentausgabe zu erzeugen, d. h. mit einem höheren CTF. Dies liegt daran, dass die Drücke und Temperaturen innerhalb der Arbeitskammer unter solchen Bedingungen gewöhnlich signifikant größer sind. Es gibt Mittel zum Verringern der Drücke und Temperaturen in der Arbeitskammer, z. B. durch Einstellen des Zündfunkenzeitpunkts. Solche Techniken sind jedoch gewöhnlich weniger kraftstoffeffizient. Durch Begrenzen von Zündungen, um Drehmomentausgabeniveaus durch Verringern der Luftladung zu verringern, kann die Wahrscheinlichkeit für Klopfen in einer kraftstoffeffizienteren Weise verringert werden.

**[0155]** Wahlweise umfasst das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** ein Merkmal zum erneuten Ermöglichen von Zündungen mit hoher Drehmomentausgabe in Reaktion auf hohe Drehmomentanforderungen. In Schritt **2425** empfängt die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** eine hohe Drehmomentanforderung, z. B. auf der Basis von Daten, die von einem Fahrpedal-Positionssensor empfangen werden. In verschiedenen Ausführungsformen muss die hohe Drehmomentanforderung einen vorbestimmten Schwellenwert überschreiten, damit das Verfahren zu Schritt **2430** fortschreitet.

**[0156]** In Schritt **2430** bewirkt in Reaktion auf die hohe Drehmomentanforderung das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650**, dass das Kraftmaschinensteuersystem die Verwendung von Zündungen mit hoher Ausgabe fortsetzt. Das heißt, einige oder alle der Einschränkungen für die Zündungen mit hoher Ausgabe, die in Schritt **2415** implementiert wurden, werden entfernt. In Schritt **2435** führen das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650**, die Zündsteuereinheit **1610** und/oder das Antriebsstrang-Parametereinstellmodul **1608** eine oder mehrere geeignete Operationen zum Verringern des Risikos für weiteres Klopfen durch. Eine beliebige bekannte Technik kann verwendet werden, um das Risiko von Klopfen zu verringern, z. B. Zündfunkenzeitpunkteinstellung.

#### Verlangsamungszylinderabschalt- und Start/Stop-Merkmal

**[0157]** Die Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung kann auch in bestimmten Situationen verwendet werden, in denen keine Arbeitskammern gezündet werden und der Krümmerabsolutdruck auf Atmosphärenniveau ansteigt. Wenn beispielsweise ein Fahrzeug im Leerlauf ist und/oder zu einem Stopp kommt, kann der Fahrer seinen Fuß vom Fahrpedal lösen. In einer solchen Situation können verschiedene Kraftmaschinensysteme zu einem Modus umstellen, der als Verlangsamungszylinderabschalten (DCCO) bezeichnet wird. In diesem Modus werden, um Kraftstoff zu sparen, die Zylinder der Kraftmaschine deaktiviert, während kein Drehmoment von der Kraftmaschine angefordert wird. Während dieser Periode werden die Einlass- und Auslassventile geschlossen und keine Luft wird vom Einlasskrümmer in die Arbeitskammern der Kraftmaschine zugeführt.

**[0158]** Eine andere Situation besteht, wenn ein Start/Stop-Merkmal implementiert wird. Das heißt, in einigen Kraftmaschinensystemen wird, wenn das Fahrzeug gestoppt hat, die Kraftmaschine, anstatt dass sie im Leerlauf ist, ausgeschaltet, um Kraftstoff zu sparen. Da in beiden der obigen Situationen keine Luft vom Einlasskrümmer in die Arbeitskammern zugeführt wird, ist der Krümmerabsolutdruck (MAP) gleich dem Atmosphärendruck. Ein Problem dabei besteht darin, wenn das Fahrpedal wieder herabgetreten wird oder irgendeine andere Kraftmaschinensteuerung ein Drehmoment verlangt, dass der hohe MAP verursachen kann, dass die Kraftmaschine mehr Drehmoment liefert als erforderlich ist. Wenn keine Maßnahmen unternommen werden, um den Drehmomentstoß zu mildern, können das Fahrzeug und/oder die Kraftmaschine abrupt beschleunigen.

**[0159]** Die Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung kann verwendet werden, um das obige Problem anzugehen. Ein Beispielverfahren **2500** ist in **Fig. 25** dargestellt. Anfänglich wird in Schritt **2505** die Kraftmaschine unter Verwendung einer Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz betrieben. Das heißt, die Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuereinheit **1630** empfängt Drehmomentanforderungen und erzeugt Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenzen, um das gewünschte Drehmoment zu liefern. Die Kraftmaschine wird auf der Basis der Zündsequenzen betrieben. In verschiedenen Ausführungsformen wird die Kraftmaschine unter Verwendung von irgendeiner der Mehrniveau-Zündauslassoperationen, Mehrniveau-Zündauslassmechanismen oder Mehrniveau-Zündauslasssysteme, die in dieser Anmeldung beschrieben sind, betrieben (z. B. wie in **Fig. 16** oder **Fig. 17** beschrieben).

**[0160]** In Schritt **2510** detektiert die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** (oder irgendein geeignetes Modul in der Steuereinheit), dass eine oder mehrere Bedingungen existieren. In einigen Ausführungsformen detektiert die Steuereinheit **1630** beispielsweise, dass die Kraftmaschine im Leerlauf war/verlangsamt hat, in den DCCO eingetreten ist und/oder dass ein Drehmoment nun angefordert wurde. In anderen Ausführungsformen detektiert die Steuereinheit **1630**, dass die Kraftmaschine unter Verwendung eines Start/Stop-Merkmals gestoppt wurde und dass ein Drehmoment wieder angefordert wird.

**[0161]** In Reaktion auf die Detektion der Bedingung(en) erfordert die Steuereinheit **1630**, dass eine oder mehrere ausgewählte Arbeitskammern während eines oder mehrerer ausgewählter Arbeitszyklen nur mit (einem) niedrigeren Drehmomentausgabenniveau(s) gezündet werden (Schritt **2515**). Die Anforderung kann eine breite Vielfalt von Formen annehmen. In einigen Ausführungsformen verhindert die Steuereinheit **1630** beispielsweise irgendeine Verwendung von einem oder mehreren höheren Arbeitskammer-Ausgabenniveaus (z. B. CTF = 1,0). Anders ausgedrückt, der hohe Niveauteil wird verringert oder auf einem niedrigeren Niveau gehalten (z. B. auf 0, 1/2 usw. gesetzt). Die Anforderung kann irgendeine der vorstehend in Verbindung mit Schritt **2415** von **Fig. 24** beschriebenen Operationen und Merkmale umfassen, z. B. irgendeine Anzahl von Arbeitskammern oder Arbeitszyklen kann in dieser Weise eingeschränkt werden usw.

**[0162]** In Schritt **2515** wird die Kraftmaschine in einer Mehrniveau-Zündauslassweise auf der Basis der Anforderung betrieben. Das heißt, die Kraftmaschine wird betrieben, wie in Schritt **2505** beschrieben, außer dass das angeforderte Drehmoment nur unter Verwendung der zulässigen Arbeitskammer-Ausgabenniveaus geliefert wird. In einigen Ausführungsformen ist die Anforderung in Kraft, bis eine spezielle Bedingung erfüllt ist, oder für eine vorbestimmte Zeitdauer, wonach der normale Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinenbetrieb fortgesetzt wird. Alternativ oder zusätzlich kann der hohe Niveauteil allmählich über die Zeit erhöht werden, bis der normale Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinenbetrieb fortgesetzt wird. Diese allmähliche Erhöhung kann dynamisch auf der Basis von einem oder mehreren Kraftmaschinenparametern, z. B. des Krümmerabsolutdrucks, eingestellt werden. Die Verwendung von niedrigeren Anteilen mit hohem Niveau und/oder niedrigeren Arbeitskammer-Drehmomentausgabenniveaus hilft, die Effekte des hohen MAP zu mildern.

**[0163]** Wahlweise kann die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** ein Merkmal zum erneuten Ermöglichen von Zündungen mit hoher Ausgabe in Reaktion auf hohe Drehmomentanforderungen aufweisen. In Schritt **2525** empfängt die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** eine hohe Drehmomentanforderung, z. B. auf der Basis von Daten, die von einem Fahrpedal-Positionssensor empfangen werden. In verschiedenen Ausführungsformen muss die hohe Drehmomentanforderung einen vorbestimmten Schwellenwert überschreiten, damit das Verfahren zu Schritt **2530** fortschreitet.

**[0164]** In Schritt **2530** bewirkt die Kraftmaschinensteuereinheit **1630** in Reaktion auf die hohe Drehmomentanforderung, dass die Zündsteuereinheit **1610** die Verwendung von Zündungen mit hoher Ausgabe fortsetzt. Das heißt, einige oder alle der Einschränkungen für die Zündungen mit hoher Drehmomentausgabe, die in Schritt **2515** implementiert wurden, werden entfernt.

**[0165]** Beliebige der Schritte des Verfahrens **2500** können modifiziert werden, wie für verschiedene Anwendungen geeignet. Als Beispiel beschreibt die US-Patentanmeldung Nr. 14/743 581, die nachstehend als '581-Anmeldung bezeichnet wird und durch den Hinweis in ihrer Gesamtheit für alle Zwecke aufgenommen wird, verschiedene Techniken zum Implementieren eines Start/Stop-Merkmals mit Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung. Beliebige der in der '581-Anmeldung beschriebenen Merkmale oder Operationen können ebenso im Verfahren **2500** enthalten sein.

## Kraftmaschinendiagnose-Anwendungen

**[0166]** Die Verwendung der Mehrniveau-Zündauslass-Kraftmaschinensteuerung kann auch eine Auswirkung auf die Konstruktion von Kraftmaschinendiagnosesystemen haben. In verschiedenen Kraftmaschinendiagnosesystemen wird ein Kraftmaschinenproblem auf der Basis der Messung eines speziellen Kraftmaschinenparameters (z. B. Kurbelwellenbeschleunigung) detektiert. In verschiedenen Ausführungsformen berücksichtigen solche Systeme die Effekte von Zündungen, die verschiedene Niveaus von Drehmomentausgabe erzeugen.

**[0167]** Mit Bezug auf **Fig. 26** wird ein Beispielverfahren **2600** zum Diagnostizieren eines Kraftmaschinenproblems beschrieben. Anfänglich erhält in Schritt **2605** das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** Zündinformationen, z. B. vom Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** und/oder von der Zündsteuereinheit **1610**. Die Zündinformationen umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf Zündentscheidungen (z. B. Auslassungen oder Zündungen), Zündsequenzen und die Identitäten von zugehörigen Arbeitskammern. Die Zündinformationen umfassen auch Informationen, die das Niveau der Arbeitskammerausgabe angeben, die jeder Entscheidung zugeordnet ist, eine Arbeitskammer zu zünden.

**[0168]** In Schritt **2610** weist das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** ein Fenster jeder Zündgelegenheit zu. Das Fenster kann irgendeine geeignete Zeitdauer oder irgendein geeignetes Intervall sein, das einer Zielzündgelegenheit einer Zielarbeitskammer entspricht. Ein spezieller Kraftmaschinenparameter wird später über dem Fenster gemessen, um zu helfen, zu bestimmen, ob ein Kraftmaschinenproblem in der Zielarbeitskammer während des Fensters aufgetreten ist. Die Eigenschaften des Fensters können sich in Abhängigkeit vom Typ der Kraftmaschinenparametermessung unterscheiden.

**[0169]** Ein Beispiel soll betrachtet werden, das eine Vier-Takt-Acht-Zylinder-Kraftmaschine beinhaltet. In diesem Beispiel ist das zugehörige Fenster ein Winkelfenstersegment, das einer Drehung von 90° der Kurbelwelle entspricht. Während dieses Fensters wird eine Zielarbeitskammer gezündet. Das heißt, in diesem Beispiel bedeckt das Fenster die erste Hälfte des Leistungshubs für die Zielarbeitskammer. Es sollte erkannt werden, dass das Fenster irgendeine geeignete Länge in Abhängigkeit von den Bedürfnissen einer speziellen Anwendung aufweisen kann.

**[0170]** In Schritt **2615** bestimmt das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** während des zugewiesenen Fensters die Arbeitskammer-Drehmomentausgabe, die einer oder mehreren der Arbeitskammern während des Fensters zugeordnet ist. Anders ausgedrückt, in verschiedenen Ausführungsformen haben das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606** und/oder die Zündsteuereinheit **1610** eine Zündentscheidung jeder Arbeitskammer zugewiesen. Während eines speziellen Fensters, das in Schritt **2610** zugewiesen wird, wird eine Zielarbeitskammer gezündet. Während desselben Fensters befinden sich die anderen Arbeitskammern in verschiedenen Stufen eines Betriebszyklus. Um das obige Beispiel zu verwenden, haben einige Arbeitskammern bereits den Leistungshub vollendet; andere vollenden noch oder treten später in den Leistungshub ein. Für ihre zugehörigen Leistungshübe ist jede Arbeitskammer so angeordnet, dass sie ausgelassen oder gezündet wird. Für jede Zündung wurde ein spezielles Arbeitskammer-Ausgabenniveau zugewiesen, z. B. eine Zündung mit einer niedrigen Drehmomentausgabe, eine Zündung mit einer hohen Drehmomentausgabe usw. Das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** bestimmt die Arbeitskammer-Drehmomentausgabe, die einer, einigen oder allen der Arbeitskammern während des zugewiesenen Fensters zugeordnet ist.

**[0171]** In Schritt **2620** liefert das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** einen Kraftmaschinenparameter-Schwellenwert oder ein Kraftmaschinenparameter-Modell. In einigen Ausführungsformen bestimmt das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** beispielsweise einen Kraftmaschinenparameter-Schwellenwert (z. B. einen Kurbelwellen-Beschleunigungsschwellenwert), der verwendet wird, um später zu helfen zu bestimmen, ob ein Kraftmaschinenproblem existiert. Das heißt, der Schwellenwert hilft, einen erwarteten Wert für eine spätere Kraftmaschinenparametermessung in Anbetracht der Zündinformationen (Schritt **2605**) und Drehmomentausgabenniveaubestimmungen (Schritt **2615**) anzugeben. In anderen Ausführungsformen bestimmt das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** ein Modell (z. B. ein Drehmomentmodell), das auch verwendet werden kann, um zu helfen, ein Kraftmaschinenproblem zu identifizieren. Als Beispiel kann ein Drehmomentmodell verwendet werden, um zu helfen, ein erwartetes Drehmoment anzugeben, das durch die Arbeitskammern während des Fensters erzeugt werden sollte. Das Modell berücksichtigt die Zündentscheidungen, die für eine oder mehrere Arbeitskammern während des Fensters getroffen werden (z. B. wie durch die in Schritt **2605** erhaltenen Zündinformationen angegeben), und für jede Zündung das zugehörige Drehmomentausgabenniveau (z. B. wie durch die in Schritt **2615** durchgeführten Bestimmungen angegeben).



**[0172]** In Schritt **2625** misst das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** einen Kraftmaschinenparameter während des Fensters. Eine Vielfalt von Kraftmaschinenparametern kann in Abhängigkeit von den Bedürfnissen einer speziellen Anwendung und des Kraftmaschinenproblems, das diagnostiziert wird, verwendet werden. Einige Konstruktionen beinhalten beispielsweise das Messen der Kurbelwellenbeschleunigung, des MAP und/oder der Sauerstoffsensorausgabe während des Fensters, obwohl ein beliebiger geeigneter Parameter gemessen werden kann. Es sollte erkannt werden, dass verschiedene Messungen verschiedene Fenster verwenden können.

**[0173]** Auf der Basis der Messung (Schritt **2625**) und des Schwellenwerts/Modells (Schritt **2620**) bestimmt dann das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650**, ob ein Kraftmaschinenproblem existiert. Diese Bestimmung kann in einer Vielfalt von Weisen durchgeführt werden. In einigen Ausführungsformen wird beispielsweise die Kurbelwellenbeschleunigung gemessen (Schritt **2625**). Die Messung wird verwendet, um ein während des Fensters erzeugtes tatsächliches Drehmoment abzuschätzen. Dies wird mit einem erwarteten Drehmoment verglichen, das unter Verwendung des Drehmomentmodells berechnet wird (z. B. Schritt **2620**). Wenn das tatsächliche Drehmoment geringer ist als das erwartete Drehmoment, dann bestimmt das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650**, dass ein Kraftmaschinenproblem (z. B. eine Fehlzündung) existieren kann. In anderen Implementierungen wird die Kurbelwellenbeschleunigungsmessung mit einem Schwellenwert verglichen (z. B. Schritt **2620**) und eine Drehmomentabschätzung ist nicht erforderlich. Wenn die tatsächliche Messung den Schwellenwert überschreitet, dann wird angenommen, dass ein Kraftmaschinenproblem existiert oder wahrscheinlich existiert.

**[0174]** Um zu helfen, darzustellen, wie einige Ausführungsformen des Verfahrens durchgeführt werden können, wird das folgende Beispiel bereitgestellt. In diesem Beispiel ist die Kraftmaschine Vier-Takt-Acht-Zylinder, wobei Zylinder in der Reihenfolge **1-8-7-2-6-5-4-3** gezündet werden. Jeder Zylinder weist unabhängig gesteuerte Einlassventile auf und/oder kann die Ventile unter Verwendung von verschiedenen Zyklen betreiben, wie in Verbindung mit **Fig. 1-15** beschrieben. Folglich kann jeder Zylinder, wenn er gezündet wird, mit einem von zwei Drehmomentausgabeneiveaus gezündet werden: z. B. niedrige Drehmomentausgabe (z. B. CTF = 0,7) oder hohe Ausgabe (CTF = 1,0).

**[0175]** Das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** ist angeordnet, um zu bestimmen, ob die Arbeitskammer **8** fehlzündet. Das Modul erhält Zündinformationen (Schritt **2605**), die angeben, dass während aufeinander folgender Zündgelegenheiten die Arbeitskammern **1, 8, 7, 2, 6, 5, 4** und **3** ausgelassen, gezündet, ausgelassen, gezündet, ausgelassen, gezündet, ausgelassen bzw. gezündet werden. Das Modul weist der obigen Zündgelegenheit für die Arbeitskammer **8** ein Fenster zu (Schritt **2610**). Das zugewiesene Fenster findet statt, während der Zylinder **8** sich in der ersten Hälfte seines Leistungshubs befindet, und bedeckt eine Drehung von 90° der Kurbelwelle.

**[0176]** In diesem Beispiel bestimmt das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** auch, dass jede der obigen Zündungen mit einer niedrigen Drehmomentausgabe stattfindet (Schritt **2615**), einschließlich der Zündung der Arbeitskammer **8**. In diesem Beispiel bestimmt das Modul **1650** einen Kurbelwellen-Beschleunigungsschwellenwert, der das Zylinder-Drehmomentausgabeneiveau berücksichtigt. Das heißt, wenn das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** bestimmt hat, dass anstatt einer einige oder alle der obigen Zündungen stattdessen mit einer hohen Drehmomentausgabe waren, dann wäre der Schwellenwert anders.

**[0177]** In verschiedenen Ausführungsformen wird der Kurbelwellen-Beschleunigungsschwellenwert besonders stark beeinflusst durch den Betrieb der Arbeitskammer **8**, d. h. ob der Zylinder **8** mit niedriger oder hoher Drehmomentausgabe gezündet wird. Die Drehmomentausgabeneiveaus, die anderen Zylindern zugeordnet sind, können jedoch ebenso eine Auswirkung haben. Während des zugewiesenen Fensters, wenn sich der Zylinder **8** in der ersten Hälfte des Leistungshubs befindet, befindet sich beispielsweise der Zylinder **1** in der zweiten Hälfte seines Leistungshubs. Ob der Zylinder **1** mit niedriger anstatt hoher Drehmomentausgabe gezündet wird, kann auch den Schwellenwert signifikant beeinflussen.

**[0178]** Das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** misst dann die tatsächliche Kurbelwellenbeschleunigung während des Fensters (Schritt **2625**). Das Modul **1650** vergleicht die Messung mit dem Schwellenwert. Wenn die Messung (wesentlich) unter den Schwellenwert fällt, dann wird bestimmt, dass die Arbeitskammer **8** fehlgezündet wird (oder dass eine Wahrscheinlichkeit besteht, dass sie fehlgezündet hat).

**[0179]** Das obige Beispiel und Verfahren **2600** können in einer Vielfalt von Weisen für verschiedene Anwendungen modifiziert werden. Als Beispiel beschreiben die gemeinsam übertragenen US-Patentanmeldung Nrn. 14/207 109, 14/582 008, 14/700 494 und 14/206 918, die hier durch Bezugnahme vollständig mit aufgenommen

men sind, verschiedene Kraftmaschinendiagnosesysteme und Kraftmaschinendiagnoseoperationen. Beliebige der in diesen Anmeldungen beschriebenen Merkmale oder Operationen können in das Verfahren **2600** eingegliedert werden.

**[0180]** Sämtliche der beschriebenen Komponenten können angeordnet sein, um ihre Bestimmungen/Berechnungen sehr schnell aufzufrischen. In einigen bevorzugten Ausführungsformen werden diese Bestimmungen/Berechnungen auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit aufgefrischt, obwohl dies keine Anforderung ist. In einigen Ausführungsformen werden beispielsweise die Bestimmung eines (effektiven) Zündanteils (Schritt **1710** von **Fig. 17**), die Bestimmung einer Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz (Schritt **1715**) und/oder der Betrieb einer Kraftmaschine auf der Basis der Sequenz (Schritt **1720**) auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit durchgeführt. Ein Vorteil der Steuerung der verschiedenen Komponenten von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit besteht darin, dass es die Kraftmaschine auf geänderte Eingaben und/oder Bedingungen sehr reaktionsfähig macht. Obwohl der Betrieb von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit sehr effektiv ist, sollte erkannt werden, dass die verschiedenen Komponenten langsamer aufgefrischt werden können, während immer noch eine gute Steuerung bereitgestellt wird (z. B. können die Zündanteil/Sequenz-Bestimmungen bei jeder Umdrehung der Kurbelwelle, jeweils zwei oder mehr Zündgelegenheiten usw. durchgeführt werden).

**[0181]** Die Erfindung wurde hauptsächlich im Zusammenhang mit dem Betrieb von selbstansaugenden 4-Takt-Kolbenbrennkraftmaschinen beschrieben, die zur Verwendung in Kraftfahrzeugen geeignet sind. Es sollte jedoch erkannt werden, dass die beschriebenen Anwendungen für die Verwendung in einer breiten Vielfalt von Brennkraftmaschinen sehr gut geeignet sind. Diese umfassen Kraftmaschinen für virtuell irgendeinen Typ von Fahrzeug - einschließlich Autos, Lastwagen, Booten, Flugzeug, Motorräder, Roller usw.; und virtuell irgendeine andere Anwendung, die die Zündung von Arbeitskammern beinhaltet und eine Brennkraftmaschine verwendet. Die verschiedenen beschriebenen Methoden arbeiten bei Kraftmaschinen, die unter einer breiten Vielfalt von verschiedenen thermodynamischen Zyklen arbeiten - einschließlich virtuell irgendeines Typs von Zwei-Takt-Kolbenkraftmaschinen, Diesel-Kraftmaschinen, Otto-Zyklus-Kraftmaschinen, Doppelzyklus-Kraftmaschinen, Miller-Zyklus-Kraftmaschinen, Atkinson-Zyklus-Kraftmaschinen, Wankel-Kraftmaschinen und anderen Typen von Drehkraftmaschinen, Mischzyklus-Kraftmaschinen (wie z. B. dualen Otto- und Diesel-Kraftmaschinen), Hybrid-Kraftmaschinen, radialen Kraftmaschinen usw. Es wird auch angenommen, dass die beschriebenen Methoden mit neu entwickelten Brennkraftmaschinen ungeachtet dessen gut arbeiten, ob sie unter Verwendung von derzeit bekannten oder später entwickelten thermodynamischen Zyklen arbeiten. Aufgeladene Kraftmaschinen wie z. B. jene unter Verwendung eines Laders oder Turboladers können auch verwendet werden. In diesem Fall kann die maximale Zylinderlast der maximalen Zylinderluftladung entsprechen, die durch Aufladen des Lufteinlasses erhalten wird.

**[0182]** Es sollte auch erkannt werden, dass beliebige der hier beschriebenen Verfahren oder Operationen in einem geeigneten computerlesbaren Medium in Form eines ausführbaren Computercodes gespeichert werden können. Die Operationen werden ausgeführt, wenn ein Prozessor den Computercode ausführt. Solche Operationen umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf sämtliche Operationen, die durch den Zündanteilsrechner **1602**, das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul **1606**, die Zündsteuereinheit **1610**, das Antriebsstrang-Parametereinstellmodul **1608**, die Kraftmaschinensteuereinheit **1630**, das Kraftmaschinendiagnosemodul **1650** oder irgendein anderes Modul, irgendeine andere Komponente oder irgendeine andere Steuereinheit, die in dieser Anmeldung beschrieben ist, durchgeführt werden.

**[0183]** Einige der obigen Ausführungsformen beziehen sich auf die Deaktivierung einer Arbeitskammer. In verschiedenen Implementierungen beinhaltet die Deaktivierung einer Arbeitskammer das Verhindern des Pumpens von Luft durch die ausgelassene Arbeitskammer während eines oder mehrerer ausgewählter ausgelassener Arbeitszyklen. Eine Arbeitskammer kann in einer Vielfalt von Weisen ausgelassen oder deaktiviert werden. Bei verschiedenen Methoden wird eine Niederdruckfeder in der Arbeitskammer gebildet, d. h. nachdem Abgase aus der Arbeitskammer in einem vorherigen Arbeitszyklus ausgelassen werden, werden weder die Einlassventile noch die Auslassventile während eines anschließenden Arbeitszyklus geöffnet, was folglich ein Niederdruckvakuum in der Arbeitskammer bildet. In noch anderen Ausführungsformen wird eine Hochdruckfeder in der ausgelassenen Arbeitskammer gebildet, d. h. Luft und/oder Abgase werden am Entweichen aus der Arbeitskammer gehindert. Die Arbeitskammer kann in irgendeiner geeigneten Weise deaktiviert werden, so dass die Arbeitskammer wenig oder keine Leistung während ihres Leistungshubs beisteuert.

**[0184]** Diese Anmeldung bezieht sich auch auf das Konzept einer Arbeitskammer, die verwendet wird, um verschiedene Niveaus an Drehmoment zu erzeugen, oder eine unterschiedliche Luftladung oder unterschiedliche Zylinderlastniveaus aufweist. Als Beispiel können diese Niveaus an Drehmomentausgabe in einer Mehr-

niveau-Zündauslass-Zündsequenz angegeben und/oder in einer Nachschlagetabelle oder Bibliothek gespeichert werden. Wie vorher erörtert, wird in einigen Ausführungsformen jedes solche Niveau einer Drehmomentausgabe unter Verwendung eines unterschiedlichen Satzes von Operationen implementiert, die in dieser Anmeldung beschrieben sind (z. B. das Öffnen von einem Einlassventil und nicht eines anderen, das Öffnen beider Einlassventile, die Verwendung von verschiedenen Zyklen für verschiedene Einlassventile usw.). Bei einigen Methoden kann das Niveau des durch eine Arbeitskammer erzeugten Drehmoments auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit variieren, z. B. kann ein Zylinder während eines Arbeitszyklus ausgelassen, während des nächsten Arbeitszyklus mit einer hohen Drehmomentausgabe gezündet, während des nächsten Arbeitszyklus mit einer niedrigen Drehmomentausgabe gezündet und dann ausgelassen oder mit einem Drehmomentausgabenniveau gezündet werden.

**[0185]** Verschiedene Ausführungsformen der Erfindung wurden hauptsächlich im Zusammenhang mit einer Zündauslass-Steueranordnung beschrieben, in der Zylinder während ausgelassener Arbeitszyklen durch Deaktivieren sowohl der Einlass- als auch Auslassventile deaktiviert werden, um zu verhindern, dass Luft durch die Zylinder während ausgelassener Arbeitszyklen gepumpt wird. Es sollte jedoch erkannt werden, dass einige Zündauslass-Ventilbetätigungsschemen das Deaktivieren nur der Auslassventile oder nur der Einlassventile in Erwägung ziehen, um die Zylinder effektiv zu deaktivieren und das Pumpen von Luft durch die Zylinder zu verhindern. Mehrere der beschriebenen Methoden arbeiten in solchen Anwendungen gleichermaßen gut. Obwohl es im Allgemeinen bevorzugt ist, die Zylinder zu deaktivieren und dadurch den Durchgang von Luft durch die deaktivierten Zylinder während ausgelassener Arbeitszyklen zu verhindern, gibt es ferner einige spezielle Zeiten, wenn es erwünscht sein kann, Luft durch einen Zylinder während eines ausgewählten ausgelassenen Arbeitszyklus zu leiten. Als Beispiel kann dies erwünscht sein, wenn Kraftmaschinenbremsen erwünscht ist, und/oder für eine spezielle Emissionsausrüstung in Bezug auf Diagnose- oder Betriebsanforderungen. Es kann auch nützlich sein, wenn aus einem DCCO-Zustand (Verlangsamungszylinderabschaltzustand) übergegangen wird. Die beschriebenen Ventilsteuermethoden arbeiten in solchen Anwendungen gleichermaßen gut.

**[0186]** Diese Anmeldung bezieht sich auf verschiedene Systeme und Techniken zum selektiven Erzeugen von mehreren verschiedenen (z. B. hohen oder niedrigen) Drehmomentausgabenniveaus aus gezündeten Arbeitskammern. In verschiedenen Ausführungsformen sollte erkannt werden, dass während der ausgewählten Arbeitszyklen, während derer die Arbeitskammern gezündet werden, verschiedene Kraftmaschinenbedingungen im Wesentlichen gleich bleiben können (obwohl dies keine Anforderung ist). Solche Kraftmaschinenbedingungen umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf den Krümmerabsolutdruck, Nockenphasenstellereinstellungen, die Kraftmaschinendrehzahl, und/oder die Drosselklappenposition. Anders ausgedrückt, diese Anmeldung beschreibt verschiedene Beispielventilsteuersysteme und Beispieltechnologien (z. B. wie in Verbindung mit **Fig. 1A**, **Fig. 1B**, **Fig. 2-11**, **Fig. 12A-12F**, **Fig. 13A**, **Fig. 13B**, **Fig. 14A-14H** und **Fig. 15** erörtert), die angeordnet sind, um verschiedene Niveaus von Drehmomentausgabe für gezündete Arbeitskammern zu erzeugen, ohne zu erfordern, dass beispielsweise die Drosselklappenposition, der MAP, die Kraftmaschinendrehzahl und/oder Nockenphasenstellereinstellungen verändert werden, um diese verschiedenen Niveaus von Drehmomentausgabe zu erzeugen.

**[0187]** Verschiedene Implementierungen der Erfindung sind für die Verwendung in Verbindung mit einem dynamischen Zündauslassbetrieb sehr gut geeignet, in dem ein Akkumulierer oder anderer Mechanismus den Teil einer Zündung verfolgt, der angefordert wurde, aber nicht geliefert wurde, oder der geliefert, aber nicht angefordert wurde, so dass Zündentscheidungen auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit getroffen werden können. Die beschriebenen Techniken sind jedoch gleichermaßen gut für die Verwendung in virtuell irgendeiner Zündauslassanwendung geeignet (Betriebsmodi, in denen individuelle Zylinder während des Betriebs in einem speziellen Betriebsmodus manchmal gezündet und manchmal ausgelassen werden), einschließlich des Zündauslassbetriebs unter Verwendung von festen Zündmustern oder Zündsequenzen, wie es stattfinden kann, wenn eine rollende Zylinderdeaktivierung und/oder verschiedene andere Zündauslastechniken verwendet werden. Ähnliche Techniken können auch bei der Kraftmaschinensteuerung mit variablem Hub verwendet werden, bei der die Anzahl von Hüb in jedem Arbeitszyklus geändert wird, um den Hubraum einer Kraftmaschine effektiv zu verändern.

**[0188]** Obwohl nur einige Ausführungsformen der Erfindung im Einzelnen beschrieben wurden, sollte erkannt werden, dass die Erfindung in vielen anderen Formen implementiert werden kann, ohne vom Gedanken oder Schutzbereich der Erfindung abzuweichen. Es bestehen mehrere Bezugnahmen auf den Begriff Zündanteil. Es sollte erkannt werden, dass ein Zündanteil in einer breiten Vielfalt von Weisen übermittelt oder dargestellt werden kann. Der Zündanteil kann beispielsweise die Form eines Zündmusters, einer Sequenz oder irgendeiner anderen Zündeigenschaft annehmen, die den vorstehend erwähnten Prozentsatz von Zündungen beinhaltet oder von Natur aus übermittelt. Es bestehen auch mehrere Bezugnahmen auf den Begriff „Zylinder“. Es sollte

selbstverständlich sein, dass in verschiedenen Ausführungsformen der Begriff Zylinder als breit irgendeinen geeigneten Typ von Arbeitskammer umfassend verstanden werden sollte. Eine Kraftmaschine kann auch eine zündauslassartige Technik verwenden, wobei anstelle eines Zylinders, der mit Auslassungen und Zündungen arbeitet, er mit einer Zündung mit entweder niedriger Drehmomentausgabe oder hoher Drehmomentausgabe arbeitet. In diesem Steuerschema, das als dynamische Zündniveaumodulation bezeichnet wird, werden die Zylinder nicht ausgelassen. In der dynamischen Zündniveaumodulation wird die Ausgabe von gezündeten Zylindern dynamisch in einem Muster vom Auslassung/Zündung-Typ verändert. Ein spezieller Zylinder kann beispielsweise manchmal mit einem „hohen“ oder „höheren“ Drehmomentausgabenniveau gezündet werden und kann manchmal mit einem „niedrigen“ oder „niedrigeren“ Drehmomentausgabenniveau gezündet werden, wobei die „niedrigen“ Ausgabenniveaus den „Auslassungen“ entsprechen und die „hohen“ Ausgabenniveaus den Zündungen in einem Zündauslassmuster entsprechen.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Brennkraftmaschine mit mehreren Arbeitskammern, um eine gewünschte Ausgabe zu liefern, wobei jede Arbeitskammer mindestens ein Einlassventil, das nockenbetätigt ist, und mindestens ein Auslassventil aufweist, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:  
Betreiben der Kraftmaschine in einer Zündauslassweise, die ausgewählte ausgelassene Arbeitszyklen auslöst und ausgewählte aktive Arbeitszyklen zündet, um eine gewünschte Kraftmaschinenausgabe zu liefern, wobei Entscheidungen, ob jeder Arbeitszyklus gezündet oder ausgelassen werden soll, dynamisch während des Betriebs der Kraftmaschine auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit bestimmt werden; und  
Auswählen einer hohen oder niedrigen Drehmomentausgabe an den gezündeten Arbeitskammern, wobei Entscheidungen, ob eine hohe oder niedrige Drehmomentausgabe verwendet werden soll, während des Betriebs der Kraftmaschine auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit dynamisch bestimmt werden; und  
Einstellen der Luftladung für die gezündeten Arbeitskammern auf der Basis dessen, ob die hohe oder niedrige Drehmomentausgabe an den gezündeten Arbeitskammern ausgewählt wurde.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Arbeitskammern unter Verwendung einer Ventilzeitsteuerung mit frühem Einlassventilschließen (EIVC) während der Arbeitszyklen mit niedriger Drehmomentausgabe betrieben werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Arbeitskammern unter Verwendung einer Ventilzeitsteuerung mit spätem Einlassventilschließen (LIVC) während der Arbeitszyklen mit niedriger Drehmomentausgabe betrieben werden.
4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Luftladung eingestellt wird, um eine hohe oder niedrige Drehmomentausgabe zu erzeugen, durch unabhängiges Steuern von mindestens zwei Einlassventilen in jeder der gezündeten Arbeitskammern.
5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
Deaktivieren von ausgelassenen Arbeitskammern während ausgewählter ausgelassener Arbeitszyklen, um dadurch das Pumpen von Luft durch die ausgelassenen Arbeitskammern während der ausgewählten ausgelassenen Arbeitszyklen zu verhindern.
6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei alle der Ventile durch eine oder mehrere Nockennasen betätigt werden, die mit einer oder mehreren Nockenwellen gekoppelt sind.
7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
Erzeugen einer Zündsequenz, die für jede Zündung angibt, ob die Zündung die Verwendung einer hohen oder einer niedrigen Drehmomentausgabe beinhaltet; und  
Betreiben der Kraftmaschine auf der Basis der Zündsequenz.
8. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
Bestimmen eines Niveaunteils und eines Zündanteils, wobei der Niveaunteil hilft, ein Verhältnis von Zündungen mit hoher oder niedriger Drehmomentausgabe relativ zu einer Gesamtzahl von Zündungen, einschließlich der Zündungen mit hoher Drehmomentausgabe und niedriger Drehmomentausgabe, anzugeben; und  
Betreiben der Kraftmaschine in einer Zündauslassweise auf der Basis des Niveaunteils und des Zündanteils.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Auswahl der hohen oder niedrigen Drehmomentausgabe an den gezündeten Arbeitskammern zumindest teilweise unter Verwendung eines Sigma-Delta-Umsetzers bestimmt wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Auswahl der hohen oder niedrigen Drehmomentausgabe auf einer oder mehreren einer Nachschlagetabelle und einer Zustandsmaschine basiert.

11. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei jede der Arbeitskammern ein erstes Einlassventil und ein zweites Einlassventil umfasst, wobei das Verfahren ferner Folgendes umfasst: während eines ausgewählten Arbeitszyklus Öffnen und Schließen des ersten und des zweiten Einlassventils auf der Basis von verschiedenen Zeitsteuerzyklen.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei das erste Einlassventil auf der Basis eines Miller- oder eines Atkinson-Zyklus betrieben wird und das zweite Einlassventil auf der Basis eines Otto-Zyklus betrieben wird.

13. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei:  
das Zünden von ausgewählten aktiven Arbeitszyklen das Zünden von Arbeitskammern mit der hohen oder niedrigen Drehmomentausgabe auf der Basis dessen beinhaltet, ob die hohe oder niedrige Drehmomentausgabe an den gezündeten Arbeitskammern ausgewählt wurde;  
jede gezündete Arbeitskammer ein erstes Einlassventil und ein zweites Einlassventil umfasst;  
wenn eine gezündete Arbeitskammer mit einer hohen Drehmomentausgabe gezündet wird, das erste und das zweite Einlassventil der gezündeten Arbeitskammer auf der Basis eines Ventilsteuerschemas mit hohem Drehmoment unabhängig gesteuert werden; und wenn eine gezündete Arbeitskammer mit einer niedrigen Drehmomentausgabe gezündet wird, das erste und das zweite Einlassventil der gezündeten Arbeitskammer auf der Basis eines Ventilsteuerschemas mit niedrigem Drehmoment unabhängig gesteuert werden, das vom Ventilsteuerschema mit hohem Drehmoment verschieden ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, wobei:  
das Ventilsteuerschema mit hohem Drehmoment das Liefern von Luft durch das erste und das zweite Einlassventil während eines ausgewählten Arbeitszyklus beinhaltet; und  
das Ventilsteuerschema mit niedrigem Drehmoment beinhaltet, dass keine Luft während eines ausgewählten Arbeitszyklus durch das erste Einlassventil gelassen wird.

15. Verfahren nach Anspruch 13, wobei:  
das Ventilsteuerschema mit hohem Drehmoment das Liefern von Luft durch das erste Einlassventil und nicht das zweite Einlassventil während eines ausgewählten Arbeitszyklus beinhaltet;  
das Ventilsteuerschema mit hohem Drehmoment ferner das Betreiben des ersten Einlassventils auf der Basis eines Otto-Zyklus während des ausgewählten Arbeitszyklus beinhaltet;  
das Ventilsteuerschema mit niedrigem Drehmoment das Liefern von Luft durch das erste und das zweite Einlassventil während eines ausgewählten Arbeitszyklus beinhaltet; und  
das Ventilsteuerschema mit niedrigem Drehmoment ferner das Betreiben des ersten Einlassventils auf der Basis eines Otto-Zyklus während des ausgewählten Arbeitszyklus und das Betreiben des zweiten Einlassventils auf der Basis eines Ventilzeitsteuerzyklus mit spätem Einlassventilschließen (LIVC) oder eines Ventilzeitsteuerzyklus mit frühem Einlassventilschließen (EIVC) während des ausgewählten Arbeitszyklus beinhaltet.

16. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
Detektieren von Klopfen in einer Arbeitskammer der Kraftmaschine; und  
in Reaktion auf die Detektion Anfordern, dass eine oder mehrere Arbeitskammern mit der niedrigen Drehmomentausgabe und nicht der hohen Drehmomentausgabe gezündet werden; und  
Betreiben der Kraftmaschine auf der Basis der Anforderung.

17. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
Detektieren einer Bedingung, die eine von 1) Fahrzeugverlangsamung und Leerlauf; und 2) Stoppen der Kraftmaschine unter Verwendung eines Start/Stop-Merkmals ist;  
Detektieren, dass ein Kraftmaschinendrehmoment angefordert wurde; in Reaktion auf die Detektionsoperationen Anfordern, dass eine oder mehrere ausgewählte Arbeitskammern nicht mit der hohen Drehmomentausgabe gezündet werden; und  
Betreiben der Kraftmaschine in einer Zündauslassweise auf der Basis der Anforderung.

18. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
 Zuweisen eines Fensters zu einer Zielzündgelegenheit für eine Zielarbeitskammer;  
 Bestimmen, ob eine hohe oder niedrige Drehmomentausgabe an einer oder mehreren der Arbeitskammern ausgewählt wird;  
 Zünden der Zielarbeitskammer während des Fensters;  
 Messen eines Kraftmaschinenparameters während des Fensters; und  
 Bestimmen, ob ein Kraftmaschinenproblem existiert, auf der Basis zumindest teilweise der Drehmomentausgabebestimmung und der Kraftmaschinenparametermessung.

19. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei:  
 die Kraftmaschine eine erste Teilmenge von einer oder mehreren Arbeitskammern und eine zweite Teilmenge von einer oder mehreren Arbeitskammern umfasst;  
 jede Arbeitskammer in der ersten Teilmenge so angeordnet ist, dass sie selektiv gezündet oder deaktiviert wird;  
 und jede Arbeitskammer in der zweiten Teilmenge so angeordnet ist, dass sie während jedes Kraftmaschinenzyklus gezündet wird und während des Betriebs der Kraftmaschine nicht deaktiviert werden kann.

20. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei:  
 die Kraftmaschine eine erste Teilmenge von einer oder mehreren Arbeitskammern umfasst, die jeweils in der Lage sind, die ausgewählte hohe und niedrige Drehmomentausgabe zu erzeugen;  
 die Kraftmaschine ferner eine zweite Teilmenge von einer oder mehreren Arbeitskammern umfasst, die jeweils nicht in der Lage sind, die ausgewählte hohe und niedrige Drehmomentausgabe zu erzeugen;  
 und die Auswahl der hohen oder niedrigen Drehmomentausgabe aus den gezündeten Arbeitskammern in der ersten Teilmenge und nicht der zweiten Teilmenge stattfindet.

21. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei:  
 das Betreiben von einer der gezündeten Arbeitskammern, um die niedrige Drehmomentausgabe zu erzeugen, mit im Wesentlichen einer minimalen bremspezifischen Kraftstoffverbrauchsbedingung.

22. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei:  
 die Auswahl der hohen oder niedrigen Drehmomentausgabe an den gezündeten Arbeitskammern zumindest teilweise auf Geräusch, Vibrations- und Rauheitserwägungen (NVH-Erwägungen) basiert.

23. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
 Verwenden einer höheren Luftladung für die gezündeten Arbeitskammern, für die die hohe Drehmomentausgabe ausgewählt wurde, als für die gezündeten Arbeitskammern, für die die niedrige Drehmomentausgabe ausgewählt wurde.

24. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
 Zünden einer ausgewählten Arbeitskammer mit der hohen Drehmomentausgabe auf der Basis der Auswahl;  
 und  
 Zünden einer ausgewählten Arbeitskammer mit der niedrigen Drehmomentausgabe auf der Basis der Auswahl, wobei die Zündung mit niedriger Drehmomentausgabe kraftstoffeffizienter ist als die Zündung mit hoher Drehmomentausgabe.

25. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
 Bestimmen von mehreren effektiven Kandidatenzündanteilen, die das gewünschte Kraftmaschinendrehmoment liefern, wobei jeder effektive Zündanteil ein oder mehrere Werte auf der Basis eines Zylinderdrehmomentniveaus und eines Verhältnisses von Zündungen zu Zündgelegenheiten ist;  
 Vergleichen der Kraftstoffeffizienz der effektiven Kandidatenzündanteile;  
 auf der Basis des Vergleichs Auswählen von einem der effektiven Zündanteile; und Betreiben der Kraftmaschine auf der Basis des ausgewählten der effektiven Kandidatenzündanteile.

26. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
 jede gezündete Arbeitskammer umfasst ein erstes Einlassventil und ein erstes Auslassventil; und  
 Betätigen des ersten Einlassventils, um Luft zur gezündeten Arbeitskammer zu liefern, wobei das erste Einlassventil und das erste Auslassventil der gezündeten Arbeitskammer derart angeordnet sind, dass, sobald das erste Einlassventil während eines ausgewählten Arbeitszyklus betätigt wird, das erste Auslassventil auch während desselben ausgewählten Arbeitszyklus betätigt wird.

27. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei alle der Einlass- und Auslassventile nockenbetätigt sind.
28. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Kraftmaschine eine Vier-Zylinder-Kraftmaschine ist.
29. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei:  
die mehreren Arbeitskammern mehrere verschiedene Ventilbetätigungssysteme verwenden; und  
jedes Ventilbetätigungssystem zu einem unterschiedlichen Satz von einem oder mehreren Merkmalen in der Lage ist, wobei jedes Merkmal eines von 1) Deaktivieren einer Arbeitskammer; 2) Zünden einer Arbeitskammer mit der niedrigen Drehmomentausgabe; und 3) Zünden einer Arbeitskammer mit der hohen Drehmomentausgabe ist.
30. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das ferner Folgendes umfasst:  
Bestimmen eines gewünschten effektiven Zündanteils, der einen Anteil der Zündgelegenheiten angibt, die auf einem Referenzausgabenniveau gezündet werden müssten, um die gewünschte Ausgabe zu liefern; und  
Bestimmen, welche Arbeitszyklen mit einer hohen Ausgabe gezündet werden sollen und welche Arbeitszyklen mit einer niedrigen Ausgabe gezündet werden sollen, auf der Basis zumindest teilweise des effektiven Zündanteils.
31. Verfahren nach Anspruch 30, wobei:  
der effektive Zündanteil durch einen Zündanteilsrechner bestimmt wird; und  
die Bestimmung, welche Arbeitszyklen mit einer hohen Ausgabe gezündet werden sollen und welche Arbeitszyklen mit einer niedrigen Ausgabe gezündet werden sollen, durch ein Zündniveau-Bestimmungsmodul durchgeführt wird.
32. Verfahren nach Anspruch 31, wobei das Zündniveau-Bestimmungsmodul einen Sigma-Delta-Umsetzer bei der Bestimmung verwendet, welche Arbeitszyklen mit einer hohen Ausgabe gezündet werden sollen und welche Arbeitszyklen mit einer niedrigen Ausgabe gezündet werden sollen.
33. Verfahren nach Anspruch 31, wobei das Zündniveau-Bestimmungsmodul eine Nachschlagetabelle bei der Bestimmung verwendet, welche Arbeitszyklen mit einer hohen Ausgabe gezündet werden sollen und welche Arbeitszyklen mit einer niedrigen Ausgabe gezündet werden sollen.
34. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Sigma-Delta-Umsetzer unter Verwendung von Folgendem implementiert wird:  
analogen Komponenten;  
digitalen Komponenten; und/oder  
einer programmierbaren Logik.
35. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Sigma-Delta-Umsetzer unter Verwendung von programmierten Befehlen implementiert wird, die auf einem Prozessor ausgeführt werden.
36. Kraftmaschinensteuereinheit für eine Kraftmaschine mit einer oder mehreren Arbeitskammern, wobei jede Arbeitskammer ein oder mehrere nockenbetätigte Einlassventile umfasst, wobei die Kraftmaschinensteuereinheit Folgendes umfasst:  
einen Zündanteilsrechner, der angeordnet ist, um einen Zündanteil zu bestimmen, der zum Liefern eines gewünschten Kraftmaschinendrehmoments geeignet ist;  
ein Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul, das angeordnet ist, um eine Zündauslass-Zündsequenz auf der Basis des Zündanteils zu bestimmen, wobei die Zündauslass-Zündsequenz angibt, ob während einer ausgewählten Zündgelegenheit eine ausgewählte Arbeitskammer deaktiviert oder gezündet wird, und ferner für jede Zündung angibt, ob die Zündung eine niedrige Drehmomentausgabe oder hohe Drehmomentausgabe erzeugt; und  
eine Zündsteuereinheit, die angeordnet ist, um die eine oder die mehreren Arbeitskammern der Kraftmaschine in einer Zündauslassweise auf der Basis der Zündsequenz zu betreiben, und wobei die Zündsteuereinheit ferner angeordnet ist, um die Luftladung für jede gezündete Arbeitskammer auf der Basis dessen einzustellen, ob die Zündsequenz eine niedrige Drehmomentausgabe oder eine hohe Drehmomentausgabe für die gezündete Arbeitskammer angibt.
37. Kraftmaschinensteuereinheit nach Anspruch 36, wobei das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul angeordnet ist, um die Zündsequenz aus einer Bibliothek von vordefinierten Zündsequenzen auszuwählen.

38. Kraftmaschinensteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-37, wobei das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul angeordnet ist, um die Zündsequenz unter Verwendung eines Sigma-Delta-Umsetzers zu erzeugen.

39. Kraftmaschinensteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-38, wobei die Zündsteuereinheit angeordnet ist, um Einlassventile für eine ausgewählte Arbeitskammer unabhängig zu steuern, um die ausgewählte Arbeitskammer mit einer hohen oder niedrigen Drehmomentausgabe auf der Basis der Zündsequenz zu zünden.

40. Kraftmaschinensteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-39, wobei:  
jede der Arbeitskammern der Kraftmaschine ein erstes Einlassventil und ein zweites Einlassventil umfasst;  
die Zündsteuereinheit ferner angeordnet ist, um selektiv das erste Einlassventil und nicht das zweite Einlassventil während eines ersten ausgewählten Arbeitszyklus zu öffnen; und  
die Zündsteuereinheit ferner angeordnet ist, um das erste und das zweite Einlassventil während eines zweiten ausgewählten Arbeitszyklus selektiv zu öffnen, so dass der Zeitpunkt eines Schließens und Öffnens des ersten und des zweiten Einlassventils während des zweiten ausgewählten Arbeitszyklus unterschiedlich ist.

41. Kraftmaschinensteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-40, wobei:  
das Zündzeitpunkt-Bestimmungsmodul angeordnet ist, um Zündentscheidungen auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit zu treffen, wobei jede Zündentscheidung angibt, ob während einer ausgewählten Zündgelegenheit eine ausgewählte Arbeitskammer deaktiviert oder gezündet wird, und ferner für jede Zündung angibt, ob die Zündung eine niedrige Drehmomentausgabe oder eine hohe Drehmomentausgabe erzeugt.

42. Kraftmaschinensteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-41, wobei die Kraftmaschine eine Vier-Zylinder-Kraftmaschine ist.

43. Kraftmaschinensteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-42, wobei:  
die eine oder die mehreren Arbeitskammern mehrere verschiedene Ventilbetätigungssysteme verwenden; und  
jedes Ventilbetätigungssystem zu einem unterschiedlichen Satz von einem oder mehreren Merkmalen in der Lage ist, wobei jedes Merkmal eines von (1) Deaktivieren einer Arbeitskammer; 2) Zünden einer Arbeitskammer mit der niedrigen Drehmomentausgabe; und 3) Zünden einer Arbeitskammer mit der hohen Drehmomentausgabe ist.

44. Zündsteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-43, wobei jede der Arbeitskammern mindestens zwei zugehörige Einlassventile aufweist und die Zündsteuereinheit die Luftladung für jeden Arbeitszyklus einstellt, um eine hohe oder niedrige Drehmomentausgabe durch unabhängiges Steuern der mindestens zwei Einlassventile in der Arbeitskammer, die einem solchen Arbeitszyklus zugeordnet ist, zu erzeugen.

45. Zündsteuereinheit nach Anspruch 44, wobei jede der Arbeitskammern mindestens zwei zugehörige Auslassventile aufweist.

46. Zündsteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-45, wobei das Zündniveau-Bestimmungsmodul einen Sigma-Delta-Umsetzer bei der Bestimmung, welche Arbeitszyklen mit einer hohen Ausgabe gezündet werden sollen und welche Arbeitszyklen mit einer niedrigen Ausgabe gezündet werden sollen, verwendet.

47. Zündsteuereinheit nach Anspruch 46, wobei der Sigma-Delta-Umsetzer unter Verwendung von Folgendem implementiert wird:  
analogen Komponenten;  
digitalen Komponenten;  
einer programmierbaren Logik; und/oder  
programmierten Befehlen, die auf einem Prozessor ausgeführt werden.

48. Kraftmaschinensteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-47, die ferner ein Ventilsteuermodul umfasst, das angeordnet ist, um die Einlassventile unter Verwendung einer Ventilzeitsteuerung mit frühem Einlassventilschließen (EIVC) in Verbindung mit den Zündungen mit niedriger Drehmomentausgabe zu betreiben.

49. Kraftmaschinensteuereinheit nach einem der Ansprüche 36-47, die ferner ein Ventilsteuermodul umfasst, das angeordnet ist, um die Einlassventile unter Verwendung einer Ventilzeitsteuerung mit spätem Einlassventilschließen (LIVC) in Verbindung mit den Zündungen mit niedriger Drehmomentausgabe zu betreiben.



50. Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Brennkraftmaschine mit mehreren Arbeitskammern, wobei jede Arbeitskammer mindestens ein Einlassventil, das nockenbetätigt ist, und mindestens ein Auslassventil aufweist, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Betreiben der Kraftmaschine unter Verwendung eines ersten Zündanteils; Betreiben der Kraftmaschine unter Verwendung eines zweiten Zündanteils, der vom ersten Zündanteil verschieden ist; und während eines Übergangs zwischen dem ersten und dem zweiten Zündanteil Betreiben der Kraftmaschine auf der Basis einer Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz, wobei die Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz angibt, ob während einer ausgewählten Zündgelegenheit eine ausgewählte Arbeitskammer deaktiviert oder gezündet wird, und ferner für jede Zündung angibt, ob die Zündung eine niedrige Drehmomentausgabe oder eine hohe Drehmomentausgabe erzeugt.

51. Verfahren nach Anspruch 50, wobei die Zündauslass-Zündsequenz mehrere Zündentscheidungen angibt, wobei jede der Zündentscheidungen auf einer Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit getroffen wird.

52. Verfahren nach Anspruch 50 oder 51, das ferner Folgendes umfasst:  
Zünden von ausgewählten Arbeitskammern mit den hohen und niedrigen Drehmomentausgaben auf der Basis der Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz;  
Einstellen der Luftladung, um die hohe und niedrige Drehmomentausgabe an den gezündeten Arbeitskammern zu erzeugen, durch unabhängiges Steuern von mindestens zwei Einlassventilen in jeder der gezündeten Arbeitskammern.

53. Verfahren nach einem der Ansprüche 50-52, das ferner Folgendes umfasst:  
während des Betriebs der Kraftmaschine unter Verwendung des ersten Zündanteils Betreiben der Kraftmaschine auf der Basis eines ersten Niveauanteils, wobei ein Niveauanteil hilft, ein Verhältnis von Zündungen mit hoher oder niedriger Drehmomentausgabe relativ zu einer Gesamtzahl von Zündungen, einschließlich der Zündungen mit hoher Drehmomentausgabe und niedriger Drehmomentausgabe, anzugeben; während des Betriebs der Kraftmaschine unter Verwendung des zweiten Zündanteils Betreiben der Kraftmaschine auf der Basis eines zweiten Niveauanteils; und  
während des Betriebs der Kraftmaschine während des Übergangs zwischen dem ersten und dem zweiten Zündanteil Betreiben der Kraftmaschine auf der Basis eines Niveauanteils, der von 1) dem ersten Niveauanteil; und/oder 2) dem zweiten Niveauanteil verschieden ist.

54. Verfahren nach einem der Ansprüche 50-53, wobei der Betrieb der Kraftmaschine auf der Basis von einem des ersten Zündanteils und des zweiten Zündanteils einen Betrieb mit variablem Hubraum umfasst.

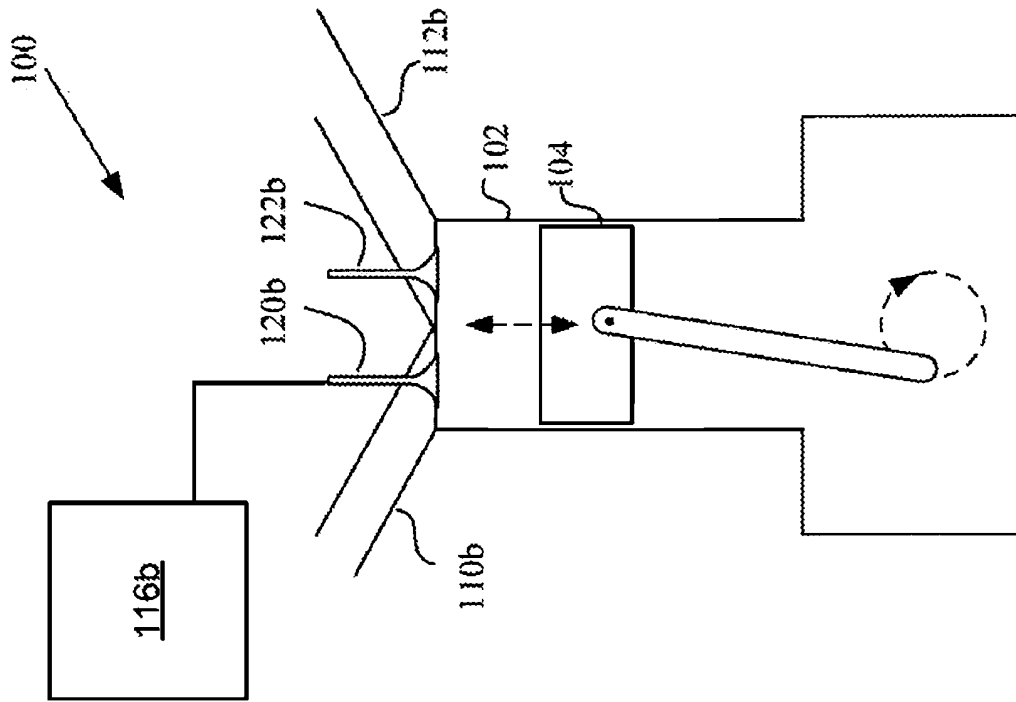
55. Verfahren nach einem der Ansprüche 50-54, das ferner Folgendes umfasst:  
Detektieren einer Anforderung für ein gewünschtes Drehmoment, während die Kraftmaschine auf der Basis des ersten Zündanteils betrieben wird;  
in Reaktion auf die Anforderung Bestimmen, dass der zweite Zündanteil zum Liefern des gewünschten Drehmoments geeignet ist;  
auf der Basis der Bestimmung des zweiten Zündanteils, automatisches Auswählen von einem oder mehreren Zwischenzündanteilen während des Übergangs zwischen dem ersten Zündanteil und dem zweiten Zündanteil, wobei die Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz auf dem einen oder den mehreren Zwischenzündanteilen basiert; und  
während des Übergangs Betreiben der Kraftmaschine auf der Basis des einen oder der mehreren Zwischenzündanteile.

56. Verfahren nach Anspruch 55, das ferner Folgendes umfasst:  
allmähliches Ändern eines Übergangszündanteils, der verwendet wird, um die Kraftmaschine während des Übergangs zu betreiben, wobei die Mehrniveau-Zündauslass-Zündsequenz auf dem Übergangszündanteil basiert und die Änderungsrate im Übergangszündanteil auf einem oder mehreren Kraftmaschinenparametern basiert.

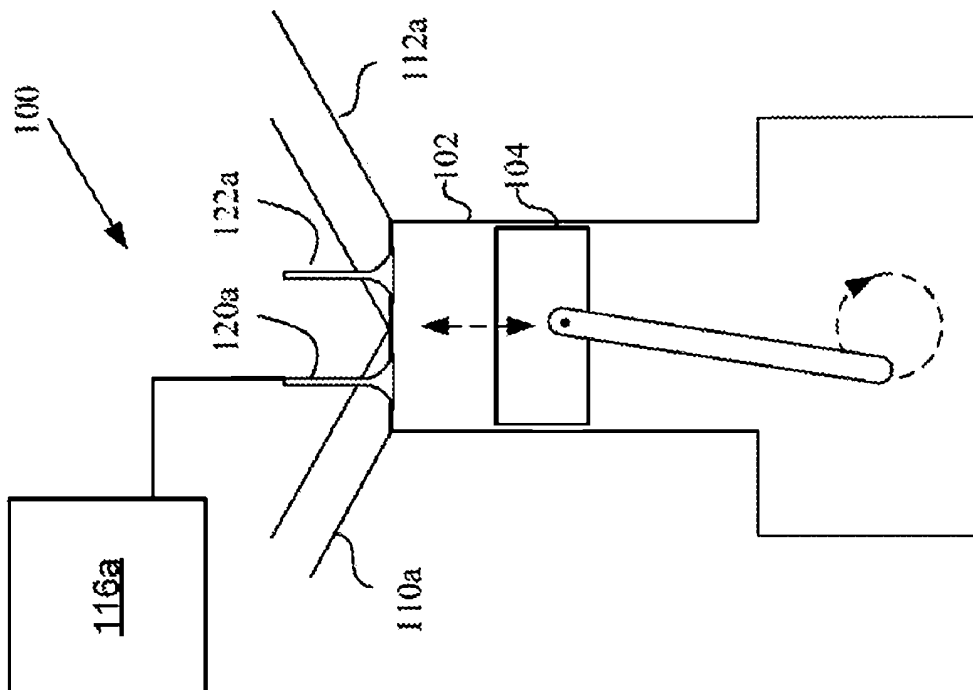
57. Verfahren nach Anspruch 56, wobei einer der Kraftmaschinenparameter der Krümmerabsolutdruck ist.

Es folgen 27 Seiten Zeichnungen

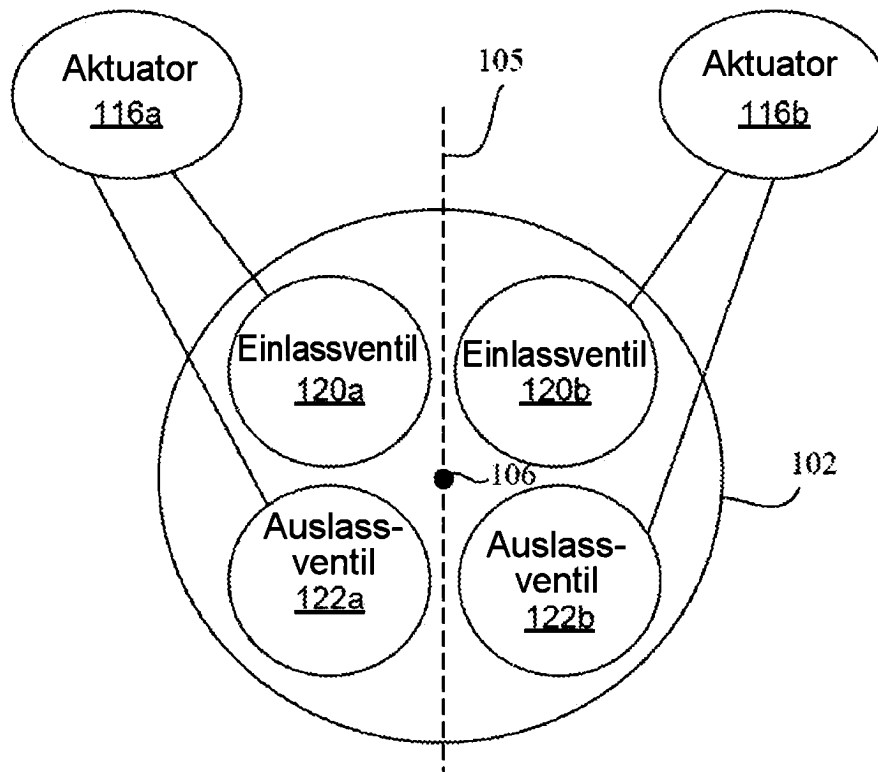
Anhängende Zeichnungen



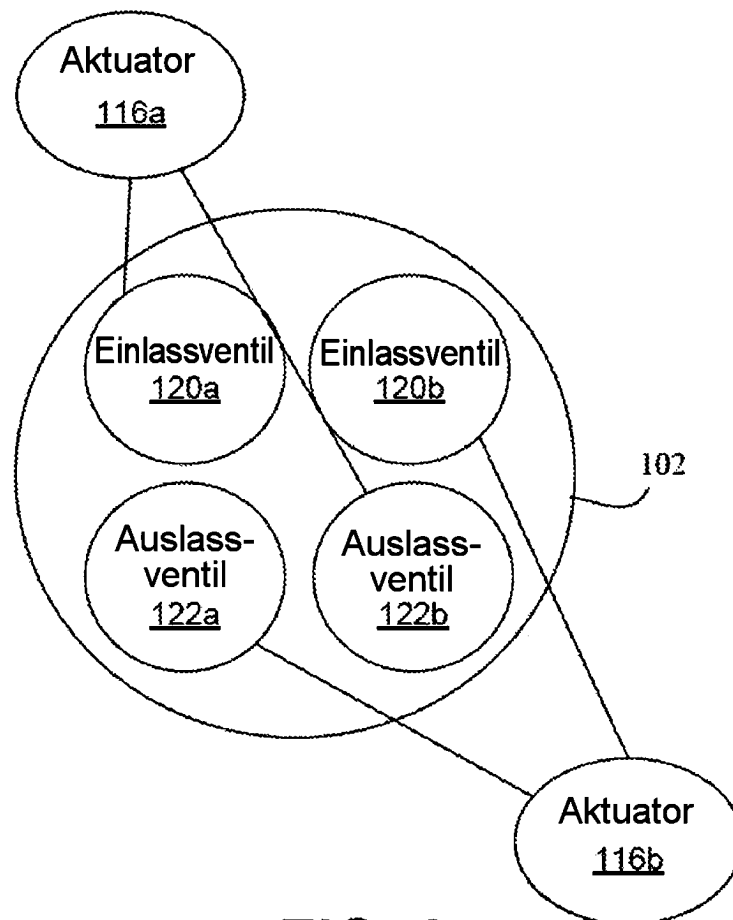
**FIG. 1B**



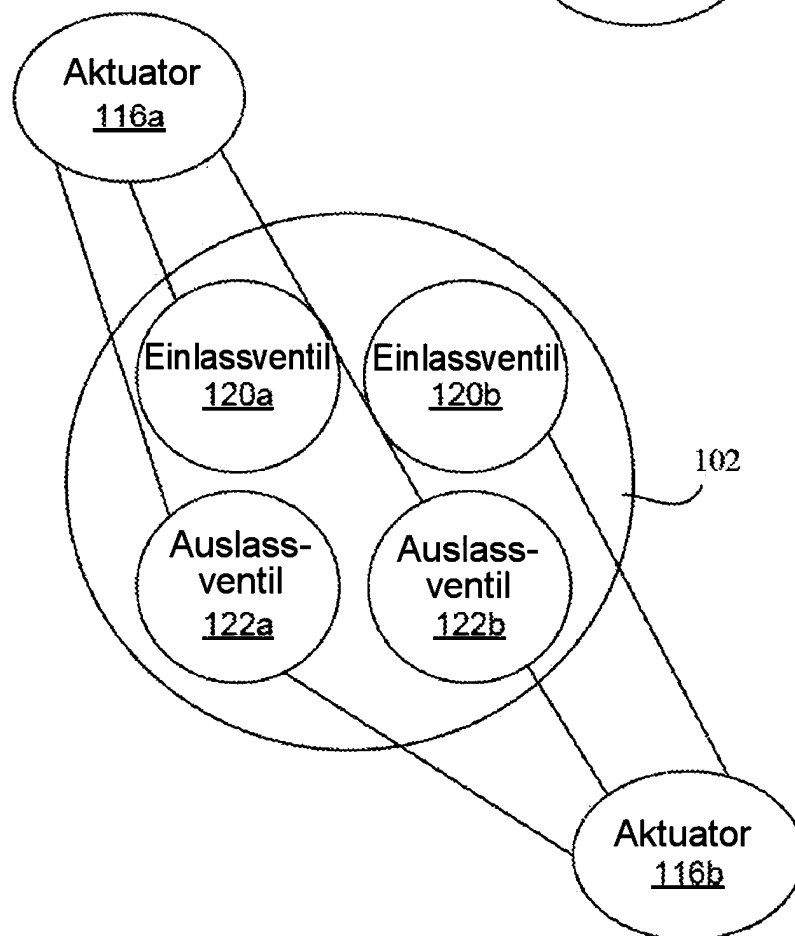
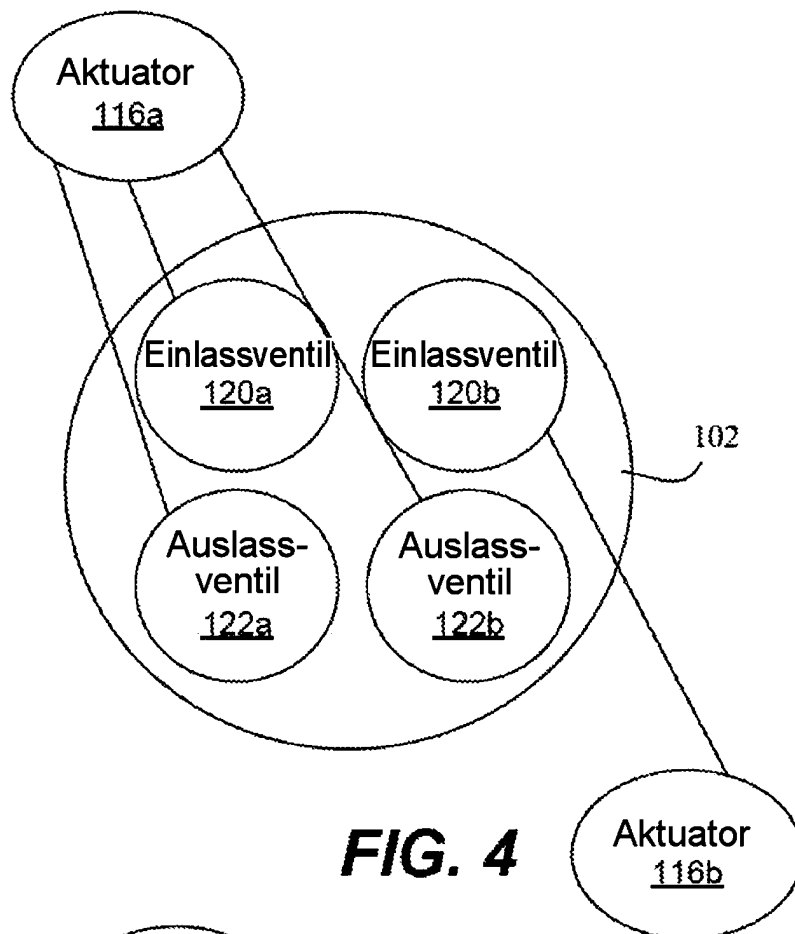
**FIG. 1A**



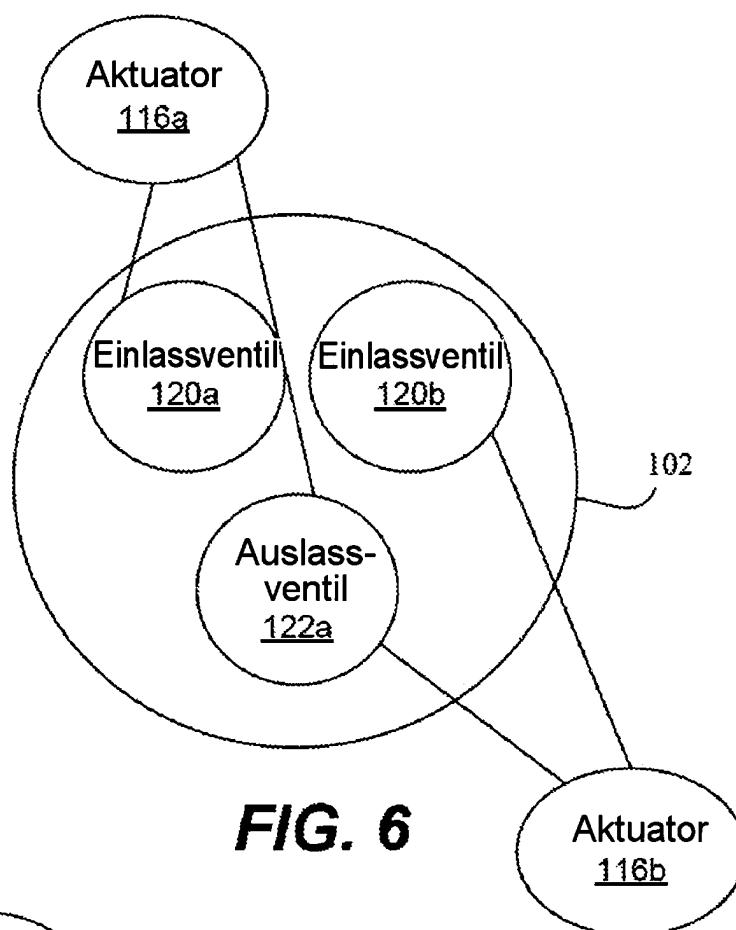
**FIG. 2**



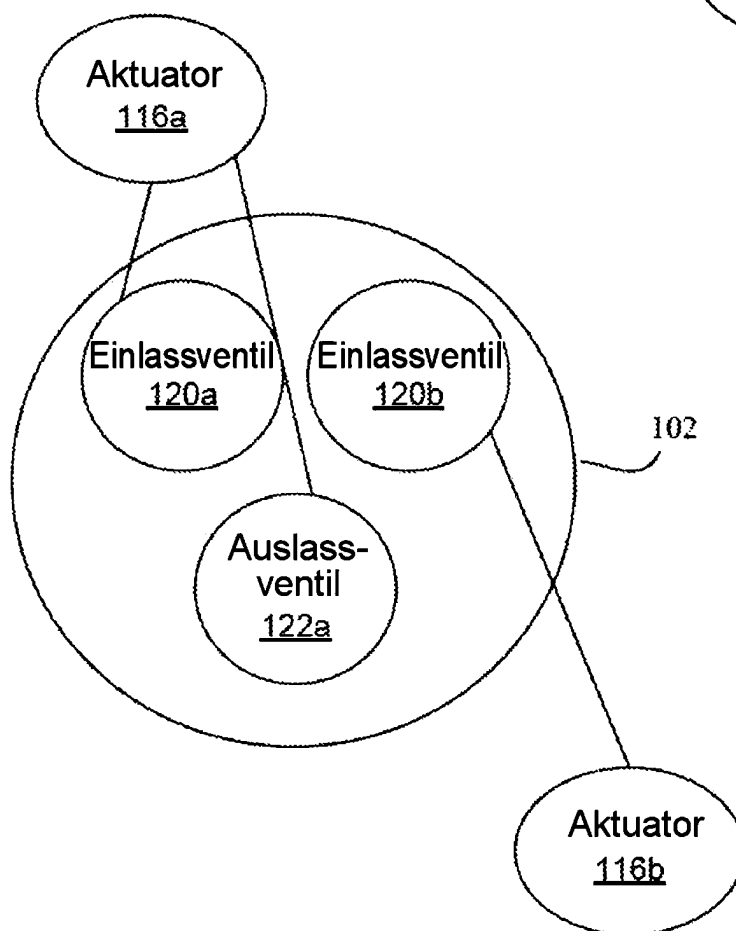
**FIG. 3**



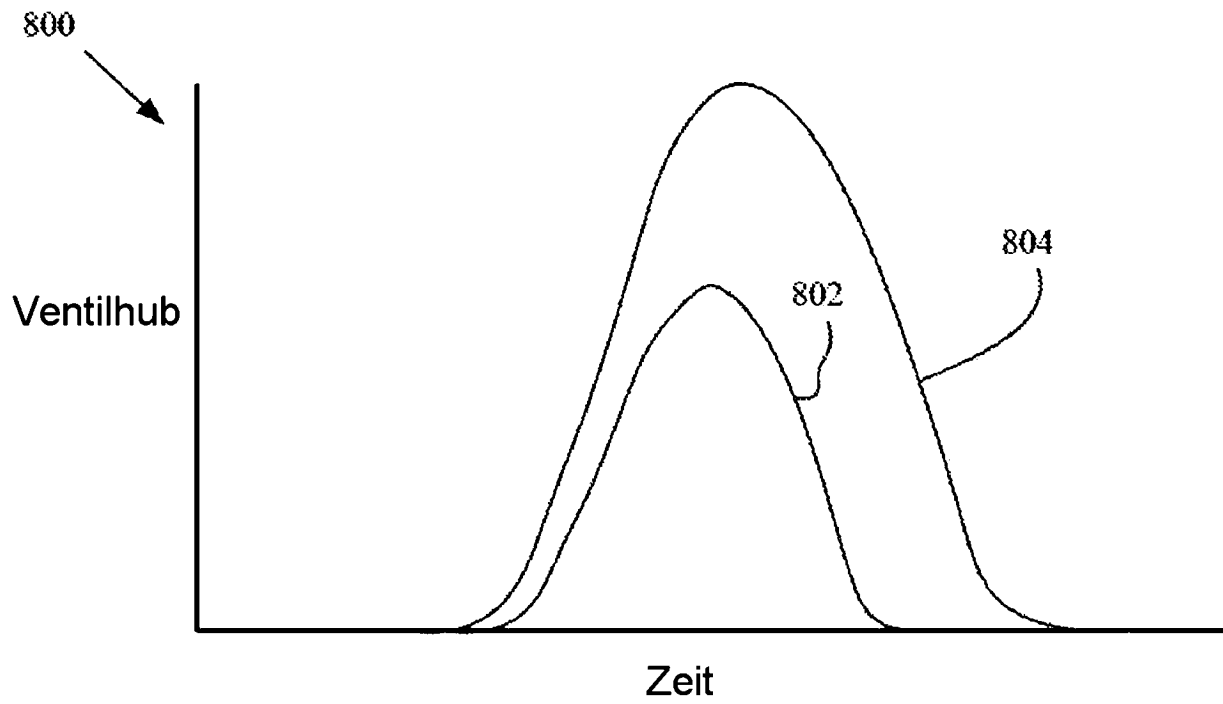
**FIG. 5**



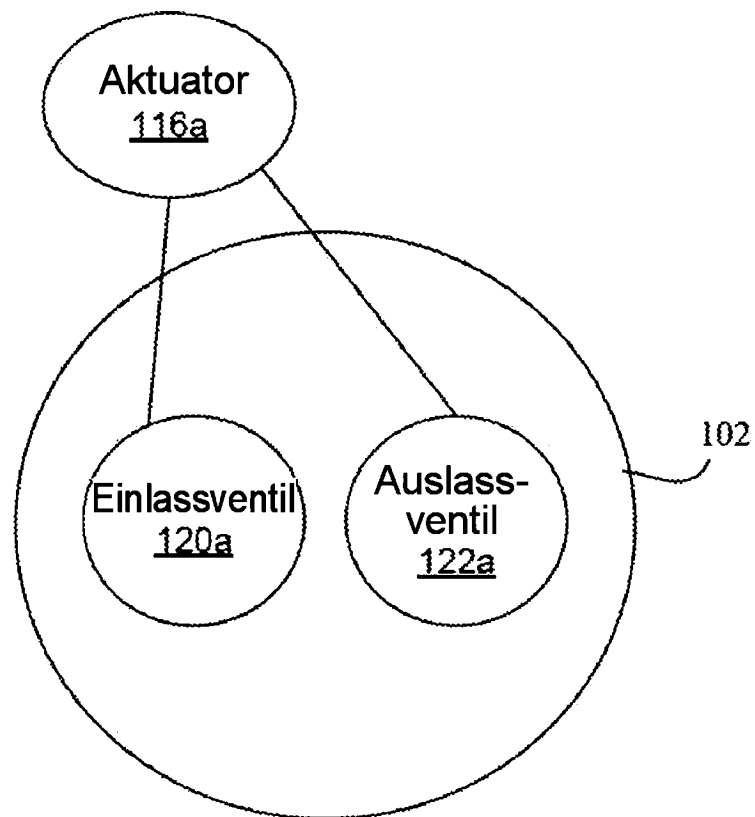
**FIG. 6**



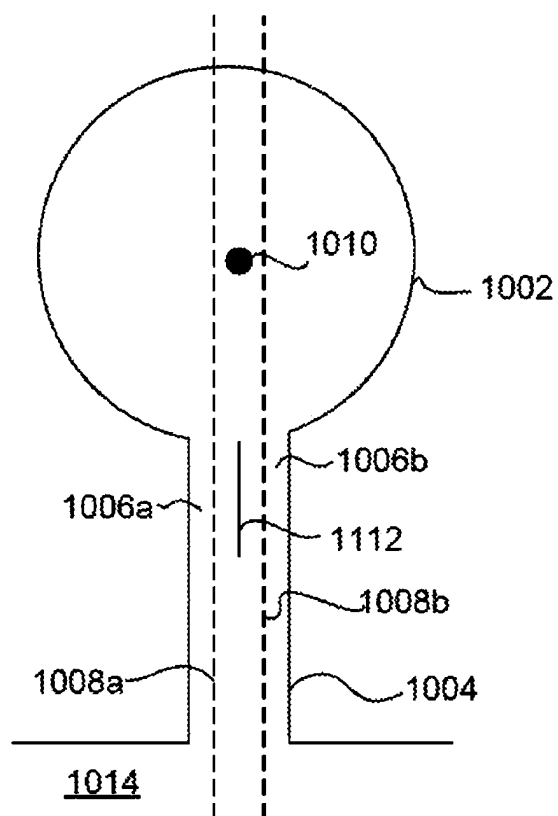
**FIG. 7**



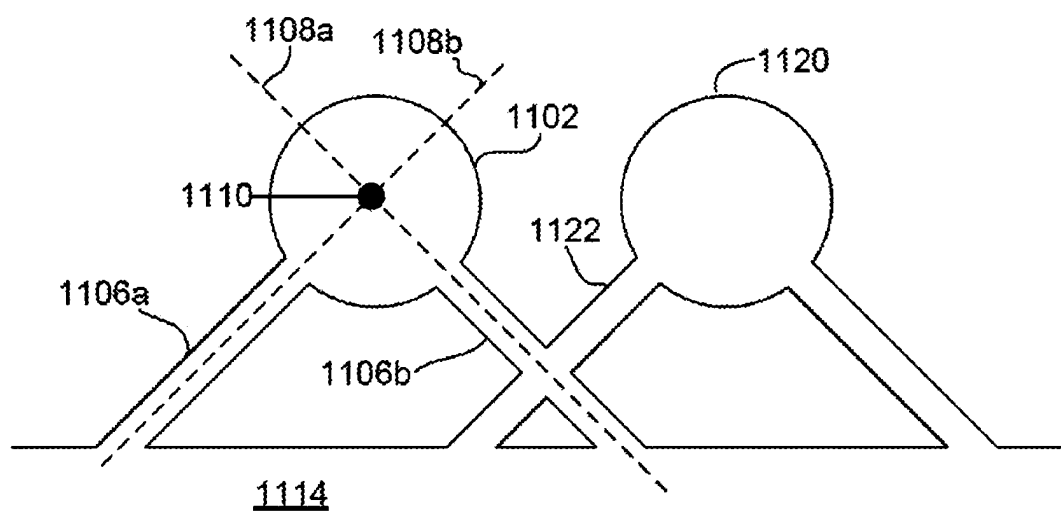
**FIG. 8**



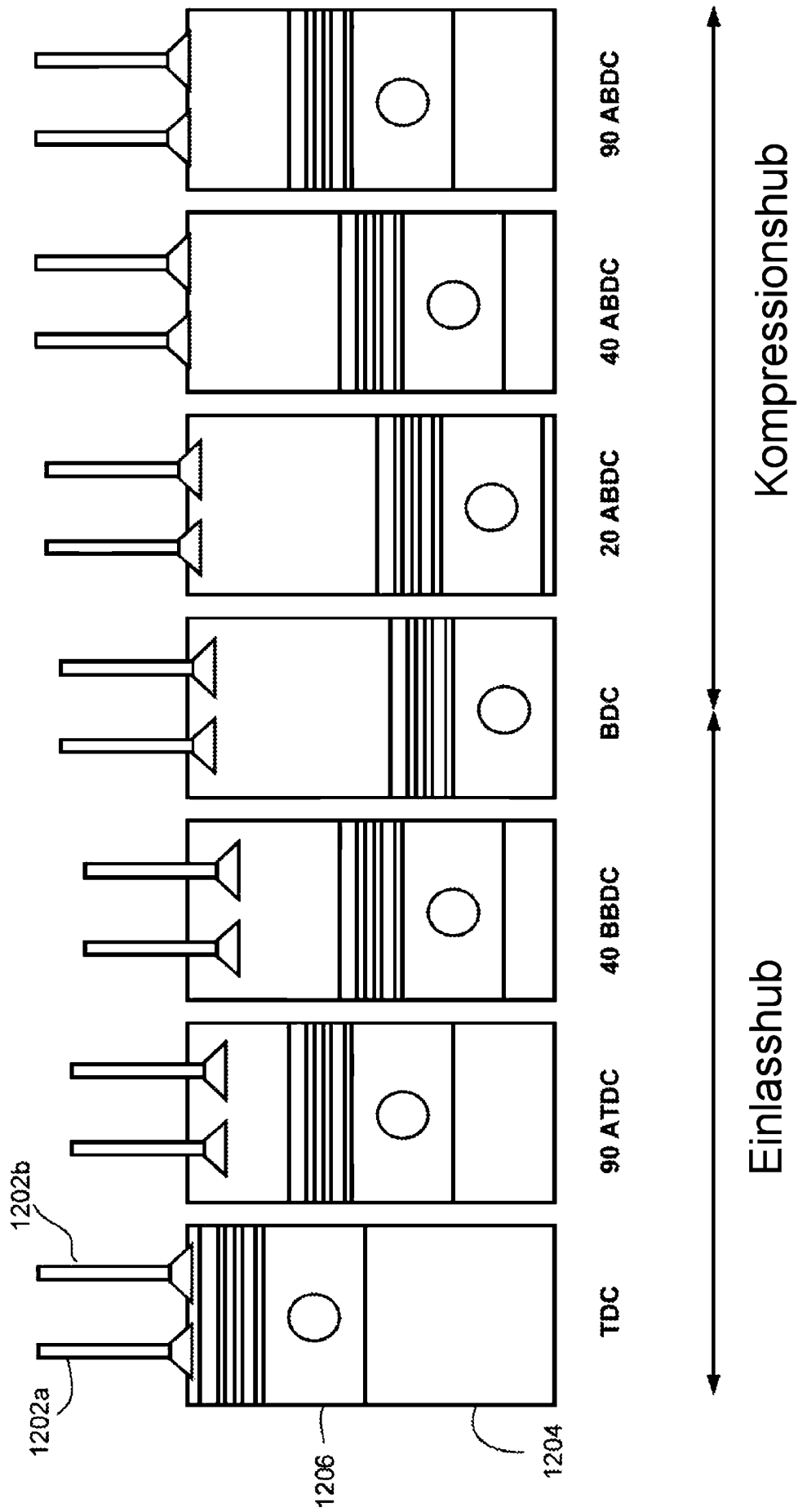
**FIG. 9**



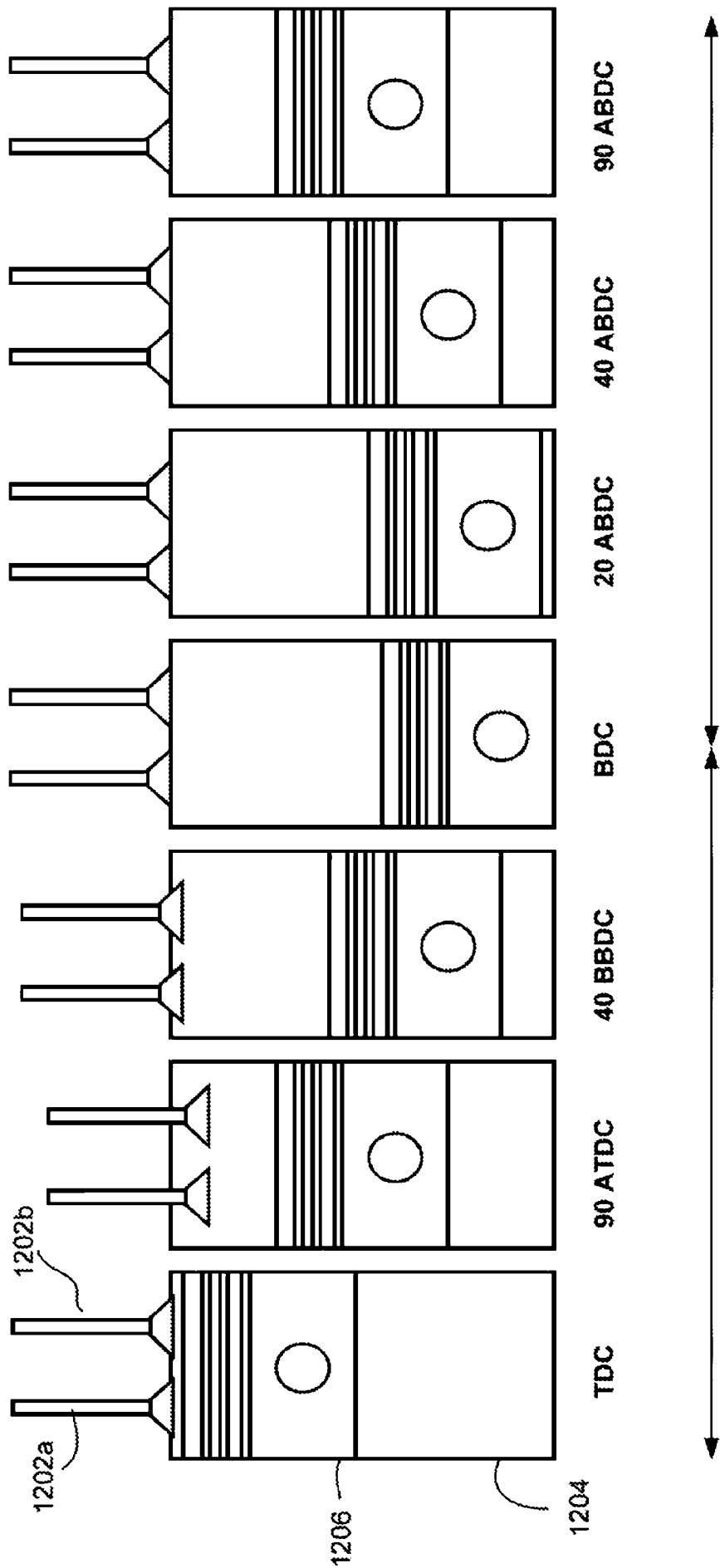
**FIG. 10**



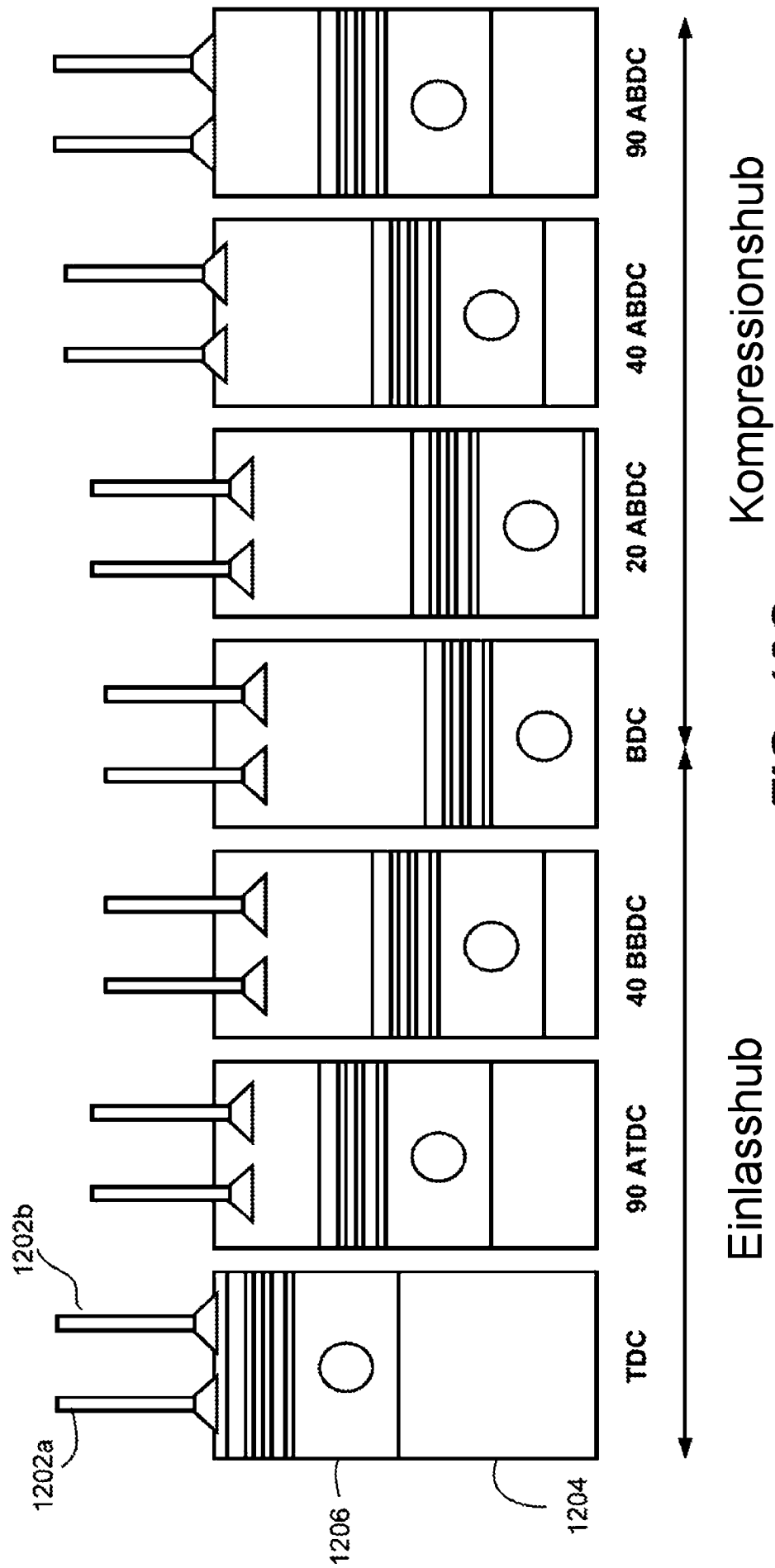
**FIG. 11**

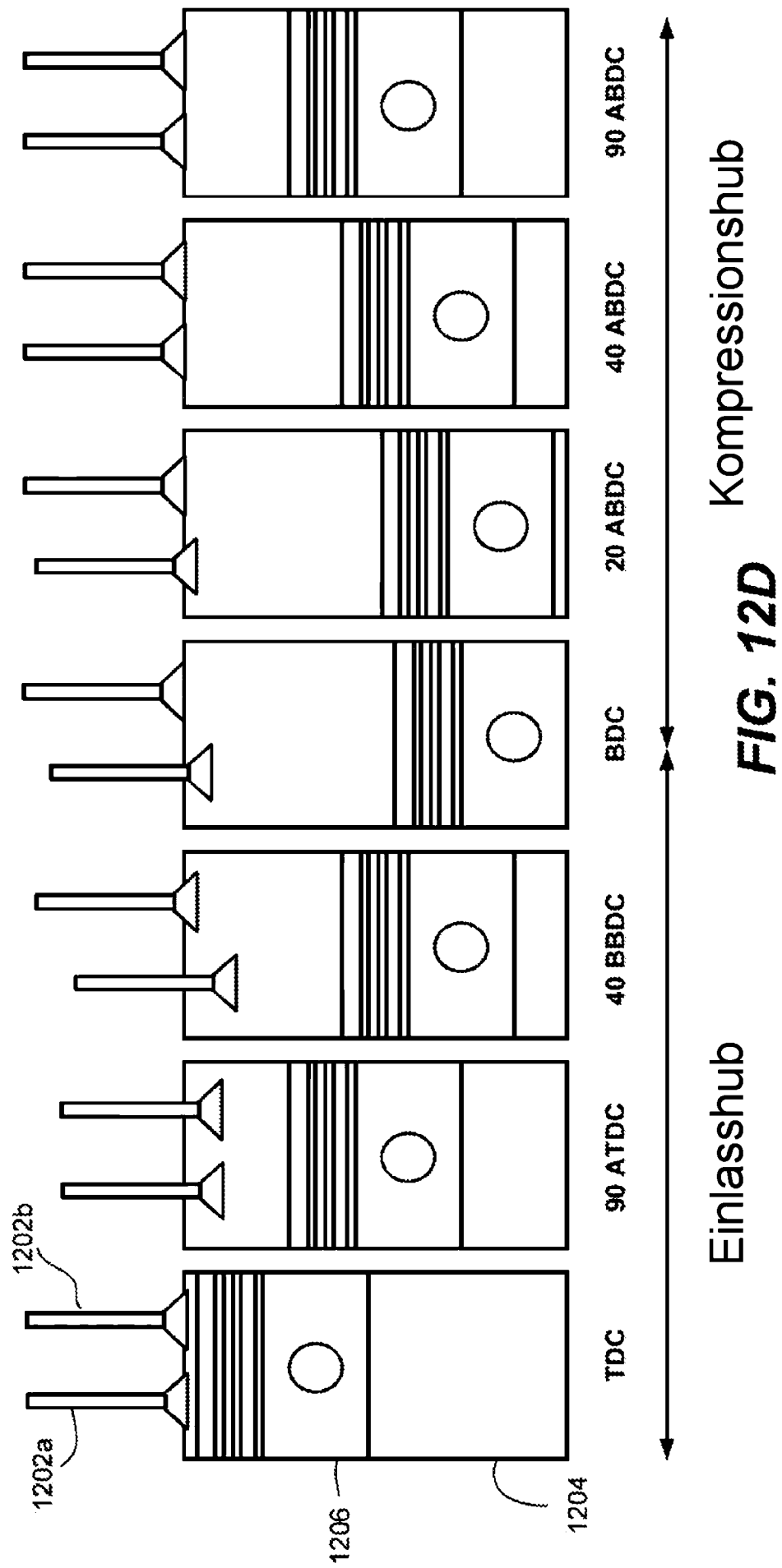


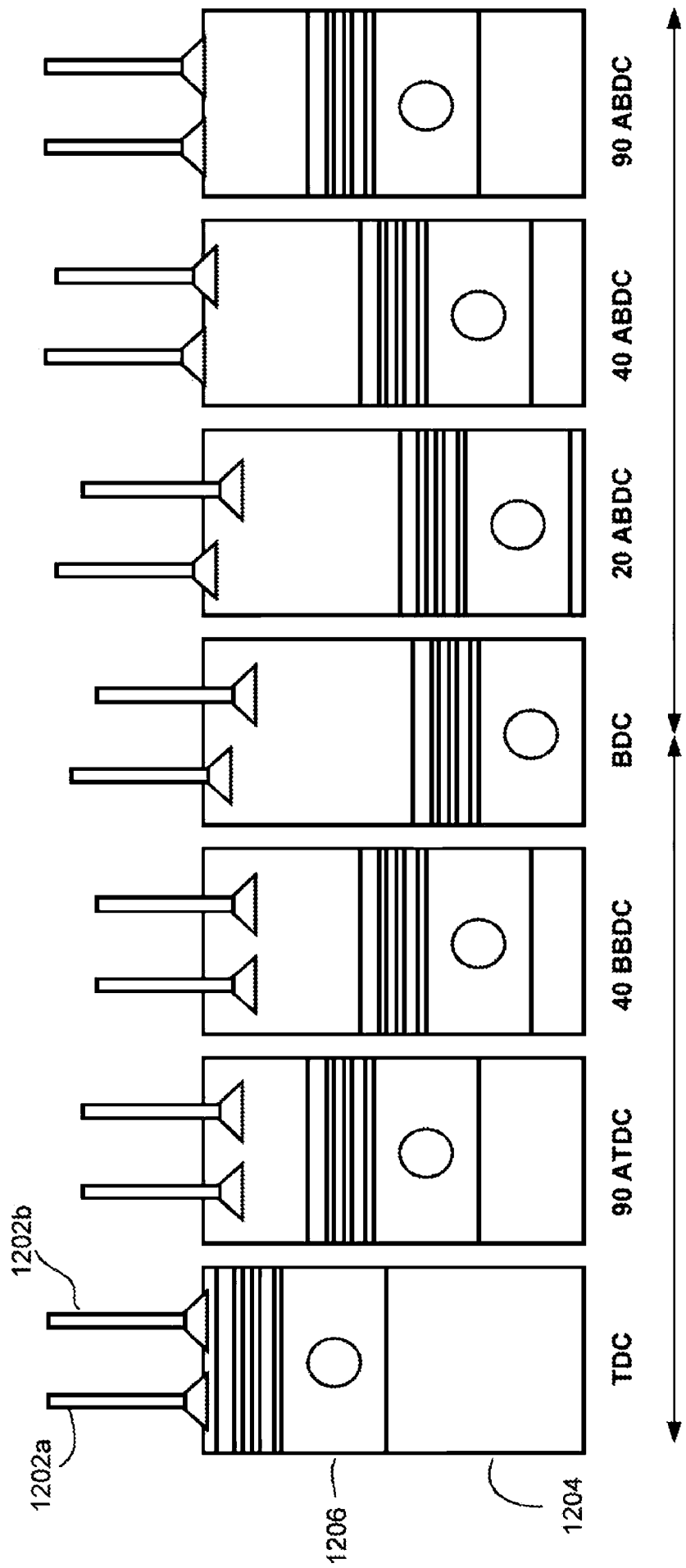




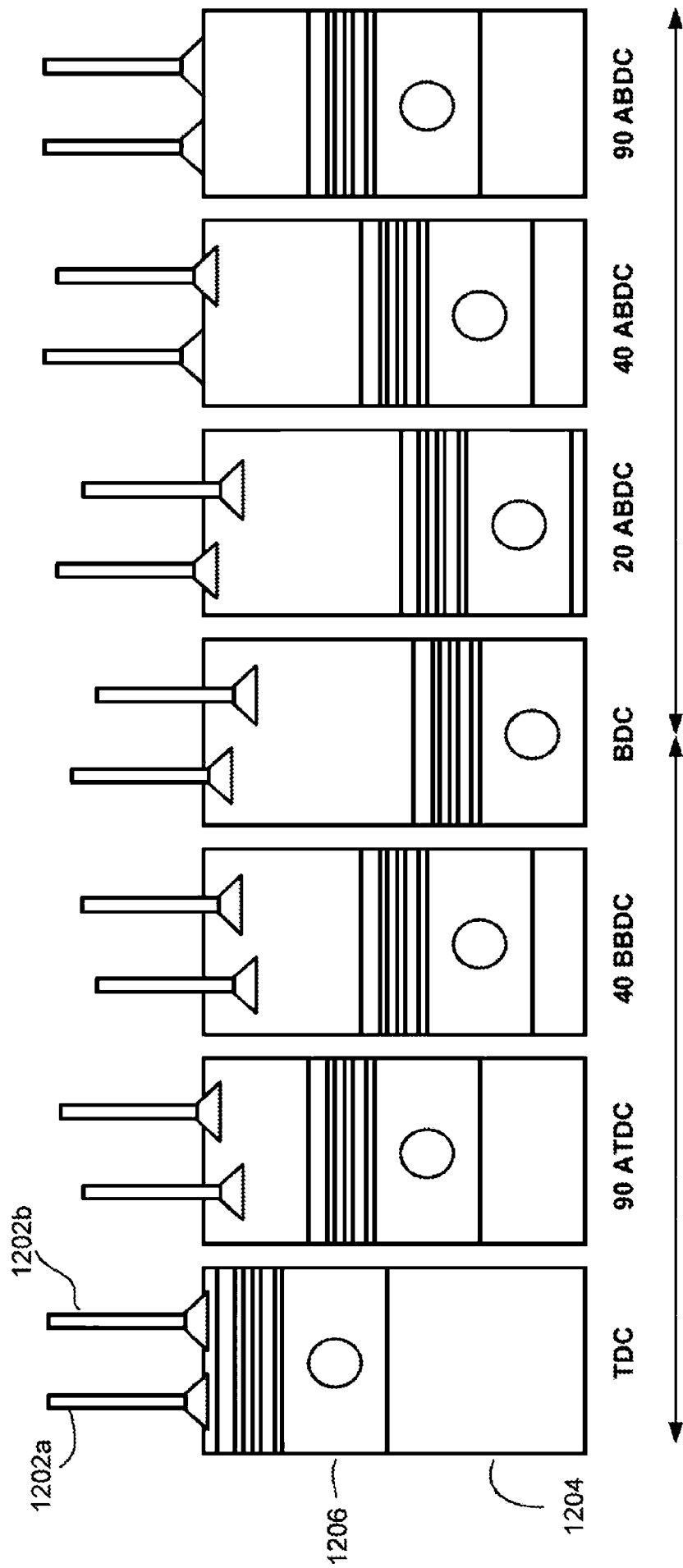
**FIG. 12B** Kompressionshub







**FIG. 12E** Kompressionshub



**FIG. 12F** Kompressionshub

1300

		Normales Ventil	
		EIN	AUS
EIVC-Ventil	EIN	Höhere Last, mäßiges Wirbeln <u>1302</u>	Niedrige Last, hohes Wirbeln <u>1304</u>
	AUS	Hohe Last, hohes Wirbeln <u>1306</u>	Deaktivierter Zylinder <u>1308</u>

**FIG. 13A**

1350

		Normales Ventil	
		EIN	AUS
EIVC-Ventil	EIN	Niedrige Last, niedriges- mäßiges Wirbeln <u>1352</u>	Niedrige Last, hohes Wirbeln <u>1354</u>
	AUS	Hohe Last, hohes Wirbeln <u>1356</u>	Deaktivierter Zylinder <u>1358</u>

**FIG. 13B**

Kraftstoffsparsamkeitsgewinn  
in Simulation

	1	2	3	4
Leistungsniveau 1	Voll	Voll	Voll	Voll
Leistungsniveau 2				
Leistungsniveau 3	Null	Null	Null	Null

7.5%

**FIG. 14A**

	1	2	3	4
Leistungsniveau 1	Voll	Voll	Voll	Voll
Leistungsniveau 2				
Leistungsniveau 3		Null	Null	

5.2%

**FIG. 14B**

	1	2	3	4
Leistungsniveau 1	Voll	Voll	Voll	Voll
Leistungsniveau 2	Teilweise	Teilweise	Teilweise	Teilweise
Leistungsniveau 3	Null	Null	Null	Null

12.0%

**FIG. 14C**

	1	2	3	4
Leistungsniveau 1	Voll	Voll	Voll	Voll
Leistungsniveau 2	Teilweise			Teilweise
Leistungsniveau 3	Null			Null

6.7%

**FIG. 14D**

Kraftstoffsparsamkeitsgewinn  
in Simulation

	1	2	3	4
Leistungsniveau 1	Voll	Voll	Voll	Voll
Leistungsniveau 2	Teilweise			Teilweise
Leistungsniveau 3	Null	Null	Null	Null

9.3%

**FIG. 14E**

	1	2	3	4
Leistungsniveau 1	Voll	Voll	Voll	Voll
Leistungsniveau 2		Teilweise	Teilweise	
Leistungsniveau 3	Null			Null

8.1%

**FIG. 14F**

	1	2	3	4
Leistungsniveau 1	Voll	Voll	Voll	Voll
Leistungsniveau 2	Teilweise	Teilweise	Teilweise	Teilweise
Leistungsniveau 3	Null			Null

10.6%

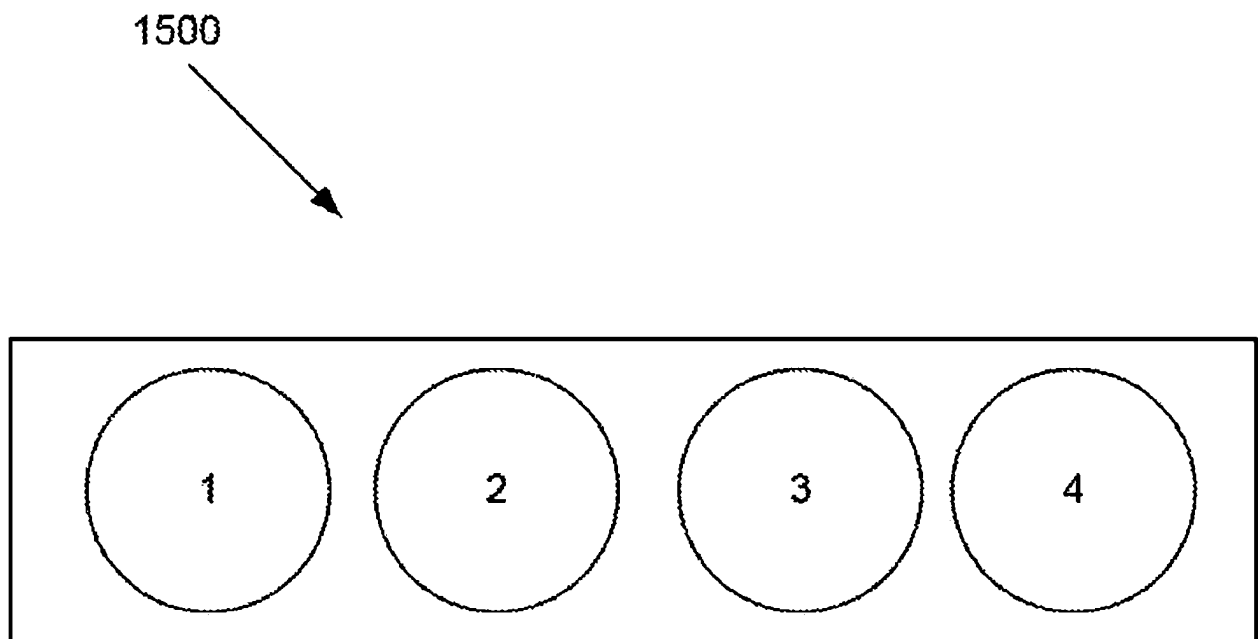
**FIG. 14G**

	1	2	3	4
Leistungsniveau 1	Voll	Voll	Voll	Voll
Leistungsniveau 2	Teilweise	Teilweise	Teilweise	Teilweise
Leistungsniveau 3				

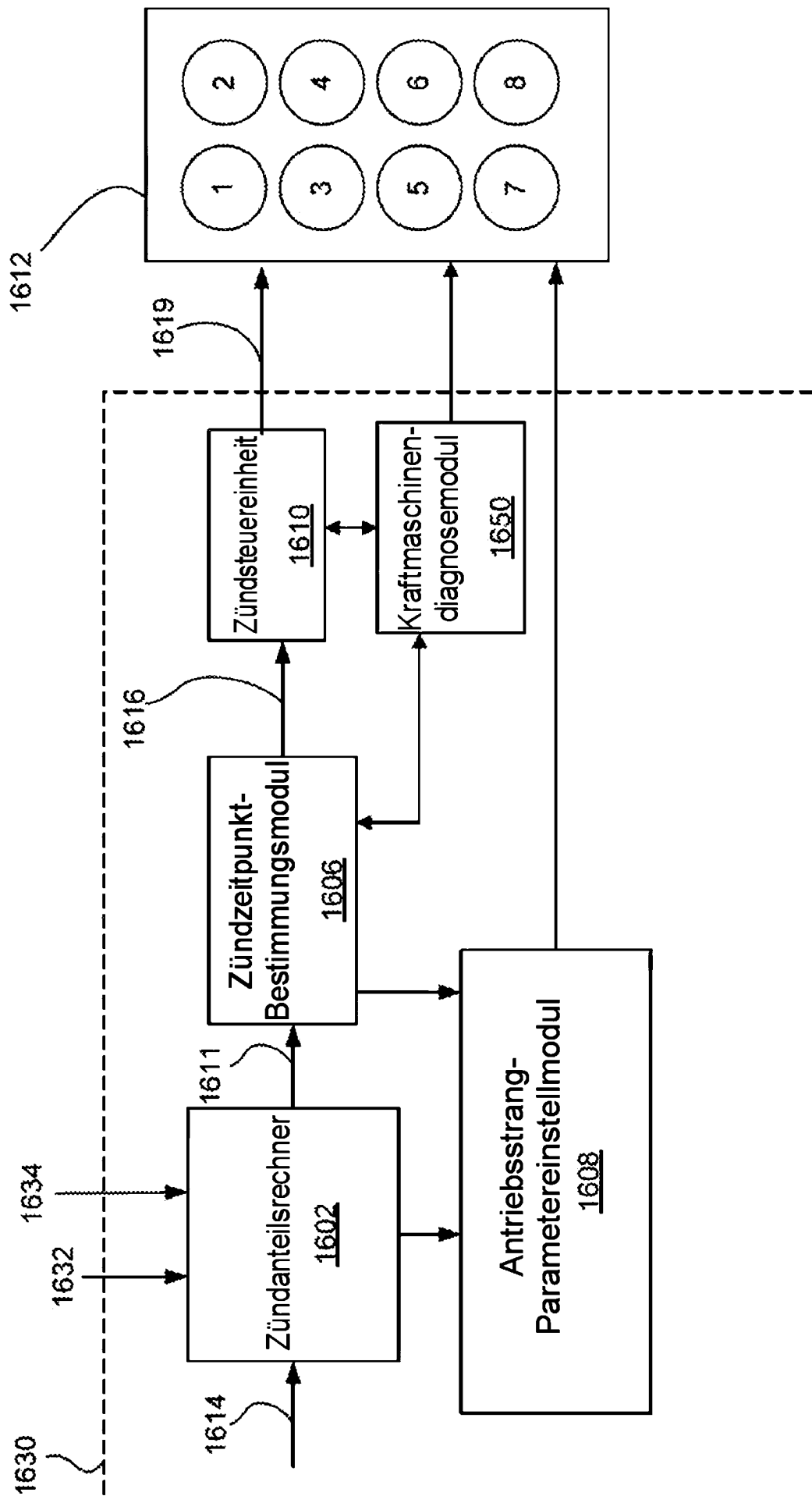
7.0%

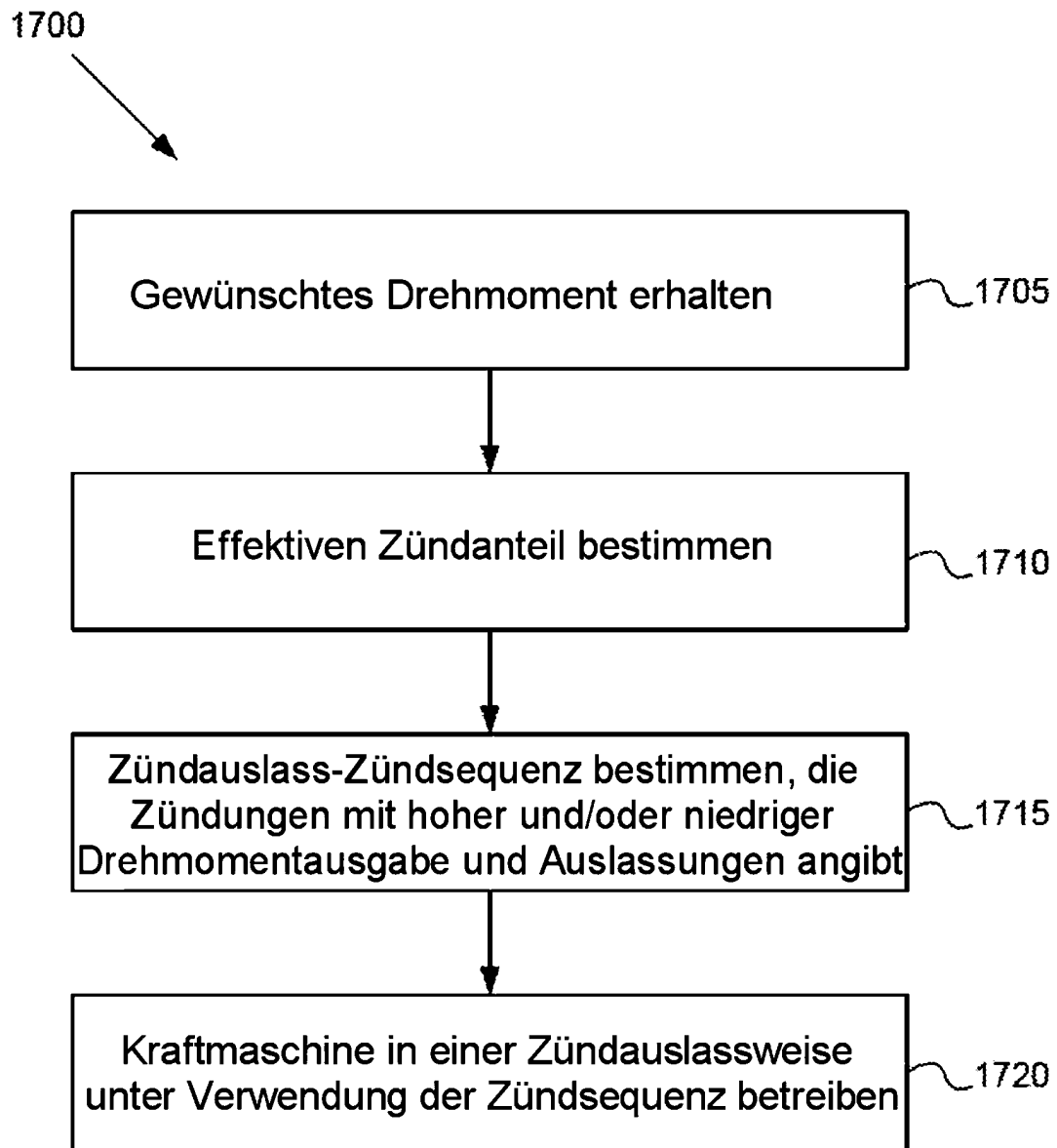
**FIG. 14H**





***FIG. 15***

**FIG. 16**



**FIG. 17**

1800

EFF/Drehzahl	1000	1050	1100	1150	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
0.23	0	0	0	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25
0.28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.12
0.33	0	0	0	0	0	0	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17
0.35	0.15	0.17	0.2	0.22	0.23	0.26	0.28	0.31	0.35	0.36	0.37
0.43	0	0	0	0	0	0.12	0.13	0.15	0.18	0.2	0.22
0.5	0	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.2	0.22	0.24	0.25	0.26
0.47	0	0	0	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25
0.57	0	0	0	0	0	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.2
0.67	0	0	0	0	0	0	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17
0.7	0.54	0.55	0.56	0.56	0.57	0.57	0.58	0.59	0.59	0.6	0.61
0.85	0.35	0.41	0.47	0.51	0.55	0.57	0.58	0.59	0.59	0.6	0.61
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

1802

1804

1806

**FIG. 18**

EFF	FF	HLF
0.23	1/3	0
0.28	1/3	1/2
0.33	1/3	1
0.35	1/2	0
0.43	1/2	1/2
0.50	1/2	1
0.47	2/3	0
0.57	2/3	1/2
0.67	2/3	1
0.70	1	0
0.85	1	1/2
1.00	1	1

**FIG. 19**

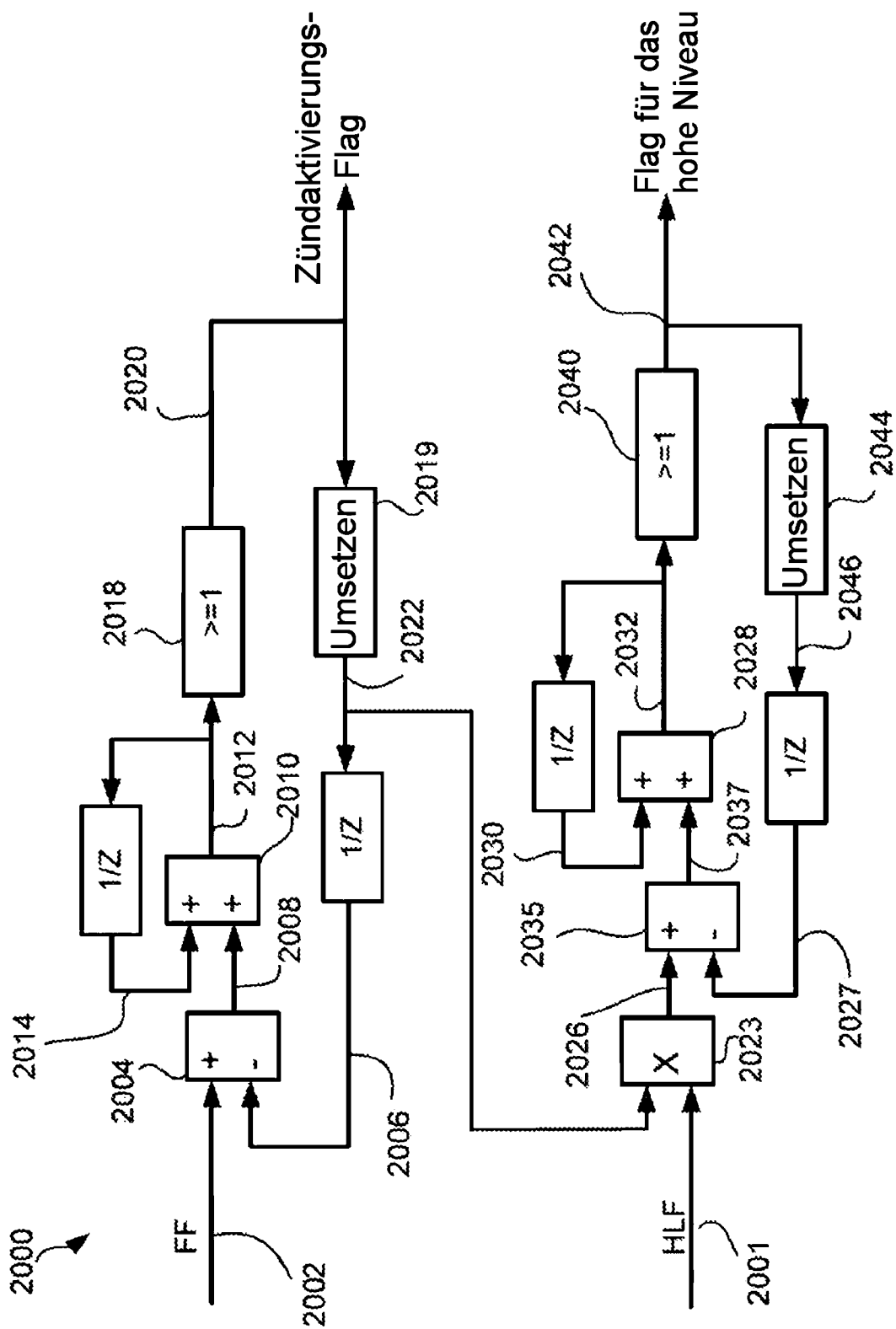


FIG. 20

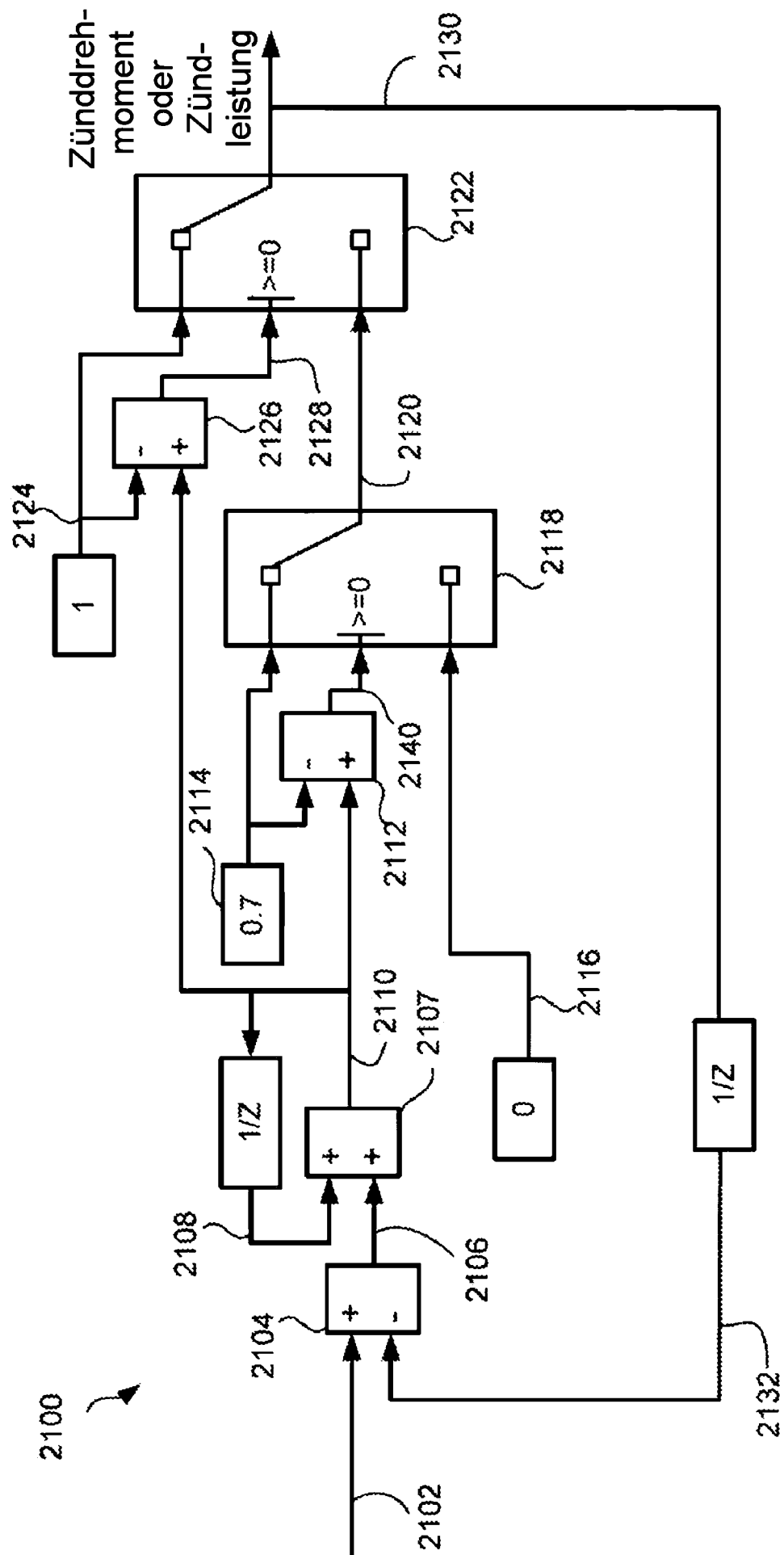


FIG. 21

2200



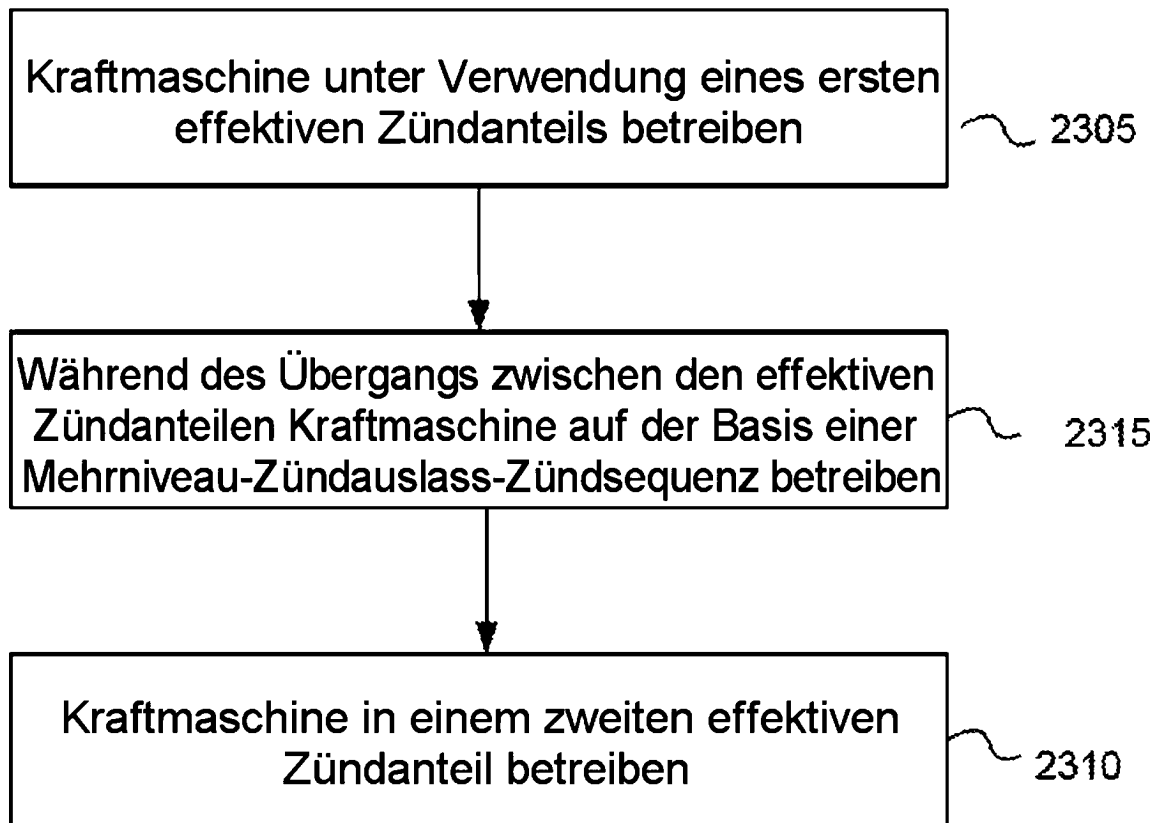
Zylinder

	EFF	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
	0.23	0.7	0	0	0.7	0	0	0	0.7	0	0	0.7	0	0	0.7	0	0
	0.28	0.7	0	0	1	0	0	0	0.7	0	0	0.7	0	0	1	0	0
	0.33	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
	0.35	0.7	0	0.7	0	0.7	0	0.7	0	0.7	0	0.7	0	0.7	0	0.7	0
	0.43	0.7	0	1	0	0.7	0	1	0	0.7	0	1	0	0.7	0	1	0
	0.50	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
	0.47	0.7	0.7	0	0.7	0.7	0	0	0.7	0.7	0	0.7	0.7	0	0.7	0.7	0
	0.57	0.7	1	0	0.7	1	0	0	0.7	1	0	0.7	1	0	0.7	1	0
	0.67	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0
	0.70	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	0.85	0.7	1	0.7	1	0.7	1	0.7	1	0.7	1	0.7	1	0.7	1	0.7	1
	1.00	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

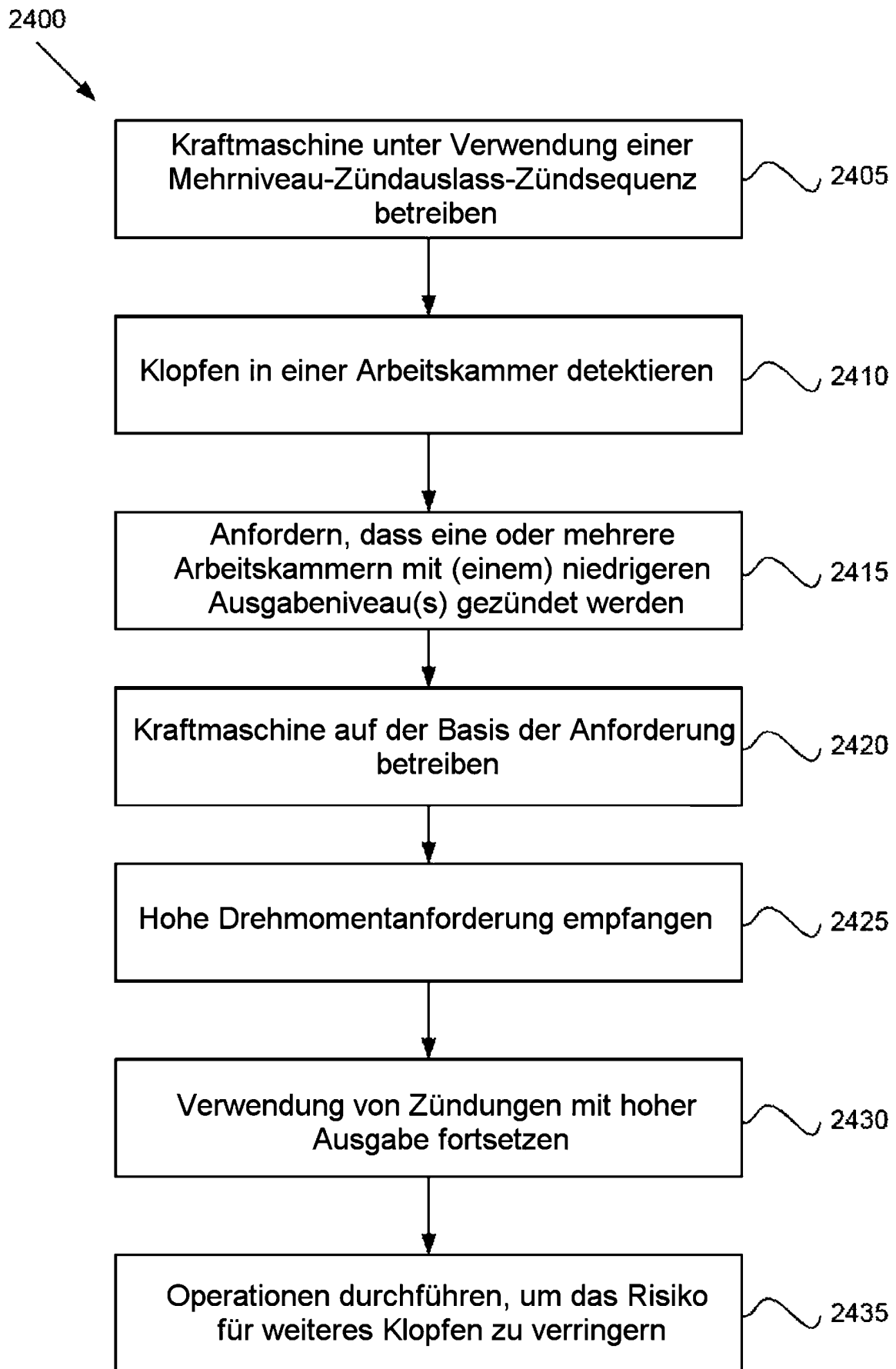
FIG. 22

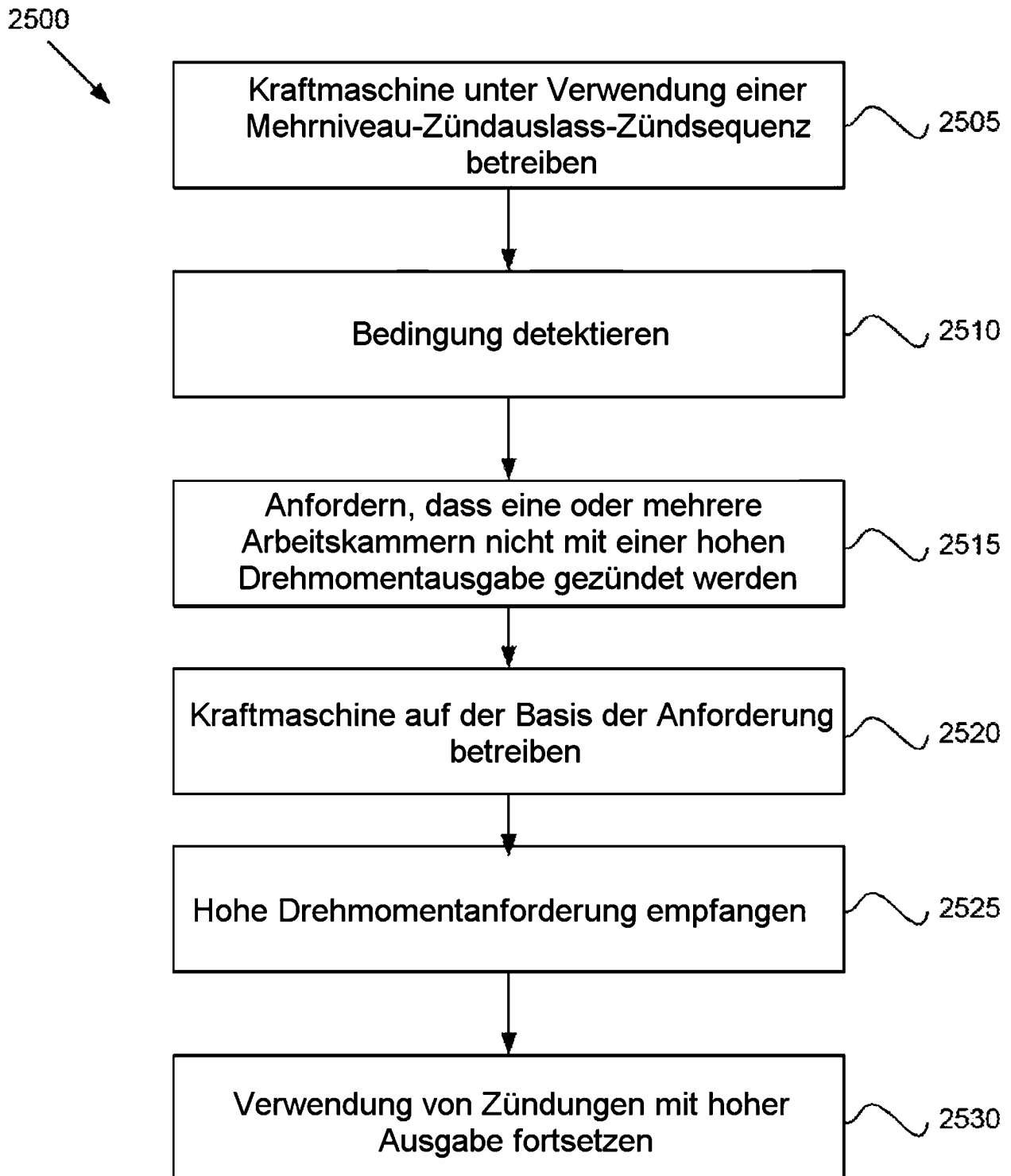


2300

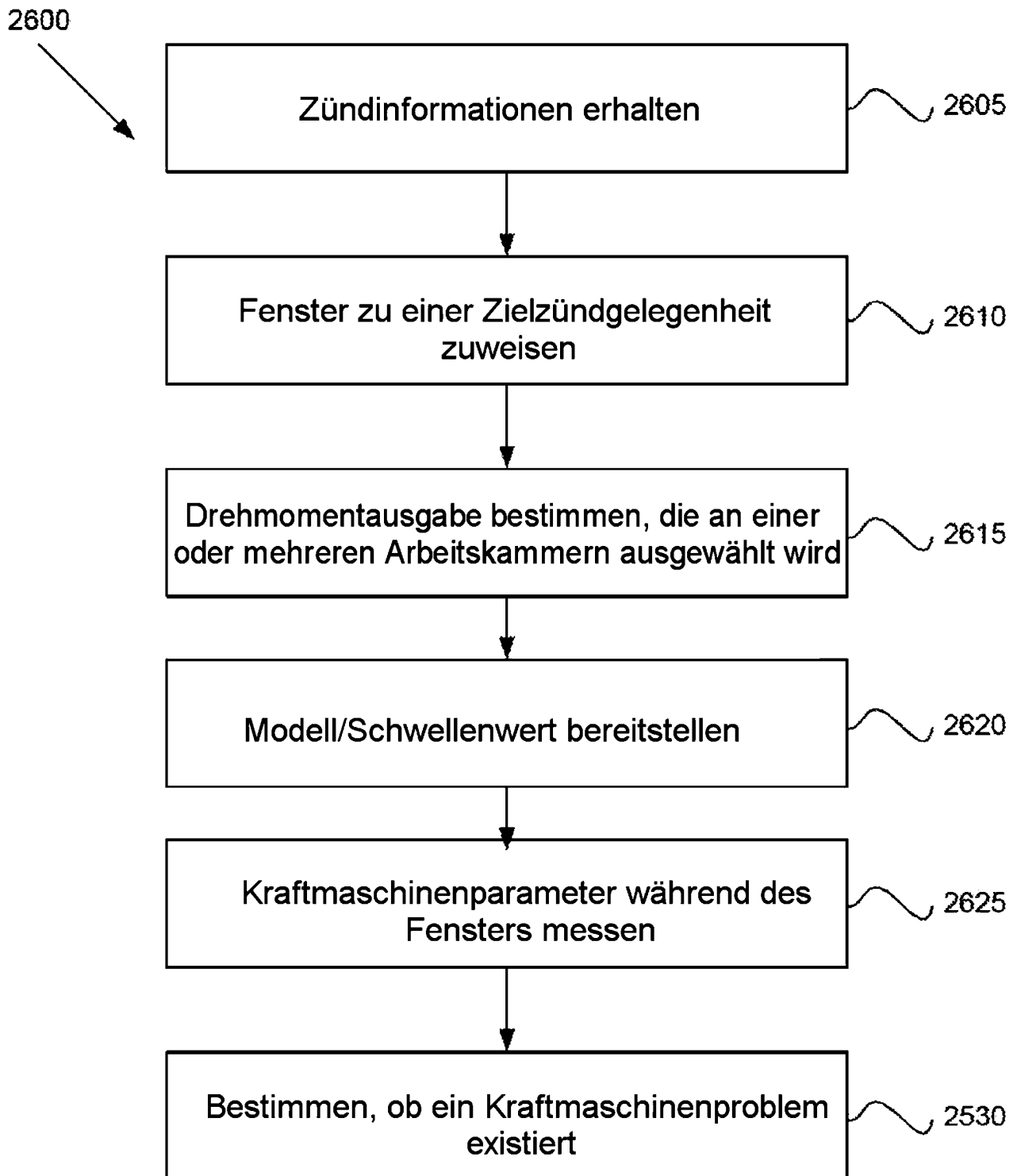


**FIG. 23**

**FIG. 24**



**FIG. 25**



**FIG. 26**