



(10) **DE 11 2014 004 271 T5** 2016.06.09

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/042054**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2014 004 271.4**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US2014/055902**  
(86) PCT-Anmeldetag: **16.09.2014**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **26.03.2015**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **09.06.2016**

(51) Int Cl.: **F02D 13/06 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**61/879,481**            **18.09.2013**    **US**  
**61/890,671**            **14.10.2013**    **US**  
**61/897,686**            **30.10.2013**    **US**  
**61/925,157**            **08.01.2014**    **US**  
**62/002,762**            **23.05.2014**    **US**

(71) Anmelder:  
**Tula Technology, Inc., San Jose, Calif., US**

(74) Vertreter:  
**Fleuchaus & Gallo Partnerschaft mbB, 81369  
München, DE**

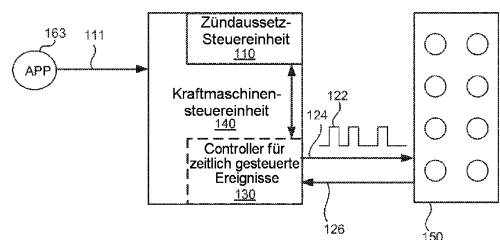
(72) Erfinder:  
**Chen, Shikui Kevin, San Jose, Calif., US; Parsels,  
John W., San Jose, Calif., US; Younkins, Matthew  
A., San Jose, Calif., US**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **System und Verfahren zur sicheren Ventilaktivierung in einer Kraftmaschine mit dynamischer Zündaussetzung**

(57) Zusammenfassung: Es werden viele verschiedene Verfahren und Vorrichtungen zum Steuern des Betriebs der Einlass- und Auslassventile in einer Brennkraftmaschine während eines Zündaussetzbetriebs beschrieben. In verschiedenen Ausführungsformen wird eine Auslassventil-Überwachungseinrichtung oder ein anderer geeigneter Mechanismus verwendet, um Auslassventil-Betätigungsfehler zu detektieren. Wenn ein Auslassventil-Betätigungsfehler für einen speziellen Zylinder detektiert wird, wird das entsprechende Einlassventil unter Umständen deaktiviert (oder nicht aktiviert), unter denen es ansonsten aktiviert werden würde, um zu verhindern, dass sich das Einlassventil in einen Zylinder öffnet, der Hochdruck-Verbrennungsgase enthält. Die beschriebene Methode ist insbesondere vorteilhaft, wenn ein Zündaussetzbetrieb mit einer Zylinderdeaktivierung kombiniert wird, so dass Luft nicht durch die Zylinder während der ausgelassenen Arbeitszyklen gepumpt wird.

100



**Beschreibung**QUERVERWEIS AUF  
VERWANDTE ANMELDUNGEN

**[0001]** Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der vorläufigen US-Patentanmeldungen Nrn. 61/879 481, eingereicht am 18. Sept. 2013, und 61/890 671, eingereicht am 14. Okt. 2013, die beide den Titel "SYSTEM FOR INHIBITING INTAKE VALVE ACTIVATION" haben. Diese Anmeldung beansprucht auch die Priorität der vorläufigen US-Patentanmeldung Nr. 61/925 157, eingereicht am 8. Jan. 2014, mit dem Titel "DETERMINATION OF A HIGH PRESSURE EXHAUST SPRING IN A CYLINDER OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE"; der vorläufigen US-Patentanmeldung Nr. 62/002 762, eingereicht am 23. Mai 2014, mit dem Titel "EXHAUST VALVE FAULT DETECTION" und der vorläufigen US-Patentanmeldung Nr. 61/897 686, eingereicht am 30. Oktober 2013, mit dem Titel "MISFIRE DETECTION SYSTEM". Jede der vorangehenden Anmeldungen ist hier durch Bezugnahme vollständig mit aufgenommen.

## GEBIET DER ERFINDUNG

**[0002]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf die Steuerung der Einlass- und Auslassventile einer Brennkraftmaschine unter Verwendung von einer Zündaussetzsteuerung.

## HINTERGRUND

**[0003]** Die Kraftstoffeffizienz von Brennkraftmaschinen kann durch Verändern des Hubraums der Kraftmaschine wesentlich verbessert werden. Dies ermöglicht, dass das volle Drehmoment zur Verfügung steht, wenn es erforderlich ist, und kann dennoch unter Verwendung eines kleineren Hubraums Pumpverluste signifikant verringern und die Wärmeeffizienz verbessern, wenn das volle Drehmoment nicht erforderlich ist. Das üblichste Verfahren zum Implementieren einer Kraftmaschine mit variablem Hubraum besteht heute darin, eine Gruppe von Zylindern im Wesentlichen gleichzeitig zu deaktivieren. In dieser Methode werden die Einlass- und Auslassventile, die den deaktivierten Zylindern zugeordnet sind, geschlossen gehalten und es wird kein Kraftstoff eingespritzt, wenn gewünscht ist, ein Verbrennungsergebnis auszulassen. Beispielsweise kann eine Kraftmaschine mit variablem Hubraum mit 8 Zylindern die Hälfte der Zylinder (d. h. 4 Zylinder) deaktivieren, so dass sie nur unter Verwendung der restlichen 4 Zylinder arbeitet. Kommerziell erhältliche Kraftmaschinen mit variablem Hubraum, die heute erhältlich sind, unterstützen typischerweise nur zwei oder höchstens drei Hubräume.

**[0004]** Eine weitere Kraftmaschinensteuerermethode, die den effektiven Hubraum einer Kraftmaschine verändert, wird als "Zündaussetz"-Kraftmaschinensteuerung bezeichnet. Im Allgemeinen zieht die Zündaussetz-Kraftmaschinensteuerung das selektive Auslassen der Zündung von bestimmten Zylindern während ausgewählter Zündgelegenheiten in Erwägung. Folglich kann ein spezieller Zylinder während eines Kraftmaschinenzyklus gezündet werden und kann dann während des nächsten Kraftmaschinenzyklus übersprungen und dann während des nächsten selektiv übersprungen oder gezündet werden. In dieser Weise ist eine noch feinere Steuerung des effektiven Kraftmaschinenhubraums möglich. Die Zündung jedes dritten Zylinders in einer Kraftmaschine mit 4 Zylindern würde beispielsweise einen effektiven Hubraum von 1/3 des vollständigen Kraftmaschinenhubraums schaffen, was ein Bruchteilhubraum ist, der durch einfaches Deaktivieren eines Satzes von Zylindern nicht erhältlich ist. Das US-Pat. Nr. 8 131 445 (das vom Rechtsnachfolger der vorliegenden Anmeldung eingereicht wurde und durch den Hinweis in seiner Gesamtheit für alle Zwecke hier aufgenommen wird) lehrt eine Vielfalt von Zündaussetz-Kraftmaschinensteuerimplementierungen.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0005]** Es werden viele verschiedene Verfahren und Vorrichtungen zum Steuern des Betriebs der Einlass- und Auslassventile in einer Brennkraftmaschine während eines Zündaussetzbetriebs beschrieben. In verschiedenen Ausführungsformen wird eine Auslassventil-Überwachungseinrichtung oder ein anderer geeigneter Mechanismus verwendet, um Auslassventil-Betätigungsfehler zu detektieren. Wenn ein Auslassventil-Betätigungsfehler für einen speziellen Zylinder detektiert wird, wird das entsprechende Einlassventil unter Umständen deaktiviert (oder nicht aktiviert), unter denen es ansonsten aktiviert werden würde, um zu verhindern, dass sich das Einlassventil in einen Zylinder öffnet, der Hochdruck-Verbrennungsgase enthält. Die beschriebene Methode ist besonders günstig, wenn ein Zündaussetzbetrieb mit Zylinderdeaktivierung kombiniert wird, so dass Luft während der ausgelassenen Arbeitszyklen nicht durch die Zylinder gepumpt wird.

**[0006]** Auslassventil-Betätigungsfehler können auf der Basis einer Vielfalt von verschiedenen Parametern detektiert werden. In einigen Ausführungsformen wird der Fehler auf der Basis einer Analyse der Drehzahl der Kurbelwelle oder einer Ableitung auf Zeitbasis davon wie z. B. der Winkelbeschleunigung oder des Winkelrucks der Kurbelwelle detektiert. In anderen Ausführungsformen kann der Auslassventil-Betätigungsfehler auf der Basis einer Analyse der Ausgabe eines Nähesensors, der die Bewegung des Auslassventils erfasst, detektiert werden. In noch anderen Ausführungsformen kann eine Viel-

falt von anderen Eingaben und/oder mehreren verschiedenen Eingaben verwendet werden, um einen Auslassventil-Betätigungsfehler abzuleiten. In einer gewissen Situation kann der wichtigste Arbeitszyklus der unmittelbar nächste Arbeitszyklus nach einem Auslassventil-Betätigungsfehler sein, während in anderen die nächsten folgenden und/oder anschließenden Arbeitszyklen von größerer oder signifikanter Bedeutung sein können.

**[0007]** Eine Vielfalt von Ventilsteuersystemen werden beschrieben, die zum Implementieren der beschriebenen Ventilsteuerschemen geeignet sind. In einigen Ausführungsformen kann jedes deaktivierbare Ventil eine zugehörige Totgangvorrichtung aufweisen, die angeordnet ist, um die Deaktivierung des Ventils zu erleichtern. Als Beispiel kann die Totgangvorrichtung die Form eines hydraulisch betätigten zusammenklappbaren Stößels annehmen. Bei einer Besonderheit kann ein einzelnes Solenoid verwendet werden, um sowohl einen zusammenklappbaren Einlassventilstößel als auch einen zusammenklappbaren Auslassventilstößel zu aktivieren und zu deaktivieren.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0008]** Die Erfindung und deren Vorteile können mit Bezug auf die folgende Beschreibung in Verbindung mit den begleitenden Zeichnungen am besten verstanden werden, in denen:

**[0009]** Fig. 1A ein schematisches Beispieldiagramm ist, das einen Abschnitt eines Kraftmaschinensystems zeigt.

**[0010]** Fig. 1B ein beispielhaftes Zeitablaufdiagramm ist, das das Öffnen und Schließen eines Einlass- und Auslassventils zeigt.

**[0011]** Fig. 1C ein schematisches Beispieldiagramm ist, das ein Kraftmaschinensteuersystem zeigt.

**[0012]** Fig. 2A ein schematisches Diagramm eines Ventilsteuersystems, das das Öffnen eines Einlassventils in einen Zylinder, der Hochdruckgas enthält, verhindert, gemäß einer ersten Ausführungsform ist.

**[0013]** Fig. 2B ein schematisches Diagramm einer Sicherheitsschaltung, die in ein Auslassventil-Solenoid eingebaut ist, gemäß einer Ausführungsform ist.

**[0014]** Fig. 2C ein schematisches Diagramm einer Sicherheitsschaltung, die in eine Anordnung mit sowohl einem Einlassventil-Solenoid als auch einem Auslassventil-Solenoid eingebaut ist, gemäß einer Ausführungsform ist.

**[0015]** Fig. 2D ein schematisches Diagramm einer Sicherheitsschaltung, die in eine Anordnung mit mehreren Einlass- und Auslassventil-Solenoiden eingebaut ist, gemäß einer Ausführungsform ist.

**[0016]** Fig. 3 ein schematisches Diagramm eines Ventilsteuersystems, das das Öffnen eines Einlassventils in einen Zylinder, der Hochdruckgas enthält, verhindert, gemäß einer speziellen Ausführungsform ist.

**[0017]** Fig. 4A ein schematisches Diagramm eines Ventilsteuersystems, das das Öffnen eines Einlassventils in einen Zylinder, der Hochdruckgas enthält, verhindert, gemäß einer speziellen Ausführungsform ist.

**[0018]** Fig. 4B ein Zeitablaufdiagramm eines Zündaussetzbetriebs in einem Niederdruck-Federmodus gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**[0019]** Fig. 4C ein Zeitablaufdiagramm eines Zündaussetzbetriebs in einem Hochdruck-Federmodus gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**[0020]** Fig. 5 ein schematisches Diagramm eines Ventilsteuersystems, das das Öffnen eines Einlassventils in einen Zylinder, der Hochdruckgas enthält, verhindert, gemäß einer speziellen Ausführungsform ist.

**[0021]** Fig. 6 ein schematisches Diagramm eines Ventilsteuersystems, das eine unabhängige Gattersteuerung verwendet, um das Öffnen eines Einlassventils in einen Zylinder, der Hochdruckgas enthält, zu verhindern, gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**[0022]** Fig. 7 ein Zeitablaufdiagramm gemäß einer speziellen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

**[0023]** 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

**[0024]** Wenn mit Zündaussetzsteuerung gearbeitet wird, ist es im Allgemeinen erwünscht, die Einlass- und Auslassventile in einer komplexeren Weise zu steuern, als wenn die Zylinder immer aktiviert sind. Insbesondere können in verschiedenen Anwendungen die Einlass- und/oder Auslassventile während eines ausgelassenen Arbeitszyklus geschlossen bleiben, um Pumpverluste zu minimieren. Dies steht im

Gegensatz zu einer Kraftmaschine, die mit allen Zylindern arbeitet, wobei sich die Einlass- und Auslassventile bei jedem Arbeitszyklus öffnen und schließen. Fürnockenbetätigte Ventile besteht ein Verfahren zum Deaktivieren eines Ventils darin, ein Solenoid, das einen zusammenklappbaren Ventilstößel steuert, in den Ventiltrieb einzugliedern. Um das Ventil zu aktivieren, bleibt der Stößel auf seiner vollen Ausdehnung, und um das Ventil zu deaktivieren, wird der Stößel zusammengeklappt.

**[0025]** Ein potentielles Problem bei diesem Typ von Steuerung besteht darin, dass, wenn aus irgendeinem Grund die Verbrennungsgase, die einer Zylinderzündung zugeordnet sind, nicht aus dem Zylinder entlüftet wurden, der Versuch, das Einlassventil zu öffnen, das Ventil oder die Schubstange aufgrund des im Zylinder enthaltenen hohen Drucks beschädigen kann. Es ist erwünscht, wenn ein Steuerverfahren und ein Steuergerät entwickelt werden können, um ein versehentliches Öffnen des Einlassventils in diesen Situationen zu verhindern.

**[0026]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich im Allgemeinen auf Verfahren und Vorrichtungen zum Steuern des Betriebs von Einlass- und Auslassventilen einer Brennkraftmaschine während eines Zündaussetzbetriebs. In verschiedenen Ausführungsformen werden die Ventile unter Verwendung eines exzentrischen Nockens gesteuert, um die Ventile zu öffnen und zu schließen. Ein zusammenklappbarer Ventilstößel ist in den Ventiltrieb eingebaut, um die Deaktivierung der Ventile während eines ausgelassenen Zündzyklus zu ermöglichen. Der zusammenklappbare Stößel wird unter Verwendung eines Solenoids gesteuert. Das Solenoid ermöglicht die Einführung eines Arbeitsfluids (wie z. B. Motoröl) in den zusammenklappbaren Stößel, um entweder den Stößel dazu zu zwingen, in seiner vollständig ausgefahrenen (fester Zustand) Position zu bleiben, oder zu ermöglichen, dass der Stößel zusammenklappt (komprimierbarer Zustand), wobei das Ventil in einer geschlossenen Position belassen wird. Ein Ölkanal mit mehreren Öldurchgängen kann verwendet werden, um das Drucköl vom Solenoid zum zusammenklappbaren Stößel zuzuführen. In vielen Fällen verschiebt das Arbeitsfluid die Position eines Verriegelungsstifts im zusammenklappbaren Stößel, um den zusammenklappbaren Stößel zwischen seinem festen und komprimierbaren Zustand zu verschieben. Drucköl, das auf den Stift aufgebracht wird, ermöglicht eine Kompression des zusammenklappbaren Stößels, was zur Deaktivierung des Ventils führt. Das heißt, das Ventil bleibt geschlossen, solange das Druckfluid auf den zusammenklappbaren Stößel aufgebracht wird, der dem Ventil zugeordnet ist. Um die Verriegelungsstiftposition zu verschieben, muss sich das Ventil in seinem geschlossenen Zustand befinden. Sobald das Ventil begonnen hat, sich von seiner geschlossenen Position zu bewegen, d. h. wo-

bei es beginnt, sich von dem Basiskreis des Nockens weg zu bewegen, bringt die Ventelfelder genügend Kraft auf den Verriegelungsstift auf, so dass er sich nicht von der Stelle weg bewegen kann, selbst wenn ein vollständiger Öldruck aufgebracht wird. Der Öldruck hängt von der Kraftmaschinendrehzahl ( $\text{min}^{-1}$ , Umdrehungen pro Minute) ab und kann durch ein Druckentlastungsventil, das typischerweise auf 3–4 barG gesetzt ist, begrenzt werden. Obwohl die obige Beschreibung die Verwendung von zusammenklappbaren Stößeln beinhaltet, um die Zylinderdeaktivierung zu ermöglichen, können andere Verfahren auch verwendet werden. Zusammenklappbare Stößel sind eine Form einer allgemeinen Klasse von Totgangsystemen, wobei eine Nockendrehung nicht zur Ventilbewegung führt. Außerdem kann einnockenloses System verwendet werden, um die Ventile zu bewegen. Die Ventilbewegung kann durch elektromagnetische, hydraulische oder pneumatische Mittel durchgeführt werden. Irgendeines der Ventilbewegungssysteme kann bei der vorliegenden Erfindung verwendet werden.

**[0027]** Für ein Ventilsteuersystem unter Verwendung eines Solenoids und eines zusammenklappbaren Stößels besteht die Zeit, die erforderlich ist, um das Einlassventil oder Auslassventil zu deaktivieren, aus vier Komponenten:

1. Zeit, die erforderlich ist, um genügend elektrischen Strom zu erzeugen, um die Bewegung des Solenoidventils in eine Öffnungsposition zu starten.
2. Zeit, um das Solenoid vollständig zu öffnen.
3. Zeit, um den Ölkanal mit Drucköl zu füllen.
4. Zeit, um genügend Druck auf den Verriegelungsstift aufzubringen und ihn in eine entriegelte Position zu bewegen.

**[0028]** Die Zeit, die allen dieser Schritte zugeordnet ist, kann in Abhängigkeit vom Öldruck und von der Versorgungsspannung, die verfügbar ist, um das Solenoid anzutreiben, variieren. Obwohl die Zeit variieren kann, ist 10 ms eine repräsentative Aktivierungszeit  $\tau_{\text{act}}$  für existierende Ventil deaktivierungssysteme. Die Zeit, die erforderlich ist, um das Solenoid zu deaktivieren und folglich das Ventil zu aktivieren, ist vergleichbar mit oder etwas geringer als die Aktivierungszeit  $\tau_{\text{act}}$ . Es ist zu beachten, dass die Ventilzeitsteuerung in Grad der Kurbelwellendrehung sich häufig als Funktion der Kraftmaschinendrehzahl ändert. Höhere Kraftmaschinendrehzahlen führen zu mehr Kurbelwellendrehung für eine feste Zeitdauer. Im Allgemeinen wird die Zeit, die allen dieser Aktivierungsschritte und ihrer Variabilität zugeordnet ist, betrachtet, wenn die Ventilaktivierung gesteuert wird. Im Allgemeinen ist es erwünscht, die Aktivierungszeit konsistent mit anderen Systemeinschränkungen wie z. B. Kosten zu minimieren. Kurze Aktivierungszeiten ermöglichen eine schnelle Systemreaktion, was beson-

ders wichtig ist, wenn mit hohen Kraftmaschinendrehzahlen gearbeitet wird.

**[0029]** Im Allgemeinen zieht eine Zündaussetz-Kraftmaschinensteuerung das selektive Auslassen der Zündung von bestimmten Zylindern während ausgewählter Zündgelegenheiten in Erwägung. Ein spezieller Zylinder kann folglich beispielsweise während einer Zündgelegenheit gezündet werden und kann dann während der nächsten Zündgelegenheit ausgelassen werden und dann während der nächsten selektiv ausgelassen oder gezündet werden. Die Zünd-/Auslassentscheidung kann auf der Basis von Zündgelegenheit zu Zündgelegenheit getroffen werden. Diese Entscheidung wird typischerweise eine gewisse Anzahl von Zündgelegenheiten vor dem Zündereignis getroffen, um dem Steuersystem Zeit zu ermöglichen, um die Kraftmaschine für entweder ein Aussetz- oder Zündereignis korrekt zu konfigurieren. Die Zündaussetzsteuerung steht zum herkömmlichen Kraftmaschinenbetrieb mit variablem Hubraum in Gegensatz, bei dem ein fester Satz der Zylinder während bestimmter Betriebsbedingungen mit geringer Last deaktiviert wird.

**[0030]** Wenn ein Zylinder in einer Kraftmaschine mit variablem Hubraum deaktiviert wird, bewegt sich sein Kolben typischerweise immer noch hin und her, jedoch wird weder Luft noch Kraftstoff zum Zylinder zugeführt, so dass der Kolben keine Leistung von der Verbrennung während seines Leistungshubs liefert. Da die Zylinder, die "abgeschaltet" werden, keine Nettoleistung liefern, wird die anteilige Last an den restlichen Zylindern erhöht, wodurch ermöglicht wird, dass die restlichen Zylinder mit einem verbesserten thermodynamischen Wirkungsgrad arbeiten. Mit Zündaussetzsteuerung werden Zylinder vorzugsweise auch während ausgelassener Arbeitszyklen deaktiviert in der Hinsicht, als Luft nicht durch den Zylinder gepumpt wird und kein Kraftstoff während ausgelassener Arbeitszyklen zugeführt wird. Dies erfordert einen Ventildeaktivierungsmechanismus, bei dem die Einlass- und Auslassventile eines Zylinders während eines Arbeitszyklus geschlossen bleiben. In diesem Fall wird während der ausgelassenen Arbeitszyklen keine Luft in die deaktivierten Zylinder eingeführt, wodurch Pumpverluste verringert werden.

**[0031]** In einem deaktivierten Zyklus bleibt das Einlassventil geschlossen, so dass keine Luft vom Einlasskrümmer in den Zylinder strömen kann. Kraftstoff wird auch gesperrt, so dass kein Kraftstoff zum deaktivierten Zylinder zugeführt wird. Dies ist in einer Direkteinspritzkraftmaschine besonders wichtig, bei der Kraftstoff direkt in den Zylinder eingespritzt wird. In Direkteinspritzkraftmaschinen kann unverbranntes flüssiges Fluid im Zylinder zu einem Wasserschlag führen, der die Kraftmaschine dauerhaft beschädigt. Das Auslassventil kann auch in einem deaktivierten Zylinder geschlossen bleiben; wenn es geschlos-

sen ist, ist jedoch sein Schließzeitpunkt relativ zum Einlassventilschließen wichtig. Wenn das Auslassventil nach einem Verbrennungsereignis geschlossen bleibt, werden Hochdruck-Verbrennungsgase im Zylinder eingeschlossen, was eine Hochdruckfeder bildet. Dies kann annehmbar sein, solange das Einlassventil geschlossen bleibt. Wenn das Auslassventil im Anschluss an das Verbrennungsereignis geöffnet und dann geschlossen wird, werden die Verbrennungsgase entlüftet und das im Zylinder verbleibende Gas liegt auf niedrigem Druck, was eine Niederdruckfeder bildet. Wenn die Verbrennungsgase im Zylinder eingeschlossen bleiben, können das Einlassventil oder seine zugehörigen mechanischen Mechanismen den Versuch beschädigt werden durch, sich gegen den hohen Druck der eingeschlossenen Verbrennungsgase zu öffnen. Ein sicheres Einlassventil öffnen kann nur stattfinden, wenn der Zylinderdruck niedrig ist, was sichergestellt wird, wenn der Zylinder durch das Auslassventil vor dem Einlass entlüftet wurde. Die nachstehenden Ausführungsformen beschreiben Systeme und Verfahren zum Steuern der Einlass- und Auslassventile, um die Aktivierung des Einlassventils gegen eine Hochdruckfeder zu vermeiden.

**[0032]** Fig. 1A stellt eine Beispiel-Brennkraftmaschine dar, die einen Zylinder **161**, einen Kolben **163**, einen Einlasskrümmer **165** und einen Auslasskrümmer **169** umfasst. Luft wird in den Zylinder **161** durch ein Einlassventil **185** eingeführt. Verbrennungsgase werden aus dem Zylinder **161** durch ein Auslassventil **187** entlüftet. Ein Drosselventil **171** steuert die Einströmung von Luft von einem Luftfilter oder einer anderen Luftquelle in den Einlasskrümmer. Expandierende Gase von der Verbrennung erhöhen den Druck im Zylinder und Treiben den Kolben nach unten. Eine lineare Hin- und Herbewegung des Kolbens wird durch eine Verbindungsstange **189**, die mit einer Pleuellwelle **183** verbunden ist, in eine Drehbewegung umgesetzt. Eine 4-Takt-Kraftmaschine braucht zwei Pleuellwenumdrehungen, 720 Grad, um einen Arbeitszyklus zu vollenden.

**[0033]** Fig. 1B zeigt ein beispielhaftes Zeitablaufdiagramm, das das Öffnen und Schließen des Einlassventils **191** und des Auslassventils **192** darstellt, die drei Zyklen eines Kraftmaschinenzylinders zugeordnet sind. In diesem Beispiel wird der Zylinder in allen Zyklen gezündet, obwohl dies beim Zündaussetzbetrieb nicht immer der Fall ist. In Fig. 1B entspricht eine hohe Position dem Fall, dass das Ventil offen ist, und eine niedrige Position entspricht dem Fall, dass das Ventil geschlossen ist. Es sollte erkannt werden, dass in der Praxis sich die Ventile in analoger Weise öffnen und schließen, so dass nahe dem Beginn und dem Ende der Ventilöffnungsphase die Ventilöffnung klein ist. Die Ventil-Beschleunigung/Verlangsamung am Beginn/Ende der Ventilöffnung kann auch klein sein, um die Auswirkung des Ventils auf den

Ventilsitz zu minimieren. Aufgrund von Gasdynamik ist die Einlass- und Auslassventil-Öffnungsverweilzeit häufig größer als 180 Grad, um den Gasaustausch in den und aus dem Zylinder zu maximieren. Das Einlassventil **191** kann sich für eine Zeitdauer von ungefähr 240 Grad der Kurbelwellenumdrehung während des Einlasshubes öffnen. Für eine 4-Takt-Kraftmaschine wird nach dem Einlasshub der Zylinder dann dem Kompressions- und Leistungshub unterzogen, während welcher Zeit sowohl die Einlass- als auch Auslassventile geschlossen sind. Das Auslassventil **192** kann sich für eine Zeitdauer von ungefähr 240 Grad der Kurbelwellenumdrehung während des Auslasshubes öffnen, der dem Leistungshub folgt. In der Praxis kann die Ventilöffnungsverweilzeit sowohl oberhalb als auch unterhalb 240 Grad variieren.

**[0034]** Das Einlassventil **191** kann sich nahe oder geringfügig vor der TDC-Position (Position des oberen Totpunkts) des Kolbens öffnen. Das Auslassventil **192** kann sich nahe oder geringfügig nach der TDC-Position (Position des oberen Totpunkts) des Kolbens schließen. Wenn der Zylinder bei seiner nächsten Zündgelegenheit gezündet werden sollte, kann sich folglich das Einlassventil **191** gleichzeitig sehr bald nach dem Schließen des Auslassventils **192** öffnen, wie in **Fig. 1B** gezeigt. Die macht irgendein Steuersystem kompliziert, das versucht, einen korrekten Betrieb des Auslassventils vor dem Öffnen des Einlassventils zu bestätigen. Für eine Vier-Takt-Kraftmaschine, die mit  $3000 \text{ min}^{-1}$  arbeitet, ist die Zeit zwischen Zündgelegenheiten an irgendeinem gegebenen Zylinder 40 Millisekunden und die Einlass- und Auslassventile sind jeweils für ungefähr 13 ms offen. Aufgrund der endlichen Reaktionszeit des Steuersolenoids und des zusammenklappbaren Stößels, die vorstehend erörtert sind, ist es eine Herausforderung, ein Steuersystem und ein Steuerverfahren zu schaffen, die einen korrekten Ventilbetrieb sicherstellen, während das Öffnen des Einlassventils in einen Hochdruckzylinder verhindert wird.

**[0035]** Wie in **Fig. 1B** gezeigt, ist das Öffnen des Einlassventils im Wesentlichen gleichzeitig mit oder folgt unmittelbar dem Schließen des Auslassventils. Aus diesen und anderen Gründen wurde ein Hochdruck-Abgaseinschluss (Deaktivierung vor dem Auslassereignis) im Allgemeinen in verschiedenen Produktionssystemen verwendet, die Zylinderdeaktivierung verwendet haben, wie z. B. aktives Kraftstoffmanagement (AFM), Hubraum nach Bedarf (DOD), Mehrfachhubraumsystem (MDS), und variables Zylindermanagement (VCM). Diese Kraftmaschinen mit variablem Hubraum sind im Allgemeinen nicht von einer Einlassventilbeschädigung vom Öffnen in einen Hochdruckzylinder betroffen, da das Umschalten eines Zylinders zwischen einem aktiven und inaktiven Zustand nur selten, d. h. nach vielen Kraftmaschinenzyklen, stattfindet. Hochdruckabgas, das anfänglich im Zylinder eingeschlossen sein kann, kühlt langsam

ab und tritt an den Kolbenringen vorbei aus, so dass es kein Risiko für die Öffnung eines Einlassventils mehr darstellt.

**[0036]** Mit Bezug als nächstes auf **Fig. 1C** wird ein Kraftmaschinensystem mit einem Zündaussetz-Kraftmaschinencontroller beschrieben. Das Kraftmaschinensystem **100** umfasst einen Zündaussetz-Controller **110**, der in eine Kraftmaschinensteuereinheit (ECU) **140** eingebaut ist. Die ECU kann auch Kraftmaschinensteuermodul (ECM) genannt werden. In anderen Ausführungsformen kann die Funktionalität der Zündaussetz-Steuereinheit **110** von der ECU **140** getrennt sein. Die ECU **140** empfängt ein Eingangssignal **111**, das eine gewünschte Kraftmaschinenausgabe angibt. Das Signal **111** kann von einem Fahrpedal-Positionssensor (APP) **163** oder anderen geeigneten Quellen wie z. B. einem Tempomat, einem Drehmomentrechner usw. empfangen oder abgeleitet werden. Die Zündaussetz-Steuereinheit **110** ist angeordnet, um eine Sequenz von Zündbefehlen **122** zu erzeugen, die entlang einer Signalleitung **124** gelenkt wird, um zu bewirken, dass eine Kraftmaschine **150** die gewünschte Ausgabe unter Verwendung einer Zündaussetzmethode bereitstellt. Obwohl die Kraftmaschine **150** als mit 8 Zylindern dargestellt ist, ist die Erfindung auf eine Kraftmaschine mit einer beliebigen Anzahl von Zylindern anwendbar. Die ECU **140** und/oder die Zündaussetz-Steuereinheit **110** kann einen oder mehrere Controller **130** für zeitlich gesteuerte Ereignisse umfassen. Der Zeitergebniscontroller **130** kann verschiedene zeitkritische Verarbeitungsaufgaben handhaben, ohne die ganze ECU **140** oder Zündaussetz-Steuereinheit **110** einzuschalten. Die Controller **130** für zeitlich gesteuerte Ereignisse können programmiert sein, um ungefähr 540 Grad Kurbelwellendrehung vor dem Start des zeitlich gesteuerten Ereignisses zu betreiben. Das zeitlich gesteuerte Ereignis kann dem Start eines Arbeitszyklus entsprechen, der ungefähr dem Einlassventilöffnen entsprechen kann. Es können sich mehrere Controller für zeitlich gesteuerte Ereignisse in der ECU befinden; beispielsweise kann ein Controller für zeitlich gesteuerte Ereignisse das Einlassventil steuern und ein anderer Controller für zeitlich gesteuerte Ereignisse kann das Auslassventil steuern. Die Kraftmaschine **150** kann Informationen hinsichtlich verschiedener Zustandsindikatoren zur ECU **140** entlang der Signalleitung **126** übertragen. Informationen auf der Signalleitung **126** können Informationen hinsichtlich des Zustandes der Einlass- und Auslassventile (in **Fig. 1C** nicht gezeigt) umfassen, die jedem Zylinder in der Kraftmaschine zugeordnet sind. Sie können auch Informationen hinsichtlich der Position der Kurbelwelle, die von einem Kurbelwellensensor (in **Fig. 1C** nicht gezeigt) abgeleitet ist, und der Position der Nockenwelle, die von einem Nockenwellensensor (in **Fig. 1C** nicht gezeigt) abgeleitet ist, umfassen. Obwohl in **Fig. 1C** ein einzelner Kommunikationskanal angegeben ist, sollte selbstverständ-

lich sein, dass mehrere Kommunikationskanäle, die zu verschiedenen Teilen der ECU **140** verlaufen, vorhanden sein können.

**[0037]** Eine erste Ausführungsform eines Ventilsteuersystems **200** ist in **Fig. 2A** gezeigt. Diese Ausführungsform verwendet eine proaktive Steuerung, was bedeutet, dass das Einlassventil nach jedem Einlassereignis deaktiviert wird und reaktiviert werden muss, um ein anschließendes Einlassereignis einzuleiten. Das System kann unter Verwendung von Nähesensoren implementiert werden, die in den Ventilabdeckungen einer Kraftmaschine benachbart zu den Ventilen montiert sind. Die Kraftmaschine kann von einem beliebigen Typ sein, wie z. B. eine Kraftmaschine vom V-Stil, Reihenstil oder eine Kraftmaschine mit gegenüberliegenden Zylindern mit irgendeiner Anzahl von Zylindern. Das System verwendet zwei Nähesensoren pro Zylinder, wobei einer die Position des Einlassventils **210** überwacht und einer die Position des Auslassventils **220** überwacht. Die Nähesensoren können kleine Ausmaße an Ventilbewegung detektieren. Die Nähesensoren können beispielsweise einen Ventilhub von ungefähr 1,5 mm von einem gesamten Ventilhub von ungefähr 13 mm detektieren. Folglich kann der Nähesensor ein Signal liefern, das das Meiste einer Ventilöffnungs-Verweilzeit darstellt.

**[0038]** Signale von den Nähesensoren lösen eine Reaktion in einer Sicherheitsschaltung **222** aus, die mit dem Einlassventil-Solenoid **234** verbunden ist. Die Sicherheitsschaltung **222** kann ein Auffangregister **224** und ein ODER-Gatter **226** umfassen. Im Betrieb kann der Auffangregisterausgang **228** beim Empfangen eines Signals vom Einlassventil-Nähesensor **210** auf einen "hohen" Zustand gehen. Das Auffangregister **224** bleibt in diesem Zustand, bis es ein Rücksetzsignal vom Auslassventil-Nähesensor **220** empfängt, das es in einen "niedrigen" Zustand zwingt. Der Auffangregisterausgang **228** bleibt in einem niedrigen Zustand, bis ein Signal vom Einlassventil-Nähesensor **210** empfangen wird. Der Auffangregisterausgang **228** ist mit einem Eingang eines ODER-Gatters **226** verbunden, ebenso wie die Einlassventil-Steuerleitung **232**, die von der ECU kommt. Wenn eine dieser zwei Leitungen "hoch" ist, wird das Einlassventil-Solenoid **234** aktiviert, was die Verbindung zwischen dem Hochdruck-Fluidreservoir und dem zusammenklappbaren Einlassventilstößel öffnet. Die Anwendung des Hochdruckfluids bewirkt, dass der zusammenklappbare Stößel komprimierbar wird, wobei das Einlassventil deaktiviert wird. Die Sicherheitsschaltung **222** zwingt folglich das Einlassventil, deaktiviert zu bleiben, bis das Auffangregister **224** durch ein Signal vom Auslassventil-Nähesensor **220** gelöscht wird. Wenn sich das Auslassventil nicht bewegt hat, wird die Einlassventiltätigkeit durch die Sicherheitsschaltung **222** blockiert, was sicherstellt, dass das Einlassventil deaktiviert bleibt und nicht ver-

sucht, sich gegen Hochdruckgase in der Brennkammer zu öffnen, bis ein Auslassereignis am deaktivierten Zylinder stattfindet. Das Einlassventil wird durch ein Signal vom Auslassventil-Nähesensor **220** reaktiviert, das den Start der Bewegung des Auslassventils angibt. Obwohl eine spezielle Implementierung einer Steuerlogik vorstehend beschrieben wurde, sollte selbstverständlich sein, dass eine äquivalente oder ähnliche Funktionalität unter Verwendung von verschiedenen logischen Konventionen, Mechanismen und/oder Systemanordnungen erreicht werden kann.

**[0039]** Die ECU steuert auch das Öffnen des Auslassventils durch die Auslassventil-Steuerleitung **236** und das Auslassventil-Solenoid **238**. In dieser Ausführungsform ist die Kenntnis dieser Parameter nicht für den Betrieb der Sicherheitsschaltung **222** erforderlich. Die Sicherheitsschaltung erfordert nur die Überprüfung der Bewegung des Auslassventils, wie durch den Auslassventil-Nähesensor **220** gemessen.

**[0040]** Die Ventildeaktivierungsmechanismen können andere Einschränkungen wie z. B. eine maximale sichere Betriebs-Kraftmaschinendrehzahl, einen minimalen Öldruck und eine minimale Solenoid-Betriebsspannung aufweisen. Wenn die Kraftmaschinendrehzahl zunimmt, muss die Ventildeaktivierung schneller stattfinden, da die Zeit zwischen Zündgelegenheiten abnimmt. Oberhalb einer gewissen Kraftmaschinendrehzahl wie beispielsweise  $3800 \text{ min}^{-1}$  kann es nicht mehr sicher sein, die Ventile zu deaktivieren, und die Ventildeaktivierung kann gesperrt werden. Die maximale Kraftmaschinendrehzahl für die Ventildeaktivierung kann höher oder niedriger sein als dieser Wert und kann mit anderen Kraftmaschinenparametern variieren, wie nachstehend beschrieben. Wenn die Versorgungsspannung niedrig ist, wird außerdem die Ventildeaktivierungsreaktion verlangsamt und es kann nicht möglich sein, die Ventile sicher zu deaktivieren. Wenn der Öldruck niedrig ist, wird ebenso die Ventildeaktivierungsreaktion verlangsamt und es kann nicht möglich sein, die Ventile sicher zu deaktivieren. Folglich kann die Sicherheitsschaltung eine Sperre für die maximale Betriebs-Kraftmaschinendrehzahl, die minimale Versorgungsspannung und den minimalen Betriebskraftmaschinenöldruck (in **Fig. 2A** nicht gezeigt) umfassen. Diese Signale können zusätzlich zu Quittungsaustauschsignalen zwischen der ECU und der Sicherheitsschaltung ausgetauscht werden, um einen gesteuerten Betrieb und eine gesteuerte Synchronisation bereitzustellen.

**[0041]** Die Sperrpegel können eine Funktion von verschiedenen Parametern sein und sind nicht notwendigerweise feste Pegel. Wenn beispielsweise der Öldruck hoch ist, was eine schnelle Reaktion schafft, kann die zulässige Kraftmaschinendrehzahl vor der Deaktivierungssperre zunehmen. Dieser zulässige Kraftmaschinenbetriebs-Drehzahlbereich kann

durch die Konstruktion des hydraulischen Systems (Druckspeicherverhalten), die Ölbelüftung, Ölverunreinigung (Stiftreibung), Stiftverschlechterungsangelegenheiten, den Öldruck als Funktion der Drehzahlveränderung aufgrund der Herstellung und Verschleißvariation in der Ölpumpe begrenzt sein. Alle diese Variablen können berücksichtigt werden, wenn die Sperrpegel bestimmt werden.

**[0042]** Wenn irgendein Sperrparameter überschritten wird und die Zylinderdeaktivierung gesperrt wird, ist es erforderlich, die Systemsperre in einer sicheren und geeigneten Weise durchzuführen. Ein mögliches Verfahren besteht darin, zuerst die Versorgungsspannung von den Auslassventil-Solenoiden zu trennen. Dies kann gleichzeitig für alle Auslassventil-Solenoiden in der Kraftmaschine durchgeführt werden. Nach dem Trennen der Versorgungsspannung wird die Kraftmaschine mindestens zwei Kurbelwellenumdrehungen durchführen lassen, um sicherzustellen, dass alle Zylinder ein Auslassereignis erfahren haben. Die Versorgungsspannung für die Einlassventil-Solenoiden kann dann abgetrennt werden. Dies stellt sicher, dass ein Auslassereignis immer vor einem Einlassereignis stattfindet, wie für den sicheren Betrieb und die Wiederherstellung eines herkömmlichen Kraftmaschinenbetriebs mit allen Zylindern erforderlich.

**[0043]** Der Deaktivierungsmodus kann durch einen ähnlichen Prozess freigegeben werden, z. B. durch Umkehren der obigen Sequenz von Ereignissen. Bei dieser Methode ist der erste Schritt die Aktivierung der Versorgungsspannung für die Einlassventil-Solenoiden. Das System wartet dann für mindestens 2 Kurbelwellenumdrehungen vor der Aktivierung der Versorgungsspannung für die Auslassventil-Solenoiden. Eine Hysterese zwischen dem freigegebenen und gesperrten Deaktivierungszustand kann verwendet werden, um eine übermäßige Zyklusführung zwischen den zwei Zuständen zu vermeiden. Wenn beispielsweise der Ventildeaktivierungs-Kraftmaschinendrehzahl-Sperrpegel  $3800 \text{ min}^{-1}$  ist, kann die Ventildeaktivierung freigegeben werden, sobald die Kraftmaschinendrehzahl auf unter  $3500 \text{ min}^{-1}$  zurückkehrt.

**[0044]** Ein Vorteil der in **Fig. 2A** gezeigten Ausführungsform besteht darin, dass sie autonom von beliebigen Ventildeaktivierungs-Steuersignalen arbeiten kann, die durch die ECU erzeugt werden. Wenn die ECU **140** in ihrer Steuerung aus irgendeinem Grund versagt, ob Hardwarefehler oder Softwarefehler, verhindert die Sicherheitsschaltung **222** eine Schubstangen- oder Ventilbeschädigung in der Kraftmaschine durch ein Einlassventil, das versucht, sich in einen Hochdruckzylinder zu öffnen.

**[0045]** Das in **Fig. 2A** gezeigte System kann in vielen Weisen mechanisch konfiguriert sein. Eine Konfiguration **240** ist in **Fig. 2B** gezeigt. Eine Sicher-

heitsschaltung **242** ist physikalisch an oder benachbart zum Auslasssolenoid **258** angeordnet, um eine Auslasssolenoidanordnung **259** zu bilden. Die Sicherheitsschaltung kann mindestens drei elektrische Eingänge, eine Versorgungsspannungsleitung, eine Signalleitung von der ECU und eine Signalleitung vom Auslassventil-Nähesensor **220**, mindestens einen elektrischen Ausgang **253**, der zum Einlasssolenoid **254** verläuft, und eine Masseleitung aufweisen. Die Leitungen können mit der Sicherheitsschaltung **242** unter Verwendung eines Verbindungselements **257** verbunden sein. Die Sicherheitsschaltung kann mechanisch in entweder das Einlasssolenoid **258** oder das Verbindungselement **257** integriert sein. Die Sicherheitsschaltung **242** ermöglicht nur die Deaktivierung des Einlasssolenoids **258** (und folglich das Öffnen des Einlassventils) nach dem Empfangen eines Signals vom Auslassventil-Nähesensor **220**, dass sich das Auslassventil geöffnet hat.

**[0046]** Eine alternative Konfiguration **290** ist in **Fig. 2C** gezeigt, in der das Auslasssolenoid **298** und das Einlasssolenoid **294** mechanisch zusammen mit der Sicherheitsschaltung **292** montiert sein können, was einen integrierten Baustein **291** bildet, der die Komponenten enthält, die zum sicheren Aktivieren und Deaktivieren eines Zylinders erforderlich sind. Der integrierte Baustein **291** kann als einzelne Zylinder-Solenoidanordnung bezeichnet werden. Die Komponenten können zusammen an einem Leiterahmen, einer Leiterplatte oder irgendeinem Typ von mechanischem Element **299** montiert sein. Der Leiterahmen kann mehrere leitfähige Elemente aufweisen, die elektrisch voneinander isoliert sind und eine ausreichende mechanische Steifigkeit aufweisen, um eine Montageoberfläche für alle Solenoiden bereitzustellen. Am mechanischen Element **299** ist auch eine Buchse **295** montiert, die mit dem Verbindungselement **297** zusammenpasst. Das Verbindungselement **297** kann Leistungs- und Masseverbindungen sowie Signale von den Ventilnähesensoren, der Kraftmaschine und der ECU umfassen.

**[0047]** Für Mehrzylinder-Kraftmaschinen können mehrere Einlassventil-Solenoiden, Auslassventil-Solenoiden und Sicherheitsschaltungen außerhalb einer gemeinsamen mechanischen Struktur montiert sein, um eine Solenoid-Anordnung **281** zu bilden, wie in **Fig. 2D** gezeigt. **Fig. 2D** zeigt vier Einlassventil-Solenoiden **274a**, **274b**, **274c**, **274d** und vier Auslassventil-Solenoiden **278a**, **278b**, **278c**, **278d**, die an einem gemeinsamen Rahmen **279** montiert sind. Jedes Paar von Solenoiden kann den Betrieb eines Zylinders steuern, wobei ermöglicht wird, dass er aktiviert und deaktiviert wird, wie durch die ECU angewiesen, d. h. die Solenoiden **274a** und **278a** steuern den Zylinder "a", die Solenoiden **274b** und **278b** steuern den Zylinder "b" usw. Eine Sicherheitsschaltung **282** kann am Rahmen **279** montiert sein, um das Öffnen irgendeines Einlassventils zu verhindern, wenn



nicht das Auslassventil am entsprechenden Zylinder sich geöffnet hat, um Verbrennungsgase zu entlüften. Die Sicherheitsschaltungsfunktionalität für alle Zylinder kann auf ein einzelnes Modul eingeschränkt sein oder sie kann auf verschiedene Stellen entlang des Rahmens **279** verteilt sein. Die Überprüfung, dass sich die jeweiligen Auslassventile geöffnet haben, kann über Signalleitungen **280a**, **280b**, **280c** und **280d** erhalten werden, die Signale von Auslassventil-Nähesensoren (in **Fig. 2C** nicht gezeigt), die jedem Zylinder zugeordnet sind, übertragen. Ein einzelnes Verbindungselement **277** kann verwendet werden, um die erforderlichen Steuersignale und elektrische Leistung zur Solenoid-Anordnung **281** zu liefern. Das Verbindungselement **277** kann Signalleitungen **280a**, **280b**, **280c** und **280d** sowie eine oder mehrere Signalleitungen von der ECU, eine Leistungsleitung und eine Masseleitung umfassen. Andere Leitungen können auch im Verbindungselement **277** enthalten sein. Das Verbindungselement kann in eine Buchse **275** einstecken, die am Rahmen **279** montiert ist. In einigen Ausführungsformen kann die Solenoid-Anordnung **281** ohne Signalleitungen **280a**, **280b**, **280c** und **280d** von den Auslassventil-Nähesensoren arbeiten. In diesem Fall wird angenommen, dass das Auslassventil sich in Reaktion auf Anweisungen von der ECU vor dem Öffnen des Einlassventils am zugehörigen Zylinder geöffnet hat. In einigen Ausführungsformen könnte die Sicherheitsschaltung **282** an einer solchen Schnittstelle oder Verbindungsstruktur innerhalb der Kraftmaschine montiert und nicht in die Solenoid-Anordnung **281** integriert sein. Obwohl die Solenoid-Anordnung **281** mit acht Solenoiden entsprechend vier Zylindern gezeigt ist, kann die Solenoid-Anordnung **281** dazu konfiguriert sein, mit irgendeiner Anzahl von Zylindern zu arbeiten.

**[0048]** Alle der obigen mechanischen Konfigurationen können eine zusätzliche Funktionalität in die Sicherheitsschaltung oder irgendwo anders an der Anordnung integrieren. Verschiedene Aspekte der Zylindersteuerung, wie z. B. die Zünd-/Aussetz-Entscheidung, können beispielsweise durch einen Mikroprozessor in der Sicherheitsschaltung durchgeführt werden. Diese Architektur würde die Verarbeitungsanforderungen der ECU und die Anzahl von Signalleitungsverbindungen zwischen der ECU **140** und der Kraftmaschine **150** verringern (siehe **Fig. 1C**).

**[0049]** Eine andere Ausführungsform eines Ventilsteuersystems **300** ist in **Fig. 3** gezeigt. Diese Ausführungsform verwendet auch eine proaktive Steuerung, was bedeutet, dass das Einlassventil nach jedem Einlassereignis deaktiviert wird und reaktiviert werden muss, um ein anschließendes Einlassereignis einzuleiten. Diese Ausführungsform integriert ein Ventiltätigkeits-Erfassungs- und Ventildeaktivierungssystem in die ECU **140** für die Steuerung der Zylinderdeaktivierung während des Zündaussetzbe-

triebs. Diese Ausführungsform verwendet einen Nähesensor am Auslassventil **220** jedes Kraftmaschinenzylinders, aber kein Nähesensor ist am Einlassventil erforderlich.

**[0050]** Der Auslassventil-Nähesensor ist mit der ECU **140** durch eine Auslassventil-Überwachungsleitung **310** verbunden. Die ECU **140** ist mit einem Einlassventil-Solenoid **234** durch eine Einlassventil-Steuerleitung **232** verbunden. Die ECU **140** ist mit einem Auslassventil-Solenoid **238** durch eine Auslassventil-Steuerleitung **236** verbunden. Das Einlassventil-Solenoid **232** steuert das Aufbringen eines Arbeitsfluids vom Hochdruck-Fluidreservoir auf einen zusammenklappbaren Einlassventilstößel. Das Auslassventil-Solenoid **236** steuert das Aufbringen eines Arbeitsfluids vom Hochdruck-Fluidreservoir auf einen zusammenklappbaren Auslassventilstößel. Die ECU **140** arbeitet mit nichtflüchtiger Firmware, die hilft, die Steuerung der Einlassventil- und Auslassventile bereitzustellen.

**[0051]** Das System wird unter Verwendung von Softwaresteuerung der Einlassventil- und Auslassventil-Steuerlösungen implementiert. Der Nähesensor **220** ist montiert, um die Bewegung des Auslassventils zu detektieren. Jeder Zylinder in der Kraftmaschine kann einen Auslassventil-Nähesensor **220** aufweisen. Im Anschluss an die aktive Verwendung eines Einlassventils wird das Einlassventil-Steuerlösungen **232** aktiviert, um das Einlassventil bei der Rückkehr des zusammenklappbaren Stößels zum Basiskreis der Nockenase zu deaktivieren. Das Einlassventil bleibt deaktiviert, bis die ECU die Bewegung des Auslassventils vom zugehörigen Auslassventil-Nähesensor für diesen Zylinder detektiert. Wenn die Auslassventilbewegung nicht detektiert wird, wird die Einlassventiltätigkeit durch die ECU blockiert, was sicherstellt, dass das Einlassventil deaktiviert bleibt und nicht versucht, sich gegen Hochdruckgase in der Brennkammer zu öffnen, bis ein Auslassereignis am deaktivierten Zylinder stattfindet.

**[0052]** Die Detektion eines Auslassventil-Bewegungssignals durch den Nähesensor **220** löst eine Reaktion in der ECU **140** aus, um die Reaktivierung des Einlassventils zu ermöglichen. Das Einlassventil kann entweder für ein Zündereignis aktiviert werden oder belassen werden, wobei das Solenoid im Falle eines beabsichtigten Aussetzereignisses aktiviert wird. Die Sequenz ist von Natur aus sicher, da die ECU **140** die Reaktivierung des Einlassventils nicht ermöglicht, wenn nicht eine vorherige Bewegung am Auslassventil detektiert wird. Solenoiden schalten im Allgemeinen schneller aus als sie einschalten. Dieses Steuerverfahren nutzt dieses Merkmal von Solenoiden, da das Solenoidausschalten ausreichend schnell ist, um eine Reaktivierung bei einer angemessenen hohen Kraftmaschinendrehzahl zu ermöglichen. Wenn die Reaktivierung nicht rechtzeitig für

das nächste Ventilereignis stattfindet, könnte es in verschiedenen Ausführungsformen einfach beim folgenden Ereignis aktiviert werden. Im Allgemeinen ist das gelegentliche Verpassen eines Einlassereignisses kein Problem, da es keine Beschädigung an der Kraftmaschine verursacht. Selbst wenn Kraftstoff in den Zylinder eingespritzt und aufgrund von fehlender Luft nicht verbrannt wird, wird unzureichend Kraftstoff in irgendeinem Arbeitszyklus eingespritzt, was eine Kraftmaschinenbeschädigung verursacht.

**[0053]** Außerdem kann das Ventildeaktivierungssystem **300** eine maximale sichere Betriebs-Kraftmaschinen-drehzahl, eine minimale Betriebsspannung und einen minimalen Betriebs-Kraftmaschinen-öldruck aufweisen, die die ECU bei ihrer Berechnung von Zeitsteuerereignissen, und ob der Betrieb im Zündaussetzmodus geeignet ist, berücksichtigen kann.

**[0054]** Im Gegensatz zum aktiven Befehlen der Deaktivierung von Zylindern, wenn ein Auslassen angefordert wird, würden grundsätzlich Zylinder nach der Verwendung immer deaktiviert werden und nur bei Zündbefehlen aktiviert werden. Dies ist ein Beispiel einer proaktiven Steuerung, was bedeutet, dass das Einlassventil nach jedem Einlassereignis deaktiviert wird und reaktiviert werden muss, um ein anschließendes Einlassereignis einzuleiten.

**[0055]** Ein Vorteil dieser Ausführungsform besteht darin, dass nur ein einzelner Nähesensor für jeden Zylinder verwendet werden muss, um das Auslassventil zu überwachen. Ein Nähesensor ist nicht erforderlich, um die Einlassventilbewegung zu überprüfen. Dies kann die Systemkosten im Vergleich zu Systemen, die zwei Nähesensoren pro Zylinder erfordern, verringern.

**[0056]** Eine weitere Ausführungsform eines Ventilsteuersystems **400** ist in **Fig. 4A** gezeigt. Diese Ausführungsform verwendet eine reaktive Steuerung, was bedeutet, dass der Einlassventilzustand vor einem Einlassereignis entweder aktiv oder deaktiviert sein kann. Um eine Beschädigung des Einlassventils zu vermeiden, überprüft das Steuersystem, dass ein Auslassereignis vor dem nächsten Einlassereignis stattgefunden hat. Wenn ein Auslassereignis nicht stattgefunden hat und das Einlassventil nicht deaktiviert ist, wird es unmittelbar deaktiviert, um eine Beschädigung am Einlassventil, an der Schubstange, am Stößel oder einen anderen Verlust eines Bewegungsmechanismus zu verhindern. Ein Auslassventil-Nähesensor kann verwendet werden, um den Betrieb des Auslassventils zu überprüfen, der auf ein Auslassereignis hinweist. Die Bestimmung des fehlenden Auslassereignisses kann durch Messung des Nockenwinkels und eines geeigneten Nockenwinkelschutzbandes durchgeführt werden, in dem das Nähesensorsignal detektiert worden sein sollte.

**[0057]** Wie in der vorherigen Ausführungsform ist der Auslassventil-Nähesensor mit der ECU **140** durch die Auslassventil-Überwachungsleitung **310** verbunden. Die ECU **140** ist mit einem Einlassventil-Solenoid **234** durch eine Einlassventil-Steuerleitung **232** verbunden. Die ECU **140** ist mit einem Auslassventil-Solenoid **238** durch eine Auslassventil-Steuerleitung **236** verbunden. Das Einlassventil-Solenoid **232** steuert das Aufbringen eines Arbeitsfluid vom Hochdruck-Fluidreservoir auf einen zusammenklappbaren Einlassventilstößel. Das Auslassventil-Solenoid **236** steuert das Aufbringen eines Arbeitsfluids vom Hochdruck-Fluidreservoir auf einen zusammenklappbaren Auslassventilstößel. Ein Unterschied zwischen dieser Ausführungsform und der vorherigen Ausführungsform besteht darin, dass ein Nockenwellen-Positionssignal **410** in die ECU **140** eingegeben wird. Dieses Signal ist für einen ausfallsicheren Betrieb des Einlassventils unter Verwendung von entweder Hardware, Firmware oder Software, die in der ECU **140** vorhanden ist, erforderlich.

**[0058]** Dieses System kann entweder in einem Hochdruck-Feder- oder Niederdruck-Federmodus arbeiten. Der Betrieb im Niederdruck-Federmodus wird nachstehend mit Bezug auf das Beispiel-Zeitablaufdiagramm beschrieben, das in **Fig. 4B** gezeigt ist. Diese Figur zeigt die relative Zeitsteuerung des Einlassventilöffnens **461** und des Auslassventilöffnens **462** über eine Zeitdauer, die etwas länger ist als ein Arbeitszyklus. Die Kraftmaschinen-drehzahl wird als  $3000 \text{ min}^{-1}$  angenommen, was ermöglicht, dass die horizontale Achse vielmehr in Zeiteinheiten als in Einheiten von Kurbelwellengrad ausgerückt wird, wie in **Fig. 1B** verwendet wurde. Das Auslassventil **462** ist für eine Verweilzeit  $\tau_1$  offen, die zu einem Zeitpunkt  $T_1$  beginnt. Wie vorher erörtert, kann eine repräsentative Auslassventil-Öffnungsverweilzeit  $\tau_1$  13 ms bei einer Kraftmaschinen-drehzahl von  $3000 \text{ min}^{-1}$  sein. Wie vorher erörtert, kann die Zeit, die erforderlich ist, um das Einlassventil zu deaktivieren, ungefähr 10 ms sein, die als Deaktivierungszeit  $\tau_{\text{act}}$  in **Fig. 4B** angegeben ist. Wenn sich das Einlassventil beim zweiten Zyklus öffnet, der in **Fig. 4B** gezeigt ist, würde es sich zum Zeitpunkt  $T_2$  öffnen. Die Entscheidung, das Einlassventil zu öffnen, muss vor  $T_3$  getroffen werden, wobei  $T_3$  dem Einlassventil-Öffnungszeitpunkt um die Deaktivierungszeit  $\tau_{\text{act}}$  vorangeht. Vor der Entscheidung, das Einlassventil bei  $T_3$  zu öffnen, muss das System überprüfen, dass das Auslassventil sich geöffnet hat. Unter normalen Bedingungen würde das Auslassventilöffnen bei  $T_1$  detektiert werden. Die ECU **140** überwacht den Auslassnähesensor für eine Zeitdauer um sein erwartetes Öffnen bei  $T_1$ . Wenn das Öffnen bestätigt wird, wird das Einlassventil zum Öffnen bei  $T_2$  freigegeben (unter der Annahme, dass der Zylinder gezündet werden soll). Wenn die Auslassventilbewegung nicht bestätigt wird, weist die ECU unmittelbar das Einlassventil-Solenoid **234** zur Aktivierung an, wobei

das Einlassventil deaktiviert wird und eine mögliche mechanische Beschädigung verhindert wird. In diesem Beispiel ist die Entscheidungszeitdauer  $\delta t$ , um die Entscheidung zu treffen, das Einlassventil zu deaktivieren, ungefähr 3 ms. Es ist zu beachten, dass diese Zeit irgendwelche Zeitschutzbänder umfassen muss, um eine Unsicherheit in irgendeinem der gemessenen Systemparameter und der Systemreaktion zu kompensieren.

**[0059]** Das System kann auch in einem Hochdruck-Federmodus betrieben werden. In diesem Fall bleibt das Auslassventil nach einem Verbrennungsereignis geschlossen und die Verbrennungsgase bleiben im Zylinder eingeschlossen. Der Betrieb im Hochdruck-Federmodus kann mit Hilfe von **Fig. 4C** erläutert werden, die ein Beispiel-Zeitablaufdiagramm für diesen Fall zeigt. In diesem Beispiel findet ein Zündereignis nach dem Schließen des Einlassventils **461** zu einem Zeitpunkt  $T_{f1}$  statt, der ungefähr dem Ende des Kompressionshubs entspricht. Im Gegensatz zu dem in **Fig. 4B** gezeigten Fall bleibt das Auslassventil **462** bei der anschließenden Auslassgelegenheit geschlossen (d. h. deaktiviert), wobei das Hochdruckgas im Zylinder eingeschlossen wird. Um eine Beschädigung am Einlassventil zu vermeiden, ist das nächste zu öffnende Ventil das Auslassventil **462** und folglich bleibt das Einlassventil **461** bei der folgenden Einlassgelegenheit geschlossen. Dies entspricht einem ausgelassenen Arbeitszyklus, wobei sowohl das Einlass- als auch Auslassventil geschlossen geblieben sind. Die Entscheidungszeit  $\delta t$  ist in diesem Fall viel länger, in der Größenordnung von  $\tau_{\text{skip}}$ , die einer Länge eines Arbeitszyklus oder 40 ms in diesem Beispiel entspricht. In diesem Beispiel findet eine zweite Zündung zu einem Zeitpunkt  $T_{f2}$  statt.

**[0060]** Ein Vorteil des Betriebs im Hochdruck-Federmodus besteht darin, dass die eingeschlossenen Verbrennungsgase im Zylinder einen Überdruck im Zylinder in Bezug auf die Pleuelwelle sicherstellen, um den Ölverbrauch zu minimieren.

**[0061]** Ein weiterer Vorteil von reaktiven Ausführungsformen, die entweder im Hochdruck-Feder- oder Niederdruck-Federmodus arbeiten, besteht darin, dass sie die Anzahl von Zyklen am Solenoid und Verriegelungsmechanismus des zusammenklappbaren Stößels verringert. Der zusammenklappbare Stößel bleibt in irgendeinem Zustand, in dem er war, aktiviert oder deaktiviert, bis er durch die ECU angewiesen wird, diesen zu ändern. Dies verringert den Verschleiß an den zusammenklappbaren Stößeln und Einlass- und Auslass-Solenoiden und kann die Systembetriebslebensdauer und Systemzuverlässigkeit erhöhen.

**[0062]** Eine andere Ausführungsform eines Ventilsteuersystems **500** ist in **Fig. 5** gezeigt. Ein Schlüsselaspekt dieser Ausführungsform besteht darin, eine

Zylinderdeaktivierung unter Verwendung eines gemeinsamen Mechanismus zu erreichen, d. h. eines einzelnen Deaktivators **534** pro Zylinder, um die Zylinderdeaktivierung zu implementieren. Der einzelne Deaktivator **534** kombiniert die Funktionen des Einlassventil-Solenoids und des Auslassventil-Solenoids, die in anderen Ausführungsformen beschrieben sind, obwohl er andere Formen als ein Solenoid annehmen kann. Ähnlich zu vorherigen Ausführungsformen kann diese Ausführungsform für entweder Hochdruck-Feder- oder Niederdruck-Federbetriebsmodi verwendet werden. Sie schafft auch eine sichere Reaktivierung, die das Potential von gebogenen Schubstangen oder beschädigten Ventilstößeln vermeidet, die verursacht werden können, indem versucht wird, das Einlassventil gegen einen Hochdruckzylinder zu öffnen.

**[0063]** Ein Auslassventil-Bewegungsüberprüfungsmodul **520** ist mit der ECU **140** durch eine Auslassventil-Überwachungsleitung **510** verbunden. Ein Nockenwellen-Positionssignal **410** wird in die ECU **140** eingegeben. Die ECU **140** ist mit einem Deaktivator **534** durch eine Einlass/Auslass-Ventil-Steuerleitung **532** verbunden. Der Deaktivator **534** steuert das Anlegen eines Steuersignals oder Betätigungssignals an sowohl das Einlass- als auch Auslassventil. Das Betätigungssignal könnte beispielsweise das Aufbringen eines Arbeitsfluids von einem Hochdruck-Fluidreservoir auf sowohl einen zusammenklappbaren Einlassventilstößel als auch einen zusammenklappbaren Auslassventilstößel sein. In dieser Ausführungsform müssen die Einlass- und Auslassventile im Wesentlichen gleichzeitig aktiviert oder deaktiviert werden, obwohl in einigen Ausführungsformen kurze Zeitverzögerungen äquivalent zu Phasenverschiebungen relativ zum Pleuelwinkel im System enthalten sein können. In einigen Ausführungsformen wie z. B. den vorher beschriebenen unter Verwendung eines zusammenklappbaren Stößels mit nockenbetätigten Ventilen kann die Deaktivierung nur stattfinden, wenn sich das Ventil in einem geschlossenen Zustand befindet. Wenn ein Aktivierungssignal angelegt wird, während das Ventil offen ist, hat es keinen Effekt auf die Ventildbewegung während dieses Zyklus, bis der Stößel zum Pleuelkreis des Nockens zurückkehrt. In Anbetracht dessen kann eine individuelle Ventildeaktivierung durch genaue Zeitsteuerung des Deaktivators **534** erreicht werden. Das Aktivieren des Deaktivators **534**, nachdem das Auslassventil beginnt sich zu bewegen, würde beispielsweise zur Deaktivierung nur des Einlassventils führen.

**[0064]** Eine Niederdruck-Federmodus-Deaktivierungssequenz kann unter Verwendung eines Signals ausgelöst werden, das von der Auslassventil-Überwachungsleitung **510** zur ECU **140** gesendet wird, um die Bewegung des Auslassventils zu detektieren. Das Deaktivierungssignal für das Solenoid kann unmittelbar nach der Detektion der Bewegung des Auslass-

ventils eingeleitet werden. Alternativ kann eine unabhängige Gattersteuerung verwendet werden, um die Solenoidventil-Aktivierung zu steuern. Wenn als unabhängiges Gatter für den Deaktivierungsbefehl für den Deaktivator **534** implementiert, vermeidet es Verarbeitungsverzögerungen in der ECU, d. h. der Deaktivierungsbefehl, der von der ECU ausgegeben wird, würde im Voraus eingerichtet werden und die Auslassventil-Überwachungsleitung **510** würde den Deaktivator **534** auslösen. Dies stellt sicher, dass der Zylinder auf einem niedrigen Druck liegt und daher eine Reaktivierung von Natur aus sicher ist, da keine Hochdruck-Verbrennungsgase sich im Zylinder befinden.

**[0065]** Eine Ausführungsform mit einem unabhängigen Gatter und einem einzelnen Solenoid-Deaktivator ist in **Fig. 6** gezeigt. Eine Gattersteuerung **610** ist mit der ECU **140** über die Einlass/Auslassventil-Steuerleitung **532** verbunden. Die Gattersteuerung **610** wird durch das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungsmodul **520** über die Auslassventilsensor-Signalleitung **510** ausgelöst und treibt das einzelne Solenoid **534** an. Dies hilft, Verarbeitungsverzögerungen in der ECU **140** zu vermeiden, und hilft sicherzustellen, dass das Solenoid zu einem optimalen Zeitpunkt ausgelöst wird. Ein Nockenwellen-Positionssignal **410** wird in die ECU **140** eingegeben, um zu helfen, ein geeignetes Zeitsteuerfenster für die Erfassung der Öffnung des Auslassventils zu definieren, und das Senden einer Deaktivierung zu einem ungeeigneten Zeitpunkt zu verhindern.

**[0066]** Wenn ein Deaktivierungssignal bei jeder Drehung des Nockens nicht gewünscht ist, um die Anzahl von Zyklen am Solenoid und Verriegelungsstift zu verringern, kann eine Sperrfunktion freigegeben werden, um die Deaktivierung aufrechtzuerhalten. Die ECU **140** würde den Zustand der Sperre zurücksetzen, um die Reaktivierung des Zylinders zu erleichtern. Dies könnte auch nur durch die Steuerung durch einen Mikrocontroller, oder wenn die Sperrfunktion durch eine unabhängige Schaltung (in **Fig. 6** nicht gezeigt) implementiert wird, implementiert werden. Die separate Sperrschaltung implementiert einen ausfallsicheren Modus, der die Einlassventilmechanik im Fall einer Funktionsstörung der ECU **140** schützen würde.

**[0067]** Alternativ kann die einzelne Solenoiddeaktivierung auch ohne Auslassventil-Bewegungsüberprüfung erreicht werden, wenn die ECU **140** genaue Nockenwinkel-Informationen hat. Die Nockenphase wird typischerweise durch einen Sensor mit niedriger Auflösung (4 Impulse pro Nockenumdrehung) erfasst. Ein genauerer Codierer kann erforderlich sein, um einen übermäßigen Konservatismus oder Puffer beim Auslösen des Deaktivierungsimpulses zu vermeiden.

**[0068]** Vorteile dieser Ausführungsform bestehen darin, dass sie ein kostengünstigeres System schafft, da nur ein einziges Solenoid für jeden Zylinder erforderlich ist. In einigen Ausführungsformen ist kein Auslassventil-Bewegungsüberprüfungssystem erforderlich. Nur eine einzelne ECU-Treiberschaltung ist auch erforderlich, da ein einzelnes Solenoid beide Ventile betätigt. Die Ausführungsform schafft auch eine ausfallsichere Reaktivierung des Einlassventils, wenn das System in einem Niederdruck-Federmodus arbeitet. Ein ausfallsicherer Betrieb kann im Hochdruck-Federmodus durch eine geeignete ECU-Steuerung verwirklicht werden, die die Deaktivierung des Solenoids während bestimmter Teile des Arbeitszyklus sperrt.

**[0069]** Es sollte auch erkannt werden, dass irgendein geeigneter hier beschriebener Betrieb oder Prozess in einem geeigneten computerlesbaren Medium in Form eines ausführbaren Computercodes gespeichert sein kann. Die Operationen werden ausgeführt, wenn ein Prozessor den Computercode ausführt. Solche Operationen umfassen, sind jedoch nicht begrenzt auf irgendwelche von der Sicherheitsschaltung und der ECU durchgeführte Operationen.

**[0070]** In einigen Ausführungsformen können andere Typen von Sensoren entweder zusätzlich zu oder anstelle von Nähesensoren verwendet werden, um die Ventilbewegung zu überprüfen. Einige Sensoren erfassen direkt die Bewegungsverstellung oder einen Parameter, der im Wesentlichen mit der Ventilbewegung in Beziehung steht. Ein Druckschalter oder Druckwandler kann beispielsweise am Ölkanal zwischen dem Solenoid und dem zusammenklappbaren Stößel angeordnet sein. Der Schalter oder Wandler kann die Verringerung des Drucks, die mit dem Schließen des Solenoids verbunden ist, registrieren, was auf die Aktivierung des Ventils hinweist. Dieser Schalter oder Drucksensor kann direkt in das Solenoid eingebaut sein, um die Teileanzahl und Kosten zu verringern. Die Reluktanz der Solenoidspule kann auch gemessen werden, was angibt, ob das Solenoid sich in einer offenen oder geschlossenen Position befindet. Eine direkte Messung des Drucks im Zylinder kann auch verwendet werden, um abzuleiten, ob das Auslassventil den Zylinder entlüftet hat. In einigen Ausführungsformen ist kein Sensorindikator erforderlich, um den Ventilbetrieb zu überprüfen. Es wird angenommen, dass der Ventilbetrieb stattgefunden hat, wie durch die ECU angewiesen. Die einzige geeignete Steuerlogik muss in der ECU implementiert werden, um sicherzustellen, dass sich das Einlassventil nicht in einen Hochdruckzylinder öffnet.

**[0071]** In anderen Ausführungsformen kann die Ventilbewegung oder das Fehlen davon aus der Messung eines Parameters in Bezug auf den gesamten Kraftmaschinenbetrieb abgeleitet werden. Der Hub

eines Auslassventils belastet beispielsweise die Nockenwelle geringfügig, was ihre Drehrate verlangsamt. Folglich kann die Änderung der Nockenwellendrehzahl verwendet werden, um die Bewegung des Auslassventils zu überprüfen. Ebenso belastet die Anwesenheit einer Hochdruck-Auslassfeder, die auf ein geschlossenes Auslassventil hinweist, die Kurbelwelle. Folglich kann die Änderung der Kurbelwellendrehzahl verwendet werden, um die Bewegung des Auslassventils zu überprüfen. Insbesondere kann der Vergleich der Kurbelwellendrehzahl, der Kurbelwellenbeschleunigung, und/oder des Kurbelwellenrucks während und etwas nach einer erwarteten Auslassentlüftung verwendet werden, um die Anwesenheit einer Hochdruck-Auslassfeder abzuleiten. Die Auswirkung einer Hochdruck-Auslassfeder auf die Kurbelwellendrehung ist etwas vor und nach dem TDC am größten, da das Zylinderdrehmoment hier am höchsten ist, und folglich können sich Messungen auf diese Bereiche des Kurbelwinkels konzentrieren.

**[0072]** Verbrennungsabgas weist andere elektrische Eigenschaften als Luft oder ein unverbranntes Luft/Kraftstoff-Gemisch auf. Die Messung der elektrischen Eigenschaften der Gase innerhalb eines Zylinders kann folglich verwendet werden, um festzustellen, ob Verbrennungsgase aus dem Zylinder durch ein offenes Auslassventil entlüftet wurden. Die Töne oder Vibrationen, die dem Öffnen des Auslassventils und/oder der Anwesenheit einer Hochdruckfeder zugeordnet sind, können durch einen an der Kraftmaschine montierten Beschleunigungsmesser oder ein Mikrophon detektiert werden, wie z. B. einen Klopfsensor oder eine ähnliche Vorrichtung. Das Öffnen des Auslassventils kann folglich durch Überwachen des an der Kraftmaschine montierten Beschleunigungsmessers oder Mikrophons abgeleitet werden. Das Öffnen des Auslassventils führt heiße Verbrennungsabgase in den Auslasskrümmer ein. Das Öffnen des Auslassventils kann folglich aus einer Messung des Auslasskrümmerdrucks oder der Auslasskrümmer-Durchflussrate abgeleitet werden. In einigen Fällen kann die Anwesenheit von Abgasen und folglich ein offenes Auslassventil durch die Verwendung eines Sauerstoffsensors im Auslasssystem bestimmt werden. Mehr Detail über diese Detektionsverfahren ist in den vorläufigen US-Patentanmeldungen Nrn. 61/925 157, 62/002 762 und 61/897 686 und der US-Patentanmeldung Nr. 14/207 109 gegeben, von denen jede durch den Hinweis hier vollständig aufgenommen wird.

**[0073]** Wenn sich ein Einlassventil gegen eine Hochdruck-Auslassfeder öffnet, strömen außerdem diese heißen Abgase in den Einlasskrümmer. Dieses Ereignis könnte unter Verwendung eines Einlasskrümmer-Drucksensors oder Einlasskrümmer-Durchflusssensors detektiert werden. Obwohl dieser Typ von Detektion in Systemen auf Nockenbasis nicht brauchbar sein kann, kann er in Systemen mit schnelle-

ren Aktuatoren wie z. B. elektromagnetisch betätigten Ventilen brauchbar sein. Hier könnte die Ventilbewegung schnell gestoppt werden, was eine Ventilbeschädigung verhindert.

**[0074]** Die relative Zeitsteuerung, d. h. wo in einem Kraftmaschinenzyklus jedes der obigen Verfahren ein Misslingen eines Auslassventils, sich zu öffnen, detektiert, variiert mit dem Verfahren. Die früheste Ableitung einer Auslassventilbewegung entsteht durch Messung von Signalen von der ECU **140** oder einer ähnlichen Steuereinheit, die die Auslassventilbewegung anweist. Die früheste direkte Messung der Ventilbewegung geschieht wahrscheinlich durch die Verwendung eines Nähesensors. In Abhängigkeit von der Zeitsteuerung des Fehlersignals und des Ventildeaktivierungssystems können die hier beschriebenen Sicherheitssteuersysteme dazu ausgelegt sein, einen geeigneten Schutz zu schaffen, um ein Öffnen eines Einlassventils in eine Hochdruckfeder zu vermeiden.

**[0075]** Fig. 7 zeigt ein Zeitablaufdiagramm, das den Betrieb eines repräsentativen Steuersystems darstellt, um das Öffnen eines Einlassventils gegen eine Hochdruckfeder zu verhindern. Fig. 7 stellt den Betrieb über 1440° der Kurbelwellendrehung, einen vollständigen Kraftmaschinenzyklus und die Hälfte von zwei weiteren Zyklen dar. Der TDC und BDC beziehen sich auf den oberen Totpunkt bzw. den unteren Totpunkt. Die vier Hübe der Kraftmaschine sind als "I" für Einlass, "E" für Auslass, "C" für Kompression und entweder "P" oder "S" in Abhängigkeit davon, ob eine Verbrennung während des Leistungshubs stattfindet, "P", oder ausgelassen wird "S", bezeichnet. Die Position eines einzelnen Solenoidventils **710**, das verwendet wird, um sowohl das Einlass- als auch Auslassventil zu deaktivieren, ist gezeigt, ebenso wie die Position des Einlassventils **712** und Auslassventils **714**. Der Einfachheit halber sind das Einlassventil **712** und Auslassventil **714** als für 90° der Kurbelwellendrehung offen gezeigt; in der Praxis ist jedoch dies kein Erfordernis. In Fig. 7 gibt eine "hohe" Position für die Kurven **710**, **712** und **714** an, dass das Ventil offen ist, während eine "niedrige" Position angibt, dass das Ventil geschlossen ist. In Fig. 7 ist auch das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungssignal **716** gezeigt. Wenn es "hoch" ist, gibt dieses Signal an, dass sich das Auslassventil geöffnet hat und dass es sicher ist, das Einlassventil zu aktivieren.

**[0076]** Fig. 7 beginnt mit einer Zündung **721** bei ungefähr 0°, um einen Leistungshub **722** im Intervall zwischen 0° und 90° der Kurbelwellendrehung zu erzeugen. Sowohl das Einlassventil **712** als auch das Auslassventil **714** bleiben während dieses Intervalls geschlossen. Das Solenoidventil **710** ist auch geschlossen, da dieser Kraftmaschinenzyklus aktiv war, d. h. der Zylinder hat gezündet. In diesem Beispiel ist der nächste Zyklus, Zyklus 2, ein ausgelassener

Zyklus, so dass das Solenoid **710** sich in die hohe Position bewegt, wobei das Einlassventil **712** für den Zyklus 2 deaktiviert wird (die Einlassventildeaktivierung ist als gestrichelte Linie **712** angegeben). Das Solenoid **710** bleibt in der offenen Position bis nach ungefähr  $900^\circ$  der Kurbelwellendrehung, wo es sich schließt, was ermöglicht, dass sich das Einlassventil **712** im dritten Zyklus **733** beginnend bei  $1080^\circ$  der Kurbelwellendrehung öffnet. Das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungssignal **716** beginnt in einem niedrigen Zustand und steigt dann auf einen hohen Zustand an, sobald die Bewegung des Auslassventils detektiert wird. Wie vorher beschrieben, können viele Typen von Sensoren und Verfahren verwendet werden, um die Auslassventilbewegung abzuleiten. In diesem Beispiel steigt das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungssignal **716** an der Flanke **718** an, was die Bewegung des Ventils angibt. In Abhängigkeit vom Verfahren, das verwendet wird, um die Auslassventilbewegung abzuleiten, kann die Flanke **718** irgendwo im Zeitfenster  $t_{\text{sense}}$  auftreten. Das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungssignal **716** kann auf niedrig zurückgesetzt werden, sobald das Solenoid **710** in eine niedrige Position zurückkehrt, was den Zylinder aktiviert.

**[0077]** Da in dieser Ausführungsform ein einzelner Deaktivator vorhanden ist, kann eine Beschädigung am Einlassventil unter Verwendung der geeigneten Zeitsteuerlogik verhindert werden, wie vorstehend beschrieben. Eine Beschädigung am Einlassventil kann durch Sicherstellen, dass sich das Auslassventil vor dem Einlassventil öffnet, verhindert werden. Die Steuerlogik kann verhindern, dass sich das Solenoid **710** im Zeitfenster  $t_{\text{for}}$  öffnet. Dieses Fenster entspricht ungefähr der Zeit, die das Auslassventil am Ende eines gezündeten Zyklus offen ist. Wenn die Steuerlogik und alle Ventilaktuatoren korrekt arbeiten, beseitigt das Verhindern der Einlassventilaktivierung in diesem Fenster die Möglichkeit einer Einlassventilbeschädigung.

**[0078]** Es ist jedoch möglich, dass ein Fehler auftreten kann, so dass zusätzliche Steuersysteme verwendet werden können, um das Risiko einer Einlassventilbeschädigung zu minimieren. Ein Typ von Fehler besteht darin, dass das Solenoidventil **710** nicht bei  $0^\circ$  geschlossen werden kann. In diesem Fall ist der erste Zyklus sehr wahrscheinlich keine Zündung (d. h. der Zylinder wurde deaktiviert, da das Solenoid **710** hoch war), so dass keine Hochdruckgase im Zylinder eingeschlossen werden und das Einlassventil nicht beschädigt wird, selbst wenn es sich öffnet. Ein anderer möglicher Fehler besteht darin, dass es dem Auslassventil misslingt, sich nach dem Zünden **721** zu öffnen. In diesem Fall wird das Einlassventil im zweiten Zyklus nicht beschädigt, da das Einlassventil **712** durch das Solenoid **710** deaktiviert wurde. Die erste Möglichkeit einer Beschädigung am Einlassventil **712** tritt im dritten Zyklus auf, wenn das

Solenoid **710** in eine niedrige Position fällt, was das Einlassventil **712** aktiviert. In diesem Fall kann jedoch das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungssignal **716** abgefragt werden, um zu überprüfen, dass die Auslassventilbewegung stattgefunden hat. Dieses Signal muss erst nach ungefähr  $900^\circ$  der Kurbelwellendrehung ankommen, um eine Überprüfung der Auslassventilbewegung bereitzustellen. Ein wichtiger Aspekt eines Einzelsolenoidbetriebs besteht darin, dass der Ausfall eines Auslassventils, sich zu öffnen, nicht am Beginn des oder sogar gleichzeitig mit dem Auslassventil-Öffnungsfenster detektiert werden muss. Es kann später im zweiten Zyklus stattfinden, da das Einlassventil **712** im zweiten Zyklus bereits durch das Solenoid **710** deaktiviert ist. Das Einlassventil **712** kann in einem deaktivierten Zustand bleiben, bis das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungssignal **716** auf einen hohen Pegel ansteigt, was auf das Öffnen des Auslassventils und die Entlüftung des Zylinders hinweist.

**[0079]** Obwohl es erwünscht ist, wenn das Solenoid **710** sich niedrig bewegt, um die Ventile im Fenster zwischen  $900^\circ$  und  $1080^\circ$  zu aktivieren, ist dies keine Anforderung. Solange sich das Solenoid **710** nicht niedrig in der verbotenen Periode  $t_{\text{for}}$  bewegt, d. h. im Auslasshub unmittelbar nach einer Zündung, ist die Ventilaktivierung nicht schädlich. In Abhängigkeit von der Zeitsteuerung kann sich das Auslassventil **714** vor dem Einlassventil **712** öffnen; dies ist jedoch kein Problem, da der Zylinder bereits entlüftet wurde. Das Öffnen des Auslassventils **714**, um zu ermöglichen, dass Gase vom Auslasskrümmer in den Zylinder zurückströmen, ist auch kein Problem.

**[0080]** 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. Obwohl die vorliegende Erfindung im Allgemeinen unter Verwendung von elektronisch betätigten Solenoiden beschrieben wurde, ist dies kein Erfordernis. Pneumatisch oder hydraulisch aktivierte Solenoide können auch anstelle von elektronisch gesteuerten Solenoiden verwendet werden. Die Steuerlogik kann in einem pneumatischen oder hydraulischen Kreislauf anstelle von oder zusätzlich zu einer elektronischen Steuerschaltung implementiert werden. Insbesondere kann ein hydraulisch betätigtes Wechselventil verwendet werden, das sicherstellt, dass ein Einlassventilöffnen nicht einem Zündereignis ohne zwischenliegendes Auslassereignis folgt. Das hier beschriebene Ventilsteuersystem kann an nur einigen der Zylinder in einer Kraftmaschine verwendet werden. In diesem Fall können die restlichen Zylinder in einem immer aktiven Modus ähnlich zur herkömmlichen Kraftmaschinensteuerung arbeiten. Das Sperren der Solenoid-Leistungsversorgung bewirkt, dass die Kraftmaschine im herkömmlichen

Modus arbeitet, was die Zyklusanzahl an den Deaktivierungskomponenten verringert.

**[0081]** Die Erfindung wurde hauptsächlich im Zusammenhang mit einer Zündaussetz-Steuerordnung beschrieben, in der Zylinder während ausgelassener Arbeitszyklen durch Deaktivieren sowohl der Einlass- als auch Auslassventile deaktiviert werden, um zu verhindern, dass Luft während ausgelassener Arbeitszyklen durch die Zylinder gepumpt wird. Es sollte jedoch erkannt werden, dass einige Zündaussetz-Ventilbetätigungsschemen die Deaktivierung 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 gleichermaßen gut in solchen Anwendungen. Obwohl es im Allgemeinen bevorzugt ist, Zylinder zu deaktivieren und dadurch das Leiten von Luft durch die deaktivierten Zylinder während ausgelassener Arbeitszyklen zu verhindern, gibt es ferner spezielle Zeiten, zu denen 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. Die beschriebenen Ventilsteuermethoden arbeiten in solchen Anwendungen gleichermaßen gut. Daher sollten die vorliegenden Ausführungsformen als erläuternd und nicht einschränkend betrachtet werden und die Erfindung soll nicht auf die hier gegebenen Details begrenzt sein.

### Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern des Betriebs einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder, wobei jeder Zylinder ein zugehöriges Einlassventil und ein zugehöriges Auslassventil aufweist, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:  
Anweisen eines Zündaussetzbetriebs der Kraftmaschine;  
Feststellen, ob ein Auslassventil-Betätigungsfehler aufgetreten ist, bei dem das einem ausgewählten Zylinder zugeordnete Auslassventil sich nicht korrekt öffnet, während eines ausgewählten Arbeitszyklus während des Zündaussetzbetriebs der Kraftmaschine; und  
wenn festgestellt wird, dass ein Auslassventil-Betätigungsfehler aufgetreten ist, Deaktivieren des dem ausgewählten Zylinder zugeordneten Einlassventils während eines anschließenden Arbeitszyklus, in dem das Einlassventil ansonsten betätigt worden wäre, in Reaktion auf die Detektion des Auslassventil-Betätigungsfehlers.

2. Verfahren zum Steuern des Einlassventils einer Brennkraftmaschine, die in einem Zündaussetz-

modus arbeitet, mit mindestens einem Zylinder, wobei jeder Zylinder mindestens ein Einlassventil und ein Auslassventil aufweist, wobei das Verfahren Folgendes umfasst:

Betreiben der Kraftmaschine in einem Zündaussetzmodus mit aktiven Arbeitszyklen und ausgelassenen Arbeitszyklen, wobei während zumindest eines Teils des ausgelassenen Arbeitszyklus der zugehörige Zylinder deaktiviert wird, so dass Luft nicht durch den zugehörigen Zylinder während des ausgelassenen Arbeitszyklus gepumpt wird; und  
während des Zündaussetzbetriebs, Öffnen des Einlassventils, das jedem Zylinder zugeordnet ist, erst nach dem Sicherstellen oder Überprüfen, dass das einem solchen Zylinder zugeordnete Auslassventil in einem vorherigen Arbeitszyklus geöffnet wurde, um sicherzustellen, dass sich das Einlassventil nicht öffnet, wenn der Zylinder Hochdruck-Verbrennungsgase enthält.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Auslassventil-Betätigungsfehler zumindest teilweise auf der Basis einer Analyse der Drehzahl der Kurbelwelle, der Winkelbeschleunigung der Kurbelwelle und/oder des Winkelrucks der Kurbelwelle detektiert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–3, wobei der Auslassventil-Betätigungsfehler zumindest teilweise auf der Basis einer Analyse der Ausgabe eines Nähesensors, der die Bewegung des Auslassventils erfasst, detektiert wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–4, wobei der Auslassventil-Betätigungsfehler zumindest teilweise auf der Basis einer Analyse von mindestens einem detektiert wird, das aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus Folgenden besteht:  
der Winkelgeschwindigkeit, der Beschleunigung oder des Rucks einer Nockenwelle, die das Auslassventil antreibt;  
elektrischen Eigenschaften von Gasen innerhalb des ausgewählten Zylinders;  
der Ausgabe eines Beschleunigungsmessers, Mikrofons oder Klopfensors, der die Kraftmaschine überwacht;  
dem Auslasskrümmerdruck;  
der Auslassdurchflussrate; und  
dem Abgassauerstoffgehalt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–5, wobei der anschließende Arbeitszyklus, in dem das Einlassventil ansonsten betätigt worden wäre, der Arbeitszyklus ist, der dem Arbeitszyklus unmittelbar folgt, für den der Auslassventil-Betätigungsfehler detektiert wurde.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–5, wobei der anschließende Arbeitszyklus, in dem das Einlassventil ansonsten betätigt worden wäre, der zwei-

te Arbeitszyklus nach dem Arbeitszyklus ist, für den der Auslassventil-Betätigungsfehler detektiert wurde.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–7, wobei das Einlassventil, das dem ausgewählten Zylinder zugeordnet ist, während jedes anschließenden Arbeitszyklus deaktiviert wird, in dem sich das Einlassventil ansonsten in einen Zylinder öffnen würde, der Hochdruck-Verbrennungsgase enthält.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2–8, wobei das Einlassventil nach jedem Einlassereignis deaktiviert wird und reaktiviert werden muss, um ein anschließendes Einlassereignis einzuleiten.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei das Einlassventil für einen aktiven Arbeitszyklus erst dann aktiviert wird, nachdem ein Auslassbetätigungsereignis in Zusammenhang mit dem unmittelbar vorherigen aktiven Arbeitszyklus im zugehörigen Zylinder detektiert wurde, um zu helfen sicherzustellen, dass sich das Einlassventil nicht in einen Zylinder öffnet, der Hochdruck-Verbrennungsgase enthält.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1–8, wobei das Einlassventil nach der Detektion eines Auslassventil-Betätigungsfehlers bestätigend deaktiviert wird.

12. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die Einlass- und Auslassventile während der meisten ausgelassenen Arbeitszyklen deaktiviert werden, um zu verhindern, dass Luft durch die zugehörigen Zylinder während solcher ausgelassener Arbeitszyklen gepumpt wird.

13. Brennkraftmaschine, die Folgendes umfasst: einen Kraftmaschinencontroller, der angeordnet ist, um die Kraftmaschine in einem Zündaussetzmodus zu betreiben; mindestens einen selektiv aktivierbaren Zylinder, wobei jeder selektiv aktivierbare Zylinder ein zugehöriges Einlassventil und ein zugehöriges Auslassventil aufweist, wobei das jedem selektiv aktivierbaren Zylinder zugeordnete Auslassventil während eines ausgewählten Arbeitszyklus selektiv geöffnet oder geschlossen gehalten werden kann, um zu helfen, die Deaktivierung des Zylinders während ausgelassener Arbeitszyklen zu erleichtern, die während des Zündaussetzbetriebs der Kraftmaschine stattfinden, so dass Luft nicht durch den Zylinder während der ausgelassenen Arbeitszyklen gepumpt wird; und ein Ventilsteuersystem, das angeordnet ist, um sicherzustellen, dass während des Zündaussetzbetriebs das Einlassventil sich nicht öffnet, wenn der selektiv aktivierbare Zylinder Hochdruck-Verbrennungsgase enthält.

14. Kraftmaschine nach Anspruch 13, die ferner ein Auslassventil-Bewegungsüberprüfungsmodul

umfasst, das angeordnet ist, um die Öffnung des Auslassventils, um Verbrennungsgase zu entlüften, zu detektieren.

15. Kraftmaschine nach Anspruch 14, wobei das Ventilsteuersystem angeordnet ist, um das Einlassventil erst zu aktivieren, nachdem das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungsmodul das Öffnen des Auslassventils detektiert hat.

16. Kraftmaschine nach einem der Ansprüche 13–15, wobei das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungsmodul eine Kurbelwellendrehzahl oder eine Ableitung auf Zeitbasis davon verwendet, um das Auslassventilöffnen zu detektieren.

17. Kraftmaschine nach einem der Ansprüche 13–16, die ferner Folgendes umfasst: mindestens eine Nockenwelle, die angeordnet ist, um die Einlass- und Auslassventile zu betätigen; und wobei jeder selektiv aktivierbare Zylinder mindestens eine Totgangvorrichtung umfasst, die angeordnet ist, um die selektive Deaktivierung der zugehörigen Einlass- und Auslassventile zu erleichtern.

18. Kraftmaschine nach Anspruch 17, wobei jede Totgangvorrichtung ein zusammenklappbarer Stößel ist, der durch Hydraulikdruck gesteuert wird.

19. Kraftmaschine nach einem der Ansprüche 13–18, wobei das Ventilsteuersystem angeordnet ist, um das Einlassventil für jedes gewünschte Einlassereignis bestätigend zu aktivieren und das Einlassventil nach jedem Einlassereignis bestätigend zu deaktivieren.

20. Kraftmaschine nach einem der Ansprüche 13–18, wobei ein Einlassventil-Aktivierungszustand vor einem ausgewählten Arbeitszyklus auf der Basis des Einlassventil-Aktivierungszustandes des unmittelbar vorherigen Arbeitszyklus für den zugehörigen Zylinder entweder aktiv oder deaktiviert sein kann.

21. Kraftmaschine nach einem der Ansprüche 13–20, wobei das Ventilsteuersystem Folgendes umfasst: einen Auslassventil-Nähesensor, der ein Signal erzeugt, um die Bewegung des Auslassventils zu überprüfen; und eine Sicherheitsschaltung, die ein Signal vom Auslassventil-Nähesensor empfängt, wobei die Sicherheitsschaltung angeordnet ist, um einen Auslassventil-Betätigungsfehler auf der Basis zumindest teilweise des Signals zu detektieren, das vom Auslassventil-Nähesensor empfangen wird, und das Einlassventil bei der Detektion eines Auslassventil-Betätigungsfehlers zu deaktivieren.

22. Kraftmaschine nach einem der Ansprüche 13–20, die ferner einen Auslassventil-Nähesensor um-



fasst, der angeordnet ist, um ein Signal zu erzeugen, das eine Bewegung des Auslassventils angibt, wobei die Kraftmaschinensteuereinheit:

das Auslassventil-Sensorsignal empfängt; und die Aktivierung des Einlassventils erst nach dem Überprüfen, dass das Auslassventil geöffnet wurde, auf der Basis zumindest teilweise des Auslassventil-Sensorsignals anweist.

23. Kraftmaschine nach einem der Ansprüche 13–22, wobei:

das Ventilsteuersystem ein Einlassventil-Solenoid und einen zusammenklappbaren Einlassventilstößel umfasst; und

das Öffnen des Einlassventil-Solenoids bewirkt, dass der zusammenklappbare Einlassventilstößel in einen komprimierbaren Zustand eintritt, wodurch das Einlassventil deaktiviert wird.

24. Kraftmaschine nach einem der Ansprüche 13–22, wobei das Ventilsteuersystem Folgendes umfasst:

einen zusammenklappbaren Einlassventilstößel; einen zusammenklappbaren Auslassventilstößel, und

ein Solenoid, das verwendet wird, um sowohl den zusammenklappbaren Einlassventilstößel als auch den zusammenklappbaren Auslassventilstößel zu aktivieren und zu deaktivieren.

25. Ventilsteuersystem zur Verwendung in einer Brennkraftmaschine, die in einem Zündaussetzmodus arbeitet, wobei die Kraftmaschine mehrere deaktivierbare Zylinder und eine Nockenwelle umfasst, wobei jeder Zylinder ein zugehöriges Einlassventil und ein zugehöriges Auslassventil aufweist, wobei die Nockenwelle angeordnet ist, um die Einlass- und Auslassventile zu betätigen, wobei für jeden deaktivierbaren Zylinder das Ventilsteuersystem Folgendes umfasst:

einen zusammenklappbaren Stößel, der angeordnet ist, um den Zylinder durch Aktivieren und Deaktivieren der Einlass- und Auslassventile, die dem Zylinder zugeordnet sind, zu aktivieren und zu deaktivieren, wobei der zusammenklappbare Stößel hydraulisch betätigbar ist;

ein Solenoidventil, das angeordnet ist, um das Aufbringen eines Hochdruck-Hydraulikfluids auf den zusammenklappbaren Stößel zu steuern;

wobei das Solenoidventil und der zusammenklappbare Stößel angeordnet sind, um das Öffnen des Einlassventils erst nach dem Öffnen des Auslassventils zu ermöglichen.

26. Ventilsteuersystem nach Anspruch 25, wobei für jeden deaktivierbaren Zylinder die Aktivierung des Zylinders während eines zugehörigen festgelegten Abschnitts eines Kraftmaschinenzyklus verboten ist.

27. Ventilsteuersystem nach Anspruch 25 oder 26, das ferner ein Auslassventil-Bewegungsüberprüfungsmodul umfasst, das angeordnet ist, um das Öffnen des Auslassventils, um Verbrennungsgase zu entlüften, zu detektieren.

28. Ventilsteuersystem nach Anspruch 27, wobei das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungsmodul das Öffnen des Auslassventils vor der Aktivierung des Einlassventils detektieren muss.

29. Ventilsteuersystem nach Anspruch 27, wobei das Auslassventil-Bewegungsüberprüfungsmodul die Kurbelwellendrehzahl oder Zeitableitungen davon verwendet, um die Auslassventilöffnung zu detektieren.

30. Anordnung zum Steuern der Aktivierung und Deaktivierung eines Zylinders, wobei die Anordnung Folgendes umfasst:

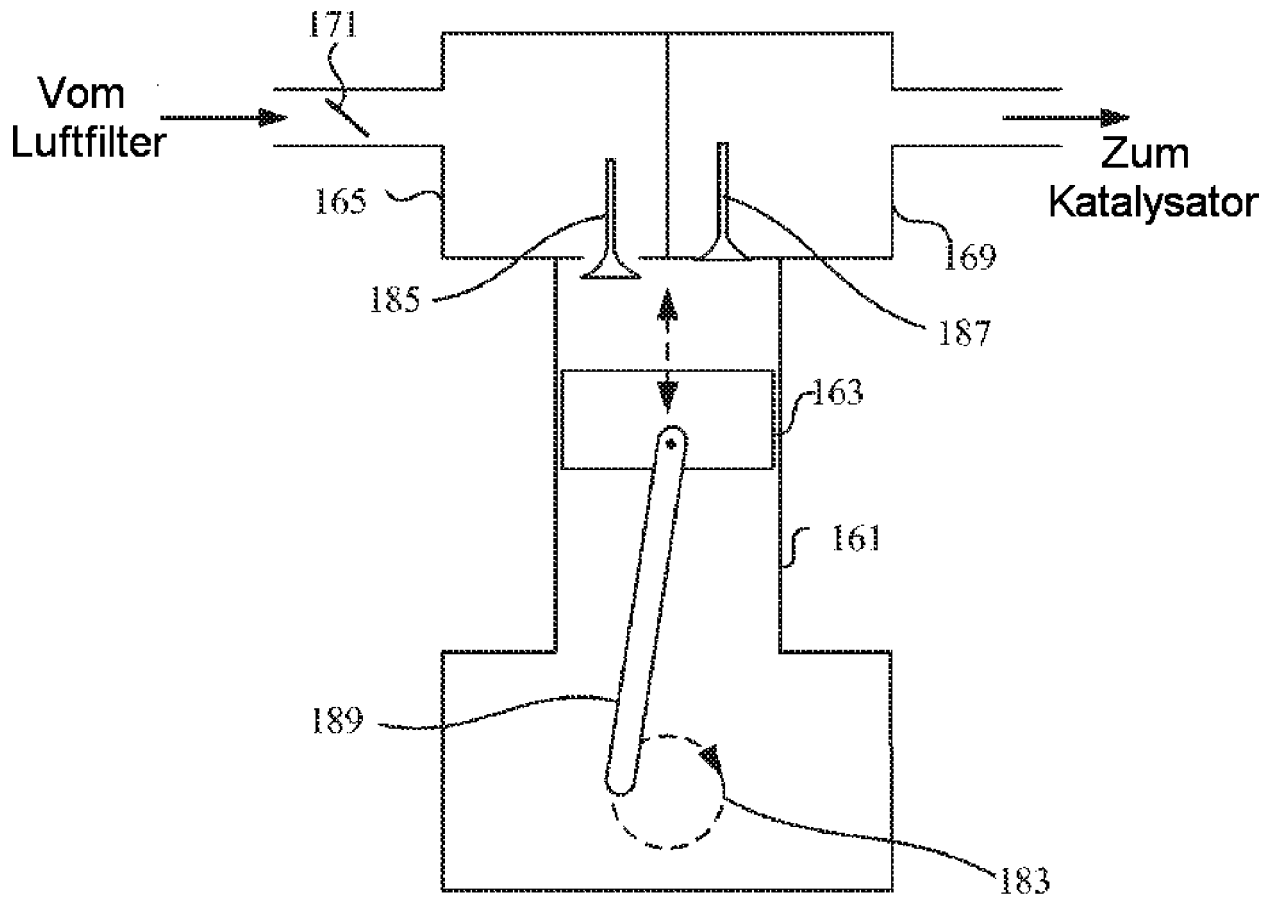
ein Einlassventil-Solenoid; ein Auslassventil-Solenoid; eine Sicherheitsschaltung; eine elektrische Buchse; und ein mechanisches Element,

wobei das Einlassventil-Solenoid, das Auslassventil-Solenoid, die Sicherheitsschaltung und die elektrische Buchse alle am mechanischen Element montiert sind.

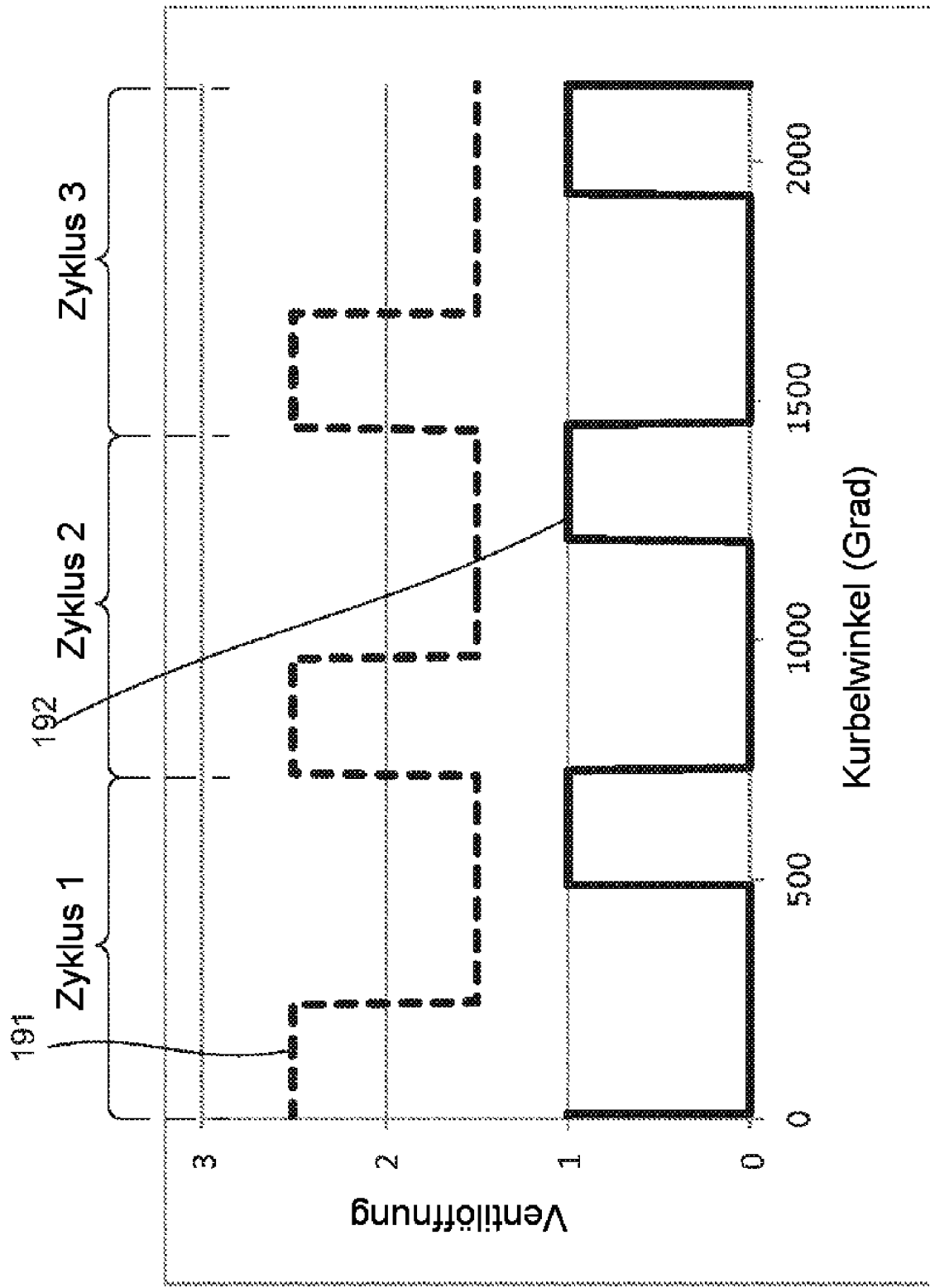
31. Anordnung nach Anspruch 30, wobei das mechanische Element ein Leiterraum ist.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

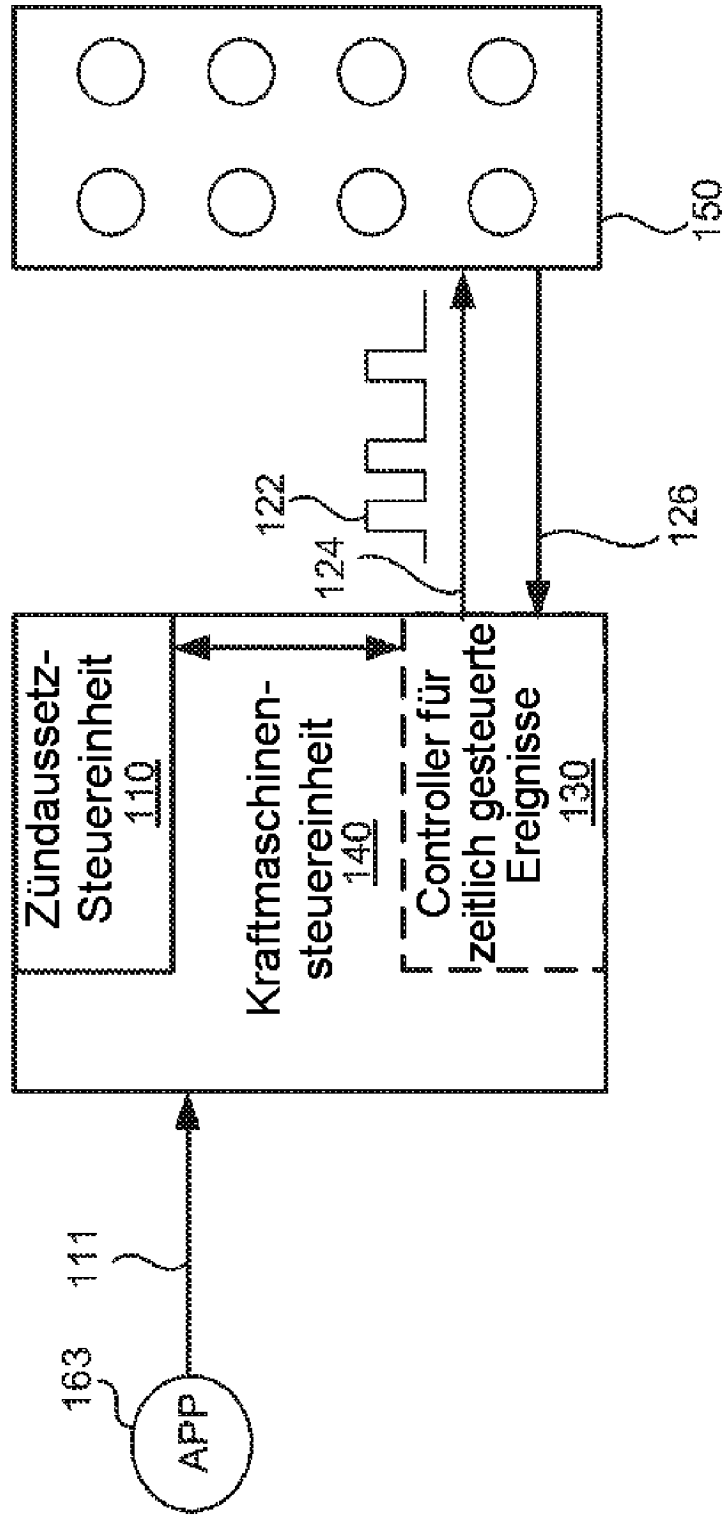


**FIG. 1A**



**FIG. 1B**

100 ↗



**FIG. 1C**

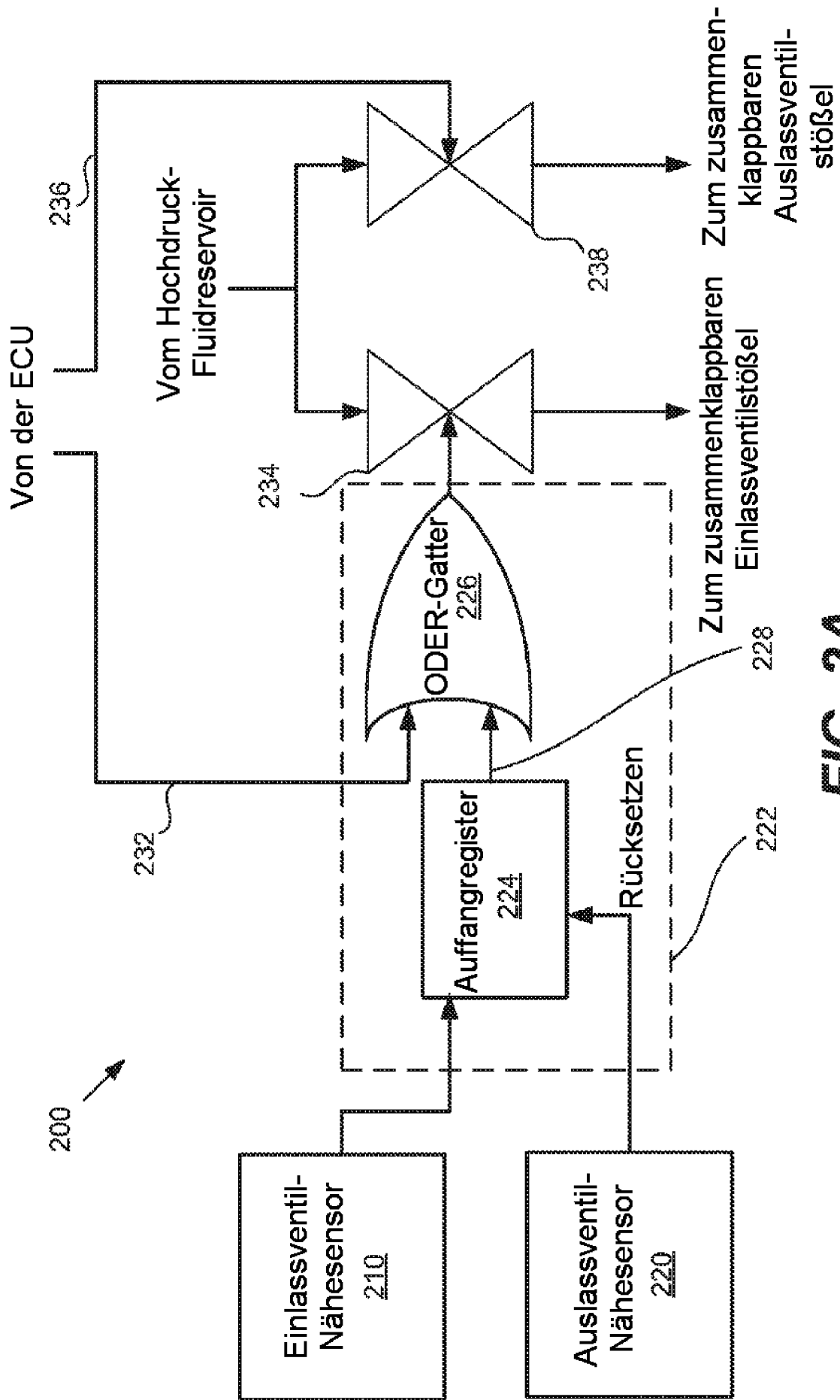
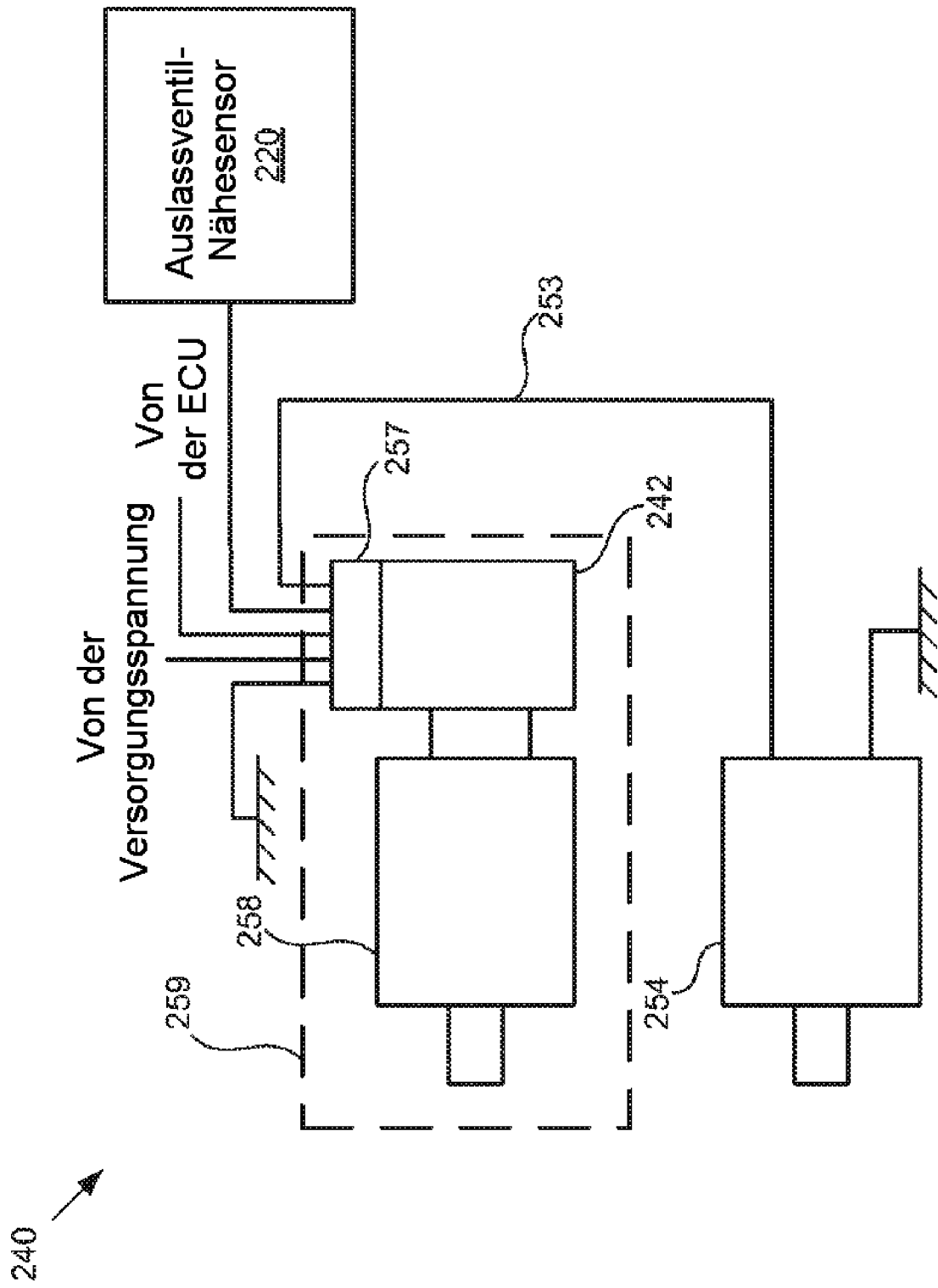
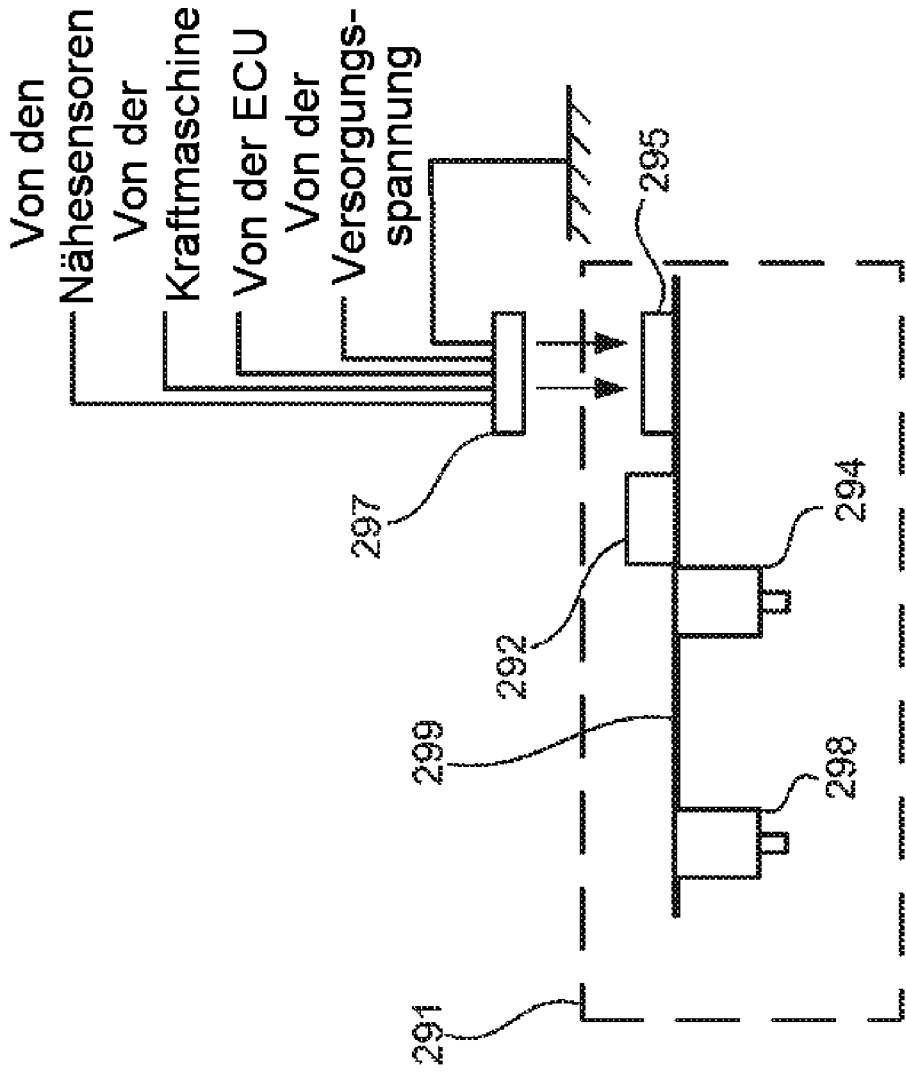


FIG. 2A

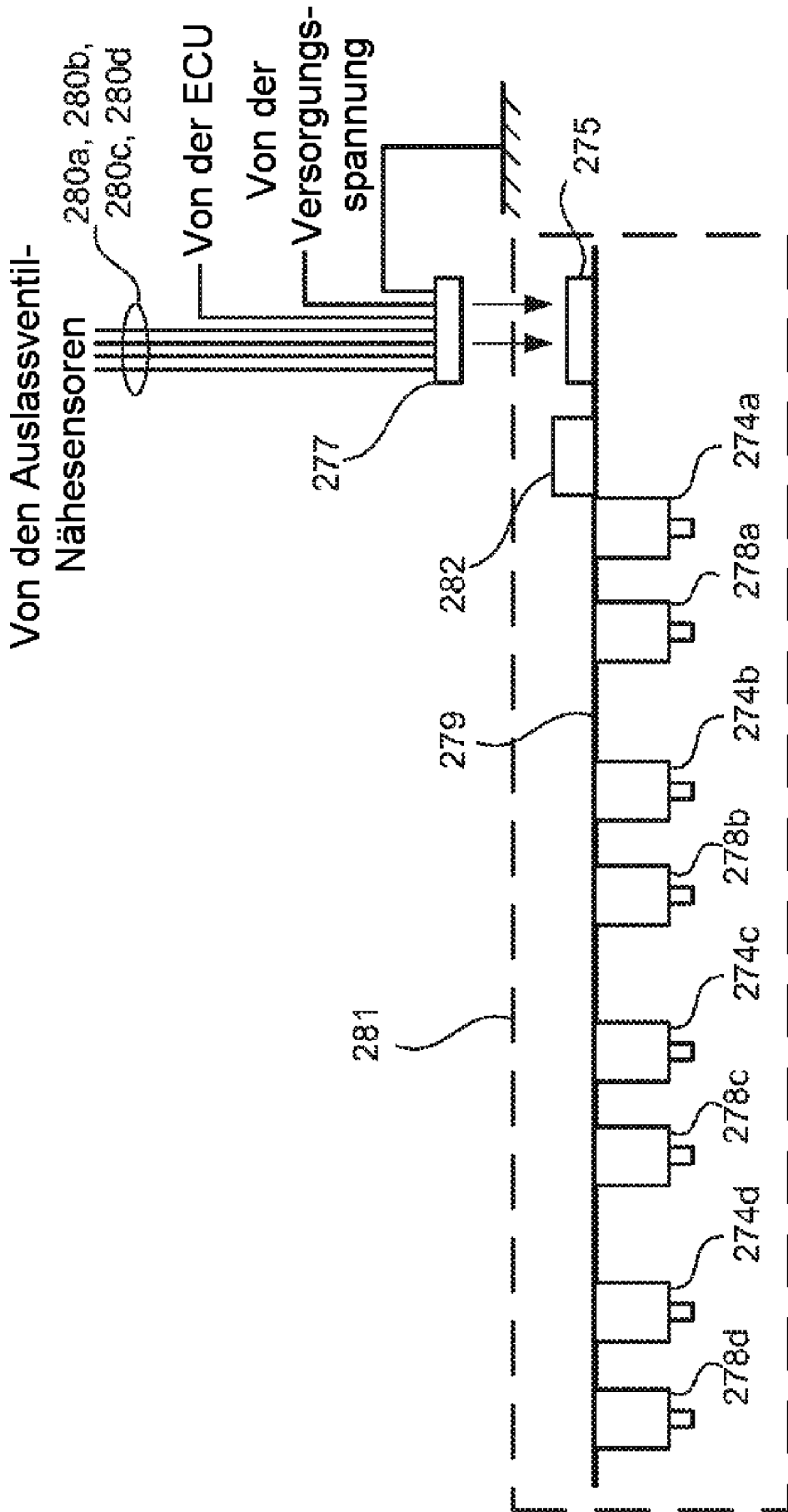


**FIG. 2B**

290 ↗

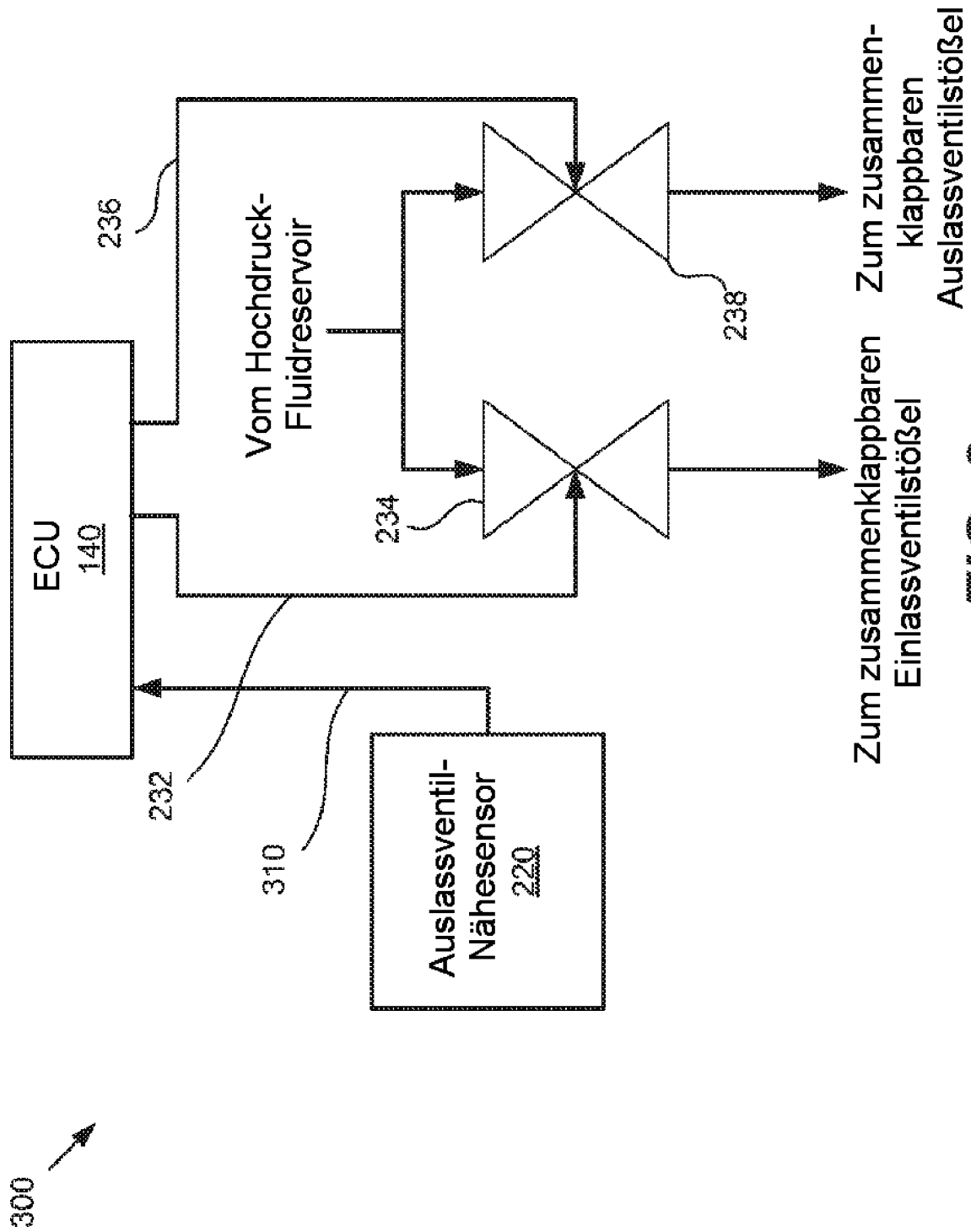


**FIG. 2C**

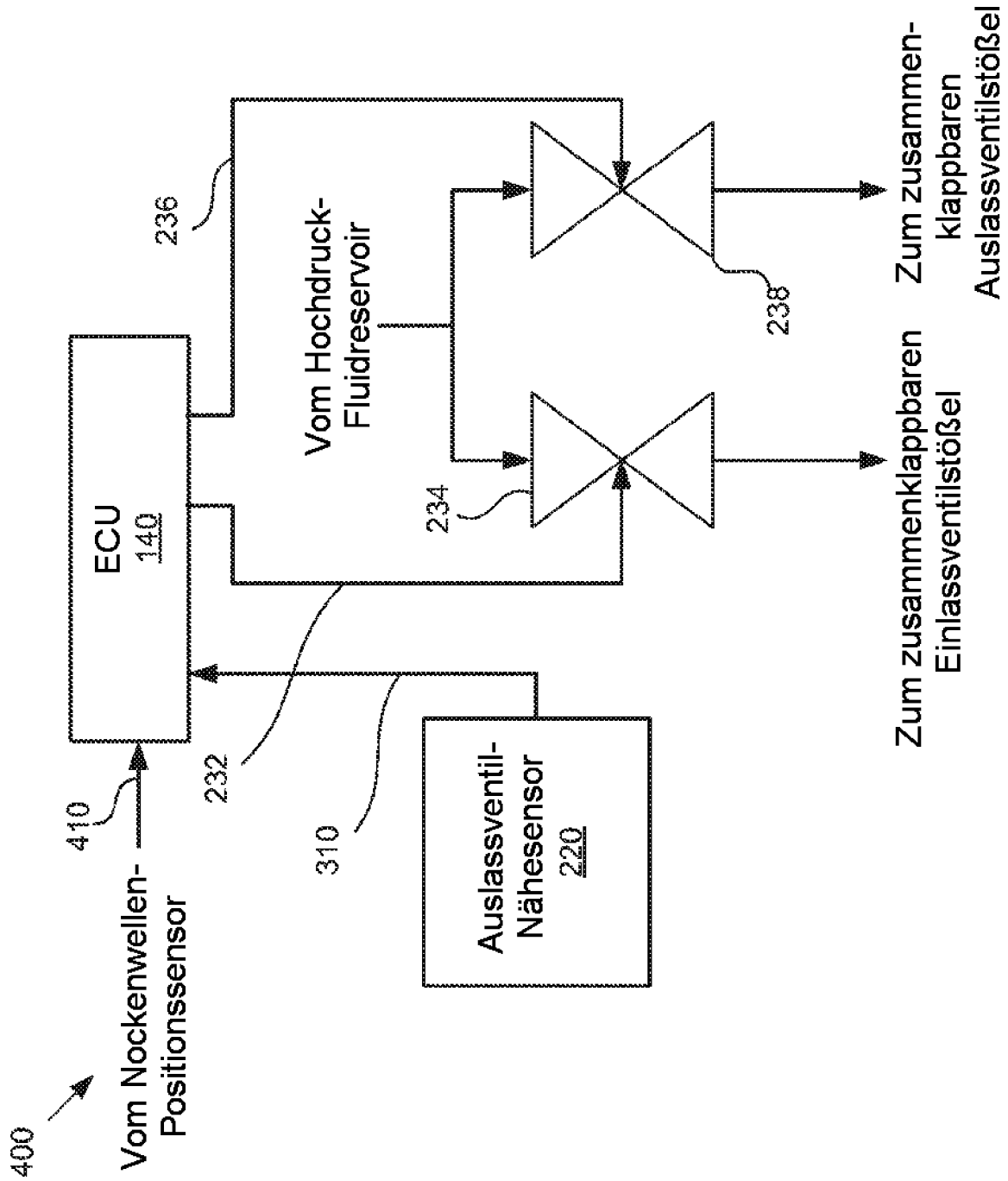


**FIG. 2D**





**FIG. 3**



**FIG. 4A**

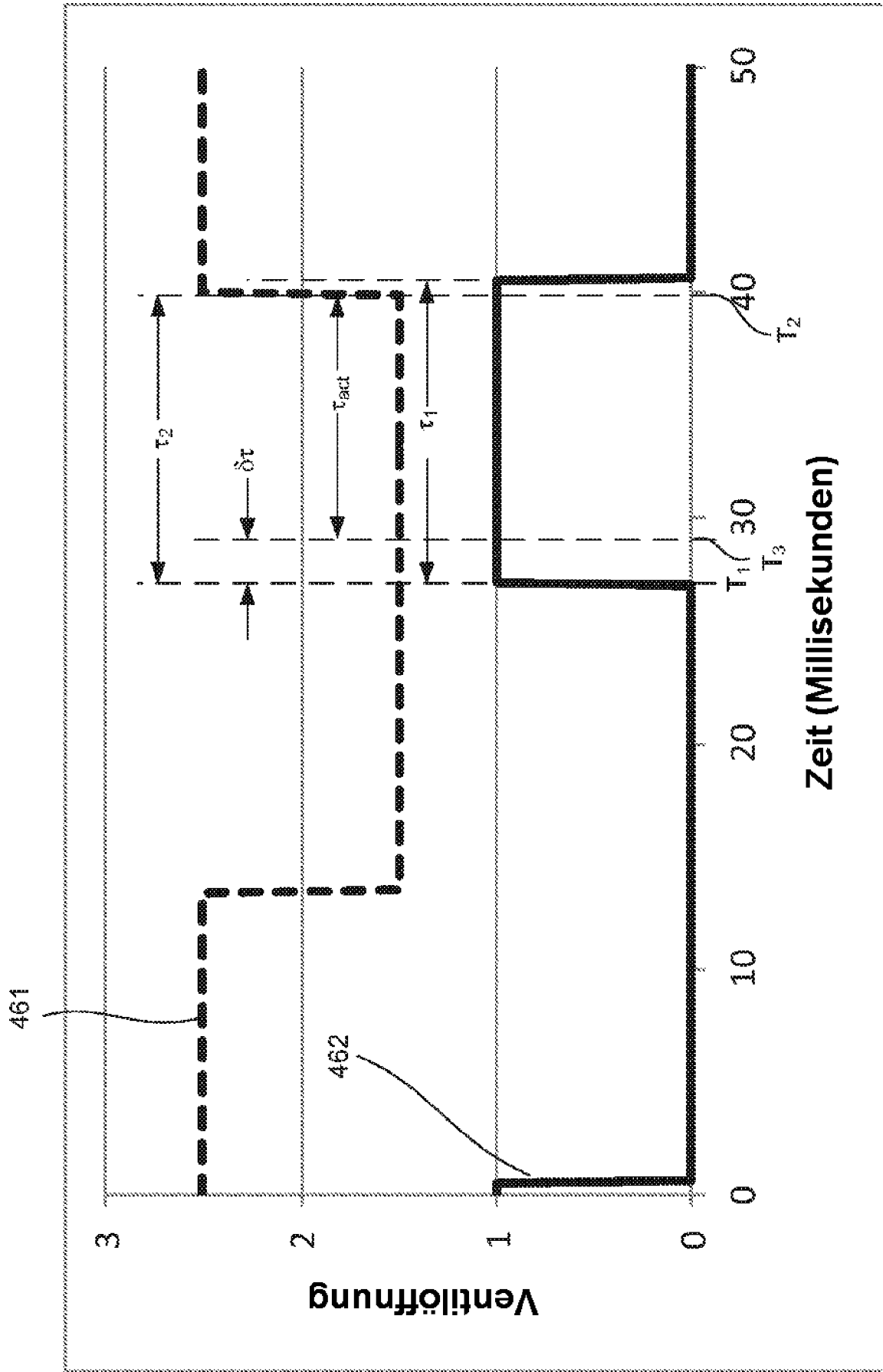
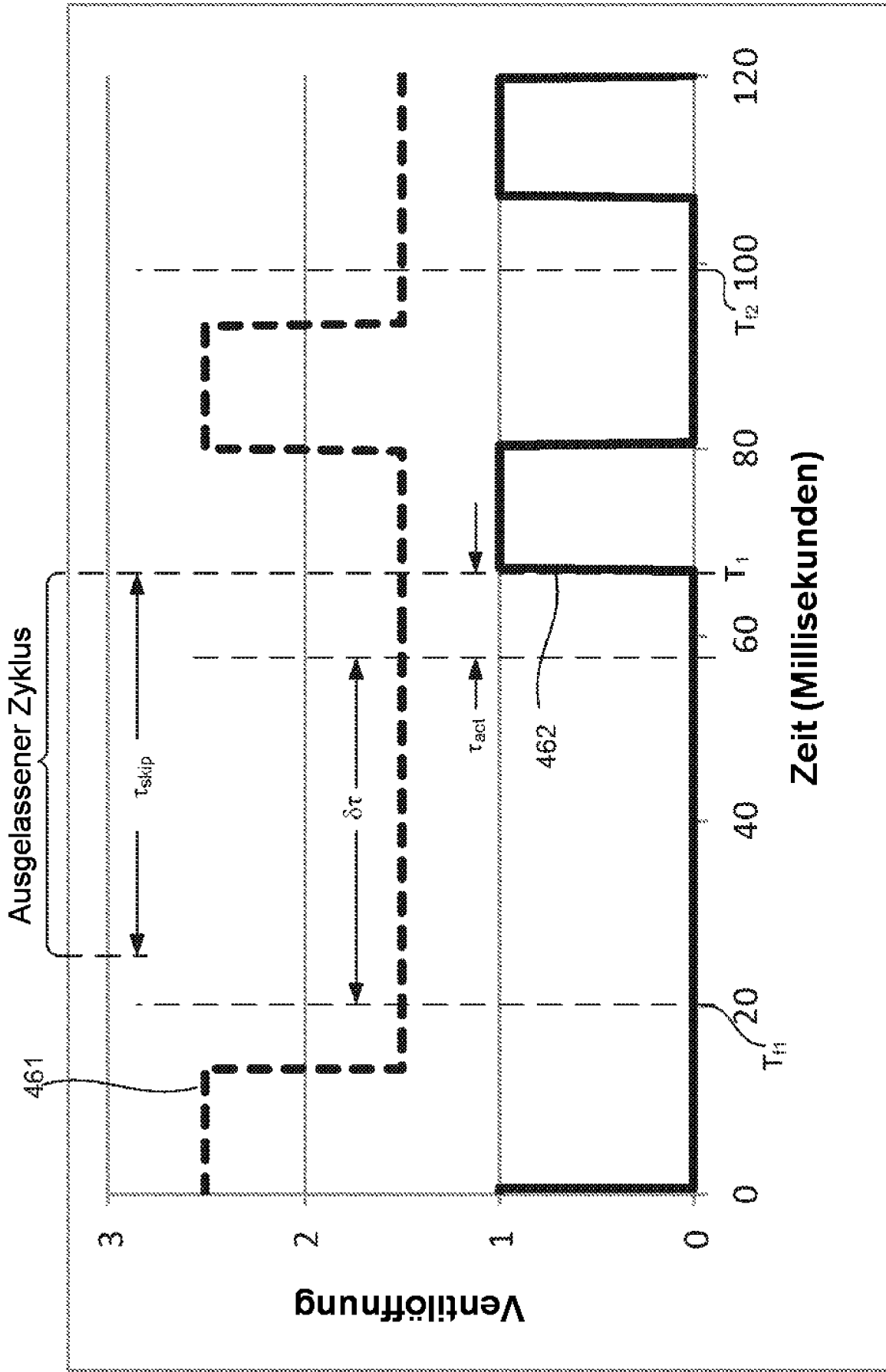
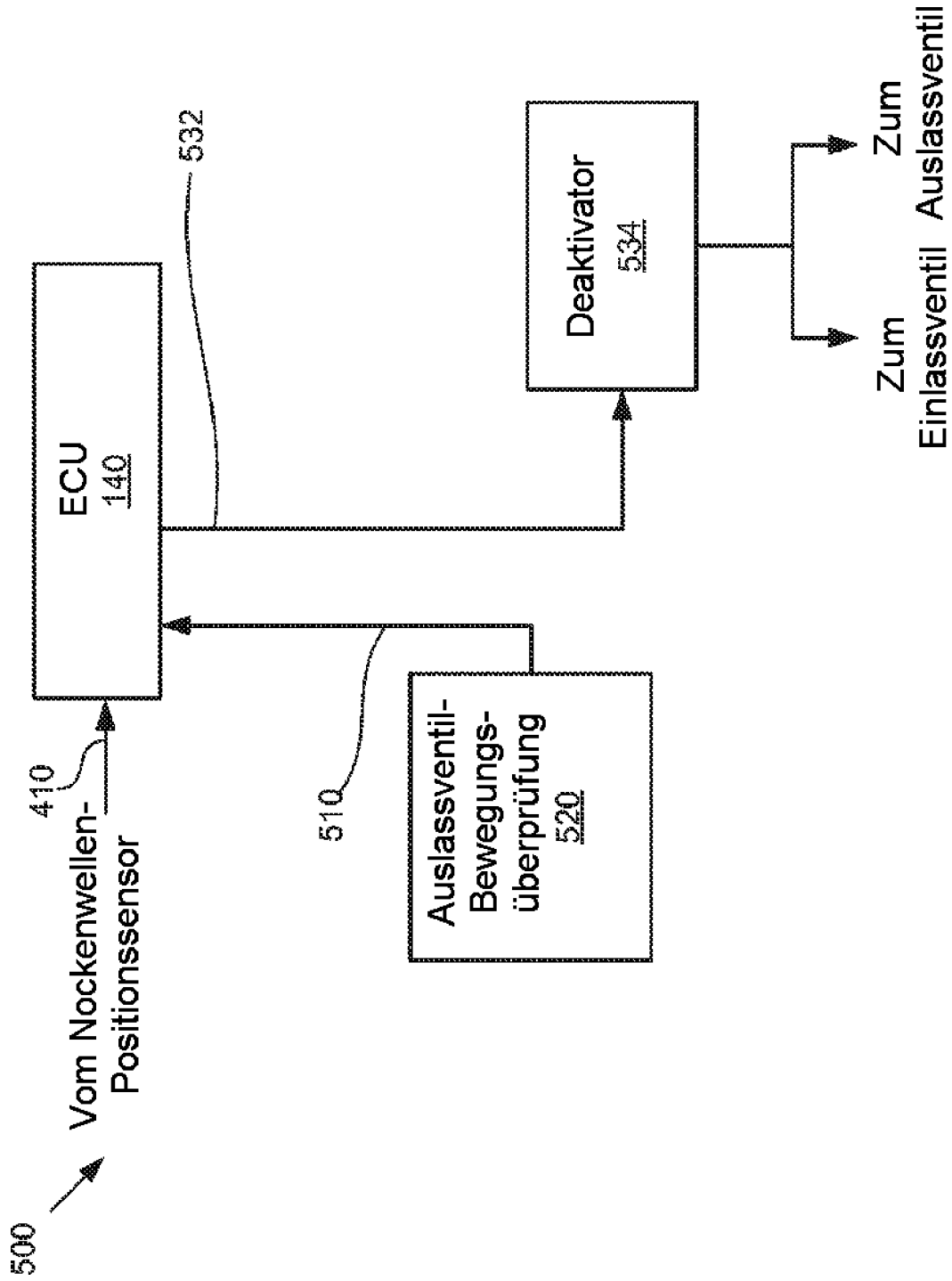


FIG. 4B



**FIG. 4C**



**FIG. 5**

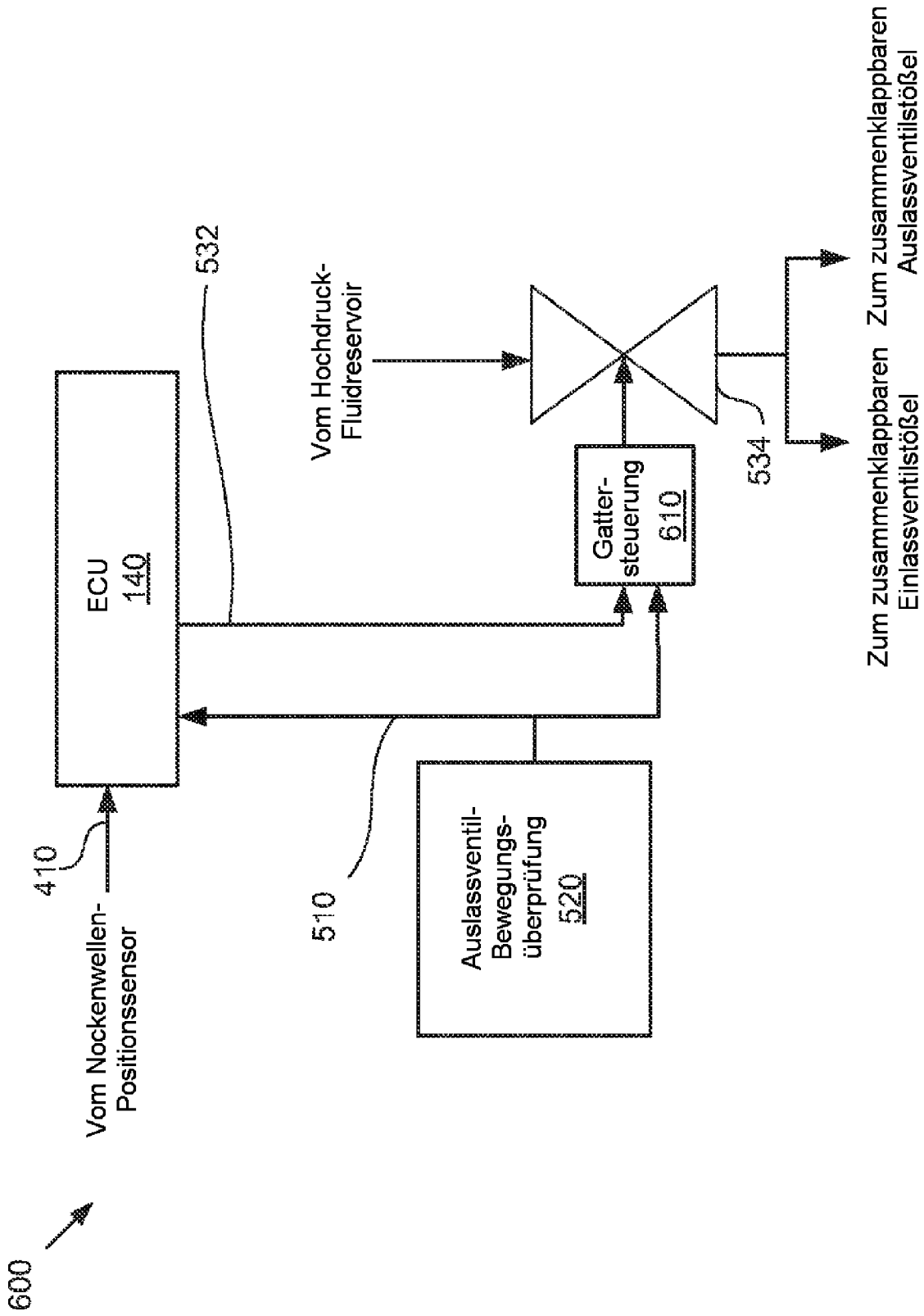


FIG. 6

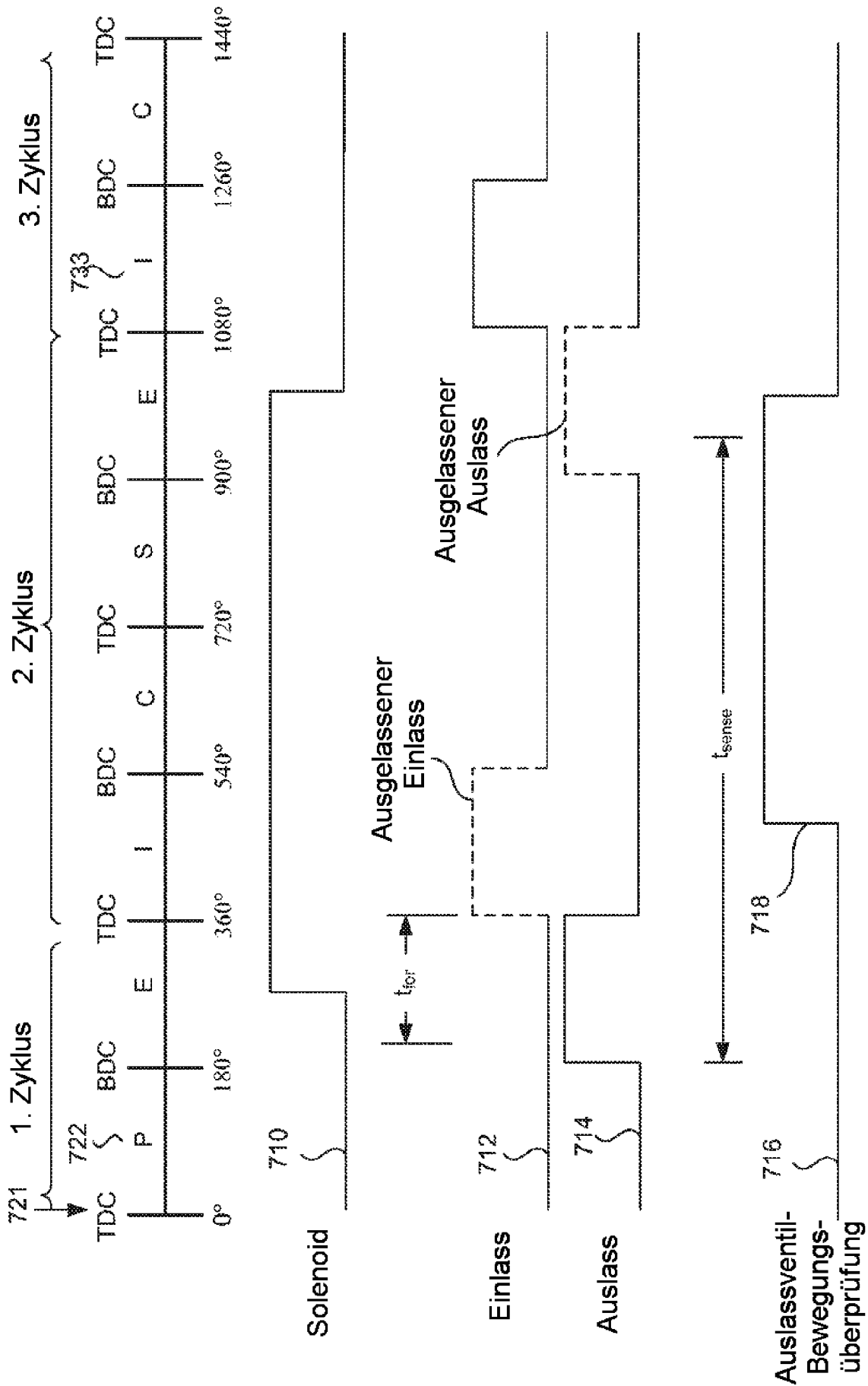


FIG. 7