



(10) **DE 10 2016 225 050 A1** 2018.06.14

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2016 225 050.7**

(22) Anmeldetag: **14.12.2016**

(43) Offenlegungstag: **14.06.2018**

(51) Int Cl.: **F01L 1/04 (2006.01)**

F01L 1/047 (2006.01)

F02D 21/08 (2006.01)

F02M 26/01 (2016.01)

F02D 13/02 (2006.01)

F01N 9/00 (2006.01)

F02D 13/06 (2006.01)

(71) Anmelder:

**Volkswagen Aktiengesellschaft, 38440 Wolfsburg,
DE**

(72) Erfinder:

Groenendijk, Axel, Dr., 38518 Gifhorn, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

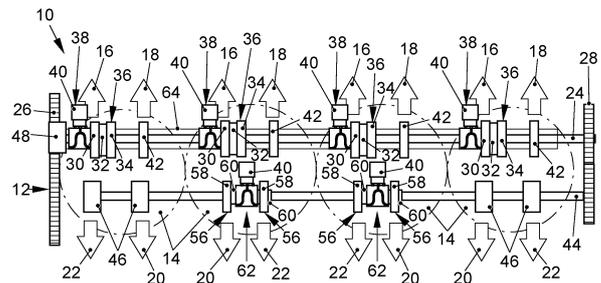
DE	10 2009 033 958	A1
DE	10 2010 025 100	A1
DE	10 2012 012 322	A1
DE	10 2014 208 950	A1
DE	10 2015 008 623	A1
AT	515 613	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Brennkraftmaschine und Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern (14), wobei jeder Zylinder (14) ein erstes Auslassventil (16) und mindestens ein zweites Auslassventil (18) aufweist, wobei zur Betätigung der ersten Auslassventile (16) und der mindestens zweiten Auslassventile (18) mindestens einer Zylinderreihe (12) eine Auslassnockenwelle (24) mit den Auslassventilen (16, 18) zugeordneten Betätigungsnocken vorgesehen ist, wobei jeweils einem ersten Auslassventil (16) ein erster AV-Betätigungsnocken (30) mit einer ersten AV-Nockenengeometrie und mindestens ein zweiter AV-Betätigungsnocken (32) mit einer zweiten AV-Nockenengeometrie zugeordnet sind, wobei sich die erste AV-Nockenengeometrie und die zweite AV-Nockenengeometrie zumindest über einen Teil ihres Umfangs voneinander unterscheiden, wobei der erste AV-Betätigungsnocken (30) und der zweite AV-Betätigungsnocken (32) bedarfsweise mittels mindestens einer AV-Ventiltriebvorrichtung (38) durch relatives Verschieben gegenüber dem zugeordneten ersten Auslassventil (16) in Axialrichtung der Auslassnockenwelle (24) zur Betätigung des ersten Auslassventils (16) aktivierbar sind und wobei jeweils dem zweiten Auslassventil (18) nur ein einziger Betätigungsnocken (42) zugeordnet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Die Erfindung betrifft darüber hinaus verschiedene Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine.

[0002] Aus EP 1 273 770 A2 ist eine Mehrzylinder-Dieselmotorkraftmaschine bekannt, bei welcher jeder Zylinder zwei Einlassventile und zwei Auslassventile aufweist. Die Auslassventile können mittels einer Nockenwelle derart betätigt werden, dass sie während der Ansaugphase erneut öffnen (als „post charging“ bezeichnet), so dass eine interne Abgasrückführung durch Rückströmen von Abgas über das Auslassventil in den Zylinder realisiert ist. Ferner können die Ventile derart betätigt werden, dass das Einlassventil noch während der Auslassphase des Auslassventils öffnet (als „internal EGR“ bezeichnet). Zusätzlich ist beschrieben, dass auch das Auslassventil früher geöffnet werden kann.

[0003] Aus DE 10 2012 004 420 A1 ist eine Kraftfahrzeugventiltriebverstellvorrichtung mit zumindest einer Nockenwelle und zumindest vier axial verschiebbar angeordneten Nockenelementen bekannt. Die Nockenelemente sind zur Betätigung und Verstellung eines Ventilhubes von jeweils zwei Ventilen eines Zylinders vorgesehen. Dabei sind jeweils zwei der Nockenelemente, die benachbart angeordnet sind, als gemeinsam zu schaltende Nockenelementgruppe ausgebildet.

[0004] Aus DE 10 2011 075 507 A1 ist eine Verbrennungskraftmaschine mit mehreren Zylindern bekannt, wobei jeder Zylinder mindestens zwei Auslassventile aufweist. Dabei ist jedes Auslassventil einer zylinderübergreifenden Gruppe zugeordnet, deren zugeordnete Auslassventile jeweils gleichzeitig betätigt werden. Die Auslassventile sind über eine variable Ventilsteuerung mittels gegenüber einer Nockenwelle in Axialrichtung der Nockenwelle verschiebbaren Nockenstücken steuerbar. Es ist auch beschrieben, dass die gesamte Nockenwelle zusätzlich mittels eines Nockenwellenverstellers phasenverstellbar ausgebildet sein kann.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Brennkraftmaschine sowie Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine zur Verfügung zu stellen, mit welchen unterschiedlichen Wärmeanforderungen durch eine geeignete Ventilsteuerung Rechnung getragen werden kann.

[0006] Die Lösung der Aufgabe erfolgt erfindungsgemäß mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Weitere praktische Ausführungsformen und Vorteile der Erfindung sind in Verbindung mit den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

[0007] Eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine weist mindestens zwei Zylinder auf (bevorzugt vier, sechs, acht, zwölf, sechzehn Zylinder oder eine andere Zahl von Zylindern), wobei jeder Zylinder ein erstes Auslassventil und mindestens ein zweites Auslassventil aufweist. Zur Betätigung der ersten Auslassventile und der mindestens zweiten Auslassventile mindestens einer Zylinderreihe ist eine Auslassnockenwelle mit den Auslassventilen zugeordneten AV-Betätigungsnocken vorgesehen. Dabei ist in der genannten mindestens einen Zylinderreihe jeweils einem ersten Auslassventil ein erster AV-Betätigungsnocken mit einer ersten AV-Nockengeometrie und mindestens ein zweiter AV-Betätigungsnocken mit einer zweiten AV-Nockengeometrie zugeordnet. Die erste AV-Nockengeometrie und die zweite AV-Nockengeometrie unterscheiden sich zumindest über einen Teil ihres Umfangs voneinander. Insbesondere weisen die erste AV-Nockengeometrie und die zweite AV-Nockengeometrie einen gemeinsamen Grundkreis auf und unterscheiden sich derart, dass unterschiedliche Nockenhöhen und/oder Nockenarrangements ausgebildet sind, wodurch unterschiedliche Auslassventilhübe erzeugt werden. Der erste AV-Betätigungsnocken und der zweite AV-Betätigungsnocken sind bedarfsweise mittels mindestens einer AV-Ventiltriebverstellvorrichtung durch relatives Verschieben gegenüber dem zugeordneten ersten Auslassventil in Axialrichtung der Auslassnockenwelle zur Betätigung des ersten Auslassventils aktivierbar. Dem zweiten Auslassventil ist jeweils nur ein einziger AV-Betätigungsnocken zugeordnet.

[0008] Mit einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine sind die dem ersten Auslassventil zugeordneten ersten AV-Betätigungsnocken und zweiten AV-Betätigungsnocken unabhängig von dem dem zweiten Auslassventil zugeordneten AV-Betätigungsnocken aktivierbar. Das heißt, die ersten und zweiten AV-Betätigungsnocken für das erste Auslassventil sind unabhängig von dem AV-Betätigungsnocken für das zweite Auslassventil gegenüber dem ersten Auslassventil in Axialrichtung der Auslassnockenwelle verschiebbar angeordnet. Dem einzelnen AV-Betätigungsnocken für das zweite Auslassventil muss insbesondere keine AV-Ventiltriebverstellvorrichtung zugeordnet sein, so dass für eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine - abhängig von der Zylinderzahl - nur eine AV-Ventiltriebverstellvorrichtung oder nur wenige AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen erforderlich sind. Mit anderen Worten ausgedrückt, sind das erste Auslassventil und das zweite Auslassventil einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine voneinander entkoppelt und ermöglichen es dadurch, die Brennkraftmaschine in verschiedenen Betriebsmodi zu betreiben, insbesondere um den im Folgenden noch erläuterten Wärmeanforderungen der Brennkraftmaschine bedarfsweise Rechnung tragen zu können.

[0009] Hinsichtlich der Verschiebung der dem ersten Auslassventil zugeordneten ersten und zweiten AV-Betätigungs-nocken relativ zu dem ersten Auslassventil wird darauf hingewiesen, dass die ersten und zweiten AV-Betätigungs-nocken in Axialrichtung relativ zu der Auslassnockenwelle insbesondere drehfest, aber in Axialrichtung verschiebbar gegenüber der Auslassnockenwelle angeordnet sein können. Diese Lösung ist bevorzugt, weil die Relativverschiebung nur von relativ kleinen Bauteilen ausgeführt wird. Von der Erfindung umfasst sind aber auch Lösungen, gemäß welcher die ersten und zweiten AV-Betätigungs-nocken drehfest und verschiebefest mit der Auslassnockenwelle verbunden sind und eine Relativverschiebung zwischen den AV-Betätigungs-nocken zu den Auslassventilen durch Verschieben der gesamten Auslassnockenwelle bewirkt wird.

[0010] Insbesondere können die erste AV-Nocken-geometrie und die zweite AV-Nocken-geometrie derart gestaltet sein, dass das erste Auslassventil in einer ersten Konfiguration mit aktiver ersten AV-Nocken-geometrie zeitgleich mit dem zweiten Auslassventil betätigt wird. In diesem Fall kann auch der gleiche Auslassventilhub wie beim zweiten Auslassventil vorgesehen sein. Durch axiales Verschieben des ersten AV-Betätigungs-nockens und des zweiten AV-Betätigungs-nockens gegenüber der Auslassnockenwelle mittels einer Ventiltriebverstellvorrichtung kann das erste Auslassventil in einer zweiten Konfiguration mit aktiver zweiter AV-Nocken-geometrie betrieben werden, in welcher das erste Auslassventil im Rahmen eines zweiten Ereignisses - gegebenenfalls auch mit einem kleineren Auslassventilhub - erneut geöffnet wird, während das zweite Auslassventil geschlossen bleibt. In diesem Fall weist die zweite AV-Nocken-geometrie einen zusätzlichen Nocken auf, mit welchem die zusätzliche Hubbewegung bewirkt wird. Auf ein derartiges Verfahren mit einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine wird im Folgenden insbesondere in Zusammenhang mit der Figurenbeschreibung noch näher eingegangen.

[0011] In einer praktischen Ausführungsform umfasst die mindestens eine AV-Ventiltriebverstellvorrichtung zumindest einen Aktuator, welcher auf der dem zweiten Auslassventil abgewandten Seite des ersten Auslassventils angeordnet ist. Insbesondere können AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen mit dem mindestens einen Aktuator derart angeordnet sein, dass sie in einer Ansicht von oben auf eine Zylinderreihe zumindest teilweise in Bereichen zwischen zwei Zylindern (aber oberhalb der Zylinder) positioniert sind. Eine solche Anordnung ermöglicht eine aus Packagegründen günstige Positionierung eines Aktuators. Wenn jedem ersten Auslassventil eines Zylinders (mindestens einer Zylinderreihe) eine AV-Ventiltriebverstellvorrichtung mit einem separaten Aktuator zugeordnet ist, kann der Ventilhub der ersten Aus-

lassventile jedes Zylinders bedarfsweise einzeln gesteuert werden.

[0012] Bevorzugt weist die AV-Ventiltriebverstellvorrichtung eine steile Verstellkulissee auf, um über einen möglichst kleinen Umfangsbereich der Nockenwelle zwischen zwei benachbarten AV-Betätigungs-nocken hin- und herwechseln zu können. Vorzugsweise erfolgt die Verstellung von einem Betätigungs-nocken zu einem benachbarten Betätigungs-nocken über einen Nockenwellenwinkel von maximal 90°, bevorzugt maximal 50° und weiter bevorzugt maximal 40° oder maximal 30° Drehung der Auslassnockenwelle. Eine solche steile Verstellkulissee ist insbesondere dann erforderlich, wenn mittels einer AV-Ventiltriebverstellvorrichtung die AV-Betätigungs-nocken von zwei Zylindern gleichzeitig gesteuert werden sollen und/oder wenn ein AV-Betätigungs-nocken mit einem zweiten Ereignis vorgesehen ist.

[0013] Der erste AV-Betätigungs-nocken und der mindestens zweite AV-Betätigungs-nocken von zwei benachbarten ersten Auslassventilen können über eine gemeinsame AV-Ventiltriebverstellvorrichtung in Axialrichtung der Auslassnockenwelle gegenüber den zugeordneten ersten Auslassventilen verschiebbar angeordnet sein. Mit einer gemeinsamen AV-Ventiltriebverstellvorrichtung für die Betätigung jeweils zwei erster Auslassventile kann die Anzahl der verwendeten AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen und dementsprechend auch der benötigten Aktuatoren reduziert werden. Eine Brennkraftmaschine mit vier Zylindern kann in diesem Fall beispielsweise mit nur zwei Aktuatoren und nur zwei AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen realisiert werden. In diesem Fall ergibt sich ein variables und kompaktes, aber gleichzeitig kostengünstiges Steuerungskonzept mit einer geringen Zahl von Aktuatoren und AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen.

[0014] In einer weiteren praktischen Ausführungsform ist mindestens ein einem zweiten Auslassventil zugeordneter AV-Betätigungs-nocken mittels eines AV-Nockenwellenverstellers phasenverstellbar ausgebildet. Dabei kann es sich insbesondere um einen hydraulisch betätigten AV-Nockenwellenversteller handeln. Mittels des AV-Nockenwellenverstellers wird die Flexibilität einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine weiter erhöht, da in diesem Fall zusätzlich auch das zweite Auslassventil verstellbar ausgebildet ist. Vorzugsweise sind die dem ersten Auslassventil desselben Zylinders zugeordneten AV-Betätigungs-nocken mittels desselben AV-Nockenwellenverstellers nicht phasenverstellbar ausgebildet. Damit sind die dem ersten Auslassventil zugeordneten AV-Betätigungs-nocken und der dem zweiten Auslassventil zugeordnete einzige AV-Betätigungs-nocken weiterhin vollständig unabhängig voneinander aktivierbar, wobei die dem ersten Auslassventil zugeordneten AV-Betätigungs-nocken durch

axiales Verschieben unterschiedliche Auslassventilhübe an dem ersten Auslassventil bewirken und wobei mittels des AV-Nockenwellenverstellers über den AV-Betätigungsnocken der Öffnungszeitpunkt des zweiten Auslassventils verstellt werden kann. Insbesondere kann der Öffnungszeitpunkt mindestens eines zweiten Auslassventils mittels des AV-Nockenwellenverstellers nach früh oder spät gestellt werden, unabhängig von dem mittels der AV-Ventiltriebvorrichtung eingestellten Auslassventilhub des ersten Auslassventils. Durch geeignete Steuerung kann so bedarfsweise eine besonders lange Gesamtöffnungszeit für die Auslassventile eines Zylinders eingestellt werden.

[0015] In einer vorteilhaften Variante sind alle einem zweiten Auslassventil zugeordneten AV-Betätigungsnocken zumindest einer Zylinderreihe mittels eines gemeinsamen AV-Nockenwellenverstellers phasenverstellbar ausgebildet. In diesen Fall können mit nur einer Verstellvorrichtung (AV-Nockenwellenversteller in Form eines Phasenverstellers) alle zweiten Auslassventile gleichzeitig verstellbar ausgebildet sein. Der AV-Nockenwellenversteller kann in diesem Fall insbesondere entweder an einem direkten Antriebsrad einer Auslassnockenwelle oder an einem Koppelrad einer Auslassnockenwelle angeordnet sein.

[0016] Der dem ersten Auslassventil zugeordnete erste AV-Betätigungsnocken und der mindestens zweite AV-Betätigungsnocken können einstückig als ein AV-Nockenstück hergestellt sein, wobei die Umfangsgeometrie des ersten AV-Betätigungsnocken und des zweiten AV-Betätigungsnocken über einen bestimmten übereinstimmenden Winkelbereich des Umfangs einen gemeinsamen Grundkreisradius aufweisen. Optional können auch etwaige weitere AV-Betätigungsnocken einstückig mit dem AV-Nockenstück hergestellt sein. Der übereinstimmende Winkelbereich des Umfangs mit dem Grundkreisradius ist insbesondere der Bereich, in dem die jeweiligen AV-Betätigungsnocken einen Nullhub an dem ersten Auslassventil bewirken. Insbesondere kann in diesem übereinstimmenden Winkelbereich die Verschiebung des AV-Nockenstücks relativ zu dem ersten Auslassventil erfolgen. Beispielsweise kann in diesem übereinstimmenden Winkelbereich von einem ersten AV-Betätigungsnocken mit einer ersten AV-Nockengeometrie auf einen zweiten AV-Betätigungsnocken in einer zweiten AV-Nockengeometrie geschaltet werden, indem die axiale Verschiebung von dem ersten AV-Betätigungsnocken auf den zweiten AV-Betätigungsnocken innerhalb dieses Winkelbereichs durchgeführt wird.

[0017] Zusätzlich kann eine Einlassnockenwelle zur Betätigung von Einlassventilen der Zylinder vorgesehen sein, wobei zumindest einem Einlassventil ein erster EV-Betätigungsnocken mit einer ersten EV-Nockengeometrie und mindestens ein zweiter EV-

Betätigungsnocken mit einer zweiten EV-Nockengeometrie zugeordnet ist. Die erste EV-Nockengeometrie und die zweite EV-Nockengeometrie unterscheiden sich zumindest über einen Teil ihres Umfangs voneinander, insbesondere unterscheiden sie sich derart, dass mittels unterschiedlich ausgeprägter Nockenhöhen und/oder Nockenordnungen unterschiedliche Einlassventilhübe erzeugt werden. Der erste EV-Betätigungsnocken und der zweite EV-Betätigungsnocken sind bedarfsweise mittels mindestens einer EV-Ventiltriebvorrichtung durch relatives Verschieben gegenüber dem Einlassventil in Axialrichtung der Einlassnockenwelle zur Betätigung des Einlassventils aktivierbar. Mit einer derartigen erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine kann zusätzlich zu der unabhängigen Betätigung des ersten Auslassventils und des zweiten Auslassventils das mindestens eine Einlassventil bedarfsweise betätigt werden. Insbesondere kann mittels eines EV-Betätigungsnockens ein Nullhub an mindestens einem Einlassventil bewirkt werden.

[0018] Die Erfindung betrifft auch verschiedene Verfahren zum Betreiben der vorstehend beschriebenen Brennkraftmaschinen. Gemäß einem ersten erfindungsgemäßen Verfahren wird das erste Auslassventil mindestens eines Zylinders zumindest in bestimmten Betriebsphasen der Brennkraftmaschine während der Ansaugphase der Brennkraftmaschine geöffnet.

[0019] Insbesondere kann das erste Auslassventil mittels des zweiten AV-Betätigungsnockens während einer Auslassphase (bei einem Viertaktmotor üblicherweise als Takt 4 bezeichnet) der Brennkraftmaschine gleichzeitig mit dem zweiten Auslassventil geöffnet werden. Vorzugsweise wird das erste Auslassventil mit einem maximalem Auslassventilhub geöffnet. Während der Ansaugphase (als Takt 1 bezeichnet) wird vorzugsweise mindestens ein Einlassventil desselben Zylinders geöffnet. Durch die Ausbildung eines zusätzlichen Nockens an dem zweiten AV-Betätigungsnocken wird während der Ansaugphase das erste Einlassventil im Rahmen eines zweiten Ereignisses erneut geöffnet, so dass Abgas durch das geöffnete erste Auslassventil in den Zylinder zurückströmen kann. Dieses Verfahren kann auch als interne Abgasrückführung bezeichnet werden. Die Öffnung des ersten Auslassventils während der Ansaugphase kann insbesondere mit einem kleineren Auslassventilhub als dem maximalen Auslassventilhub erfolgen und/oder nur über einen Teil der Dauer der Ansaugphase. Der Auslassventilhub und/oder die Öffnungsdauer können mittels der zweiten AV-Nockengeometrie des zweiten AV-Betätigungsnockens vorgegeben werden. Ein derartiges erfindungsgemäßes Verfahren kann insbesondere in Betriebsphasen der Brennkraftmaschine eingesetzt werden, in welchen eine schnelle Zylindererwärmung erfolgen soll, beispielsweise nach dem Wiederanfahren eines Kraft-

fahrzeuges nach einem kurzen Stillstand. Während der Ansaugphase wird dabei vorzugsweise Frischluft über mindestens ein Einlassventil in den Zylinder angesaugt. Durch das zusätzlich geöffnete erste Auslassventil wird auch wärmeres Abgas in den Zylinder gefördert bzw. zurückgeführt. Das im Zylinder entstehende Gemisch aus Frischluft und warmem Abgas weist eine insgesamt höhere Temperatur auf als reine Frischluft. Dadurch wird ein schnelleres Erwärmen des Zylinders bewirkt.

[0020] Gemäß einem weiteren erfindungsgemäßen Verfahren ist mindestens ein einem zweiten Auslassventil zugeordneter AV-Betätigungsnocken mittels eines AV-Nockenwellenverstellers phasenverstellbar ausgebildet. In diesem Fall kann der Öffnungszeitpunkt des zweiten Auslassventils mindestens eines Zylinders zumindest in bestimmten Betriebsphasen der Brennkraftmaschine mittels des AV-Nockenwellenverstellers nach früh verstellt werden, um bedarfsweise ein früheres Öffnen des zweiten Auslassventils zu bewirken.

[0021] Durch eine Verstellung des Öffnungszeitpunktes des zweiten Auslassventils nach früh kann das zweite Auslassventil bereits vor der Auslassphase und noch während der Expansionsphase (Takt 3) geöffnet werden. Dadurch wird die Expansion des Abgases in dem Zylinder früher abgebrochen und eine mit der Expansion einhergehende Abkühlung des Abgases vorzeitig gestoppt. Im Ergebnis gelangt durch das sich vorzeitig öffnende zweite Auslassventil wärmeres Abgas in einen stromabwärts des Zylinders angeordneten Abgastrakt mit einem Abgasnachbehandlungssystem. Ein derartiges Verfahren wird vorzugsweise in Betriebsphasen der Brennkraftmaschine eingesetzt, in denen ein stromabwärts der Zylinder eingesetztes Abgasnachbehandlungssystem schnell auf Temperatur gebracht (d.h. erwärmt) werden soll. Dies kann unter anderem direkt nach dem Start der Brennkraftmaschine sein, insbesondere nach einem Kaltstart, d.h. wenn die Brennkraftmaschine von der Umgebungstemperatur auf Betriebstemperatur gebracht werden muss.

[0022] Eine besonders schnelle Erwärmung der Zylinder und eines Abgasnachbehandlungssystems ergibt sich, wenn die beiden vorstehend beschriebenen Verfahren miteinander kombiniert werden. In diesem Fall wird der Öffnungszeitpunkt des zweiten Auslassventils mittels des AV-Nockenwellenverstellers nach früh verstellt, so dass es bereits während der Expansionsphase öffnet. Das erste Auslassventil wird vorzugsweise nicht verstellt und öffnet erst während der Auslassphase. Insgesamt wird das Ausströmen des Abgases aus dem Zylinder so über einen verlängerten Zeitraum ermöglicht. Das erste Auslassventil öffnet zusätzlich nochmals während der Ansaugphase im Rahmen eines zweiten Ereignisses. Durch die Verstellung des Öffnungszeitpunktes des zwei-

ten Auslassventils nach früh wird wärmeres Abgas in den Abgastrakt und somit in Richtung Abgasnachbehandlungssystem gefördert. Dieses wärmere Abgas gelangt dann wieder in der Ansaugphase über das geöffnete erste Auslassventil in den Zylinder, der sich dementsprechend schneller erwärmt.

[0023] Hinsichtlich der Verstellung des Öffnungszeitpunktes des zweiten Auslassventils nach früh wird eine Verstellung nach früh bis maximal 40°KW nach dem oberen Totpunkt (OT) in der Hochdruckphase als sinnvoll erachtet. Der maximale Abstand zwischen dem Öffnen des zweiten Auslassventils und dem Öffnen des ersten Auslassventils liegt bei maximaler Spreizung vorzugsweise bei ca. 100° KW (das entspricht ungefähr 50° NW).

[0024] In einer weiteren praktischen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens weist die Brennkraftmaschine eine Einlassnockenwelle zur Betätigung von Einlassventilen der Zylinder auf, wobei sämtlichen Einlassventilen mindestens eines Zylinders ein erster EV-Betätigungsnocken mit einer ersten EV-Nockengeometrie und mindestens ein zweiter EV-Betätigungsnocken mit einer zweiten EV-Nockengeometrie zugeordnet ist, wobei sich die erste EV-Nockengeometrie und die zweite EV-Nockengeometrie zumindest über einen Teil ihres Umfangs voneinander unterscheiden. Der erste EV-Betätigungsnocken und der zweite EV-Betätigungsnocken können bedarfsweise mittels mindestens einer EV-Ventiltriebverstellvorrichtung durch relatives Verschieben gegenüber dem zugeordneten Einlassventil in Axialrichtung der Einlassnockenwelle zur Betätigung des Einlassventils aktivierbar sein. Die Einlassventile des mindestens einen Zylinders werden zumindest in bestimmten Betriebsphasen der Brennkraftmaschine während mindestens einer Ansaugphase der Brennkraftmaschine nicht geöffnet. Insbesondere ist die erste EV-Nockengeometrie oder die zweite EV-Nockengeometrie derart ausgelegt, dass während dieser mindestens einen Ansaugphase an den Einlassventilen ein Nullhub bewirkt wird.

[0025] Das Aufheizen einer Brennkraftmaschine - und damit das Erreichen der Betriebstemperatur der Brennkraftmaschine - kann besonders schnell erfolgen, wenn dieses Verfahren mit einem der beiden vorstehend beschriebenen Verfahren kombiniert wird, insbesondere wenn es mit beiden Verfahren kombiniert wird. Die geschlossenen Einlassventile mindestens eines Zylinders während der Ansaugphase bewirken, dass keine vergleichsweise kalte Frischluft sondern nur warmes Abgas über das geöffnete erste Auslassventil in den Zylinder gelangt. Zusätzlich strömt durch die Verstellung des Öffnungszeitpunktes des zweiten Auslassventils nach früh generell wärmeres Abgas in den Abgastrakt. Vereinfacht ausgedrückt, wird Abgas jeweils zwischen dem Zylinder und dem Abgasnachbehandlungssys-

tem hin- und her gepumpt. Dadurch erwärmt sich das Abgas und damit der Zylinder und der Abgastrakt bzw. das Abgasmachbehandlungssystem besonders schnell. Ein solches Verfahren wird bevorzugt nach dem Start der Brennkraftmaschine eingesetzt, insbesondere nach einem Kaltstart und/oder bei niedrigen Außentemperaturen. In Betriebsphasen, in welchen die Einlassventile einzelner Zylinder nicht geöffnet werden, wird insbesondere in diese Zylinder auch kein Kraftstoff eingebracht.

[0026] Die vorstehend beschriebenen Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine werden vorzugsweise bei Abgastemperaturen (unmittelbar am Auslassventil gemessen) bis maximal 200°C und einem effektiven Mitteldruck zwischen 0 mbar und 4 bar angewendet.

[0027] Weitere praktische Ausführungsformen der Erfindung sind nachfolgend im Zusammenhang mit den Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer schematischen Darstellung,

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer schematischen Darstellung,

Fig. 3 eine dritte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer schematischen Darstellung,

Fig. 4 eine vierte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer schematischen Darstellung,

Fig. 5 eine fünfte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer schematischen Darstellung,

Fig. 6 Ventilhubkurven einer ersten und zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

Fig. 7 Ventilhubkurven einer dritten bis fünften Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

Fig. 8 eine sechste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine in einer schematischen Darstellung,

Fig. 9 Ventilhubkurven einer sechsten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine.

[0028] In **Fig. 1** ist eine erste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** dargestellt. Es handelt sich um eine Brennkraftmaschine **10** mit einer Zylinderreihe **12**, welche vier Zylinder **14** umfasst. Jedem Zylinder **14** sind ein erstes Auslassventil **16** und ein zweites Auslassventil **18** sowie ein erstes Einlassventil **20** und ein zweites Einlassven-

til **22** zugeordnet. Die Einlassventile **20**, **22** und Auslassventile **16**, **18** sind in den Figuren schematisch durch einfache Pfeile dargestellt.

[0029] Zur Betätigung des ersten Auslassventils **16** und des zweiten Auslassventils **18** in der Zylinderreihe **12** ist eine Auslassnockenwelle **24** vorgesehen. Die Auslassnockenwelle **24** erstreckt sich in Axialrichtung zwischen einem von einer nicht dargestellten Pleuellwelle angetriebenen Pleuellrad **26** und einem Pleuellrad **28**, welches eine parallel zur Auslassnockenwelle **24** angeordnete Einlassnockenwelle **44** antreibt.

[0030] Dem jeweils ersten Auslassventil **16** eines Zylinders **14** sind in der gezeigten Ausführungsform ein erster AV-Betätigungs-nocken **30** mit einer ersten AV-Nockengeometrie, ein zweiter AV-Betätigungs-nocken **32** mit einer zweiten AV-Nockengeometrie und ein dritter AV-Betätigungs-nocken **34** mit einer (optionalen) dritten AV-Nockengeometrie zugeordnet. Für die Erfindung relevant sind vor allem die erste AV-Nockengeometrie und die zweite AV-Nockengeometrie, welche sich zumindest über einen Teil ihres Umfangs voneinander unterscheiden. Im vorliegenden Fall ist die erste AV-Nockengeometrie dazu ausgebildet, einen üblichen Standard-Auslassventilhub zu bewirken. Die zweite AV-Nockengeometrie hingegen umfasst zusätzlich zu dem Standard-Auslassventilhub einen zusätzlichen Nocken, mittels welchem im Rahmen eines zweiten Ereignisses eine erneute Auslassventilbetätigung erfolgt. Der optionale dritte AV-Betätigungs-nocken **34** kann eine beliebige weitere Geometrie aufweisen, beispielsweise eine geringere Nockenlänge, um einen gegenüber dem Standard-Auslassventilhub verringerten Hub des ersten Auslassventils **16** zu bewirken.

[0031] Vorliegend sind der erste AV-Betätigungs-nocken **30**, der zweite AV-Betätigungs-nocken **32** und der dritte AV-Betätigungs-nocken **34** einstückig ausgebildet und bilden ein AV-Nockenstück **36**.

[0032] Das AV-Nockenstück **36** mit dem ersten AV-Betätigungs-nocken **30**, dem zweiten AV-Betätigungs-nocken **32** und dem dritten AV-Betätigungs-nocken **34** kann bedarfsweise mittels einer AV-Ventiltriebverstellvorrichtung **38** in axialer Richtung der Auslassnockenwelle **24** relativ gegenüber dem ersten Auslassventil **16** verschoben werden, um eine bestimmte AV-Nockengeometrie zu aktivieren. In der in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsform ist für jedes erste Auslassventil **16** eines Zylinders **14** eine AV-Ventiltriebverstellvorrichtung **38** mit jeweils einem Aktuator **40** vorgesehen. Die AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen **38** für die jeweils ersten Auslassventile **16** sind jeweils auf der dem zweiten Auslassventil **18** abgewandten Seite des ersten Auslassventils **16** angeordnet. Das jeweilige AV-Nockenstück **38** ist drehfest mit der Auslassnockenwelle **24** verbunden und kann mit-

tels der AV-Ventiltriebverstellvorrichtung **38** in Axialrichtung der Auslassnockenwelle **24** gegenüber dieser verschoben werden, um eine gewünschte AV-Nockengeometrie zu aktivieren.

[0033] Wie aus **Fig. 1** ersichtlich ist, ist an der Auslassnockenwelle **24** dem jeweiligen zweiten Auslassventil **18** jeweils nur ein einziger AV-Betätigungsnocken **42** zugeordnet.

[0034] Eine erfindungsgemäße Brennkraftmaschine **10** weist zudem die bereits erwähnte Einlassnockenwelle **44** auf, an welcher EV-Betätigungsnocken **46** angeordnet sind, wobei jedem Einlassventil **20**, **22** eines jeden Zylinders **14** jeweils genau ein EV-Betätigungsnocken **46** zugeordnet ist.

[0035] Wie aus **Fig. 1** ersichtlich ist, handelt es sich somit um eine Brennkraftmaschine **10**, deren Einlassventile **20**, **22** und Auslassventile **16**, **18** in einem parallelen Ventilstern angeordnet sind, d.h. es gibt eine Einlassnockenwelle **44**, die ausschließlich Einlassventile **20**, **22** betätigt und eine Auslassnockenwelle **24**, die ausschließlich Auslassventile **16**, **18** betätigt.

[0036] In **Fig. 2** ist eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** dargestellt. Im Folgenden werden für die Beschreibung der zweiten Ausführungsformen und weitere Ausführungsformen für identische oder zumindest funktionsgleiche Bauelemente die gleichen Bezugszeichen verwendet wie zur Beschreibung der ersten Ausführungsform.

[0037] Die in **Fig. 2** dargestellte zweite Ausführungsform unterscheidet sich von ersten Ausführungsform im Wesentlichen dadurch, dass für jeweils zwei benachbarte erste Auslassventile **16** zur Betätigung der AV-Nockenstücke **36**, das heißt zur Verschiebung der AV-Nockenstücke **36** relativ zu dem korrespondierenden ersten Auslassventil **16**, nur eine AV-Ventiltriebverstellvorrichtung **38** mit jeweils einem Aktuator **40** vorgesehen ist, mittels welcher diese gemeinsam betätigbar sind. Für diese Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** werden gegenüber der ersten Ausführungsform für die vier Zylinder **14** nur zwei AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen **38** statt vier AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen **38** benötigt, wodurch Kosten und Bauraum eingespart werden können.

[0038] In Verbindung mit den Figuren **Fig. 3** bis **Fig. 5** werden nun eine dritte, vierte und fünfte Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** erläutert. Diese Ausführungsformen unterscheiden sich gegenüber der ersten und zweiten Ausführungsform hauptsächlich dadurch, dass die AV-Betätigungsnocken **42** für die zweiten Auslassventile **18** mittels eines AV-Nockenwellenverstel-

lers **48** phasenverstellbar ausgebildet sind. Dazu sind die AV-Betätigungsnocken **42** mittels einer die Auslassnockenwelle **24** umgebenden äußeren Welle **64** (Hohlwelle) mit dem AV-Nockenwellenversteller **48** verbunden. Die AV-Nockenstücke **36** zur Betätigung des ersten Auslassventils **16** sind nicht mit dem AV-Nockenwellenversteller **48** gekoppelt und dementsprechend auch nicht mittels des AV-Nockenwellenverstellers **48** phasenverstellbar. Wie in **Fig. 3** durch den gestrichelt dargestellten Kasten im Bereich des Koppelrades **28** angedeutet, kann dabei der AV-Nockenwellenversteller **48** statt an dem Antriebsrad **26** auch an dem Koppelrad **28** angeordnet sein. Dies gilt auch für weitere, im Folgenden beschriebene Ausführungsformen mit AV-Nockenwellenversteller(n) **48**.

[0039] In den in den **Fig. 3-Fig. 5** gezeigten Ausführungsformen sind alle AV-Betätigungsnocken **42** der jeweiligen zweiten Auslassventile **18** gemeinsam über den selben AV-Nockenwellenversteller **48** phasenverstellbar.

[0040] Die in den **Fig. 3** bis **Fig. 5** gezeigten Ausführungsformen unterscheiden sich untereinander durch die jeweilige Relativposition der AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen **38** mit dem jeweiligen Aktuator **40** zur Betätigung des ersten Auslassventils **16** gegenüber dem AV-Nockenstück **36**.

[0041] In **Fig. 3** ist jeweils eine AV-Ventiltriebverstellvorrichtung **38** für jedes erstes Auslassventil **16** der Zylinder **14** vorgesehen, wobei die AV-Ventiltriebverstellvorrichtung **38** jeweils auf der dem zweiten Auslassventil **18** abgewandten Seite des jeweiligen Zylinders **14** angeordnet ist (in **Fig. 3** jeweils links des ersten Auslassventils **16**). Dabei sind in der Zylinderreihe **12** jeweils wechselweise ein erstes Auslassventil **18** und ein zweites Auslassventil **18** vorgesehen.

[0042] In **Fig. 4** sind zwei Gruppen von zwei Zylindern **14** gebildet, bei welchen jeweils zwei erste Auslassventile **16** benachbart zueinander angeordnet sind. Für die Steuerung der benachbart angeordneten ersten Auslassventile **16** ist jeweils eine AV-Ventiltriebverstellvorrichtung **38** mit einem Aktuator **40** vorgesehen, welche die benachbarte angeordneten ersten Auslassventile **16** gemeinsam steuert.

[0043] **Fig. 5** zeigt die gleiche Anordnung von Auslassventilen **16**, **18** wie **Fig. 4** mit dem Unterschied, dass für jedes erstes Auslassventil **16** eine separate AV-Ventiltriebverstellvorrichtung **38** vorgesehen ist. Auch bei den in den **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigten Ausführungsformen sind die AV-Ventiltriebverstellvorrichtungen **38** jeweils auf der dem zweiten Auslassventil **18** des gleichen Zylinders **14** abgewandten Seite des ersten Auslassventils **16** angeordnet.

[0044] In Verbindung mit den in **Fig. 6** dargestellten Ventilhubkurven wird nun ein erstes Verfahren zum

Betrieb einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** erläutert. Ein solches erstes Verfahren kann insbesondere mit den in **Fig. 1** und **Fig. 2** gezeigten ersten und zweiten Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** realisiert werden.

[0045] In **Fig. 6** sind Ventilhubkurven exemplarisch für einen Zylinder **14** dargestellt. Es sind mit einer gestrichelten Linie eine erste Auslassventilhubkurve **50** für das erste Auslassventil **16** und mit einer durchgezogenen Linie eine Einlassventilhubkurve **54** für jeweils mindestens ein Einlassventil **20, 22** eines Zylinders **14** dargestellt. Vorliegend sind die Ventilhubkurven **50, 54** für zwei der vier Takte eines Viertaktmotors dargestellt. Mit Takt 1 ist die Ansaugphase bezeichnet, in welcher sich der Kolben von einem oberen Totpunkt (OT) in Richtung eines unteren Totpunkts (UT) bewegt. In der Ansaugphase ist mindestens ein Einlassventil **20, 22** des Zylinders **14** geöffnet. Während der Auslassphase, hier mit Takt 4 zwischen einem unteren Totpunkt (UT) in der Hochdruckphase und einem oberen Totpunkt (OT) bezeichnet, ist mindestens das erste Auslassventil **16** (vorzugsweise das erste Auslassventil **16** und das zweite Auslassventil **18**) eines Zylinders **14** mit maximalen Auslassventilhub A1 geöffnet. Mit einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** kann zusätzlich im Rahmen eines zweiten Ereignisses während der Ansaugphase ein erneutes Öffnen des ersten Auslassventils **16** realisiert werden. Dies geschieht vorliegend dadurch, dass das AV-Nockenstück **36** mittels der AV-Ventiltriebverstellvorrichtung **38** zuvor in eine Relativstellung verfahren wird, in welcher der zweite AV-Betätigungsnocken **32** aktiviert ist. Dieser zweite AV-Betätigungsnocken **32** weist eine der in **Fig. 6** gezeigten Auslassventilhubkurve **50** entsprechende Nockengeometrie auf. Wie aus **Fig. 6** ersichtlich ist, ist der Auslassventilhub A2 kleiner als der Auslassventilhub A1. Ferner wird das erste Auslassventil **16** nur über einen kleinen Teil der Dauer von Takt 1 geöffnet, insbesondere in der ersten Hälfte von Takt 1.

[0046] Das in **Fig. 6** gezeigte Verfahren kann als interne Abgasrückführung (interne AGR) angesehen werden, denn während der Ansaugphase eines Zylinders **14** einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** wird zusätzlich zu der über mindestens ein Einlassventil **20** oder über beide Einlassventile **20, 22** einströmenden Frischluft über das erste Auslassventil **16** Abgas aus einem stromabwärts des Zylinders **14** angeordneten Abgastrakt zurück in den Zylinder **14** geführt. Eine solche interne Abgasrückführung kann für ein schnelles Aufheizen von Zylindern **14** genutzt werden, da das angesaugte Abgas in der Regel eine höhere Temperatur aufweist als die gleichzeitig angesaugte Frischluft.

[0047] In Verbindung mit den in **Fig. 7** dargestellten Ventilhubkurven wird ein zweites Verfahren zum Betrieb einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** erläutert. Ein solches zweites Verfahren kann insbesondere mit den in **Fig. 3** bis **Fig. 5** gezeigten Ausführungsformen einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** realisiert werden.

[0048] In **Fig. 7** sind wieder Ventilhubkurven für die Ansaugphase (Takt 1) und die Auslassphase (Takt 4) eines Zylinders **14** dargestellt. Es sind eine erste Auslassventilhubkurve **50** für das erste Auslassventil **16** in einer gestrichelten Linie dargestellt und eine zweite Auslassventilhubkurve **52** für das zweite Auslassventil **18** und eine Einlassventilhubkurve **54** für mindestens ein Einlassventil **20, 22** jeweils in einer durchgezogenen Linie dargestellt. Während der Ansaugphase (Takt 1) ist gemäß der Einlassventilhubkurve **54** mindestens ein Einlassventil **20, 22** des Zylinders **14** geöffnet. Während der Auslassphase (Takt 4) ist gemäß der zweiten Auslassventilhubkurve **52** der Öffnungszeitpunkt des zweiten Auslassventils **18** mittels des AV-Nockenwellenverstellers **48** nach früh verstellt. Dies ist insbesondere im Vergleich mit der gestrichelt dargestellten ersten Auslassventilhubkurve **50** gut zu erkennen, welche den Hubverlauf der ersten Auslassventils **16** darstellt. Damit wird das zweite Auslassventil **18** bereits in einer Phase der Expansion (hier mit Takt 3 bezeichnet) geöffnet, so dass eine mit der Expansion einhergehende Abkühlung des Abgases in dem Zylinder **14** vorzeitig unterbrochen wird, um das hoch temperierte Abgas frühzeitig aus dem Zylinder **14** in den Abgastrakt zu leiten. Dies führt zu einem schnelleren Aufheizen des Abgasnachbehandlungssystems, insbesondere eines in dem Abgasnachbehandlungssystem enthaltenen Katalysators. Zusätzlich wird der Zeitraum verlängert, in welchem Abgas aus dem Zylinder **14** herausströmen kann.

[0049] Vorzugsweise werden die in den **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigten Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine **10** zumindest phasenweise während des Betriebes einer Brennkraftmaschine **10** miteinander kombiniert, so dass zum einen das zweite Auslassventil **18** früher geöffnet wird, und zum anderen während der Ansaugphase das erste Auslassventil **16** erneut geöffnet wird. Damit kann besonders effiziente und schnelle Aufheizung sowohl der Zylinder **14** als auch des Abgasnachbehandlungssystems erreicht werden, da mit jedem Durchlaufen der vier Takte heißes Abgas für einen zusätzlichen Heizeffekt genutzt wird.

[0050] In **Fig. 8** ist eine sechste Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** dargestellt. Im Gegensatz zu den vorstehend beschriebenen Ausführungsformen ist bei dieser Ausführungsform auch auf der Einlassnockenwelle **44** für jeweils zwei Zylinder **14** mit jeweils zwei Einlassventilen

20, 22 ein EV-Nockenstück **56** einstückig aus einem erstem EV-Betätigungsnocken **58** mit einer ersten EV-Nockengeometrie und einem zweiten EV-Betätigungsnocken **60** mit einer zweiten EV-Nockengeometrie angeordnet. Die EV-Nockenstücke **56** können mittels einer EV-Ventiltriebverstellvorrichtung **62** und einem korrespondierenden Aktuator **40** gegenüber den korrespondierenden Einlassventilen **20, 22** verstellt werden. Vorliegend ist vorgesehen, dass beide Einlassventile **20, 22** eines Zylinders **14** mittels einer gemeinsamen EV-Ventiltriebverstellvorrichtung **62** entweder mit einem Nullhub oder mit einem Vollhub betreibbar sind.

[0051] In **Fig. 9** ist ein drittes Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine **10** anhand von Ventilhubkurven dargestellt. Ein solches Verfahren kann mit der vorstehend beschriebenen sechsten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine **10** durchgeführt werden.

[0052] Eine erste Auslassventilhubkurve **50** für ein erstes Auslassventil **16** ist mit einer gestrichelten Linie dargestellt. Eine zweite Auslassventilhubkurve **52** für das zweite Auslassventil **18** ist mit einer durchgezogenen Linie dargestellt und eine Einlassventilhubkurve **54** für beide Einlassventile **20, 22** ist mit einer fetten gestrichelten Linie dargestellt.

[0053] Wie erkennbar ist, wird zum einen mittels des AV-Nockenwellenverstellers **48** der Öffnungszeitpunkt des zweiten Auslassventils **18** nach früh verstellt, analog zu der vorstehenden Erläuterung von **Fig. 7**. Das zweite Auslassventil **18** öffnet demnach bereits während der Expansionsphase (Takt 3).

[0054] Das erste Auslassventil **16** öffnet erst später, hier insbesondere zu Beginn bzw. kurz vor der Auslassphase (Takt 4). Während der Ansaugphase (Takt 1) wird das erste Auslassventil **16** im Rahmen eines zweiten Ereignisses mittels des zweiten AV-Betätigungsnocken **32** erneut geöffnet. Während der Ansaugphase bleiben damit zumindest bei einem Zylinder **14** beide Einlassventile **20, 22** geschlossen (Nullhub-Position), wie aus der Einlassventilhubkurve **54** ersichtlich. Vorzugsweise erfolgt dies bei der Hälfte der Zylinder **14**, wie hier gezeigt insbesondere bei zwei von vier Zylindern **14**. Mit einem solchen Verfahren kann während einer Ansaugphase bedarfsweise nur Abgas in (in Bezug auf die Einlassventile **20, 22**) abgeschaltete Zylinder **14** hinein und wieder aus diesen heraus gefördert werden. In diesem Fall wird heißes Abgas durch eine Mitteldruckerhöhung in den Zylindern **14** mit aktivierten Einlassventilen **20, 22** erzeugt. Ferner werden die Zylinder **14** mit nicht aktivierten Einlassventilen warm gehalten, indem in diese Zylinder **14** heißes Abgas verlustarm hinein- und wieder herausgefördert wird.

[0055] Darüber hinaus können durch entsprechende Steuerung insbesondere der Auslassventile **16, 18** die vorstehend bereits erläuterten Verfahren zum schnellen Aufheizen der Brennkraftmaschine **10** durchgeführt werden.

[0056] Die in der vorliegenden Beschreibung, in den Zeichnungen sowie in den Ansprüchen offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebigen Kombinationen für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen wesentlich sein. Die Erfindung kann im Rahmen der Ansprüche und unter Berücksichtigung der Kenntnisse des zuständigen Fachmanns variiert werden.

Bezugszeichenliste

10	Brennkraftmaschine
12	Zylinderreihe
14	Zylinder
16	erstes Auslassventil
18	zweites Auslassventil
20	erstes Einlassventil
22	zweites Einlassventil
24	Auslassnockenwelle
26	Antriebsrad
28	Koppel rad
30	erster AV-Betätigungsnocken
32	zweiter AV-Betätigungsnocken
34	dritter AV-Betätigungsnocken
36	AV-Nockenstück
38	AV-Ventiltriebverstellvorrichtung
40	Aktuator
42	AV-Betätigungsnocken
44	Einlassnockenwelle
46	EV-Betätigungsnocken
48	AV-Nockenwellenversteller
50	erste Auslassventilhubkurve
52	zweite Auslassventilhubkurve
54	Einlassventilhubkurve
56	EV-Nockenstück
58	erster EV-Betätigungsnocken
60	zweiter EV-Betätigungsnocken
62	EV-Ventiltriebverstellvorrichtung
64	äußere Welle

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 1273770 A2 [0002]
- DE 102012004420 A1 [0003]
- DE 102011075507 A1 [0004]

Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine mit mindestens zwei Zylindern (14), wobei jeder Zylinder (14) ein erstes Auslassventil (16) und mindestens ein zweites Auslassventil (18) aufweist, wobei zur Betätigung der ersten Auslassventile (16) und der mindestens zweiten Auslassventile (18) mindestens einer Zylinderreihe (12) eine Auslassnockenwelle (24) mit den Auslassventilen (16, 18) zugeordneten Betätigungsnocken (30, 32, 34, 42) vorgesehen ist,

dadurch gekennzeichnet,

dass in der genannten mindestens einen Zylinderreihe (12) jeweils einem ersten Auslassventil (16) ein erster AV-Betätigungsnocken (30) mit einer ersten AV-Nockengeometrie und mindestens ein zweiter AV-Betätigungsnocken (32) mit einer zweiten AV-Nockengeometrie zugeordnet sind, wobei sich die erste AV-Nockengeometrie und die zweite AV-Nockengeometrie zumindest über einen Teil ihres Umfangs voneinander unterscheiden, wobei der erste AV-Betätigungsnocken (30) und der zweite AV-Betätigungsnocken (32) bedarfsweise mittels mindestens einer AV-Ventiltriebverstellvorrichtung (38) durch relatives Verschieben gegenüber dem zugeordneten ersten Auslassventil (16) in Axialrichtung der Auslassnockenwelle (24) zur Betätigung des ersten Auslassventils (16) aktivierbar sind und wobei jeweils dem zweiten Auslassventil (18) nur ein einziger Betätigungsnocken (42) zugeordnet ist.

2. Brennkraftmaschine nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet,** dass die mindestens eine AV-Ventiltriebverstellvorrichtung (38) zumindest einen Aktuator (40) umfasst, welcher auf der dem zweiten Auslassventil (18) abgewandten Seite des ersten Auslassventils (16) angeordnet ist.

3. Brennkraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass der erste AV-Betätigungsnocken (30) und der mindestens zweite AV-Betätigungsnocken (32) von zwei benachbarten ersten Auslassventilen (16) über eine gemeinsame AV-Ventiltriebverstellvorrichtung (38) in Axialrichtung der Auslassnockenwelle (24) gegenüber den zugeordneten ersten Auslassventilen (16) verschiebbar angeordnet sind.

4. Brennkraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass mindestens ein einem zweiten Auslassventil (18) zugeordneter AV-Betätigungsnocken (42) mittels eines AV-Nockenwellenverstellers (48) phasenverstellbar ausgebildet ist.

5. Brennkraftmaschine nach dem vorstehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet,** dass alle einem zweiten Auslassventil (18) zugeordneten AV-Betätigungsnocken (42) zumindest einer Zylinder-

reihe (12) mittels eines AV-Nockenwellenverstellers (48) phasenverstellbar ausgebildet sind.

6. Brennkraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass der erste AV-Betätigungsnocken (30) und der mindestens zweite AV-Betätigungsnocken (32) einstückig als ein AV-Nockenstück (36) hergestellt sind, wobei die Umfangsgeometrie des ersten AV-Betätigungsnockens (30) und des zweiten AV-Betätigungsnockens (32) über einen bestimmten, übereinstimmenden Winkelbereich des Umfangs einen gemeinsamen Grundkreisradius aufweisen.

7. Brennkraftmaschine nach einem der vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass eine Einlassnockenwelle (44) zur Betätigung von Einlassventilen (20, 22) der Zylinder (14) vorgesehen ist, wobei zumindest einem Einlassventil (20, 22) ein erster EV-Betätigungsnocken (58) mit einer ersten EV-Nockengeometrie und mindestens ein zweiter EV-Betätigungsnocken (60) mit einer zweiten EV-Nockengeometrie zugeordnet ist, wobei sich die erste EV-Nockengeometrie und die zweite EV-Nockengeometrie zumindest über einen Teil ihres Umfangs voneinander unterscheiden, wobei der erste EV-Betätigungsnocken (58) und der zweite EV-Betätigungsnocken (60) bedarfsweise mittels mindestens einer EV-Ventiltriebverstellvorrichtung (62) durch relatives Verschieben gegenüber dem zugeordneten ersten Einlassventil (20, 22) in Axialrichtung der Einlassnockenwelle (44) zur Betätigung des Einlassventils (20, 22) aktivierbar sind.

8. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass das erste Auslassventil (16) mindestens eines Zylinders (14) zumindest in bestimmten Betriebsphasen der Brennkraftmaschine (10) während der Ansaugphase der Brennkraftmaschine (10) geöffnet wird.

9. Verfahren nach dem vorstehenden Anspruch oder Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (10) nach einem der Ansprüche 4 bis 7, **dadurch gekennzeichnet,** dass mindestens ein einem zweiten Auslassventil (18) zugeordneter AV-Betätigungsnocken (42) mittels eines AV-Nockenwellenverstellers (48) phasenverstellbar ausgebildet ist und der Öffnungszeitpunkt des zweiten Auslassventils (18) mindestens eines Zylinders (14) zumindest in bestimmten Betriebsphasen der Brennkraftmaschine (10) mittels des AV-Nockenwellenverstellers (48) nach früh gestellt wird.

10. Verfahren nach einem der beiden vorstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet,** dass die Brennkraftmaschine (10) eine Einlassnockenwelle (44) zur Betätigung von Einlassventilen (20, 22) der Zylinder (14) aufweist, wobei sämtlichen Einlass-

ventilen (20, 22) mindestens eines Zylinders (14) ein erster EV-Betätigungsnocken (58) mit einer ersten EV-Nockengeometrie und mindestens ein zweiter EV-Betätigungsnocken (60) mit einer zweiten EV-Nockengeometrie zugeordnet ist, wobei sich die erste EV-Nockengeometrie und die zweite EV-Nockengeometrie zumindest über einen Teil ihres Umfangs voneinander unterscheiden, wobei der erste EV-Betätigungsnocken (58) und der zweite EV-Betätigungsnocken (60) bedarfsweise mittels mindestens einer EV-Ventiltriebverstellvorrichtung (62) durch relatives Verschieben gegenüber dem zugeordneten Einlassventil (20, 22) in Axialrichtung der Einlassnockenwelle (44) zur Betätigung des Einlassventils (20, 22) aktivierbar sind, wobei die Einlassventile (20, 22) des mindestens einen Zylinders (14) zumindest in bestimmten Betriebsphasen der Brennkraftmaschine (10) während mindestens einer Ansaugphase der Brennkraftmaschine (10) nicht geöffnet werden.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

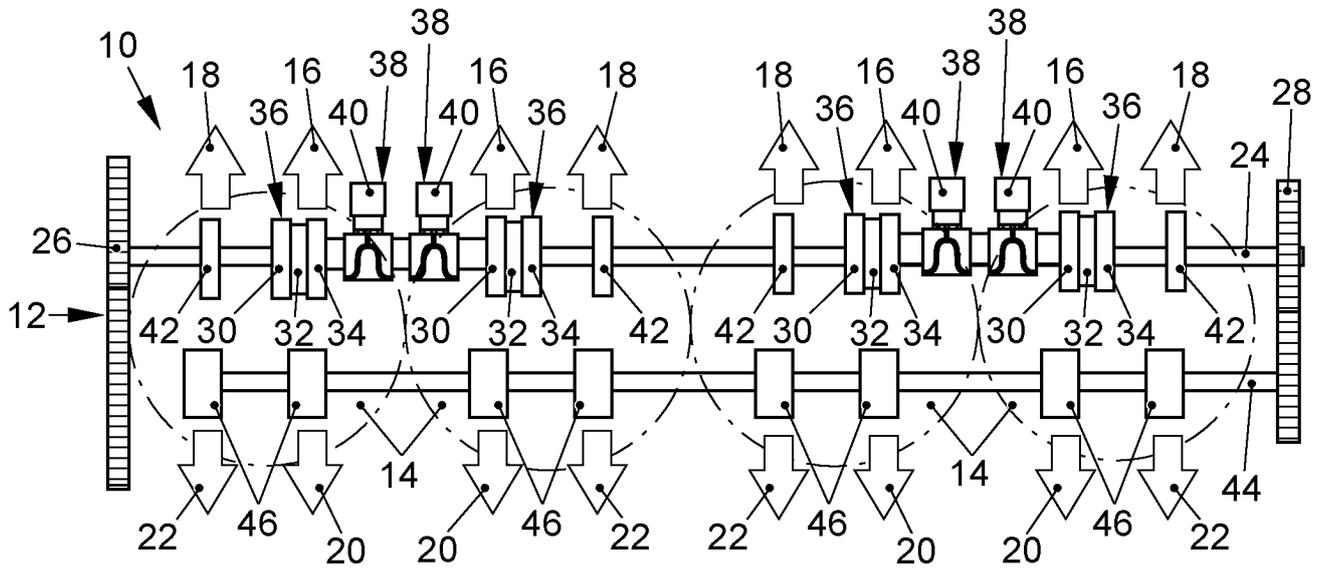


FIG. 1

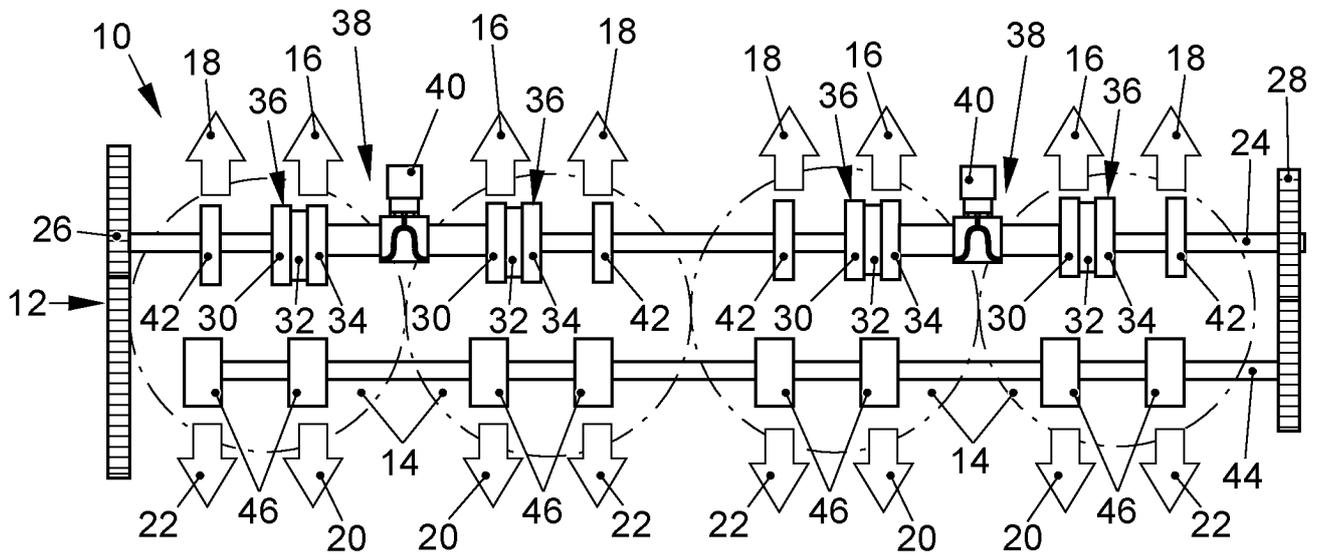


FIG. 2

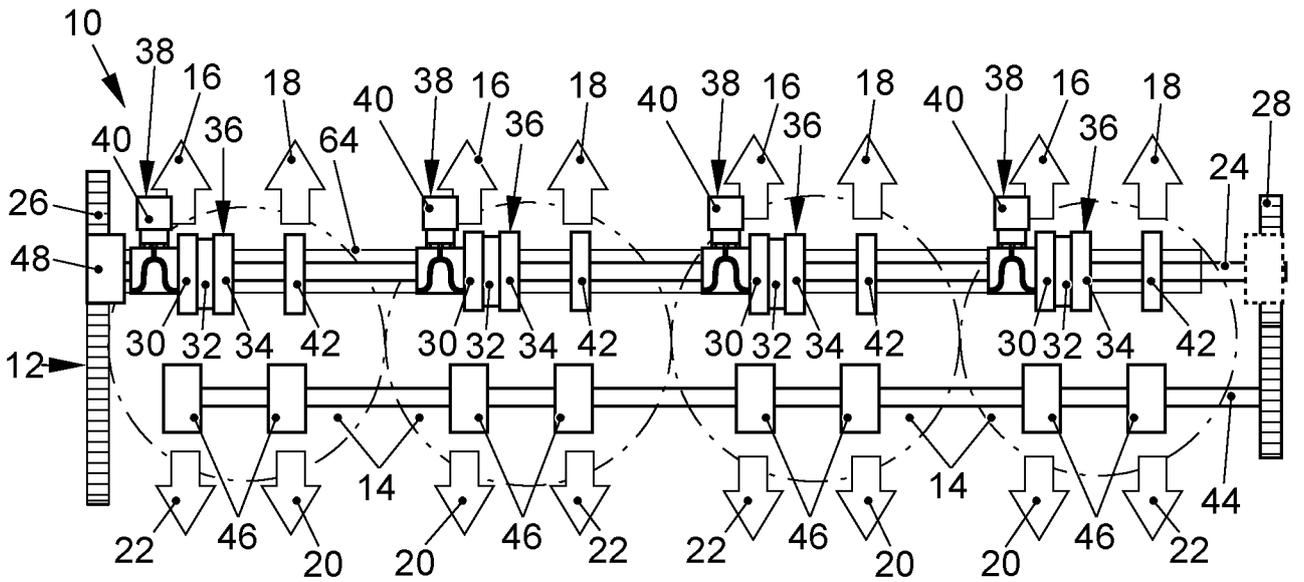


FIG. 3

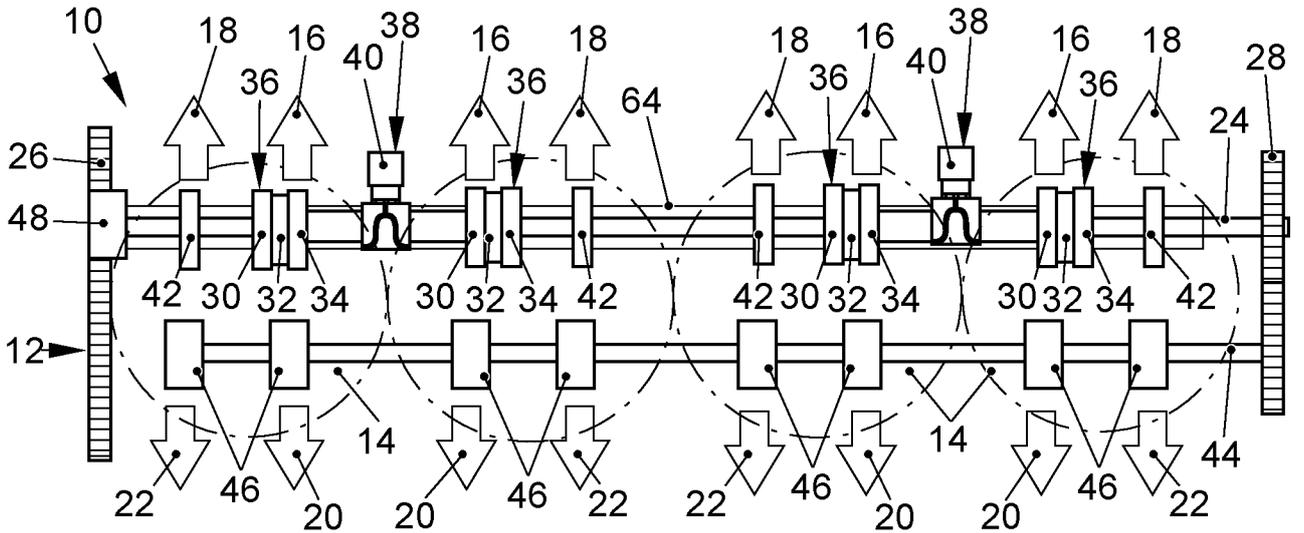


FIG. 4

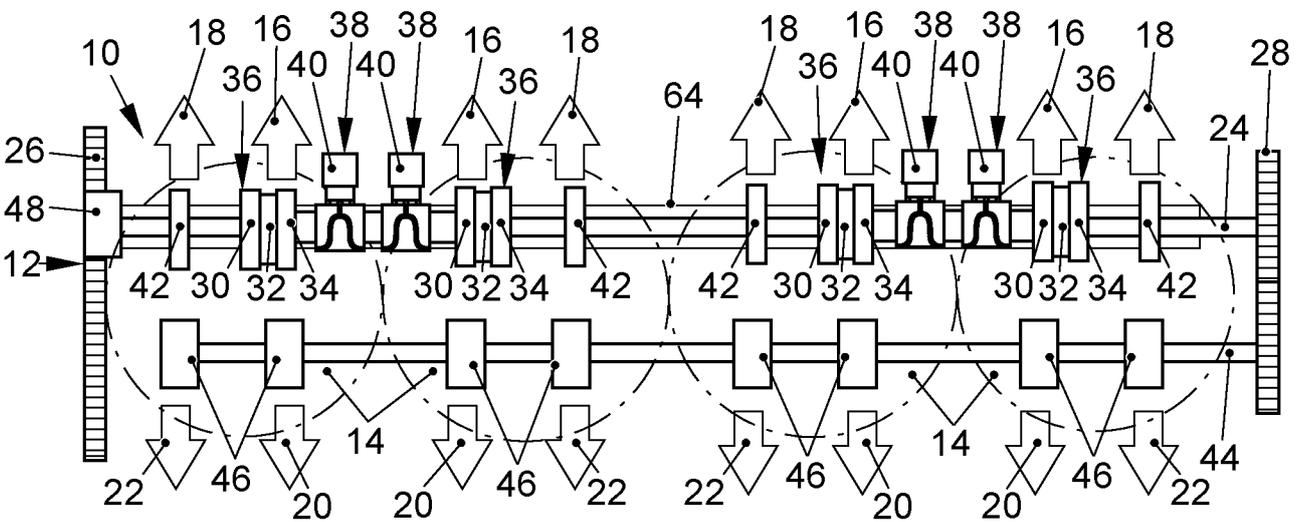


FIG. 5

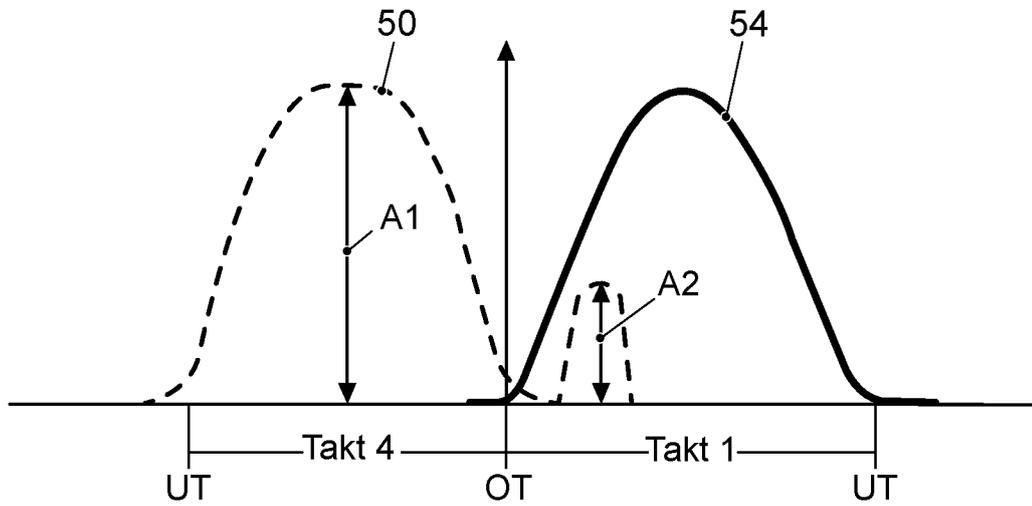


FIG. 6

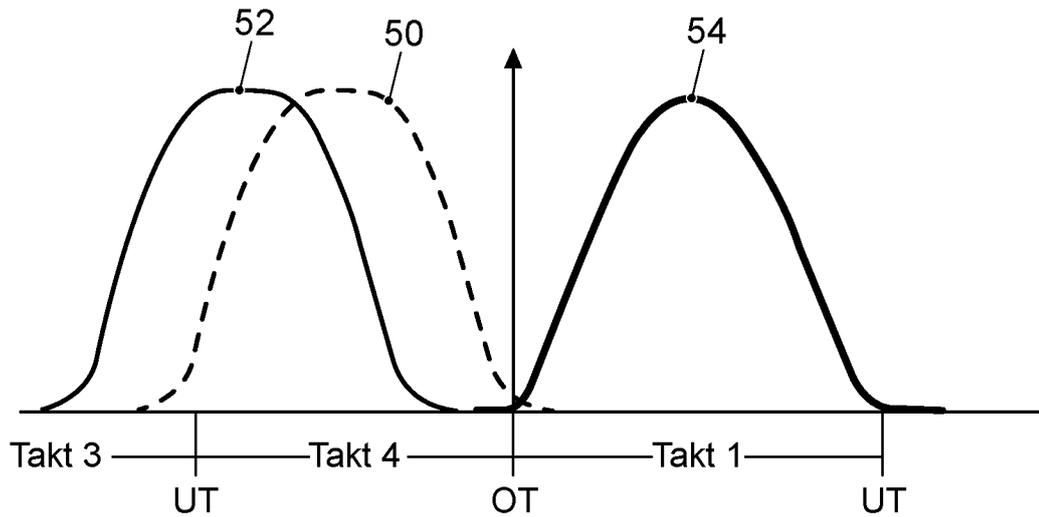


FIG. 7

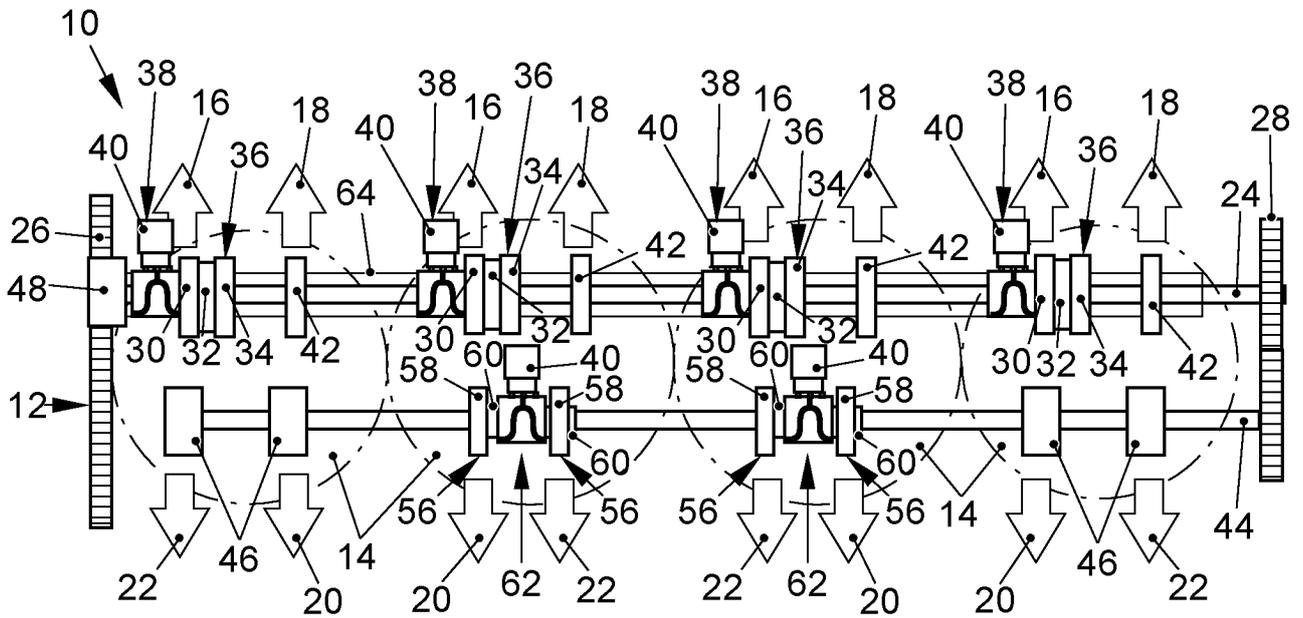


FIG. 8

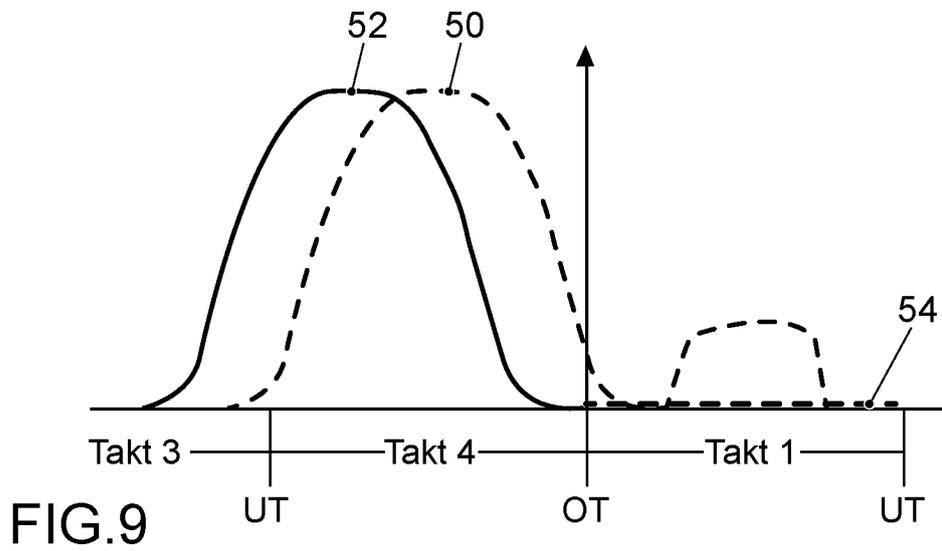


FIG. 9