



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.03.2019 Patentblatt 2019/10

(51) Int Cl.:
F02D 13/02 (2006.01) F02D 13/04 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18189788.5**

(22) Anmeldetag: **20.08.2018**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(72) Erfinder:
• **Malischewski, Thomas**
91560 Heilsbronn (DE)
• **Renner, Dominik**
91522 Ansbach (DE)

(74) Vertreter: **v. Bezold & Partner Patentanwälte - PartG mbB**
Akademiestraße 7
80799 München (DE)

(30) Priorität: **01.09.2017 DE 102017120150**

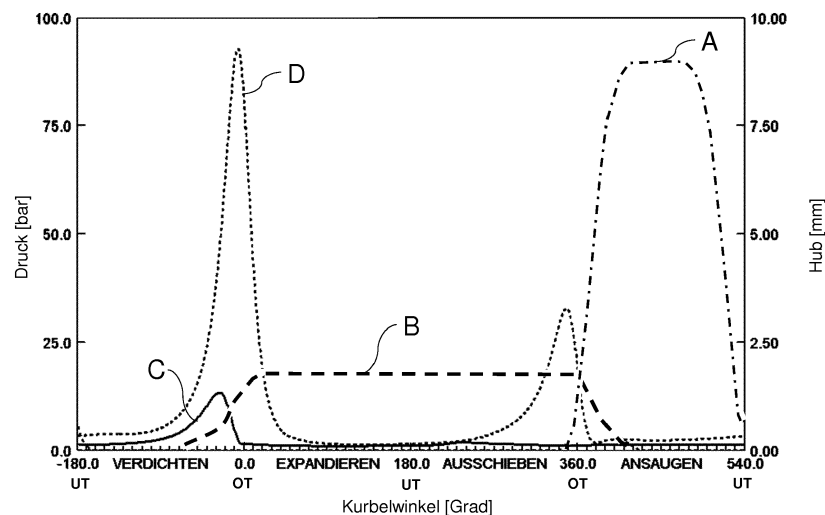
(71) Anmelder: **MAN Truck & Bus AG**
80995 München (DE)

(54) **VERFAHREN ZUM BREMSEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bremsen einer Brennkraftmaschine (10), insbesondere einer Viertakt-Brennkraftmaschine. Das Verfahren weist ein teilweises Öffnen mindestens eines Gasauslassventils (16) mindestens eines Zylinders (12) der Brennkraftmaschine (10) während eines Verdichtungsaktes der Brennkraftmaschine (10) auf. Das Verfahren weist ein Halten einer teilweisen Öffnung des mindestens einen Gasauslassventils (16) während eines an den Verdichtungsakt anschließenden Expansionsaktes der Brennkraftmaschine (10) und während eines an den Expansi-

onstakt anschließenden Ausschiebetaktes der Brennkraftmaschine (10) auf. Das Verfahren weist ein Schließen des teilweise geöffneten mindestens einen Gasauslassventils (16) am Ende des Ausschiebetaktes oder während eines an den Ausschiebetakt anschließenden Ansaugtaktes der Brennkraftmaschine (10) auf. Damit können auf vorteilhafte Weise insbesondere im Bereich des Ausschiebetaktes unterschiedliche, von einer Motordrehzahl abhängige Zylinderdruckverläufe erzielt werden.

FIG. 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bremsen einer Brennkraftmaschine und ein Kraftfahrzeug mit einem variablen Ventiltrieb zum Ausführen des Verfahrens.

[0002] Ein derartiges Verfahren beschreibt die DE 39 22 884 A1, bei dem im Motorbremsbetrieb neben dem Schließen einer Stauklappe im Abgastrakt eine die Motorbremswirkung wesentlich steigernde Dekompressionswirkung dadurch erzielt wird, dass die Auslassventile (Einlassventile unverändert) durch Eingriff in die Ventilsteuerung der Brennkraftmaschine jeweils im Verdichtungstakt teilweise geöffnet werden und damit die beim Ansaugtakt in den Zylinder eingesaugte Luft in den Abgastrakt dekomprimiert abblasen. Ferner sind die Auslassventile in regulärer Betätigung jeweils beim Ausschubtakt vollständig geöffnet, hier also nahezu ohne Dekompressionswirkung.

[0003] Beispielhafte weitere Verfahren zum Bremsen einer Brennkraftmaschine sind in der DE 10 2015 016 526 A1, DE 10 2005 033 163 A1, der DE 196 49 174 A1 und der US 4,592,319 A offenbart.

[0004] Die vorliegende Offenbarung bildet insbesondere das in der DE 10 2013 019 183 A1 offenbarte Verfahren zum Steuern der Motorbremswirkung weiter. Im Einzelnen offenbart die DE 10 2013 019 183 A1 ein Verfahren zum Steuern der Motorbremswirkung einer ventilgesteuerten Brennkraftmaschine, insbesondere einer Viertakt-Brennkraftmaschine, für Kraftfahrzeuge, bei dem neben einem Abgasstau in der Abgasleitung durch Schließen einer Stauklappe eine Dekompressionswirkung durch teilweises, insbesondere irreguläres, Öffnen des wenigstens einen Auslassventils je Zylinder der Brennkraftmaschine erzeugt wird. Das wenigstens eine Auslassventil ist, gegebenenfalls mit Überschneidungen, im Verdichtungstakt und im Ausschubtakt geöffnet. Zur Erhöhung der Motorbremswirkung wird das wenigstens eine Auslassventil oder wenigstens eines der Auslassventile mit einem definiert vorgegebenen und/oder gegenüber einem regulären Ventilhub geringerem Ventilhub jeweils im OT-Bereich der Kolben zwischen dem Verdichtungstakt und dem Expansionstakt und zwischen dem Ausschubtakt und dem Ansaugtakt geöffnet.

[0005] Nachteilig an dem aus der DE 10 2013 019 183 A1 bekannten Verfahren kann sein, dass es bei niedrigen Motordrehzahlen aufgrund der Komprimierung des Gases im Ausschiebetakt zu einer ungewünschten Motoranregung kommen kann, wenn beispielsweise nicht alle Zylinder im Motorbremsbetrieb betrieben werden. Diese Motoranregung kann zu ungewünschten Schwingungen im Antriebsstrang führen.

[0006] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes Verfahren zum Bremsen einer Brennkraftmaschine vorzusehen.

[0007] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren und ein Kraftfahrzeug gemäß den unabhängigen Ansprüchen. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den ab-

hängigen Ansprüchen und der Beschreibung angegeben.

[0008] Das Verfahren ist zum Bremsen einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Viertakt-Brennkraftmaschine, geeignet. Das Verfahren weist ein teilweises Öffnen mindestens eines Gasauslassventils mindestens eines Zylinders der Brennkraftmaschine während eines Verdichtungstaktes der Brennkraftmaschine auf. Das Verfahren weist ein Halten einer teilweisen Öffnung des mindestens einen Gasauslassventils während eines an den Verdichtungstakt anschließenden Expansionstaktes der Brennkraftmaschine und während eines an den Expansionstakt anschließenden Ausschiebetaktes der Brennkraftmaschine auf. Das Verfahren weist ein Schließen des teilweise geöffneten mindestens einen Gasauslassventils am Ende (im OT-Bereich) des Ausschiebetaktes oder während eines an den Ausschiebetakt anschließenden Ansaugtaktes der Brennkraftmaschine auf.

[0009] Das Verfahren nutzt auf besonders vorteilhafte Weise die Gasdynamik des aus den Verbrennungskammern der Brennkraftmaschine durch das oder die Gasauslassventile ausströmenden Gases. Die teilweise Öffnung des Gasauslassventils während des Expansionstaktes und des Ausschiebetaktes führt in Abhängigkeit von einer Motordrehzahl der Brennkraftmaschine zu stark unterschiedlichen Zylinderdruckverläufen. Dies ermöglicht, dass für unterschiedliche Motordrehzahlen unterschiedliche, wünschenswerte Zylinderdruckverläufe und somit Motorbremswirkungen einstellbar sind. Insbesondere kann bei niedrigen Drehzahlen nur eine Verdichtung und Dekomprimierung im Bereich des Verdichtungstaktes auftreten. Bei höheren Drehzahlen können hingegen eine erste Verdichtung und eine erste Dekomprimierung im Verdichtungstakt und eine zweite Verdichtung und eine zweite Dekomprimierung im Ausschiebetakt auftreten. Damit kann insbesondere der eingangs genannte Nachteil der ungewünschten Motoranregung bei niedrigen Motordrehzahlen aufgrund einer Verdichtung mit anschließender Dekomprimierung im Ausschiebetakt verhindert werden. Dieser Effekt wird dadurch erzielt, dass durch das teilweise geöffnete Gasauslassventil stets der gleiche Strömungsquerschnitt bereitgestellt wird, die für das Gas zum Ausströmen zur Verfügung stehende Zeit bei niedrigen Motordrehzahlen jedoch größer ist als bei hohen Motordrehzahlen.

[0010] Insbesondere kann das mindestens eine Gasauslassventil stromaufwärts von einem Abgastrakt der Brennkraftmaschine vorgesehen sein.

[0011] In einer besonders vorteilhaften Weiterbildung wird das mindestens eine Gasauslassventil beim teilweisen Öffnen so weit geöffnet, dass es bei einer Drehzahl der Brennkraftmaschine unterhalb einer Grenzdrehzahl der Brennkraftmaschine zu im Wesentlichen keiner Verdichtung im jeweiligen Zylinder während des Ausschiebetaktes kommt. Im Einzelnen kann ein Strömungsquerschnitt, der von einem Ventilsplatt des mindestens einen teilweise geöffneten Gasauslassventils definiert wird, so

eingestellt sein, dass es unterhalb der Grenzdrehzahl zu im Wesentlichen keiner Verdichtung und somit Motorbremswirkung aufgrund der Verdichtung im jeweiligen Zylinder während des Ausschiebetaktes kommt. Mit anderen Worten gesagt, der Strömungsquerschnitt reicht aus, um bei einer vergleichsweise geringen Kolbengeschwindigkeit bei einer kleinen Motordrehzahl das Gas im Wesentlichen ohne Verdichtung im Zylinder durch das teilweise geöffnete Gasauslassventil auszuschieben.

[0012] In einer bevorzugten Weiterbildung wird das mindestens eine Gasauslassventil beim teilweisen Öffnen so weit geöffnet, dass es bei einer Drehzahl der Brennkraftmaschine oberhalb der Grenzdrehzahl zu einer Verdichtung im jeweiligen Zylinder während des Ausschiebetaktes kommt. Im Einzelnen kann der Strömungsquerschnitt, der von der Ventilschneidkante des mindestens einen teilweise geöffneten Gasauslassventils definiert wird, so eingestellt sein, dass es oberhalb der Grenzdrehzahl zu der Verdichtung und somit Motorbremswirkung im jeweiligen Zylinder während des Ausschiebetaktes kommt. Damit kann oberhalb der Grenzdrehzahl die bei hohen Drehzahlen gewünschte hohe Motorbremswirkung erzielt werden. Mit anderen Worten gesagt, der Strömungsquerschnitt ist so bemessen, dass bei einer vergleichsweise hohen Kolbengeschwindigkeit bei einer hohen Motordrehzahl das Gas nicht ohne Druckanstieg im Zylinder durch das teilweise geöffnete Gasauslassventil ausgeschoben werden kann.

[0013] In einer Ausführungsvariante nimmt die Verdichtung im jeweiligen Zylinder im Ausschiebetakt bei zunehmender Drehzahl der Brennkraftmaschine oberhalb der Grenzdrehzahl zu.

[0014] In einer Ausführungsvariante liegt die Grenzdrehzahl in einem Bereich zwischen 1000 U/min und 1700 U/min, insbesondere in einem Bereich zwischen 1200 U/min und 1500 U/min.

[0015] Insbesondere kann die Grenzdrehzahl so gewählt sein, dass der Drehzahlbereich unterhalb der Grenzdrehzahl derjenige Bereich ist, in dem es zu der oben genannten nachteiligen Motoranregung durch eine Verdichtung im Ausschiebetakt kommen würde.

[0016] In einer Ausführungsvariante wird das mindestens eine Gasauslassventil beim teilweisen Öffnen in einem Bereich zwischen 5 % und 30 % eines maximalen Ventilhubes des mindestens einen Gasauslassventils geöffnet. Alternativ oder zusätzlich wird das mindestens eine Gasauslassventil beim teilweisen Öffnen in einem Bereich zwischen 0,5 mm und 3 mm geöffnet.

[0017] In einer weiteren Ausführungsvariante liegt ein maximaler Ventilhub in einem Bereich zwischen 10 mm und 16 mm.

[0018] In einer Ausführungsform beginnt das teilweise Öffnen des mindestens einen Gasauslassventils während des Verdichtungstaktes in einem Bereich zwischen 100° KW und 60° KW vor OT (oberen Totpunkt einer Kolbenbewegung eines Kolbens des jeweiligen Zylinders). Damit wird das in der Verbrennungskammer befindliche Gas zunächst verdichtet und erst zum Ende des

Verdichtungstaktes durch das sich teilweise öffnende mindestens eine Gasauslassventil unter Erzielung einer Dekompressionswirkung in den Abgastrakt ausgeschoben.

[0019] In einer weiteren Ausführungsform beginnt das Schließen des mindestens einen Gasauslassventils am Ende des Ausschiebetaktes oder während des Ansaugtaktes in einem Bereich zwischen OT (oberen Totpunkt einer Kolbenbewegung eines Kolbens des jeweiligen Zylinders) und 30° KW nach OT. Damit kann das während des Expansionstaktes aus dem Abgastrakt in die Verbrennungskammer zurückströmende Gas in Abhängigkeit von einer Motordrehzahl im Ausschiebetakt entweder in den Abgastrakt durch das zumindest teilweise geöffnete eine Gasauslassventil direkt wieder ausgeschoben werden oder, bei höheren Motordrehzahlen, zumindest teilweise verdichtet und erst dann durch das zumindest eine teilweise geöffnete Gasauslassventil ausgeschoben werden. Bei höheren Drehzahlen kann es somit im Ausschiebetakt zu einer weiteren Kompression des Gases in der Verbrennungskammer mit anschließender Dekompression des verdichteten Gases in den Abgastrakt kommen, wodurch eine Motorbremswirkung des Verfahrens erhöht wird.

[0020] Insbesondere kann sich das Schließen des mindestens einen Gasauslassventils mit einem Öffnen mindestens eines Gaseinlassventils überschneiden.

[0021] In einem Ausführungsbeispiel wird beim Offenhalten des Gasauslassventils während des Expansionstaktes und des Ausschiebetaktes ein konstanter Ventilhub des mindestens einen Gasauslassventils gehalten. Dies ist steuerungstechnisch besonders einfach beispielsweise mit einer gleichbleibenden Höhe eines Nockens einer Nockenwelle realisierbar.

[0022] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind je Zylinder zwei Gasauslassventile vorgesehen und nur eines der zwei Gasauslassventile wird während des Verdichtungstaktes teilweise geöffnet, während des Expansionstaktes und des Ausschiebetaktes mit einer teilweisen Öffnung offengehalten und am Ende des Ausschiebetaktes oder während des Ansaugtaktes geschlossen. Zusätzlich kann das andere der zwei Gasauslassventile während des Verdichtungstaktes, des Expansionstaktes, des Ausschiebetaktes und des Ansaugtaktes geschlossen sein. Damit können die Belastungen auf den mit den Gasauslassventilen verbundenen variablen Ventilttrieb verringert werden, da insbesondere nur eines der Gasauslassventile je Zylinder gegen den Druck in der Verbrennungskammer während des Verdichtungstaktes geöffnet werden muss.

[0023] In einer weiteren Ausführungsvariante weist das Verfahren zusätzlich ein Öffnen mindestens eines Gaseinlassventils des mindestens einen Zylinders während eines Ansaugtaktes und ein Geschlossen-Halten des mindestens einen Gaseinlassventils während des Verdichtungstaktes, des Expansionstaktes und des Ausschiebetaktes auf. Damit können die Gaseinlassventile während des Motorbremsbetriebs der Brennkraftma-

schine wie im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine betätigt werden. Damit muss die Betätigung der Gaseinlassventile für den Motorbremsbetrieb nicht umgeschaltet werden. Wie auch im Normalbetrieb werden die Gaseinlassventile im Motorbremsbetrieb dazu genutzt, Luft aus einem Luftzufuhrsystem der Brennkraftmaschine während des Ansaugtaktes in die Verbrennungskammern zu leiten.

[0024] Insbesondere kann das Verfahren ferner ein Schließen einer stromabwärts des mindestens einen Gasauslassventils vorgesehenen Stauklappe während des Verdichtungtaktes und/oder während des Ausschiebetaktes aufweisen. Die Stauklappe kann vorzugsweise im Abgastrakt angeordnet sein.

[0025] Die vorliegende Erfindung betrifft auch einen variablen Ventiltrieb für eine Brennkraftmaschine. Der variable Ventiltrieb kann insbesondere als ein Schiebenockensystem ausgebildet sein. Der variable Ventiltrieb ist dazu ausgebildet, das Verfahren wie hierin offenbart durchzuführen.

[0026] Zusätzlich betrifft die vorliegende Offenbarung auch ein Kraftfahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug (zum Beispiel Omnibus oder Lastkraftwagen), mit einer Brennkraftmaschine aufweisend den variablen Ventiltrieb wie hierin offenbart.

[0027] Es ist auch möglich, die Verfahren wie hierin offenbart bei Personenkraftwagen, Großmotoren, geländegängigen Fahrzeuge, stationären Motoren, Marine-motoren usw. zu verwenden.

[0028] Die zuvor beschriebenen bevorzugten Ausführungsformen und Merkmale der Erfindung sind beliebig miteinander kombinierbar. Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden im Folgenden unter Bezug auf die beigelegten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

Figur 1 eine Schemadarstellung eines Zylinders einer Brennkraftmaschine; und

Figur 2 ein Steuerdiagramm einer Ventilsteuerung einer Viertakt-Brennkraftmaschine.

[0029] Die Figur 1 zeigt einen Zylinder 12 einer Brennkraftmaschine 10. Die Brennkraftmaschine 10 ist eine Viertakt-Brennkraftmaschine, insbesondere eine Viertakt-Diesel-Brennkraftmaschine oder eine Viertakt-Benzin-Brennkraftmaschine. Vorzugsweise ist die Brennkraftmaschine 10 in einem Nutzfahrzeug, zum Beispiel einem Lastkraftwagen oder einem Omnibus, zum Antreiben des Nutzfahrzeugs umfasst.

[0030] Der Zylinder 12 weist mindestens ein Gaseinlassventil 14, mindestens ein Gasauslassventil 16, eine Verbrennungskammer 18 und einen Kolben 20 auf.

[0031] Das mindestens eine Gaseinlassventil 14 verbindet die Verbrennungskammer 18 mit einem Luftzufuhrsystem der Brennkraftmaschine 10 zum Zuführen von Verbrennungsluft in die Verbrennungskammer 18. Das mindestens eine Gasauslassventil 16 verbindet die

Verbrennungskammer 18 mit einem Abgasstrang der Brennkraftmaschine 10 zum Abführen von Abgasen. Beispielsweise können zwei Gaseinlassventile 14 und zwei Gasauslassventile 16 je Zylinder 12 und eine Mehrzahl von Zylindern 12 vorgesehen sein.

[0032] Das mindestens eine Gasauslassventil 16 kann über einen variablen Ventiltrieb 22 betätigt werden. Der variable Ventiltrieb 22 kann beispielsweise als ein Schiebenockensystem ausgebildet sein. Das Schiebenockensystem kann mindestens einen Nockenträger mit mindestens zwei Nocken aufweisen. Der Nockenträger kann drehfest und axial verschiebbar auf einer Nockenwelle angeordnet sein. Das mindestens eine Gaswechselventil wird in Abhängigkeit von einer Axialposition des Nocken-trägers von verschiedenen Nocken des Nocken-trägers betätigt. Es ist auch möglich, dass bei mehreren Gasauslassventilen 16 je Zylinder 12 die Gasauslassventile 16 des jeweiligen Zylinders 12 unterschiedlich betätigbar sind.

[0033] Der Kolben 20 ist auf eine bekannte Art und Weise hin- und herbewegbar in dem Zylinder 12 angeordnet und mit einer Pleuellwelle 24 verbunden.

[0034] In Figur 2 ist ein beispielhaftes Steuerdiagramm für die Betätigung der Gaseinlassventile 14 und der Gasauslassventile 16 von Figur 1 während eines Motorbremsbetriebs der Brennkraftmaschine 10 dargestellt.

[0035] Eine strichpunktierte Kurve A zeigt einen Ventilhub der Gaseinlassventile 14 in Abhängigkeit von einem Pleuellwinkel der Pleuellwelle 24. Eine gestrichelte Kurve B zeigt einen Ventilhub des Gasauslassventils 16 in Abhängigkeit von dem Pleuellwinkel der Pleuellwelle 24. Eine durchgezogene Kurve C zeigt einen Zylinderdruck in der Verbrennungskammer 18 in Abhängigkeit von einem Pleuellwinkel der Pleuellwelle 24 bei einer niedrigen Motordrehzahl. Eine gepunktete Kurve D zeigt einen Zylinderdruck in der Verbrennungskammer 18 in Abhängigkeit von einem Pleuellwinkel der Pleuellwelle 24 bei einer hohen Motordrehzahl.

[0036] Die Kurven A bis D sind über die im Viertaktbetrieb üblichen 720° Pleuellwinkel (KW) aufgetragen, wobei die linke Achse des Diagramms die Zylinderdrücke in bar und die rechte Achse die Ventilhubhöhen in mm angeben.

[0037] Gemäß der Kurve A werden die Gaseinlassventile 14 während des Motorbremsbetriebs wie auch im regulären Betrieb während des Ansaugtaktes geöffnet. Über den weiteren Steuerzyklus sind die Gaseinlassventile 14 geschlossen.

[0038] Während des Motorbremsbetriebs werden die Gasauslassventile 16 anders als im regulären Betrieb (Normalbetrieb), in dem die Gasauslassventile 16 nur während des Ausschiebetaktes geöffnet sind, gesteuert. Beispielsweise kann die Brennkraftmaschine je Zylinder 12 zwei Gasauslassventile 16 aufweisen, von denen eines während des Motorbremsbetriebs vollständig geschlossen gehalten wird und das andere während des Motorbremsbetriebs gemäß der Kurve B gesteuert wird.

[0039] Gemäß der Kurve B wird das Gasauslassventil

16 ungefähr 60°KW bis 100°KW vor dem oberen Zündtotpunkt, d. h. vor dem Ende des Verdichtungstaktes, teilweise geöffnet. Das Gasauslassventil 16 wird dann während des Expansionstaktes und des Ausschiebetaktes für ungefähr 360°KW teilweise offen gehalten. Das teilweise geöffnete Gasauslassventil 16 wird nach dem Ausschiebetakt wieder geschlossen und verbleibt bis zur erneuten Öffnung im Verdichtungstakt geschlossen.

[0040] Das Gasauslassventil 16 wird gemäß der Kurve B nur teilweise geöffnet. Die teilweise Öffnung kann einem Ventilhub von 0,5 mm bis 3 mm entsprechen. Im Gegensatz dazu kann ein Maximalhub (regulärer Hub) das Gasauslassventils 16 beispielsweise zwischen ungefähr 10 mm für kleine Brennkraftmaschinen 10 und bis zu ungefähr 16 mm für sehr große Brennkraftmaschinen 10 im Nutzfahrzeugbau sein.

[0041] Durch die nur teilweise Öffnung des Gasauslassventils 16 gemäß der Kurve B können unterschiedliche Zylinderdruckverläufe in der Verbrennungskammer 18 bei unterschiedlichen Drehzahlen der Brennkraftmaschine 10 erzielt werden.

[0042] Gemäß der Kurve C kommt es bei niedrigen Drehzahlen der Brennkraftmaschine 10 bis beispielsweise ungefähr 1200 U/min zu keiner Verdichtung in der Verbrennungskammer 18 während des Ausschiebetaktes. Der Grund hierfür liegt in dem Ventilsplatt durch das teilweise geöffnete Gasauslassventil 16. Dieser Ventilsplatt reicht bei niedrigen Geschwindigkeiten des Kolbens 20 aus, um das in der Verbrennungskammer 18 befindliche Gas ohne Druckanstieg aus der Verbrennungskammer 18 durch das teilweise geöffnete Gasauslassventil 16 strömen zu lassen. Die Kurve C bezieht sich beispielsweise auf einen Zylinderdruckverlauf bei einer Motordrehzahl der Brennkraftmaschine von ungefähr 600 U/min.

[0043] Hingegen kommt es gemäß der Kurve D bei hohen Drehzahlen der Brennkraftmaschine 10 ab beispielsweise 1200 U/min bis 1500 U/min zu einer Verdichtung in der Verbrennungskammer 18 während des Ausschiebetaktes. Durch die erhöhte Motordrehzahl steigt auch die Kolbengeschwindigkeit des Kolbens 20 an und der Volumenstrom über dem teilweise geöffneten Gasauslassventil 16 steigt ebenfalls an. Der durch das teilweise geöffnete Gasauslassventil 16 bereitgestellte Ventilsplatt reicht nicht mehr aus, um das Gas ohne Verdichtung auszuschieben. Stattdessen kommt es zu einer zweiten Verdichtung vor dem oberen Totpunkt am Ende des Ausschiebetaktes. Bei der zweiten Verdichtung wird Kompressionsenergie durch das weiterhin geöffnete Gasauslassventil 16 dissipiert und Bremsleistung erzeugt. Im Einzelnen bremsst die Verdichtungsarbeit den Kolben 20, wodurch die Brennkraftmaschine 10 im Motorbremsbetrieb gebremst wird. Die Kurve D bezieht sich beispielsweise auf einen Zylinderdruckverlauf bei einer Motordrehzahl der Brennkraftmaschine von ungefähr 2600 U/min.

[0044] Bei beiden Kurven C und D kommt es zu einer ersten Verdichtung in der Verbrennungskammer 18 wäh-

rend des Verdichtungstaktes, da das Gasauslassventil 16 erst zum Ende des Verdichtungstaktes geöffnet wird. Durch die Öffnung des Gasauslassventils 16 kommt es zu einer Dekompression des verdichteten Gases in den Abgastrakt, in dem beispielsweise eine in diesem Moment geschlossene Stauklappe vorgesehen ist. Die vom Kolben 20 aufgebrachte Verdichtungsarbeit bremsst wiederum die Brennkraftmaschine 10. Aufgrund der höheren Kolbengeschwindigkeit des Kolbens 20 kommt es gemäß Kurve D bei höheren Motordrehzahlen zu einer größeren Verdichtung in der Verbrennungskammer 18 und somit zu einer größeren Bremswirkung als bei niedrigen Motordrehzahl gemäß Kurve C.

[0045] Während des Expansionstaktes sind die Zylinderdrücke bei den Kurven C und D niedrig und es kann durch den Abgasstau im Abgastrakt Luft aus dem Abgastrakt zurück in die Verbrennungskammer 18 durch das teilweise geöffnete Gasauslassventil 16 strömen.

[0046] Zusammenfassend kommt es bei niedrigen Motordrehzahl unterhalb einer Grenzdrehzahl, die bspw. zwischen 1200 U/min und 1500 U/min liegt, gemäß der Kurve C zu lediglich einer Kompression von Gas in der Verbrennungskammer 18 und Dekompression des verdichteten Gases in den Abgastrakt. Diese einmalige Kompression-Dekompression findet im Verdichtungstakt statt. Bei einer hohen Motordrehzahl oberhalb der Grenzdrehzahl kommt es mit der gleichen Steuerkurve (Kurve B) für das gleiche Gasauslassventil 16 gemäß der Kurve D zu einer zweifachen Kompression von Gas in der Verbrennungskammer 18 und Dekompression des verdichteten Gases in den Abgastrakt durch das teilweise geöffnete Gasauslassventil 16. Einerseits kommt es im Verdichtungstakt zu einer ersten Kompression mit anschließender Dekompression. Zusätzlich kommt es im Ausschiebetakt zu einer zweiten Kompression mit anschließender Dekompression.

[0047] Ein Übergang zwischen den Kurven C und D erfolgt mit zunehmender Motordrehzahl der Brennkraftmaschine 10 stetig.

[0048] Die Erfindung ermöglicht somit auf besonders vorteilhafte Weise, dass mit ein und demselben Steuerprofil für ein Gasauslassventil 16 bei hohen Drehzahlen der Brennkraftmaschine 10 eine hohe Bremswirkung durch die doppelte Kompression-Dekompression erzielt wird (Kurve D). Bei niedrigen Drehzahlen wird ebenso eine (geringe) Bremswirkung durch die einmalige Kompression-Dekompression erzielt (Kurve C), wobei eine Motoranregung aufgrund des Verzichts auf die zweite Kompression-Dekompression verhindert oder zumindest reduziert wird. Das Verfahren passt sich somit selbst an die Umgebungsbedingungen (die Motordrehzahl) an, sodass kein zusätzlicher Steuerungseingriff von außen notwendig ist.

[0049] Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen bevorzugten Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr ist eine Vielzahl von Varianten und Abwandlungen möglich, die ebenfalls von dem Erfindungsgedanken Gebrauch machen und deshalb in den

Schutzbereich fallen. Insbesondere beansprucht die Erfindung auch Schutz für den Gegenstand und die Merkmale der Unteransprüche unabhängig von den in Bezug genommenen Ansprüchen. Insbesondere sind die Merkmale der Unteransprüche auch unabhängig von sämtlichen Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 1 und beispielsweise unabhängig von den Merkmalen bezüglich de teilweisen Öffnens mindestens eines Gasauslassventils während eines Verdichtungstaktes, des Halten einer teilweisen Öffnung des mindestens einen Gasauslassventils während eines Expansionstaktes und/oder Ausschiebetaktes und/oder des Schließens des teilweise geöffneten mindestens einen Gasauslassventils am Ende des Ausschiebetaktes oder während eines Ansaugtaktes des unabhängigen Anspruchs 1 offenbart.

Bezugszeichenliste

[0050]

- 10 Brennkraftmaschine
- 12 Zylinder
- 14 Gaseinlassventil
- 16 Gasauslassventil
- 18 Verbrennungskammer
- 20 Kolben
- 22 Variabler Ventiltrieb
- 24 Kurbelwelle

- A Steuerkurve für Gaseinlassventil
- B Steuerkurve für Gasauslassventil
- C Zylinderdruckverlauf bei niedriger Motordrehzahl
- D Zylinderdruckverlauf bei hoher Motordrehzahl

Patentansprüche

1. Verfahren zum Bremsen einer Brennkraftmaschine (10), insbesondere einer Viertakt-Brennkraftmaschine, aufweisend:

teilweises Öffnen mindestens eines Gasauslassventils (16) mindestens eines Zylinders (12) der Brennkraftmaschine (10) während eines Verdichtungstaktes der Brennkraftmaschine (10);

Halten einer teilweisen Öffnung des mindestens einen Gasauslassventils (16) während eines an den Verdichtungstakt anschließenden Expansionstaktes der Brennkraftmaschine (10) und während eines an den Expansionstakt anschließenden Ausschiebetaktes der Brennkraftmaschine (10); und

Schließen des teilweise geöffneten mindestens einen Gasauslassventils (16) am Ende des Ausschiebetaktes oder während eines an den Ausschiebetakt anschließenden Ansaugtaktes der

Brennkraftmaschine (10).

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei:

das mindestens eine Gasauslassventil (16) beim teilweisen Öffnen so weit geöffnet wird, dass es bei einer Drehzahl der Brennkraftmaschine (10) unterhalb einer Grenzdrehzahl der Brennkraftmaschine (10) zu im Wesentlichen keiner Verdichtung im jeweiligen Zylinder (12) während des Ausschiebetaktes kommt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei:

das mindestens eine Gasauslassventil (16) beim teilweisen Öffnen so weit geöffnet wird, dass es bei einer Drehzahl der Brennkraftmaschine (10) oberhalb der Grenzdrehzahl zu einer Verdichtung im jeweiligen Zylinder (12) während des Ausschiebetaktes kommt.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei:

die Verdichtung im jeweiligen Zylinder (12) bei zunehmender Drehzahl der Brennkraftmaschine (10) im Ausschiebetakt oberhalb der Grenzdrehzahl zunimmt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, wobei:

die Grenzdrehzahl in einem Bereich zwischen 1000 U/min und 1700 U/min, insbesondere in einem Bereich zwischen 1200 U/min und 1500 U/min, liegt.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei:

das mindestens eine Gasauslassventil (16) beim teilweisen Öffnen in einem Bereich zwischen 5 % und 30 % eines maximalen Ventilhubes des mindestens einen Gasauslassventils (16) geöffnet wird; und/oder

das mindestens eine Gasauslassventil (16) beim teilweisen Öffnen in einem Bereich zwischen 0,5 mm und 3 mm geöffnet wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, wobei ein maximaler Ventilhub in einem Bereich zwischen 10 mm und 16 mm liegt.

8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei:

das teilweise Öffnen des mindestens einen Gasauslassventils (16) während des Verdichtungstaktes in einem Bereich zwischen 100° KW und 60° KW vor OT beginnt.

9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei:

das Schließen des mindestens einen Gasauslassventils (16) am Ende des Ausschiebetaktes oder während des Ansaugtaktes in einem Bereich zwischen OT und 30° KW nach OT beginnt. 5

10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei: 10

beim Offenhalten des Gasauslassventils (16) während des Expansionstaktes und des Ausschiebetaktes ein konstanter Ventilhub des mindestens einen Gasauslassventils (16) gehalten wird. 15

11. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei: 20

je Zylinder (12) zwei Gasauslassventile (16) vorgesehen sind und nur eines der zwei Gasauslassventile (16) während des Verdichtungstaktes teilweise geöffnet, während des Expansionstaktes und des Ausschiebetaktes mit einer teilweisen Öffnung offengehalten und am Ende des Ausschiebetaktes oder während des Ansaugtaktes geschlossen wird. 25

30

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei:

das andere der zwei Gasauslassventile (16) während des Verdichtungstaktes, des Expansionstaktes, des Ausschiebetaktes und des Ansaugtaktes geschlossen ist. 35

13. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, ferner aufweisend: 40

Öffnen mindestens eines Gaseinlassventils (14) des mindestens einen Zylinders (12) während eines Ansaugtaktes; und
Geschlossen-Halten des mindestens einen Gaseinlassventils (14) während des Verdichtungstaktes, des Expansionstaktes und des Ausschiebetaktes. 45

14. Variabler Ventiltrieb (22), insbesondere Schiebennockenmechanismus, für eine Brennkraftmaschine (10), wobei der variable Ventiltrieb (22) dazu ausgebildet ist, das Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche durchzuführen. 50

15. Kraftfahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, mit einer Brennkraftmaschine (10) aufweisend den variablen Ventiltrieb nach Anspruch 14. 55

FIG. 1

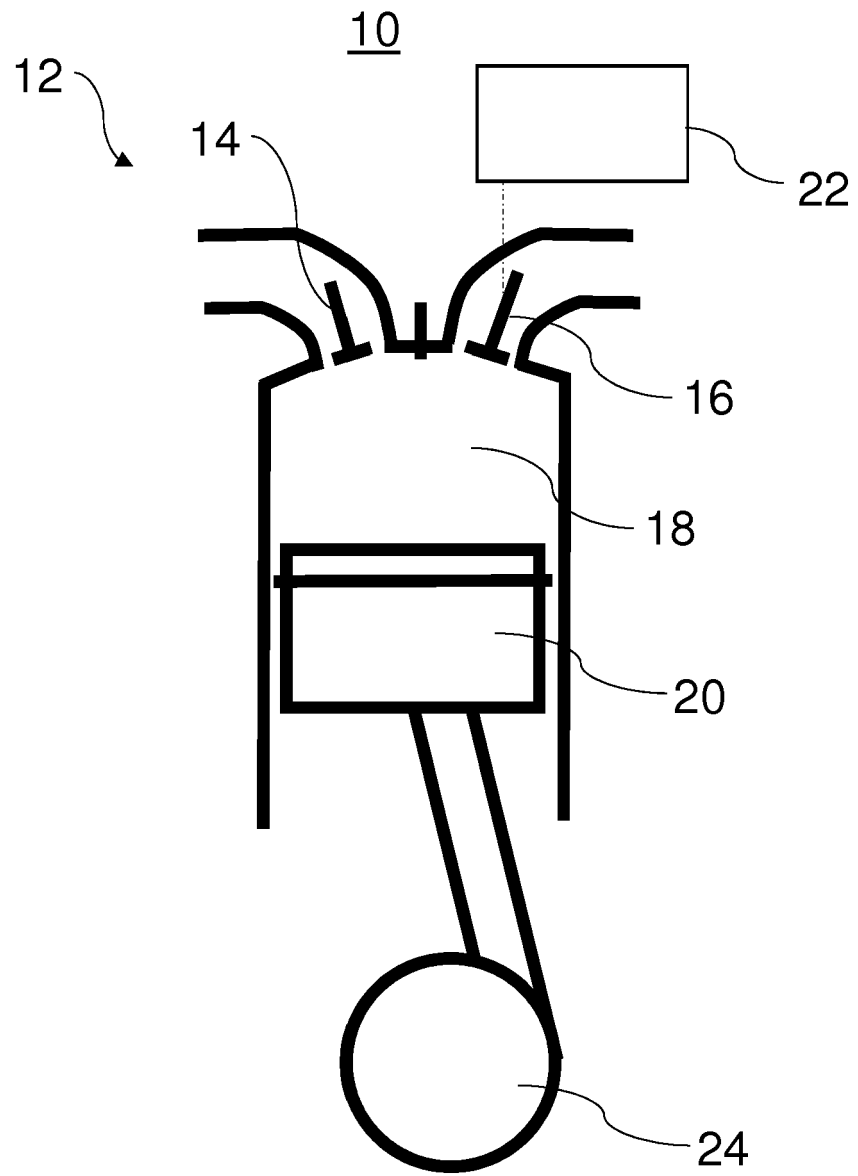
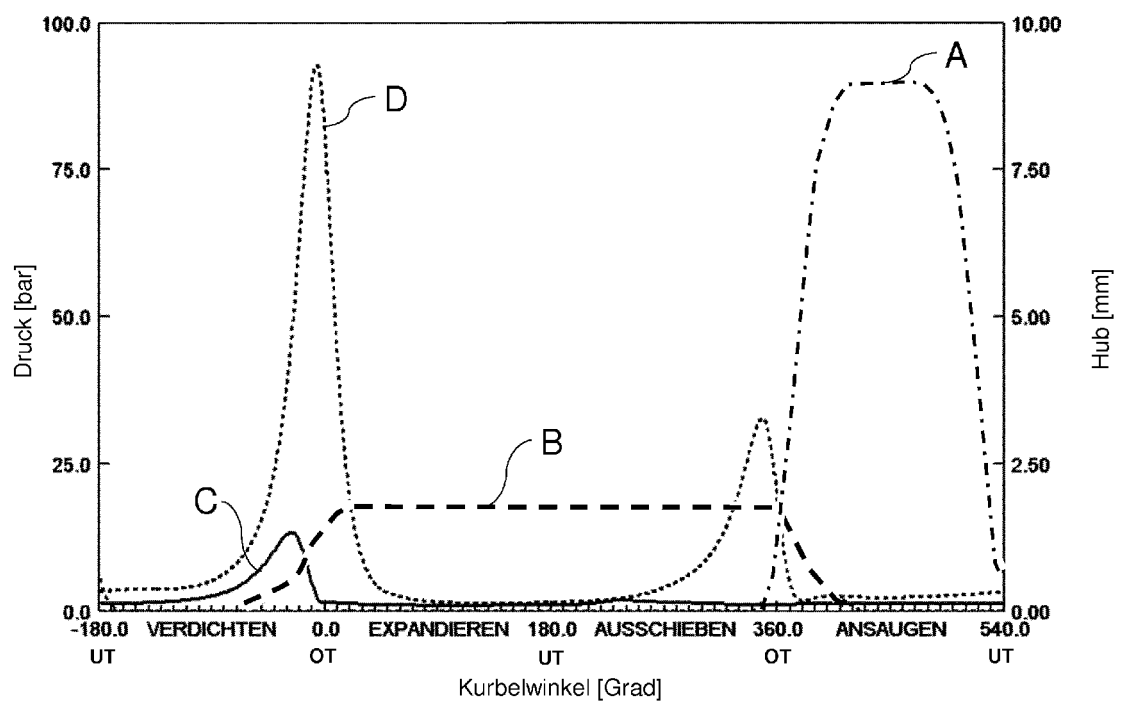


FIG. 2





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 18 18 9788

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 4 592 319 A (MEISTRICK ZDENEK S [US]) 3. Juni 1986 (1986-06-03)	1-10, 13-15	INV. F02D13/02
Y	* Spalte 4, Zeile 59 - Spalte 6, Zeile 23; Abbildung 3a *	10-12	F02D13/04
Y	DE 10 2005 059403 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG [DE]) 14. Juni 2007 (2007-06-14) * Absatz [0007] - Absatz [0015]; Abbildungen 1-4 *	11,12	
X	DE 196 37 998 A1 (DAIMLER BENZ AG [DE]) 19. März 1998 (1998-03-19)	1-5, 9-11, 13-15	
Y	* das ganze Dokument *	10	
A		6-8	
X	US 3 786 792 A (PELIZZONI W ET AL) 22. Januar 1974 (1974-01-22) * SUMMARY OF INVENTION; Abbildungen 1-6 *	1-8, 13-15	
A	US 2002/174654 A1 (YANG ZHOU [US]) 28. November 2002 (2002-11-28) * Absätze [0126] - [0165]; Abbildungen 16-26 * * Absätze [0131], [0165] *	1-5,10	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F02D F01L
A	US 5 647 319 A (UEHARA HIROKAZU [JP] ET AL) 15. Juli 1997 (1997-07-15) * Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 2, Zeile 17; Abbildung 5 *	1-5	
A	US 2005/284435 A1 (BAEUERLE MICHAEL [DE]) 29. Dezember 2005 (2005-12-29) * Ansprüche 1-4 *	1-5	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 17. Januar 2019	Prüfer Cassiat, Clément
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 18 18 9788

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

17-01-2019

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
15	US 4592319 A	03-06-1986	AU 578204 B2	13-10-1988
			BR 8602544 A	17-03-1987
			CA 1271675 A	17-07-1990
			CN 86103699 A	04-02-1987
			DE 3664945 D1	14-09-1989
			DE 3677784 D1	04-04-1991
			DE 3689126 D1	04-11-1993
20			DE 3689126 T2	03-03-1994
			DK 242686 A	10-02-1987
			EP 0211170 A1	25-02-1987
			ES 8707327 A1	01-07-1987
			ES 8800394 A1	16-10-1987
			ES 8801421 A1	16-12-1987
25			IE 922012 L	09-02-1987
			IN 165794 B	13-01-1990
			JP H0366492 B2	17-10-1991
			JP S6238813 A	19-02-1987
			MX 162178 A	05-04-1991
30			NO 862153 A	10-02-1987
			NZ 216294 A	31-08-1987
			US 4592319 A	03-06-1986
			ZA 8603774 B	28-01-1987
35	DE 102005059403 A1	14-06-2007	KEINE	
	DE 19637998 A1	19-03-1998	KEINE	
	US 3786792 A	22-01-1974	KEINE	
40	US 2002174654 A1	28-11-2002	KEINE	
	US 5647319 A	15-07-1997	JP H08338215 A	24-12-1996
			US 5647319 A	15-07-1997
45	US 2005284435 A1	29-12-2005	DE 102004030452 A1	12-01-2006
			FR 2872219 A1	30-12-2005
			US 2005284435 A1	29-12-2005
			US 2008072874 A1	27-03-2008

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 3922884 A1 [0002]
- DE 102015016526 A1 [0003]
- DE 102005033163 A1 [0003]
- DE 19649174 A1 [0003]
- US 4592319 A [0003]
- DE 102013019183 A1 [0004] [0005]