

(19)



(11)

EP 3 450 732 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

06.07.2022 Patentblatt 2022/27

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):

F02D 13/02^(2006.01) F02D 13/04^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **18189788.5**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):

F02D 13/04; F02D 13/0246; F02D 13/0257; F02D 41/12; F02D 2041/001; F02D 2200/101

(22) Anmeldetag: **20.08.2018**

(54) VERFAHREN ZUM BREMSEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE

METHOD FOR BRAKING A COMBUSTION ENGINE

PROCÉDÉ DE FREINAGE D'UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE

(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

• **Renner, Dominik**
91522 Ansbach (DE)

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

(74) Vertreter: **v. Bezold & Partner Patentanwälte - PartG mbB**
Ridlerstraße 57
80339 München (DE)

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

06.03.2019 Patentblatt 2019/10

(56) Entgegenhaltungen:

DE-A1- 19 637 998 DE-A1-102005 059 403
US-A- 3 786 792 US-A- 4 592 319
US-A- 5 647 319 US-A1- 2002 174 654
US-A1- 2005 284 435

(73) Patentinhaber: **MAN Truck & Bus SE**

80995 München (DE)

(72) Erfinder:

• **Malischewski, Thomas**
91560 Heilsbronn (DE)

EP 3 450 732 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

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 geringeren 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 Ausschubtakt 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] Die US 4 592 319 A offenbart ein Verfahren zur Verdichtungsverzögerung eines mehrzylindrigen Viertakt-Verbrennungsmotors. Das Verfahren stellt zwei Kompressionsentlastungsereignisse während jedes kompletten Motorzyklus unter Verwendung nur einer Einlassventilöffnung pro Motorzyklus bereit. Gemäß einer

Ausführungsform wird die normale Bewegung des Auslassventils deaktiviert und durch eine Öffnung des Auslassventils in etwa an der oberen Totpunktposition des Motorkolbens nach dem Verdichtungshub ersetzt. Das Auslassventil wird während des Expansionshubs in der geöffneten Position gehalten. Das Auslassventil wird während des Auslasshubs teilweise geschlossen. Das Auslassventil wird während des Einlasshubs vollständig geschlossen.

[0007] Die DE 10 2005 059 403 A1 offenbart bei einem im Zweitaktverfahren durchzuführenden Motorbremsverfahren für eine Brennkraftmaschine, dass die Verbrennungsluft durch Steuerung von Ladungswechselventilen den Zylindern zugeführt, in den Zylindern verdichtet und anschließend in den Abgasstrang abgeblasen wird. Im Expansionstakt der Zylinder wird vor dem Erreichen des unteren Totpunktes das Einlassventil geöffnet und nach dem Überschreiten des unteren Totpunktes wieder geschlossen. Ein zusätzlich zum Auslassventil vorgesehenes, in den Abgasstrang öffnendes Bremsventil wird zumindest phasenweise in Öffnungsstellung versetzt. Die Position des Auslassventiles bleibt sowohl im Expansionstakt als auch im Kompressionstakt unverändert.

[0008] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zu Grunde, ein verbessertes Verfahren zum Bremsen einer Brennkraftmaschine vorzusehen.

[0009] Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren und ein Kraftfahrzeug gemäß den unabhängigen Ansprüchen. Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung angegeben.

[0010] 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 Ausschubtaktes der Brennkraftmaschine auf. Das Verfahren weist ein Schließen des teilweise geöffneten mindestens einen Gasauslassventils am Ende (im OT-Bereich) des Ausschubtaktes oder während eines an den Ausschubtakt anschließenden Ansaugtaktes der Brennkraftmaschine auf.

[0011] 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 Ausschubtaktes führt in Abhängigkeit von einer Motordrehzahl der Brennkraftmaschine zu stark unterschiedlichen Zylinderdruckverläufen. Dies ermöglicht, dass für unterschiedliche Motordrehzahlen un-

terschiedliche, 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 Ausschietakt auftreten. Damit kann insbesondere der eingangs genannte Nachteil der ungewünschten Motoranregung bei niedrigen Motordrehzahlen aufgrund einer Verdichtung mit anschließender Dekomprimierung im Ausschietakt 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.

[0012] Insbesondere kann das mindestens eine Gasauslassventil stromaufwärts von einem Abgastrakt der Brennkraftmaschine vorgesehen sein.

[0013] 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 Ausschietaktes kommt. Im Einzelnen kann ein Strömungsquerschnitt, der von einem Ventilspalt 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 Ausschietaktes 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.

[0014] Erfindungsgemäß 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 Ausschietaktes kommt. Im Einzelnen kann der Strömungsquerschnitt, der von der Ventilspalt 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 Ausschietaktes 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.

[0015] In einer Ausführungsvariante nimmt die Verdichtung im jeweiligen Zylinder im Ausschietakt bei zunehmender Drehzahl der Brennkraftmaschine oberhalb der Grenzdrehzahl zu.

5 **[0016]** Erfindungsgemäß 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.

10 **[0017]** Erfindungsgemäß wird die Grenzdrehzahl dabei so gewählt, dass der Drehzahlbereich unterhalb der Grenzdrehzahl derjenige Bereich ist, in dem es zu der oben genannten nachteiligen Motoranregung durch eine Verdichtung im Ausschietakt kommen würde.

15 **[0018]** 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. In einer weiteren Ausführungsvariante liegt ein maximaler Ventilhub in einem Bereich zwischen 10 mm und 16 mm.

20 **[0019]** 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.

25 **[0020]** In einer weiteren Ausführungsform beginnt das Schließen des mindestens einen Gasauslassventils am Ende des Ausschietaktes 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 Expansionsstaktes aus dem Abgastrakt in die Verbrennungskammer zurückströmende Gas in Abhängigkeit von einer Motordrehzahl im Ausschietakt 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 Ausschietakt 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.

35 **[0021]** Insbesondere kann sich das Schließen des mindestens einen Gasauslassventils mit einem Öffnen mindestens eines Gaseinlassventils überschneiden.

40 **[0022]** In einem Ausführungsbeispiel wird beim Offenhalten des Gasauslassventils während des Expansions-

taktes und des Ausschietbetaktes ein konstanter Ventilhub des mindestens einen Gasauslassventils gehalten. Dies ist steuerungstechnisch besonders einfach beispielsweise mit einer gleichbleibenden Höhe eines Nockens einer Nockenwelle realisierbar.

[0023] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel sind je Zylinder zwei Gasauslassventile vorgesehen und nur eines der zwei Gasauslassventile wird während des Verdichtungstaktes teilweise geöffnet, während des Expansionsstaktes und des Ausschietbetaktes mit einer teilweisen Öffnung offengehalten und am Ende des Ausschietbetaktes oder während des Ansaugtaktes geschlossen. Zusätzlich kann das andere der zwei Gasauslassventile während des Verdichtungstaktes, des Expansionsstaktes, des Ausschietbetaktes und des Ansaugtaktes geschlossen sein. Damit können die Belastungen auf den mit den Gasauslassventilen verbundenen variablen Ventiltrieb verringert werden, da insbesondere nur eines der Gasauslassventile je Zylinder gegen den Druck in der Verbrennungskammer während des Verdichtungstaktes geöffnet werden muss.

[0024] 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 Expansionsstaktes und des Ausschietbetaktes auf. Damit können die Gaseinlassventile während des Motorbremsbetriebs der Brennkraftmaschine 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.

[0025] Insbesondere kann das Verfahren ferner ein Schließen einer stromabwärts des mindestens einen Gasauslassventils vorgesehenen Stauklappe während des Verdichtungstaktes und/oder während des Ausschietbetaktes aufweisen. Die Stauklappe kann vorzugsweise im Abgastrakt angeordnet sein.

[0026] 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.

[0027] 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.

[0028] Es ist auch möglich, die Verfahren wie hierin offenbart bei Personenkraftwagen, Großmotoren, geländegängigen Fahrzeugen, stationären Motoren, Marine-motoren usw. zu verwenden.

[0029] 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.

[0030] 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.

[0031] Der Zylinder 12 weist mindestens ein Gaseinlassventil 14, mindestens ein Gasauslassventil 16, eine Verbrennungskammer 18 und einen Kolben 20 auf.

[0032] 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.

[0033] 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 Nockenträgers von verschiedenen Nocken des Nockenträgers betätigt. Es ist auch möglich, dass bei mehreren Gasauslassventilen 16 je Zylinder 12 die Gasauslassventile 16 des jeweiligen Zylinders 12 unterschiedlich betätigbar sind.

[0034] Der Kolben 20 ist auf eine bekannte Art und Weise hin- und herbewegbar in dem Zylinder 12 angeordnet und mit einer Pleuellwelle 24 verbunden.

[0035] 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.

[0036] 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 Kurbelwinkel der Kurbelwelle 24. Eine durchgezogene Kurve C zeigt einen Zylinderdruck in der Verbrennungskammer 18 in Abhängigkeit von einem Kurbelwinkel der Kurbelwelle 24 bei einer niedrigen Motordrehzahl. Eine gepunktete Kurve D zeigt einen Zylinderdruck in der Verbrennungskammer 18 in Abhängigkeit von einem Kurbelwinkel der Kurbelwelle 24 bei einer hohen Motordrehzahl.

[0037] Die Kurven A bis D sind über die im Viertaktbetrieb üblichen 720° Kurbelwinkel (KW) aufgetragen, wobei die linke Achse des Diagramms die Zylinderdrücke in bar und die rechte Achse die Ventilhübe in mm angeben.

[0038] 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.

[0039] Während des Motorbremsbetriebs werden die Gasauslassventile 16 anders als im regulären Betrieb (Normalbetrieb), in dem die Gasauslassventile 16 nur während des Ausschietaktes 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.

[0040] 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 Ausschietaktes für ungefähr 360°KW teilweise offen gehalten. Das teilweise geöffnete Gasauslassventil 16 wird nach dem Ausschiettakt wieder geschlossen und verbleibt bis zur erneuten Öffnung im Verdichtungstakt geschlossen.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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 Ausschietaktes. 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.

[0044] 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 Ausschietaktes. 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 Ausschietaktes. 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.

[0045] Bei beiden Kurven C und D kommt es zu einer ersten Verdichtung in der Verbrennungskammer 18 während 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 niedriger Motordrehzahl gemäß Kurve C.

[0046] 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. 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 Verbrennungs-

kammer 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 Ausschietakt 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] Der Schutzzumfang der Erfindung wird durch die beigefügten Ansprüche definiert.

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 Expansionsstaktes der Brennkraftmaschine (10) und während eines an den Expansionsstakt anschließenden Ausschietbetaktes der Brennkraftmaschine (10); und

Schließen des teilweise geöffneten mindestens einen Gasauslassventils (16) am Ende des Ausschietbetaktes oder während eines an den Ausschietbetakt anschließenden Ansaugtaktes der Brennkraftmaschine (10),

dadurch gekennzeichnet, dass

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 Ausschietbetaktes kommt, 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 Ausschietbetaktes kommt, und 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.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei: die Verdichtung im jeweiligen Zylinder (12) bei zunehmender Drehzahl der Brennkraftmaschine (10) im Ausschietbetakt oberhalb der Grenzdrehzahl zunimmt.

3. 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.

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei ein maximaler Ventilhub in einem Bereich zwischen 10 mm und 16 mm liegt.

5. 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.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei:
das Schließen des mindestens einen Gasauslassventils (16) am Ende des Ausschietbetaktes oder während des Ansaugtaktes in einem Bereich zwischen OT und 30° KW nach OT beginnt.
7. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei:
beim Offenhalten des Gasauslassventils (16) während des Expansionstaktes und des Ausschietbetaktes ein konstanter Ventilhub des mindestens einen Gasauslassventils (16) gehalten wird.
8. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei:
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 Ausschietbetaktes mit einer teilweisen Öffnung offengehalten und am Ende des Ausschietbetaktes oder während des Ansaugtaktes geschlossen wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei:
das andere der zwei Gasauslassventile (16) während des Verdichtungstaktes, des Expansionstaktes, des Ausschietbetaktes und des Ansaugtaktes geschlossen ist.
10. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, ferner aufweisend:

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 Ausschietbetaktes.
11. Variabler Ventiltrieb (22), insbesondere Schiebennocken-system, für eine Brennkraftmaschine (10), wobei der variable Ventiltrieb (22) dazu ausgebildet ist, das Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche durchzuführen.
12. Kraftfahrzeug, insbesondere Nutzfahrzeug, mit einer Brennkraftmaschine (10) aufweisend den variablen Ventiltrieb nach Anspruch 11.

Claims

1. Method for braking an internal combustion engine

(10), in particular a four-stroke internal combustion engine, involving:

partially opening at least one gas outlet valve (16) of at least one cylinder (12) of the internal combustion engine (10) during a compression stroke of the internal combustion engine (10); keeping the at least one gas outlet valve (16) partially open during an expansion stroke, following the compression stroke, of the internal combustion engine (10) and during an exhaust stroke, following the expansion stroke, of the internal combustion engine (10); and closing the partially opened at least one gas outlet valve (16) at the end of the exhaust stroke or during an intake stroke, following the exhaust stroke, of the internal combustion engine (10), **characterized in that** the at least one gas outlet valve (16) is opened to such an extent while it is partially opened that, if a speed of the internal combustion engine (10) is below a limit speed of the internal combustion engine (10), more or less no compression occurs in the respective cylinder (12) during the exhaust stroke, the at least one gas outlet valve (16) is opened to such an extent while it is partially opened that, if a speed of the internal combustion engine (10) is above the limit speed, compression occurs in the respective cylinder (12) during the exhaust stroke, and the limit speed lies in a range between 1000 rpm and 1700 rpm, in particular in a range between 1200 rpm and 1500 rpm.

2. Method according to Claim 1, wherein:
the compression in the respective cylinder (12) increases if the speed of the internal combustion engine (10) increases to above the limit speed in the exhaust stroke.
3. Method according to either of the preceding claims, wherein:

while it is partially opened, the at least one gas outlet valve (16) is opened in a range between 5% and 30% of a maximum valve lift of the at least one gas outlet valve (16); and/or
while it is partially opened, the at least one gas outlet valve (16) is opened in a range between 0.5 mm and 3 mm.
4. Method according to Claim 3, wherein a maximum valve lift lies in a range between 10 mm and 16 mm.
5. Method according to one of the preceding claims, wherein:
the partial opening of the at least one gas outlet valve

(16) begins during the compression stroke in a range between 100° of crank angle and 60° of crank angle before TDC.

6. Method according to one of the preceding claims, wherein:
the closing of the at least one gas outlet valve (16) begins at the end of the exhaust stroke or during the intake stroke in a range between TDC and 30° of crank angle after TDC. 5
7. Method according to one of the preceding claims, wherein:
while the gas outlet valve (16) is being kept open during the expansion stroke and the exhaust stroke, a constant valve lift of the at least one gas outlet valve (16) is maintained. 10
8. Method according to one of the preceding claims, wherein:
for each cylinder (12), two gas outlet valves (16) are provided and only one of the two gas outlet valves (16) is partially opened during the compression stroke, is kept partially open during the expansion stroke and the exhaust stroke and is closed at the end of the exhaust stroke or during the intake stroke. 15
9. Method according to Claim 8, wherein:
the other of the two gas outlet valves (16) is closed during the compression stroke, the expansion stroke, the exhaust stroke and the intake stroke. 20
10. Method according to one of the preceding claims, also involving:
opening at least one gas inlet valve (14) of the at least one cylinder (12) during an intake stroke; and
keeping the at least one gas inlet valve (14) closed during the compression stroke, the expansion stroke and the exhaust stroke. 25
11. Variable valve train (22), in particular sliding cam system, for an internal combustion engine (10), wherein the variable valve train (22) is configured to carry out the method according to one of the preceding claims. 30
12. Motor vehicle, in particular utility vehicle, having an internal combustion engine (10) having the variable valve train according to Claim 11. 35

Revendications

1. Procédé de freinage d'un moteur à combustion interne (10), notamment d'un moteur à combustion interne à quatre temps, ledit procédé comprenant les

étapes suivantes :

ouvrir partiellement au moins une soupape de sortie de gaz (16) d'au moins un cylindre (12) du moteur à combustion interne (10) pendant un temps de compression du moteur à combustion interne (10) ;
maintenir une ouverture partielle de l'au moins une soupape de sortie de gaz (16) pendant un temps de détente du moteur à combustion interne (10) qui fait suite au temps de compression et pendant un temps d'échappement du moteur à combustion interne (10) qui fait suite au temps de détente ; et
fermer l'au moins une soupape de sortie de gaz (16), partiellement ouverte, à la fin du temps d'échappement ou pendant un temps d'admission du moteur à combustion interne (10) qui fait suite au temps d'échappement, 40

caractérisé en ce que

l'au moins une soupape de sortie de gaz (16) est ouverte lors de l'ouverture partielle tant que, lorsque la vitesse de rotation du moteur à combustion interne (10) est inférieure à une vitesse de rotation limite du moteur à combustion interne (10), il n'y a sensiblement aucune compression dans le cylindre respectif (12) pendant le temps d'échappement,
l'au moins une soupape de sortie de gaz (16) est ouverte lors de l'ouverture partielle tant que, lorsque la vitesse de rotation du moteur à combustion interne (10) est supérieure à la vitesse de rotation limite, une compression se produit dans le cylindre respectif (12) pendant le temps d'échappement, et
la vitesse de rotation limite est située dans une plage comprise entre 1000 tr/min et 1700 tr/min, en particulier dans une plage comprise entre 1200 tr/min et 1500 tr/min. 45

2. Procédé selon la revendication 1, la compression dans le cylindre respectif (12) augmentant au-dessus de la vitesse de rotation limite pendant le temps d'échappement à mesure que la vitesse du moteur à combustion interne (10) augmente. 50
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes,

l'au moins une soupape de sortie de gaz (16) étant ouverte lors de l'ouverture partielle dans une plage comprise entre 5 % et 30 % d'une levée de soupape maximale de l'au moins une soupape de sortie de gaz (16) ; et/ou
l'au moins une soupape de sortie de gaz (16)

- étant ouverte lors de l'ouverture partielle dans une plage comprise entre 0,5 mm et 3 mm.
4. Procédé selon la revendication 3, une levée de soupape maximale étant située dans une plage comprise entre 10 mm et 16 mm. 5
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, l'ouverture partielle de l'au moins une soupape de sortie de gaz (16) pendant le temps de compression commençant dans une plage comprise entre 100° AC et 60° AC avant le PMH. 10
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, la fermeture de l'au moins une soupape de sortie de gaz (16) commençant à la fin du temps d'échappement ou pendant le temps d'admission dans une plage comprise entre le PMH et 30° AC après le PMH. 15
20
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, lorsque la soupape de sortie de gaz (16) est maintenue ouverte pendant le temps de détente et le temps d'échappement, une levée de soupape constante de l'au moins une soupape de sortie de gaz (16) étant maintenue. 25
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, deux soupapes de sortie de gaz (16) étant prévues pour chaque cylindre (12) et une seule des deux soupapes de sortie de gaz (16) étant partiellement ouverte pendant le temps de compression, étant maintenue ouverte avec une ouverture partielle pendant le temps de détente et le temps d'échappement et étant fermée à la fin du temps d'échappement ou pendant le temps d'admission. 30
35
40
9. Procédé selon la revendication 8, l'autre des deux soupapes de sortie de gaz (16) étant fermée pendant le temps de compression, le temps de détente, le temps d'échappement et le temps d'admission. 45
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre les étapes suivantes :
- ouvrir au moins une soupape d'admission de gaz (14) de l'au moins un cylindre (12) pendant un temps d'admission ; et 50
- maintenir l'au moins une soupape d'admission de gaz (14) fermée pendant le temps de compression, le temps de détente et le temps d'échappement. 55
11. Commande de soupapes variable (22), notamment
- système à cames coulissantes, destinée à un moteur à combustion interne (10), la commande de soupapes variable (22) étant conçue pour mettre en œuvre le procédé selon l'une des revendications précédentes.
12. Véhicule automobile, en particulier véhicule utilitaire, comprenant un moteur à combustion interne (10) muni de la commande de soupapes variable selon la revendication 11.

FIG. 1

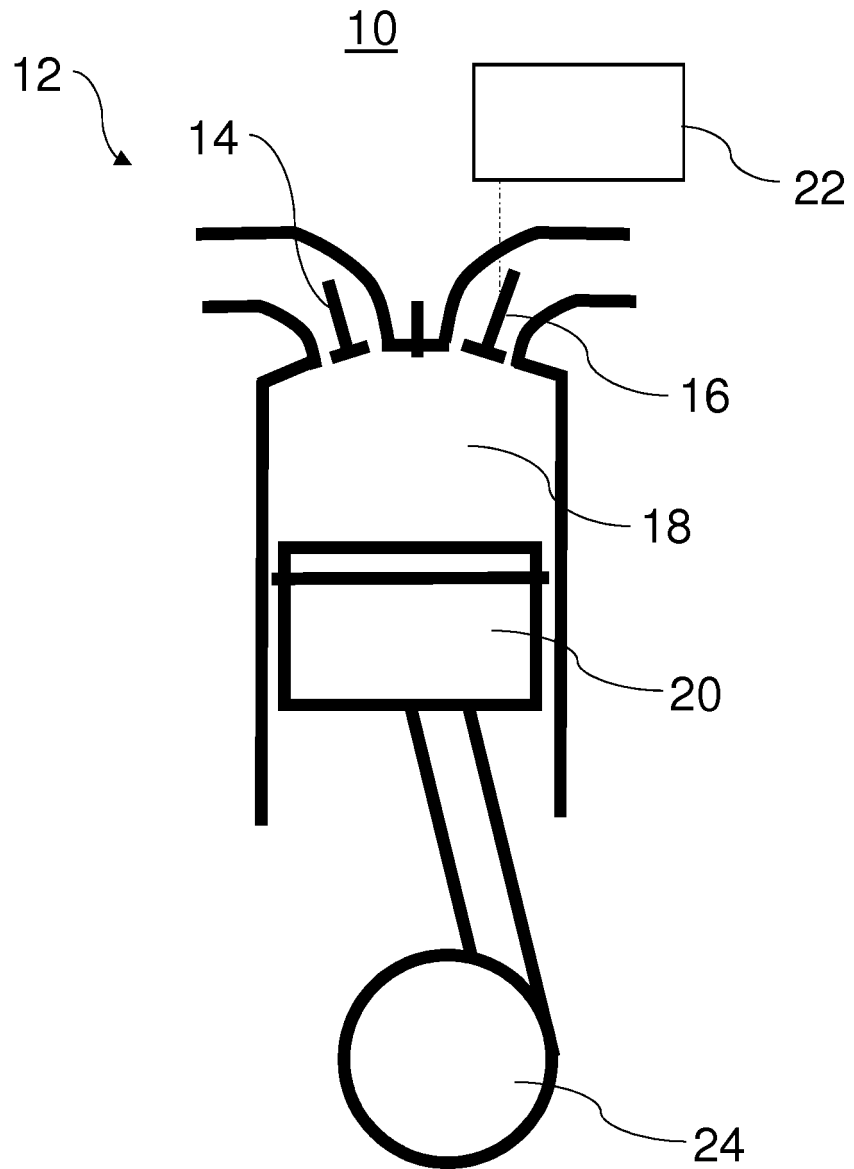
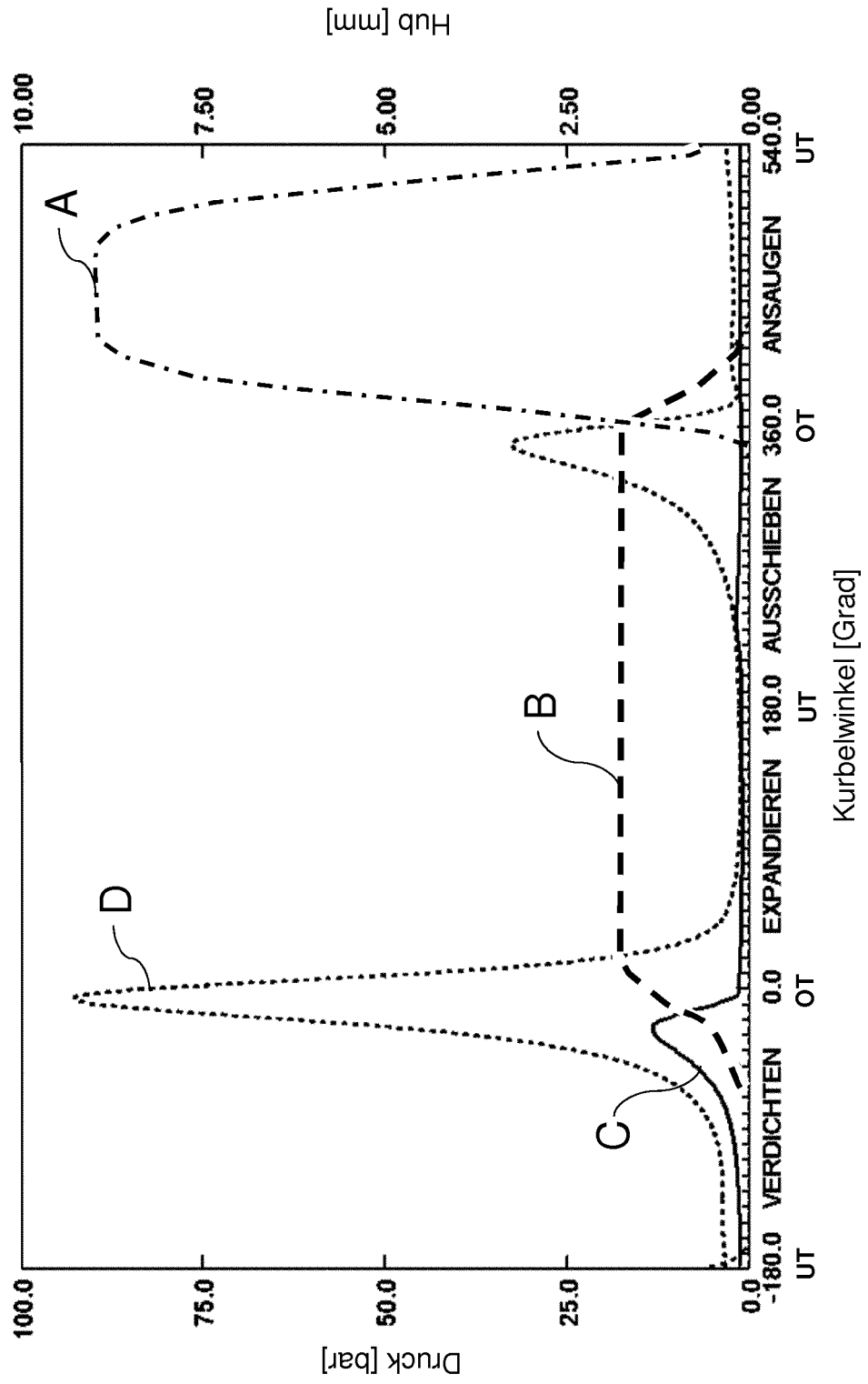


FIG. 2



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] [0006]
- DE 102013019183 A1 [0004] [0005]
- DE 102005059403 A1 [0007]