

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50993/2021
(22) Anmeldetag: 13.12.2021
(43) Veröffentlicht am: 15.04.2023

(51) Int. Cl.: **F02M 21/02** (2006.01)
F02D 19/02 (2006.01)
F02D 41/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
DE 102015210756 A1
EP 3486458 A1
JP 2004076698 A
JP 2008115834 A

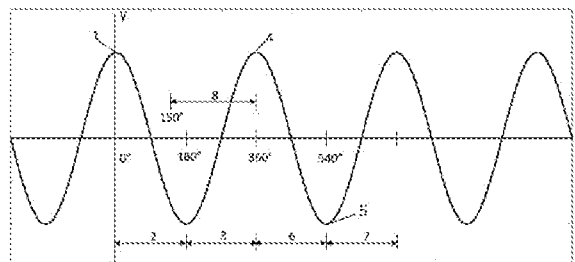
(71) Patentanmelder:
AVL LIST GMBH
8020 GRAZ (AT)

(72) Erfinder:
ZUKANCIC Admir Dipl.-Ing.
8051 Graz (AT)

(74) Vertreter:
Babeluk Michael Dipl.-Ing. Mag.rer.soc.oec.
1080 Wien (AT)

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER GASBETRIEBENEN BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer gasbetriebenen Brennkraftmaschine, wobei während eines eingeschalteten Betriebszustands der Brennkraftmaschine während einer Einströmphase (9) ein sauerstoffhaltiges Gas, vorzugsweise Luft, in zumindest einen Zylinder für die Verbrennung eingebracht wird und wobei Kraftstoff zu zumindest einem Injektor (12) geleitet wird, vom Injektor (12) in den Zylinder eingespritzt und dort im Zuge einer Primärzündung (1,1') gezündet wird, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Abschaltvorgangs der Brennkraftmaschine die Zuführung des Kraftstoffs zum Injektor (12) beendet wird, und dass im Bereich des Injektors (12) verbleibender Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine nach der Primärzündung (1,1') und vor dem Beginn der darauffolgenden Einströmphase (9) eingespritzt und gezündet wird.



Z U S A M M E N F A S S U N G

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer gasbetriebenen Brennkraftmaschine, wobei während eines eingeschalteten Betriebszustands der Brennkraftmaschine während einer Einströmphase (9) ein sauerstoffhaltiges Gas, vorzugsweise Luft, in zumindest einen Zylinder für die Verbrennung eingebracht wird und wobei Kraftstoff zu zumindest einem Injektor (12) geleitet wird, vom Injektor (12) in den Zylinder eingespritzt und dort im Zuge einer Primärzündung (1,1') gezündet wird, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Abschaltvorgangs der Brennkraftmaschine die Zuführung des Kraftstoffs zum Injektor (12) beendet wird, und dass im Bereich des Injektors (12) verbleibender Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine nach der Primärzündung (1,1') und vor dem Beginn der darauffolgenden Einströmphase (9) eingespritzt und gezündet wird.

Fig. 2a

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer gasbetriebenen Brennkraftmaschine, wobei während eines eingeschalteten Betriebszustands der Brennkraftmaschine während einer Einströmphase ein sauerstoffhaltiges Gas, vorzugsweise Luft, in zumindest einen Zylinder für die Verbrennung eingebracht wird und wobei Kraftstoff zu zumindest einem Injektor geleitet wird, vom Injektor in den Zylinder eingespritzt und dort im Zuge einer Primärzündung gezündet wird.

Es ist bekannt, dass bei gasbetriebenen Brennkraftmaschinen, also Verbrennungskraftmaschinen, die mit einem Kraftstoff betrieben werden, der unter normalen Atmosphärenbedingungen gasförmig ist, beispielsweise Wasserstoff, Erdgas und dergleichen, nach dem Abschalten ein Restanteil an Kraftstoff in den Injektoren und/oder den die Injektoren versorgenden Leitungen verbleibt. Nach dem Ende des eingeschalteten Betriebszustands gibt es also verbleibenden Kraftstoff, der mit hohem Druck in den Injektoren und/oder über die Versorgungsleitungen der Injektoren an diesen anliegt. Um den dadurch resultierenden Druck während des ausgeschalteten Zustands in diesen Teilen zu reduzieren, wird nach der letzten regulären Verbrennung im Zuge einer Primärzündung das verbleibende Gas entweder in die Umgebung abgegeben oder in entsprechende Auffangbehältnisse übergeführt. Dies führt entweder zu dem Problem, dass die Umwelt durch den Kraftstoff belastet wird und das entzündbare Gas ein Sicherheitsrisiko darstellt, oder zu einer aufwändigen Konstruktion durch zusätzliche Bauteile.

Aufgabe der Erfindung ist daher, ein Verfahren bereitzustellen, das möglichst sicher und umweltschonend ist, sowie das einen einfachen Aufbau bedingt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass während eines Abschaltvorgangs der Brennkraftmaschine die Zuführung des Kraftstoffs zum Injektor beendet wird, und dass im Bereich des Injektors verbleibender Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine nach der Primärzündung und vor dem Beginn der darauffolgenden Einströmphase eingespritzt und gezündet wird.

Dadurch kann der verbleibende Kraftstoff abgebaut und der Injektor oder die Injektoren entlastet werden, ohne dass er an die Umgebung gelangt oder extra gespeichert werden muss. Es sind keine größeren technischen Anpassungen oder

komplexeren Konstruktionen erforderlich, um dieses Verfahren durchzuführen und trotzdem wird sichergestellt, dass kein unverbrannter Kraftstoff in die Außenwelt gelangt und dort ein Umweltrisiko darstellt oder gar unkontrolliert zündet.

Dabei ist nicht wesentlich, dass der gesamte verbleibende Kraftstoff eingespritzt und gezündet wird, sondern dass der Druck dieses verbleibenden Kraftstoffs in den betreffenden Teilen, insbesondere bis auf Umgebungsdruck, gesenkt wird. Hierdurch wird bei abgestellter Brennkraftmaschine eine Gefahr durch entweichenden Kraftstoff, insbesondere Wasserstoff, verhindert.

Dabei wird durch diese weitere Zündung, also Sekundärzündung, außerhalb des normalen Zündzyklus des eingeschalteten Betriebs erreicht, dass der Kraftstoff verbrannt wird, ohne die auslaufenden Bewegungen der Brennkraftmaschine wesentlich zu stören. Durch diese Sekundärzündung wird vorzugsweise eine nur unwesentliche oder keine Kraft auf den Kolben ausgeübt, es erfolgt als vorzugsweise keine durch die Sekundärzündung induzierte Abwärtsbewegung (oder Hemmung der Aufwärtsbewegung) des Kolbens wie es etwa bei der Primärzündung der Fall ist. Somit wird die Brennkraftmaschine durch diese weitere Zündung nicht belastet.

Vorzugsweise wird während des Abschaltvorgangs die Zuführung des Kraftstoffs zum Injektor beendet und erst dann der im Bereich des Injektors, insbesondere in einer Verteilungsvorrichtung, verbleibende Kraftstoff eingespritzt und gezündet.

Dabei ist jener verbleibende Kraftstoff gemeint, der sich bei Beendigung der Zuführung des Kraftstoffs zu den Injektoren noch in den Zuleitungen zu den Injektoren und in dem Injektor selbst befindet. In der Regel wird der Injektor oder die Injektoren über eine drucksenkende Einrichtung, einen sogenannten Druckregler, mit Kraftstoff versorgt. Dabei ist vorzugsweise ein Leitungssystem zur Versorgung des Injektors oder der Injektoren vorgesehen, wobei das Leitungssystem die zumindest eine drucksenkende Einrichtung aufweist. Diese drucksenkende Einrichtung dient dazu, den Druck des Kraftstoffes aus der Kraftstoffquelle, wie einem Kraftstofftank, zu senken und ihn den Injektoren in einem niedrigeren Druck bereitzustellen. Dabei wird vorzugsweise der zwischen dem zumindest einen Druckregler und dem Injektor verbleibende Kraftstoff während des Abschaltvorgangs erfindungsgemäß eingespritzt und gezündet.

Des Weiteren kann das Leitungssystem auch Verteilungsvorrichtungen zur Verteilung des Kraftstoffes zwischen den Injektoren aufweisen.

Die Einströmphase ist eine Phase, bei der ein Einlasskanal mit dem Brennraum, also dem Zylinderinnenraum, strömungsverbunden ist und Luft oder ein anderes sauerstoffhaltiges Gas in den Brennraum einströmt. Dabei kann das Gas vorverdichtet sein und/oder mit Zusätzen versetzt sein, beispielsweise Kraftstoff, Stickstoff oder anderen Gasen, Flüssigkeiten oder Feststoffen. Diese Strömungsverbindung kann beispielsweise durch die Öffnung zumindest eines Ventils und/oder durch die Bewegung des Kolbens und damit Freigabe zumindest einer Kanalöffnung erfolgen. Im Falle einer Ventilöffnung beginnt die Einströmphase also mit dem Beginn der Ventilöffnung und endet mit dem Ende der Ventilschließung. Entsprechendes gilt auch bei der bewegungsbedingten Freilegung der Kanalöffnungen.

Die Primärzündung dient im eingeschalteten Betrieb der Kraftausübung auf den Kolben, um ihn in Richtung des unteren Totpunktes zu treiben. In der Regel findet die Primärzündung am oder zumindest in unmittelbarer Nähe des oberen Totpunktes statt.

Brennkraftmaschinen für das erwähnte Verfahren dienen meist zum Betrieb eines Fahrzeugs, insbesondere zu dessen Antrieb.

Im eingeschalteten Betriebszustand wird der Motor regulär betrieben, um ein Drehmoment, beispielsweise für ein Fahrzeug, insbesondere für dessen Fortbewegung, bereitzustellen. Es handelt sich also um den normalen Betrieb der Brennkraftmaschine, bei dem Kraftstoff laufend verbrannt wird und so der oder die Kolben zyklisch vom oberen zum unteren Totpunkt und vice versa bewegt werden.

Wenn die Brennkraftmaschine aus dem eingeschalteten Betriebszustand in einen Ruhezustand, also einen abgeschalteten Zustand übergeführt werden soll, also beispielsweise bei Abstellen des Fahrzeugs, wird ein Abschaltvorgang durchgeführt, bei der der eingeschaltete Betriebszustand verlassen wird und die Brennkraftmaschine aufhört, relevantes Drehmoment zur Fortbewegung bereitzustellen. In der Regel wird der genaue Ablauf des Abschaltvorgangs durch das Programm einer Motorsteuerung definiert, das den Abschaltvorgang zum Beispiel bei Empfangen eines entsprechenden Benutzerwunsches einleitet. Während

dieses Vorgangs wird die reguläre Einspritzung und Verbrennung im Zuge der Primärzündungen des Kraftstoffes zur Erzeugung eines Drehmoments beendet, da dies eben nicht mehr benötigt wird. Die Kolben können noch ein paar Umdrehungen oder Teilumdrehungen durchführen, bis sie zum Stillstand kommen. Die Kolben bewegen sich also noch zumindest teilweise durch die einzelnen Phasen wie die Einströmphase oder die Auslassphase, auch wenn vielleicht nicht mehr alle aktiv gesteuerten Tätigkeiten wie die Primäreinspritzung oder die Primärzündung nicht mehr stattfinden. Die Strömungsverbindungen mit den Einlass- und Auslasskanälen findet in der Regel aber bei Durchwandern der Einström- und Auslassphase aber aufgrund der mechanischen Steuerung der Ventile bzw. Freilegung von Strömungsöffnungen während des Abschaltvorgangs statt.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass in einem eingeschalteten Betriebszustand der Brennkraftmaschine während einer Ausstoßphase Abgas aus dem Zylinder abgeleitet wird, und dass der verbleibende Kraftstoff bei oder nach Beginn der Ausstoßphase und vorzugsweise in der Ausstoßphase und besonders vorzugsweise in der ersten Hälfte der Ausstoßphase eingespritzt und gezündet wird. Dies ermöglicht, dass das verbrannte Gas direkt nach der Sekundärzündung aus dem Brennraum entweichen kann und verhindert, dass es bei der Sekundärzündung zu einer Drucksteigerung im Brennraum kommt, die die Bewegung des Kolbens ungewollt beeinflusst. Es kann auch vorgesehen sein, dass der verbleibende Kraftstoff spätestens 10° Kurbelwinkel vor dem Ende der Ausstoßphase, vorzugsweise spätestens 20° Kurbelwinkel vor dem Ende der Ausstoßphase eingespritzt und vorzugsweise auch gezündet wird.

Die Ausstoßphase ist dabei eine Phase, bei der zumindest ein Auslasskanal mit dem Brennraum, also dem Zylinderinnenraum, strömungsverbunden ist und Abgas aus dem Brennraum abströmen kann. Diese Strömungsverbindung kann beispielsweise durch die Öffnung zumindest eines Ventils und/oder durch die Bewegung des Kolbens und damit Freigabe zumindest einer Kanalöffnung erfolgen. Im Falle einer Ventilöffnung beginnt die Ausstoßphase also mit dem Beginn der Ventilöffnung.

Die Ausstoßphase und die Einströmphase können sich dabei überschneiden oder gar die Einströmphase in die Ausstoßphase fallen. Insbesondere im 2-Takt-Betrieb, aber auch im 4-Takt-Betrieb ist dies möglich.

Mit erster Hälfte ist dabei die zeitliche erste Hälfte gemeint. Durch die Einspritzung in der ersten Hälfte wird sichergestellt, dass genug Raum im Zylinder vorhanden ist, um eine Zündung ohne wesentliche Auswirkungen auf die Bewegung des Kolbens zu erreichen.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass die Zündung des verbleibenden Kraftstoffes maximal 20° Kurbelwinkel nach dem Beginn der Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes, vorzugsweise maximal 10° Kurbelwinkel nach dem Beginn der Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes, erfolgt. So wird sichergestellt, dass sich der verbleibende Kraftstoff im Brennraum verteilen und mit dem dortigen Sauerstoff vermischen kann, bevor er gezündet wird, ohne dass zu viel Zeit verloren wird. Dies führt zu einer möglichst vollständigen Verbrennung ohne Beeinträchtigung der Bewegung des Kolbens.

Vorzugsweise erfolgt die Zündung des verbleibenden Kraftstoffes mindestens 5° Kurbelwinkel nach dem Beginn der Einspritzung.

Es kann vorgesehen sein, dass ein Druckregler Kraftstoff von einem Kraftstofftank in einem eingestellten Druck über eine Verteilungsvorrichtung an mehrere Injektoren leitet und dass während des Abschaltvorgangs der Druckregler die Kraftstoffzufuhr zur Verteilungsvorrichtung beendet, vorzugsweise bevor der verbleibende Kraftstoff eingespritzt und gezündet wird. Dies ermöglicht die korrekte Einstellung des Kraftstoffdrucks bei der Injektion. In der Verteilungsvorrichtung wird während des eingeschalteten Betriebszustands durch den Druckregler ein Druck eingestellt, der zu dem gewünschten Einspritzdruck in den Zylinder führt. Während des Abschaltvorgangs wird dieser durch die Sekundäreinspritzung und -zündung wieder abgebaut.

Vorteilhaft ist in diesem Sinne, wenn der Druck des Kraftstoffs während des eingeschalteten Betriebszustands durch den Druckregler verringert wird. Damit ist gemeint, dass stromaufwärts des Druckreglers ein höherer Druck herrscht als stromabwärts des Druckreglers, der Druckregler also entlang der Strömungsrichtung des Kraftstoffs den Druck verringert. Mit anderen Worten vermindert der Druckregler während des Betriebs also den Druck des Kraftstoffes, sodass der Druck im Kraftstofftank höher ist als der Druck in der Verteilungsvorrichtung. Der Druckregler kann so einfach aufgebaut werden und der Kraftstoff bei hohem Druck gelagert werden. Dies ermöglicht eine effiziente und

platzsparende Lösung, bei der der Druck am Injektor trotzdem optimal eingestellt wird.

In diesem Sinne ist auch vorteilhaft, wenn während des Abschaltvorgangs der Brennkraftmaschine in der Verteilungsvorrichtung und/oder den Injektoren befindlicher Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine nach der Primärzündung und vor dem Beginn der darauffolgenden Einströmphase eingespritzt und gezündet wird. So wird der Druck des Kraftstoffes, der sich in den Injektoren oder der Verteilungsvorrichtung befindet, gesenkt.

Besonders vorteilhaft ist, wenn die Brennkraftmaschine in einem Viertaktbetrieb betrieben wird, dass im eingeschalteten Betriebszustand während eines Ansaugtaktes ein sauerstoffhaltiges Gas, vorzugsweise Luft, in den Zylinder eingebracht wird und Kraftstoff in den Zylinder geleitet wird und dass während des Abschaltvorgangs der verbleibende Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine vor dem Beginn des Ansaugtaktes eingespritzt und gezündet wird. Üblicher Weise erfolgt der Beginn der Ansaugtaktes im Bereich des oberen Totpunktes und endet üblicher Weise im Bereich des unteren Totpunkts. Die Einströmphase entspricht im Viertaktbetrieb also dem Ansaugtakt.

Vorzugsweise wird beim Viertaktbetrieb im eingeschalteten Betriebszustand der Brennkraftmaschine das Gas in einem Arbeitstakt im Zuge der Primärzündung gezündet.

Der Arbeitstakt ist dabei der Takt, bei dem die reguläre Zündung stattfindet, die den Zylinder in Richtung unteren Totpunkt treibt. In der Regel beginnt der Arbeitstakt bei einem Kurbelwinkel von 0° , also im oberen Totpunkt, und endet bei 180° , also dem unteren Totpunkt.

Es kann vorgesehen sein, dass im eingeschalteten Betriebszustand zu Beginn oder während eines Ausstoßtaktes Abgas aus dem Zylinder abgeleitet wird und dass während des Abschaltvorgangs der verbleibende Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine vor dem Ende des Ausstoßtaktes eingespritzt und gezündet wird. Dies stellt sicher, dass das durch die Sekundärzündung entstandene Abgas auch vollständig abgeführt wird, damit der Brennraum bei darauffolgender neuer Inbetriebnahme wieder bereit für Primärzündungen ist.

Der Ausstoßtakt ist der Takt, der in der Regel direkt auf den Arbeitstakt folgt und während dem das verbrannte Gas im Brennraum ausgeleitet wird. Vorzugsweise beginnt der Ausstoßtakt bei einem Kurbelwinkel von 180° , also im unteren Totpunkt, und endet bei 360° , also dem oberen Totpunkt. In der Regel ist während des Arbeitstaktes zumindest ein Auslassventil geöffnet, das eine Strömungsverbindung zwischen Brennraum und einem Auslasskanal herstellt, über den das Gas entweichen kann.

Weiters ist vorteilhaft, wenn während des Abschaltvorgangs der verbleibende Kraftstoff bei oder nach einem Kurbelwinkel von 30° vor dem Beginn des Ausstoßtaktes, vorzugsweise bei oder nach einem Kurbelwinkel von 20° vor dem Beginn des Ausstoßtaktes eingespritzt und gezündet wird. Dies ermöglicht einen ausreichenden Abstand zur letzten Primärzündung, stellt aber genügend Zeit und Raum für eine möglichst vollständige Entlastung der Injektoren zur Verfügung.

Es kann auch vorgesehen sein, dass die Brennkraftmaschine in einem Zweitaktbetrieb betrieben wird.

In diesem Sinne kann vorgesehen sein, dass in einem eingeschalteten Betriebszustand der Brennkraftmaschine während einer Ausstoßphase Abgas aus dem Zylinder abgeleitet wird, und dass während des Abschaltvorgangs die Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes bei oder nach einem Kurbelwinkel von 15° vor dem Beginn der Ausstoßphase, vorzugsweise frühestens bei oder nach einem Kurbelwinkel von 5° vor dem Beginn der Ausstoßphase beginnt und besonders vorzugsweise bei oder nach Beginn der Ausstoßphase beginnt. Im Zweitaktbetrieb steht ein geringerer Zeitraum zur Entlüftung der Injektoren bereit, durch diese Wahl des Zeitpunktes für die Einspritzung ist sie aber dennoch gut möglich, ohne die Bewegung des Kolbens zu beeinträchtigen.

Die letzte Zündung während des Betriebs der Brennkraftmaschine des Zylinders, in dem während des Abschaltvorgangs verbleibender Kraftstoff eingespritzt und gezündet wird, erfolgt vorzugsweise in einem überstöchiometrischen Zündgemisch, also mit einem Zündgemisch, in dem mehr Luft vorhanden ist, als notwendig wäre, um den Kraftstoff vollständig zu verbrennen, also einem mageren Zündgemisch.

Falls mehrere Zylinder vorgesehen sind, wird vorzugsweise zumindest ein Zylinder für die Einspritzung und Zündung des verbleibenden Kraftstoffes ausgewählt, der

sich bei Beginn des Abschaltvorgangs gerade in den möglichen beschriebenen Bereichen für die Einspritzung und Zündung des verbleibenden Kraftstoffes befindet und/oder unmittelbar vor diesen Bereichen steht. Dies ermöglicht, dass der Druck möglichst bald nach dem Abschaltsignal abgebaut werden kann.

Besonders vorzugsweise wird zumindest ein Zylinder für die Einspritzung und Zündung des verbleibenden Kraftstoffes ausgewählt, der sich direkt nach der Beendigung der Leitung des Kraftstoffes zum Injektor gerade in den möglichen beschriebenen Bereichen für die Einspritzung und Zündung des verbleibenden Kraftstoffes befindet und/oder unmittelbar vor diesen Bereichen steht. Dadurch kann der Abschaltvorgang möglichst kurzgehalten werden und der anliegende Druck an den Injektoren auf ein Minimum reduziert werden.

In weiterer Folge wird die Erfindung anhand erfindungsgemäßer, nicht einschränkender Ausführungsformen in den Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Aufbau einer Kraftstoffleitung einer Brennkraftmaschine für die Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einer ersten Ausführungsform;

Fig. 2a eine schematische Darstellung der Kolbenposition in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine während Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einer zweiten Ausführungsform in Abhängigkeit des Kurbelwinkels in einem Viertaktbetrieb;

Fig. 2b eine schematische Darstellung der Kolbenposition in einem Zylinder einer Brennkraftmaschine während Umsetzung eines erfindungsgemäßen Verfahrens in einer dritten Ausführungsform in Abhängigkeit des Kurbelwinkels in einem Zweitaktbetrieb.

In Fig. 1 ist ein Kraftstoffzufuhrsystem für eine Brennkraftmaschine mit sechs Zylindern schematisch dargestellt. Dabei wird der Kraftstoff in einem Gastank 16 unter hohem Druck gelagert. Eine Leitung 11 verbindet den Gastank 16 mit einem Druckregler 12, welcher während des eingeschalteten Betriebs der Brennkraftmaschine Kraftstoff in eine mit ihm verbundene Verteilungsvorrichtung 13 leitet, wobei der Druckregler 12 den Druck des weitergeleiteten Kraftstoffs

drosselt. Der Druckregler 12 kann beispielsweise als einstellbares Ventil ausgebildet sein.

Die Verteilungsvorrichtung 13 ist mit sechst Injektoren 14 verbunden, welche jeweils einem Zylinder zugeordnet sind. Es kann auch vorgesehen sein, dass zumindest einem Zylinder zumindest zwei Injektoren 14 zugeordnet sind. Über den Druckregler 12 kann während des eingeschalteten Betriebs eingestellt werden, mit welchem Druck der Kraftstoff an den Injektoren 14 anliegt und damit mit welchem Druck der Kraftstoff in den Zylinder während der Einspritzung eindringt.

In Fig. 2a wird die Kolbenposition y in einem Zylinder der Brennkraftmaschine zwischen oberem und unterem Totpunkt abhängig vom Kurbelwinkel x der Kurbelwelle dargestellt. Dabei befindet sich bei einem Kurbelwinkel von 0° der Kolben im oberen Totpunkt. Im Bereich dieses oberen Totpunktes, vorzugsweise im oberen Totpunkt, erfolgt die Primärzündung 1, welche das vorher eingeführte und verdichtete Luft-Kraftstoffgemisch zündet und damit den Kolben nach unten treibt. An diesen Arbeitstakt 2, der sich von 0° bis 180° Kurbelwinkel erstreckt, schließt ein Ausstoßtakt 3 an, während dem ein Auslassventil des Zylinders geöffnet ist und das verbrannte Gas abströmen kann. Der Kolben bewegt sich währenddessen wieder in Richtung des oberen Totpunktes 4 bei 360° , bei dem keine Primärzündung stattfindet. Dort endet die erste Umdrehung der Kurbelwelle und des Ausstoßtakts 3 und es schließt das Auslassventil, womit der Ausstoßtakt 3 beendet wird. Gleichzeitig öffnet ein Einlassventil, sodass vorzugsweise verdichtete Luft in den Zylinder einströmen kann, während sich der Kolben im Zuge der zweiten Umdrehung wieder in Richtung des unteren Totpunktes 5 bewegt. Dort schließt wieder das Einlassventil und der Ansaugtakt 6, der sich vom Beginn der Öffnung bis zum Ende der Schließung des Einlassventils erstreckt, ist beendet. Während dieses Ansaugtaktes 6 erfolgt auch im eingeschalteten Betrieb die Kraftstoffeinspritzung durch den Injektor 14. Auf den Ansaugtakt 6 folgt ein Verdichtungstakt 7, der sich vom unteren Totpunkt bis zum oberen Totpunkt erstreckt, wo die nächste Primärzündung und damit der nächste Arbeitstakt startet.

Während des Abschaltvorgangs werden die Primärzündungen und die Einspritzungen des Kraftstoffes beendet, womit die Kolben nicht mehr im Arbeitstakt nach unten gedrückt werden. Kurz nach der Beendigung erfolgen Schwungbedingt noch einige wenige Bewegungen der Kolben und die Ventile öffnen

und schließen entsprechend. Zusätzlich wird auch der Druckregler 12 während des Abschaltvorgangs geschlossen.

Sobald der Druckregler geschlossen ist, wird in den Zylinder oder in jene Zylinder, die sich gerade im Arbeitstakt befinden und/oder die sich gerade in Fenster 8 befinden, ausgewählt und der zwischen Druckregler 12 und Injektor oder den Injektoren 14 verbleibende Kraftstoff innerhalb des Fensters 8 eingespritzt. Durch diese Sekundäreinspritzung oder Sekundäreinspritzungen wird der Druck in der Verteilereinrichtung 13 abgebaut.

Das Fenster 8 für die Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes beginnt bei dieser Ausführungsform 30° vor Beginn des Ausstoßtaktes, also bei einem Kurbelwinkel von 150° , während des letzten Arbeitstaktes des Zylinders. Es endet mit dem Schließen des Auslassventils und damit mit dem Ende des Ausstoßtaktes 3. Vorzugsweise erfolgt die Zündung dieses verbleibenden Kraftstoffes 20° oder besonders vorzugsweise 10° nach dessen Einspritzung, damit sich der Kraftstoff im Zylinderraum verteilen kann. In diesem Sinne ist vorteilhaft, wenn die Einspritzung spätestens 20° Kurbelwinkel und vorzugsweise 10° Kurbelwinkel vor dem Ende des Ausstoßtaktes 3 erfolgt.

In Fig. 2b wird die Kolbenposition zwischen oberen und unteren Totpunkt abhängig vom Kurbelwinkel des Kolbens in einem Zylinder der Brennkraftmaschine in einer weiteren Ausführungsform dargestellt, welcher jener aus Fig. 2a ähnlich ist. Daher wird hier nur auf die wesentlichsten Unterschiede eingegangen und wirkgleiche Merkmale mit gleichem Bezugszeichen versehen.

Die in Fig. 2b beschriebene Brennkraftmaschine wird im Zweitaktbetrieb mit Querstromspülung betrieben. Dabei erfolgt die Primärzündung 1 am oberen Totpunkt, also bei 0° Kurbelwinkel. Während der Abwärtsbewegung des Kolbens in Richtung unteren Totpunkt (bei 180°), legt der Kolben eine Öffnung oder Öffnungen frei, womit eine Strömungsverbindung zwischen einem Auslasskanal im Zylinder und dessen Brennraum hergestellt wird. Dies ist mit Punkt 9a dargestellt. Ab diesem Zeitpunkt beginnt eine Ausstoßphase 8, während der das verbrannte Gas aus dem Brennraum entweichen kann.

Im Zuge der weiteren Abwärtsbewegung des Kolbens legt dieser eine weitere Öffnung oder Öffnungen frei, womit er eine Strömungsverbindung zwischen einem

Einlasskanal und dem Brennraum herstellt. Durch diese kann, vorzugsweise im Kurbelgehäuse vorkomprimierte, Luft in den Brennraum gelangen. Dieser Zeitpunkt ist mit Punkt 10a dargestellt und stellt den Beginn einer Einlassphase 10 dar, während der Frischluft in den Brennraum eindringen kann.

Dem entsprechend beendet der Kolben nach dem Passieren des unteren Totpunktes zuerst die Strömungsverbindung zum Einlasskanal (Punkt 10b) und beendet damit zuerst die Einströmphase 10 und danach wird der Auslasskanal geschlossen (Punkt 9b) und die Ausstoßphase 9 beendet. Nachdem der Kolben wieder im oberen Totpunkt angekommen ist, erfolgt im eingeschalteten Betrieb die nächste Primärzündung 1'.

Die Einleitung des Abschaltvorgangs erfolgt wie unter Fig. 2a beschrieben. Sobald der Druckregler 12 geschlossen ist, wird in den Zylinder oder in jene Zylinder, die sich gerade zwischen einer Primärzündung 1 und Fenster 8 und/oder im Fenster 8 befinden, der zwischen Druckregler 12 und Injektor oder den Injektoren 14 verbleibende Kraftstoff eingespritzt. Durch diese Sekundäreinspritzung oder Sekundäreinspritzungen wird der Druck in der Verteilereinrichtung 13 abgebaut. Dabei beginnt Fenster 8 bei dieser Ausführungsform 15° Kurbelwinkel vor Beginn (Punkt 9a) der Ausstoßphase 9 und endet mit Beginn (Punkt 10a) der Einströmphase 10.

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Betreiben einer gasbetriebenen Brennkraftmaschine, wobei während eines eingeschalteten Betriebszustands der Brennkraftmaschine während einer Einströmphase (9) ein sauerstoffhaltiges Gas, vorzugsweise Luft, in zumindest einen Zylinder für die Verbrennung eingebracht wird und wobei Kraftstoff zu zumindest einem Injektor (14) geleitet wird, vom Injektor (14) in den Zylinder eingespritzt und dort im Zuge einer Primärzündung (1,1') gezündet wird, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Abschaltvorgangs der Brennkraftmaschine die Zuführung des Kraftstoffs zum Injektor (14) beendet wird, und dass im Bereich des Injektors (14) verbleibender Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine nach der Primärzündung (1,1') und vor dem Beginn der darauffolgenden Einströmphase (9) eingespritzt und gezündet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem eingeschalteten Betriebszustand der Brennkraftmaschine während einer Ausstoßphase (10) Abgas aus dem Zylinder abgeleitet wird, und dass der verbleibende Kraftstoff während des Abschaltvorgangs bei oder nach Beginn der Ausstoßphase (10) und vorzugsweise in der Ausstoßphase (10) und besonders vorzugsweise in der ersten Hälfte der Ausstoßphase (10) eingespritzt und gezündet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündung des verbleibenden Kraftstoffes maximal 20° Kurbelwinkel nach dem Beginn der Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes, vorzugsweise maximal 10° Kurbelwinkel nach dem Beginn der Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes, erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Druckregler (12) Kraftstoff von einem Kraftstofftank (16) in einem eingestellten Druck über eine Verteilungsvorrichtung (13) an mehrere Injektoren leitet und dass während des Abschaltvorgangs der Druckregler (12) die Kraftstoffzufuhr zur Verteilungsvorrichtung (13) beendet, vorzugsweise bevor der verbleibende Kraftstoff eingespritzt und gezündet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass während des Abschaltvorgangs der Brennkraftmaschine in der Verteilungsvorrichtung (13) und/oder den Injektoren befindlicher Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine nach der Primärzündung (1,1') und vor dem Beginn der darauffolgenden Einströmphase (9) eingespritzt und gezündet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine in einem Viertaktbetrieb betrieben wird, dass im eingeschalteten Betriebszustand während eines Ansaugtaktes (2) ein sauerstoffhaltiges Gas, vorzugsweise Luft, in den Zylinder eingebracht wird und Kraftstoff in den Zylinder geleitet wird und dass während des Abschaltvorgangs der verbleibende Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine vor dem Beginn des Ansaugtaktes (2) eingespritzt und gezündet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass im eingeschalteten Betriebszustand zu Beginn oder während eines Ausstoßtaktes (3) Abgas aus dem Zylinder abgeleitet wird und dass während des Abschaltvorgangs der verbleibende Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine vor dem Ende des Ausstoßtaktes (3) eingespritzt und gezündet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass während des Abschaltvorgangs der verbleibende Kraftstoff bei oder nach einem Kurbelwinkel von 30° vor dem Beginn des Ausstoßtaktes (3), vorzugsweise bei oder nach einem Kurbelwinkel von 20° vor dem Beginn des Ausstoßtaktes (3) eingespritzt und gezündet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine in einem Zweitaktbetrieb betrieben wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass in einem eingeschalteten Betriebszustand der Brennkraftmaschine während einer Ausstoßphase (3) Abgas aus dem Zylinder abgeleitet wird, und dass während des Abschaltvorgangs die Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes bei oder nach einem Kurbelwinkel von 15° vor dem Beginn der Ausstoßphase (3),

vorzugsweise frühestens bei oder nach einem Kurbelwinkel von 5° vor dem Beginn der Ausstoßphase (3) beginnt und besonders vorzugsweise bei oder nach Beginn der Ausstoßphase (3) beginnt.

13.12.2021

MT

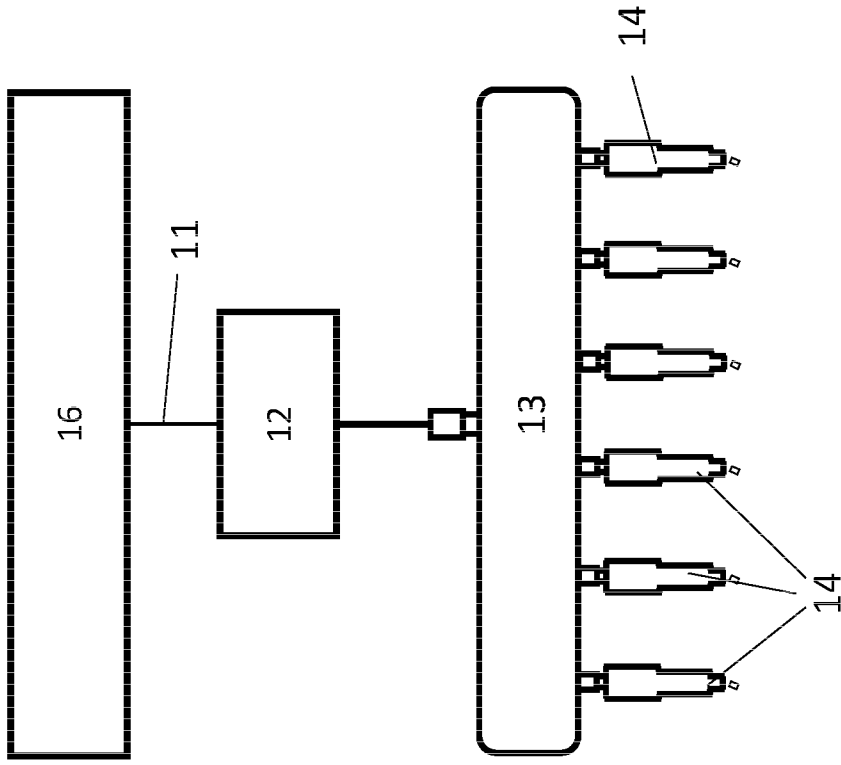


Fig. 1

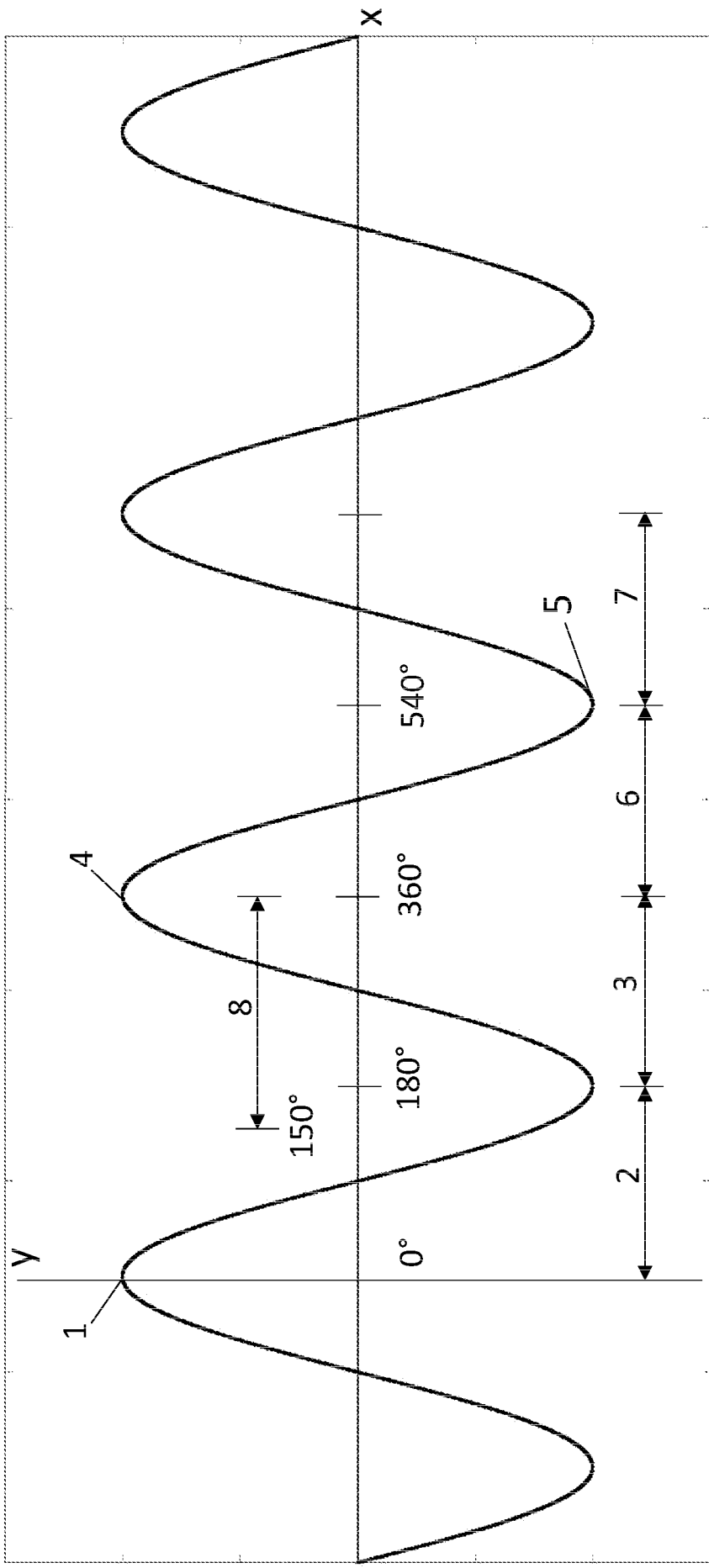


Fig. 2a

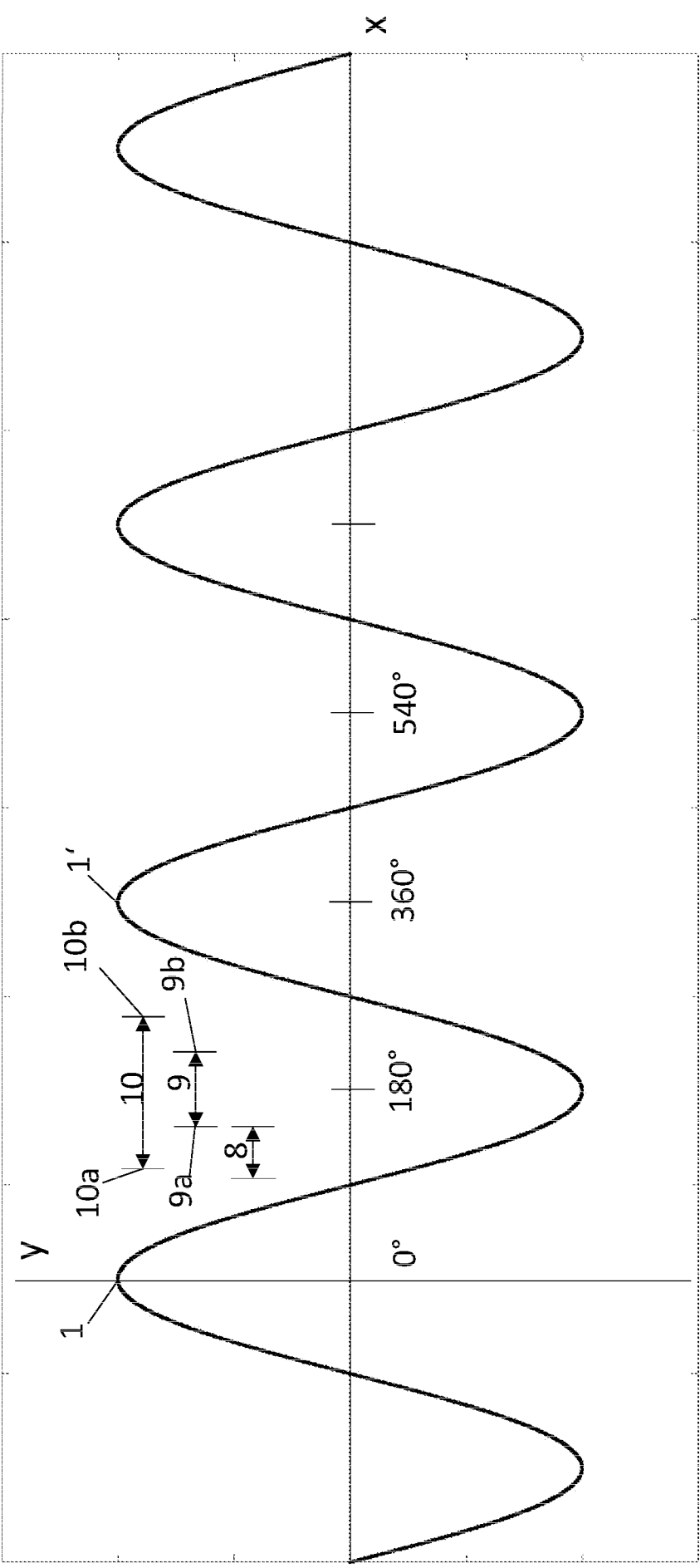


Fig. 2b

P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Verfahren zum Betreiben einer gasbetriebenen Brennkraftmaschine, wobei während eines eingeschalteten Betriebszustands der Brennkraftmaschine während einer Einströmphase (9) ein sauerstoffhaltiges Gas, vorzugsweise Luft, in zumindest einen Zylinder für die Verbrennung eingebracht wird und wobei Kraftstoff zu zumindest einem Injektor (14) geleitet wird, vom Injektor (14) in den Zylinder im Zuge einer Primäreinspritzung eingespritzt und dort im Zuge einer Primärzündung (1,1') gezündet wird, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Abschaltvorgangs der Brennkraftmaschine die Zuführung des Kraftstoffs zum Injektor (14) beendet wird, und dass im Bereich des Injektors (14) verbleibender Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine nach der Primärzündung (1,1') und vor dem Beginn der darauffolgenden Einströmphase (9) im Zuge einer Sekundäreinspritzung eingespritzt und im Zuge einer Sekundärzündung gezündet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in einem eingeschalteten Betriebszustand der Brennkraftmaschine während einer Ausstoßphase (10) Abgas aus dem Zylinder abgeleitet wird, und dass der verbleibende Kraftstoff während des Abschaltvorgangs bei oder nach Beginn der Ausstoßphase (10) und vorzugsweise in der Ausstoßphase (10) und besonders vorzugsweise in der ersten Hälfte der Ausstoßphase (10) eingespritzt und gezündet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Zündung des verbleibenden Kraftstoffes maximal 20° Kurbelwinkel nach dem Beginn der Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes, vorzugsweise maximal 10° Kurbelwinkel nach dem Beginn der Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes, erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Druckregler (12) Kraftstoff von einem Kraftstofftank (16) in einem eingestellten Druck über eine Verteilungsvorrichtung (13) an mehrere Injektoren leitet und dass während des Abschaltvorgangs der Druckregler (12) die Kraftstoffzufuhr zur Verteilungsvorrichtung (13) beendet, vorzugsweise bevor der verbleibende Kraftstoff eingespritzt und gezündet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass während des Abschaltvorgangs der Brennkraftmaschine in der Verteilungsvorrichtung (13) und/oder den Injektoren befindlicher Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine nach der Primärzündung (1,1') und vor dem Beginn der darauffolgenden Einströmphase (9) eingespritzt und gezündet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine in einem Viertaktbetrieb betrieben wird, dass im eingeschalteten Betriebszustand während eines Ansaugtaktes (2) ein sauerstoffhaltiges Gas, vorzugsweise Luft, in den Zylinder eingebracht wird und Kraftstoff in den Zylinder geleitet wird und dass während des Abschaltvorgangs der verbleibende Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine vor dem Beginn des Ansaugtaktes (2) eingespritzt und gezündet wird.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass im eingeschalteten Betriebszustand zu Beginn oder während eines Ausstoßtaktes (3) Abgas aus dem Zylinder abgeleitet wird und dass während des Abschaltvorgangs der verbleibende Kraftstoff in zumindest einen Zylinder der Brennkraftmaschine vor dem Ende des Ausstoßtaktes (3) eingespritzt und gezündet wird.
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass während des Abschaltvorgangs der verbleibende Kraftstoff bei oder nach einem Kurbelwinkel von 30° vor dem Beginn des Ausstoßtaktes (3), vorzugsweise bei oder nach einem Kurbelwinkel von 20° vor dem Beginn des Ausstoßtaktes (3) eingespritzt und gezündet wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine in einem Zweitaktbetrieb betrieben wird.
10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass in einem eingeschalteten Betriebszustand der Brennkraftmaschine während einer Ausstoßphase (3) Abgas aus dem Zylinder abgeleitet wird, und dass während des Abschaltvorgangs die Einspritzung des verbleibenden Kraftstoffes bei oder nach einem Kurbelwinkel von 15° vor dem Beginn der Ausstoßphase (3),

vorzugsweise frühestens bei oder nach einem Kurbelwinkel von 5° vor dem Beginn der Ausstoßphase (3) beginnt und besonders vorzugsweise bei oder nach Beginn der Ausstoßphase (3) beginnt.

12.07.2022

MT/iv