



(10) **DE 10 2012 018 692 A1** 2014.03.27

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2012 018 692.4**

(22) Anmeldetag: **21.09.2012**

(43) Offenlegungstag: **27.03.2014**

(51) Int Cl.: **F02D 23/00** (2006.01)

F02B 37/12 (2006.01)

F02D 15/00 (2006.01)

F02D 13/02 (2006.01)

F01L 13/02 (2006.01)

F02D 41/10 (2006.01)

(71) Anmelder:
Daimler AG, 70327, Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Koch, Thomas, Dr.-Ing., 71034, Böblingen, DE

(56) Ermittelte(r) Stand der Technik:

DE 10 2004 026 405 A1

US 2008 / 0 209 906 A1

EP 2 009 264 A2

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

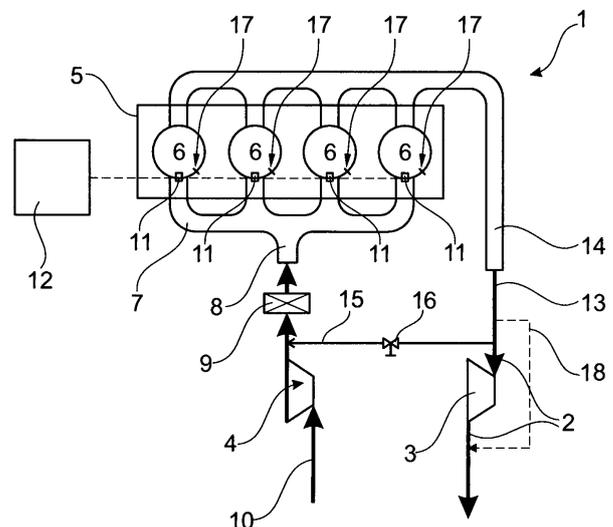
(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer zumindest ein Einlassventil aufweisenden Brennkraftmaschine, insbesondere eines Ottomotors**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer zumindest ein Einlassventil (11) aufweisenden Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Ottomotors, bei dem

– ein der Brennkraftmaschine (1) zugeführter Ladeluftstrom mit einem Abgasturbolader (2) verdichtet wird,

– in einem Teillastbetrieb das mindestens eine Einlassventil (11) der Brennkraftmaschine (1) zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt (t_1) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt (t_2) geschlossen wird,

– bei einem Übergang vom Teillastbetrieb in einen Vollastbetrieb für einen vordefinierten Zeitraum das zumindest eine Einlassventil (11) zu einem frühen dritten Zeitpunkt (t_3) oder zu einem späten vierten Zeitpunkt (t_4) geschlossen wird, wobei der dritte Zeitpunkt (t_3) nach dem ersten Zeitpunkt (t_1) und der vierte Zeitpunkt (t_4) vor dem zweiten Zeitpunkt (t_2) liegt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer zumindest ein Einlassventil aufweisenden Brennkraftmaschine, insbesondere eines Ottomotors. Die Erfindung betrifft ferner eine mit diesem Verfahren betriebene Brennkraftmaschine sowie ein Kraftfahrzeug mit einer derartigen Brennkraftmaschine.

[0002] In modernen Nutzfahrzeugen werden üblicherweise Dieselmotoren als Brennkraftmaschinen eingesetzt. Bauartbedingt sind in solchen Dieselmotoren hohe Verdichtungsverhältnisse möglich, die einen vergleichsweise hohen thermodynamischen Wirkungsgrad und in der Folge auch eine hohe Wirtschaftlichkeit eines solchen Dieselmotor verwendenden Nutzfahrzeugs nach sich ziehen. Allerdings sind sowohl das Einspritzsystem des Dieselmotors zum Einspritzen von Kraftstoff in eine Brennkammer des Dieselmotors als auch weitere Komponenten des Dieselmotors relativ teuer. Ein weiterer Nachteil bei der Verwendung eines Dieselmotors in Nutzfahrzeugen besteht darin, dass die vom Dieselmotor ausgestoßenen Schadstoffemission, insbesondere in einem Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine, nicht vernachlässigbar sind und einer aufwändigen Abgasnachbehandlung bedürfen. Demgegenüber können fremdgezündete Ottomotoren in einem sogenannten Magerbetrieb betrieben werden. Zudem sind die bei der Verbrennung entstehenden Abgase der als Ottomotor ausgebildeten Brennkraftmaschine im Vergleich zu einem Dieselmotor nahezu rußfrei. Demgegenüber ist die Wirtschaftlichkeit von Ottomotoren durch eine Vielzahl von thermodynamischen Randbedingungen begrenzt. Zudem darf im Hinblick auf die sogenannte Klopfneigung von Kraftstoff für Ottomotoren das geometrische Verdichtungsverhältnis ein vorbestimmtes Grenzmaß nicht überschreiten, welches deutlich unter dem eines Dieselmotors liegt. Entsprechend ist der thermodynamische Wirkungsgrad eines Ottomotors kleiner als der eines Dieselmotors.

[0003] Zur Verbesserung des thermodynamischen Wirkungsgrades eines Ottomotors kann dieser in einem sogenannten Miller-Betrieb als „Miller-Motor“ betrieben werden. In einem solchen Miller-Betrieb wird ein herkömmlicher Ottomotor mit einem gegenüber dem Normalbetrieb des Ottomotors erhöhten Verdichtungsverhältnis betrieben. Um eine daraus resultierende Klopfneigung des Miller-Motors zu reduzieren, werden die Einlassventile der Zylinder der Brennkraftmaschine sehr früh oder sehr spät, also insbesondere deutlich vor oder deutlich nach dem dem unteren Totpunkt des Kolbens der Brennkraftmaschine zugeordneten Kurbelwinkel von 540° , geschlossen. Dies bedeutet, dass das Ansaugen von frischer Verbrennungsluft in die Brennkammer über das Einlassventil entweder vorzeitig abgebrochen wird,

oder aber ein Teil der bereits in die Brennkammer angesaugten Luftmenge wieder zurück in den Ansaugtrakt, der dem Einlassventil vorgeschaltet ist, zurückgeschoben wird. In beiden Fällen wird der jeweilige Zylinder nur unvollständig gefüllt, wodurch das unerwünschte Auftreten von Klopfen in der Brennkammer vermieden oder zumindest vermindert werden kann.

[0004] Aus dem Stand der Technik, beispielsweise aus der DE 199 50 677 A1, ist bekannt, dass ein herkömmlicher Ottomotor als Miller-Motor in Kombination mit einer Abgasrückführung betrieben werden kann. Weiterhin kann gemäß dieser Weiterbildung die Brennkraftmaschine sowohl in einem Teillast- als auch in einem Vollastbetrieb betrieben werden, so dass durch eine geeignete Steuerzeit-Einstellung des Einlass- und Auslassventils im Vollastbetrieb das erhöhte Verdichtungsverhältnis wieder zurückgenommen werden kann. Zusätzlich kann gemäß dieser Weiterbildung auch eine Aufladung mittels eines der Brennkraftmaschine nachgeschalteten Abgasturboladers erfolgen. Allerdings ist ein derartig betriebener Ottomotor für den Vollastbetrieb nur eingeschränkt geeignet, da die Kolben der Brennkraftmaschine und auch abgasführende Teile im Bereich der Auslassventile hohen thermischen Belastungen unterliegen. Zur Reduzierung dieser unerwünschten hohen thermischen Belastungen wird im Vollastbetrieb üblicherweise eine Anfettung des Kraftstoff-Luftgemisches vorgenommen, was allerdings zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch und auch zu einer erhöhten Schadstoffemission der Brennkraftmaschine führen kann.

[0005] Die DE 10 2006 032 719 A1 offenbart ein Verfahren zum Betrieb eines Ottomotors mit verbesserter Wirtschaftlichkeit. Gemäß diesem Verfahren wird mindestens ein Einlassventil des Ottomotors sehr früh oder sehr spät geschlossen. Ein solches sehr frühes bzw. sehr spätes Schließen des mindestens einen Einlassventils erzeugt eine Verringerung des Temperaturniveaus bei verbessertem thermodynamischem Wirkungsgrad. Die durch die Schließzeiten der Einlassventile verringerte Zylinderfüllung wird durch die Verdichtung des Verbrennungsluftstroms mittels eines Abgasturboladers zumindest näherungsweise kompensiert, so dass ein hinreichend hohes Leistungsniveau zur Verfügung steht. Als weitere Maßnahme zur Temperaturverringerung kann dem Verbrennungsluftstrom zumindest bei Vollast ein Teilstrom von abgeführtem Abgas als Abgasrückführung zugeführt werden. Ein Nachteil dieses Verfahrens besteht jedoch darin, dass in einem sogenannten Transient-Betrieb der Brennkraftmaschine, d. h. während eines Lastwechsels der Brennkraftmaschine von einer niedrigen Last zu einer höheren Last oder gar zu einer Vollast, die Lastaufnahme oder auch der Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine relativ unbefriedigend ist.

[0006] Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine anzugeben, bei welcher oben genannte Nachteile beseitigt oder zumindest reduziert sind. Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine entsprechende Brennkraftmaschine zur Durchführung eines solchen verbesserten Verfahrens anzugeben.

[0007] Oben genannte Aufgabe wird gelöst durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche. Bevorzugte Ausführungsformen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0008] Die Erfindung beruht auf dem allgemeinen Gedanken, bei einem Übergang der Brennkraftmaschine von einem Teillastbetrieb in einen Vollastbetrieb, also im sogenannten Transientbetrieb, den Zeitpunkt des Schließens des Einlassventils für einen vordefinierten Zeitraum, also temporär, in Richtung zu einem Zeitpunkt hin zu verschieben, zu welchem sich der Kolben der Brennkraftmaschine an einem unteren Totpunkt befindet. Dies bedeutet, dass sich der Kolben während des Übergangs vom Teillast- in den Vollastbetrieb zum Zeitpunkt des Schließens des Einlassventils näher an der unteren Totpunkt-Position befindet als während des eigentlichen Teillast- oder Vollastbetriebs. Auf diese Weise wird beim Übergang vom Teillast- in den Vollastbetrieb kurzzeitig eine erhöhte Luftmenge in die Brennkammer eingebracht. Mittels eines derartigen kurzfristig erhöhten Luftmassendurchsatzes durch die Brennkammer der Brennkraftmaschine wird auch die Turbinenleistung des Abgasturboladers vorübergehend erhöht, was eine vorübergehende Leistungssteigerung der gesamten Brennkraftmaschine zur Folge hat. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens kann somit die beim Übergang vom Teillast- in den Vollastbetrieb erwünschte Leistungszunahme gegenüber herkömmlichen, oben erläuterten Verfahren besonders schnell und effektiv zur Verfügung gestellt werden. Gleichzeitig kann aber auch der Kraftstoffverbrauch der Brennkraftmaschine beim Transientbetrieb wie auch beim Teillast- und Vollastbetrieb generell relativ niedrig gehalten werden.

[0009] Im reinen Teillast- bzw. Vollastbetrieb wird gemäß des erfindungsgemäßen Verfahrens die Brennkraftmaschine in einem herkömmlichen Miller-Betrieb, in welchem das mindestens eine Einlassventil der Brennkraftmaschine zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt geschlossen wird, oder in einem sogenannten Atkinson-Betrieb, in welchem das mindestens eine Einlassventil der Brennkraftmaschine zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt geschlossen wird, betrieben. Das erfindungsgemäße Verfahren basiert also auf einem herkömmlichen Miller- bzw. Atkinson-Betrieb der Brennkraftmaschine unter Teil- und Vollast sowie aus einem modifizierten Verfahren im

Transientbetrieb beim Übergang von der Teillast zur Vollast.

[0010] In einer bevorzugten Ausführungsform wird im reinen Vollast- oder/und Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine das zumindest eine Einlassventil geschlossen, wenn der Kolben der Brennkraftmaschine einen relativen Kurbelwinkel von entweder im Wesentlichen -70° ("Miller-Betrieb") oder im Wesentlichen $+70^\circ$ ("Atkinson-Betrieb") relativ zu einem Ansaugtakt der Brennkraftmaschine zugeordneten unteren Totpunkt des Kolbens der Brennkraftmaschine aufweist. Abhängig von der Gesamtsystemauslegung und der Falle einer vorhandenen aber nicht notwendigen variablen Ventiltriebsausführung mit darstellbaren verschiedenartigen und umschaltbaren Nockenformen, ergibt sich um den oben genannten Wert von 70° KW eine Variation von $\pm 30^\circ$ KW.

[0011] Im Transientbetrieb, also beim Übergang vom Teillastbetrieb in den Vollastbetrieb, wird das Einlassventil der Brennkraftmaschine erfindungsgemäß für einen vordefinierten Zeitraum bei einem relativen Kurbelwinkel von im Wesentlichen von z. B. -67° bzw. $+67^\circ$ geschlossen, also im Bereich des unteren Totpunktes. Auf diese Weise kann eine besonders schnelle Leistungssteigerung der Brennkraftmaschine im Transientbetrieb bei gleichzeitig niedrigem Kraftstoffverbrauch und niedrigem Schadstoffausstoß erzielt werden.

[0012] In einer weiterbildenden Ausführungsform beträgt der vorbestimmte Zeitraum mindestens 0,2 ms. Auf diese Weise wird eine ausreichende Leistungszunahme des der Brennkraftmaschine nachgeschalteten des Abgasturboladers sichergestellt.

[0013] In einer weiteren Ausführungsform kann daran gedacht sein, dass in dem vordefinierten Zeitraum eine Reduzierung einer Abgasrückführtrate des Abgases in der Brennkraftmaschine erfolgt. Hierzu kann eine Niederdruck- oder/und Hochdruck-Abgasrückführungseinrichtung der Brennkraftmaschine ein entsprechendes Steilventil aufweisen, welches zur Reduzierung der Abgasrückführtrate vorübergehend teilweise oder sogar ganz geschlossen wird, so dass der Abgas-Rückführungsstrom gegenüber dem Teillast- und Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine in dem Transientbetrieb vorübergehend reduziert wird.

[0014] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform kann daran gedacht sein, dass eine Wastegate-Öffnung einer Wastegate-Einrichtung des der Brennkraftmaschine nachgeschalteten Abgasturboladers wenigstens für den vordefinierten Zeitraum des Übergangs vom Teillast- in den Vollastbetrieb geschlossen wird. Durch das Schließen der Wastegate-Öffnung kann die Turbinenleistung des Abgasturboladers während des Transientbetriebs ma-

ximiert und somit die im Transientbetrieb erwünschte Leistungssteigerung besonders schnell und effektiv erreicht werden. Alternativ oder zusätzlich zum Schließen der Wastegate-Öffnung kann auch eine im Abgasturbolader gegebenenfalls vorhandene variable Turbinengeometrie der Turbine des Abgasturboladers entsprechend verstellt werden.

[0015] Zur weiteren Wirkungsgradverbesserung der das erfindungsgemäße Verfahren ausführenden Brennkraftmaschine kann in einer bevorzugten Ausführungsform während des vordefinierten Zeitraums ein Zündzeitpunkt einer Zündvorrichtung der Brennkraftmaschine um einen vorbestimmten Verzögerungszeitraum bzw. um einen vorbestimmten relativen Kurbelwinkel des Kolbens verzögert, also nach spät, werden. Dieser vorbestimmte relative Kurbelwinkel kann in einer besonders bevorzugten Ausführungsform im Wesentlichen $+5^\circ$ bis $+23^\circ$, mit zunehmender AGR-Rate geringer werdend, relativ zu einem Zündungstakt der Brennkraftmaschine zugeordneten oberen Totpunkt des Kolbens der Brennkraftmaschine betragen.

[0016] Die Erfindung betrifft ferner eine Brennkraftmaschine mit einer Aufladeeinheit, die zur Durchführung des Verfahrens mit einem oder mehreren der vorangehend erläuterten Merkmale ausgebildet ist und die eine Steuerungseinrichtung aufweist, die derart ausgebildet ist, dass sie in einem Teillastbetrieb mindestens ein Einlassventil der Brennkraftmaschine zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt schließt, wobei während eines Übergangs vom Teillastbetrieb in einen Volllastbetrieb, dem sogenannten Transientbetrieb, für einen vordefinierten Zeitraum das mindestens eine Einlassventil der Brennkraftmaschine zu einem frühen dritten Zeitpunkt oder zu einem späten vierten Zeitpunkt schließt, und wobei der dritte Zeitpunkt nach dem ersten Zeitpunkt und der vierte Zeitpunkt vor dem zweiten Zeitpunkt liegt.

[0017] Die Erfindung betrifft ein Kraftfahrzeug mit einer vorangehend erläuterten erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine sowie mit einer Abgasleitung, in welcher ein Abgasturbolader angeordnet ist.

[0018] Weitere wichtige Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, aus den Zeichnungen und aus der zugehörigen Figurenbeschreibung anhand der Zeichnungen.

[0019] Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0020] Bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert, wobei sich gleiche Bezugszeichen auf gleiche oder ähnliche oder funktional gleiche Bauteile beziehen.

[0021] Dabei zeigen, jeweils schematisch:

[0022] Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,

[0023] Fig. 2 ein Diagramm, welches die in dem erfindungsgemäßen Verfahren relevanten Kurbelwinkel-Positionen des Kolbens verdeutlicht.

[0024] In der Fig. 1 ist eine Brennkraftmaschine zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens grobschematisch dargestellt und mit **1** bezeichnet. Die Brennkraftmaschine **1** umfasst eine Aufladeeinheit **2**. Die Aufladeeinheit **2** ist in dem Ausführungsbeispiel gemäß der Fig. 1 in Form eines Abgasturboladers **2** mit einer Turbine **3** und einem Verdichter **4** ausgeführt. Selbstverständlich ist auch eine Aufladeeinheit denkbar, die mehrere Abgasturbolader oder einen oder mehrere Abgasturbolader und einem mechanischen Lader umfasst. Dabei kann der Abgasturbolader eine variable Turbinengeometrie aufweisen. Die Brennkraftmaschine **1** umfasst einen Zylinderblock **5**, in welchem exemplarisch vier Zylinder **6** angeordnet sind. Selbstverständlich kann in Varianten des Ausführungsbeispiels jedoch auch eine andere Anzahl an Zylindern **6** vorgesehen sein. Die Brennkraftmaschine **1** ist als Ottomotor ausgebildet. In die Zylindern **6** wird über eine Ansaugleitung **8**, welche einen Ansaugkrümmer **7** aufweisen kann, Frischluft zugeführt. In der Ansaugleitung **8** kann auch ein Kühler **9** angeordnet sein.

[0025] Mittels des Kühlers **9** kann die den Zylindern **6** zuzuführende Ansaugluft gekühlt werden, so dass die Arbeitstemperatur in den Zylindern **6** auf vorteilhafte Weise abgesenkt werden kann. In einer vereinfachten Variante kann auf den Kühler **9** aber auch verzichtet sein.

[0026] In den Zylindern **6** der Brennkraftmaschine **1** sind in diesen auf- und ab beweglich geführte Kolben angeordnet, was der Übersichtlichkeit halber in der vereinfachten Darstellung der Fig. 1 nicht gezeigt ist. In dem erfindungsgemäßen Verfahren wird der der Brennkraftmaschine **1** zugeführte Luftmassenstrom mit Hilfe des Abgasturboladers **2** verdichtet. Zur Bildung eines in den Zylindern **6** zu verbrennenden Kraftstoff-Luftgemisches wird Kraftstoff entweder in die Ansaugleitung **8** (Saugrohreinspritzung) oder direkt in die Zylinder **6** (Direkteinspritzung) eingespritzt.

[0027] Die Steuerung der Zufuhr des Luftmassenstroms (vgl. Pfeil **10**) in den Zylindern **6** erfolgt über

nur grobschematisch dargestellte Einlassventile **11**, wobei jeder Zylinder **6** jeweils mindestens ein Einlassventil **11** aufweist. Die Einlassventile **11** sind zwischen einem geöffneten und einem geschlossenen Zustand verstellbar, wobei ein Öffnungsgrad der Einlassventile **11** mittels einer Steuerungseinrichtung **12** eingestellt werden kann.

[0028] Die bei der Verbrennung des Kraftstoff-Luftgemisches in den Zylindern **6** entstehenden Abgase werden als Abgasstrom (vgl. Pfeil **13**) aus den Zylindern **6** über eine Abgasleitung **14** abgeführt. Die Auslasssteuerung des Abgasstromes **13** erfolgt mittels in der **Fig. 1** nicht gezeigter Auslassventile, wobei entsprechend den Einlassventilen **11** jedem einzelnen Zylinder **6** auch jeweils mindestens ein Auslassventil zugeordnet ist.

[0029] Die Abgasleitung **14** kann mit der Ansaugleitung **8** über eine Hochdruck-Abgasrückführungsleitung **15** verbunden sein. Alternativ oder zusätzlich zur Hochdruck-Abgasrückführungsleitung **15** kann auch eine in der **Fig. 1** nicht gezeigte Niederdruck-Abgasrückführung vorgesehen sein. Die Hochdruck-Abgasrückführungsleitung **15** kann ein Stellglied **16** in der Art eines Hochdruck-Ventils aufweisen, mittels welchem der rückzuführende Abgasmassenstrom eingestellt werden kann. Entsprechendes gilt analog für eine gegebenenfalls vorhandene Niederdruck-Abgasrückführung.

[0030] Der nicht rückgeführte Anteil des Abgasstromes wird durch die Turbine **3** des Abgasturboladers **2** geführt, wobei mittels der Turbine **3** der Verdichter **4** des Abgasturboladers **2** angetrieben wird. Der Verdichter **4** verdichtet den Verbrennungsluftstrom, bevor dieser in die Zylinder **6** eingebracht wird. Die Abgasrückführungsleitung **15** kann stromauf der Turbine **3** von der Abgasleitung **14** als sog. Hochdruck-Abgasrückführung abzweigen, alternativ oder zusätzlich aber auch, wie bereits erläutert, stromab der Turbine **3** von der Abgasleitung **14** als sog. Niederdruck-Abgasrückführung abzweigen (nicht gezeigt).

[0031] In einem Teillastbetrieb werden die jeweiligen Einlassventile **11** der Zylinder **6** der Brennkraftmaschine **1** jeweils entweder zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt t_1 (Miller-Betrieb) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt t_2 (Atkinson-Betrieb) geschlossen. Dabei folgt das Schließen der Einlassventile **11** in dem Teillastbetrieb genau dann, wenn die Kolben der Zylinder **6** der Brennkraftmaschine **1** einen relativen Kurbelwinkel von entweder im Wesentlichen -70° (Miller-Betrieb) oder im Wesentlichen $+70^\circ$ (Atkinson-Betrieb) relativ zu einem Ansaugtakt der Brennkraftmaschine **1** zugeordneten unteren Totpunkt UT des jeweiligen Kolbens aufweist. Dies ist in der Darstellung der **Fig. 2** genauer dargestellt, welche den Kurbelwinkel α des Kolbens eines jeweiligen Zylinders **6** in einem vereinfachten Diagramm dar-

stellt. Der untere Totpunkt der Kolben ist dabei mit „UT“ bezeichnet. Der untere Totpunkt UT entspricht einem absoluten Kolbenwinkel von 540° .

[0032] Auch im stationären Vollastbetrieb soll mit einem frühem oder einem späten Schließen der Einlassventile **11** aus Wirkungsgradgründen operiert werden.

[0033] Erfindungsgemäß wird nun in einem Teillastbetrieb das mindestens eine Einlassventil **11** der Brennkraftmaschine **1** zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt t_1 (Miller-Betrieb) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt t_2 (Atkinson-Betrieb) geschlossen. Dabei entspricht der erste Zeitpunkt t_1 einem relativen Kurbelwinkel α_1 (relativ zu dem unteren Totpunkt UT) bzw. einem relativen Kurbelwinkel α_2 ebenfalls relativ zu dem unteren Totpunkt UT, wobei der dem sehr frühen ersten Zeitpunkt t_1 zugeordnete relative Kurbelwinkel α_1 im Wesentlichen -40° bis -100° beträgt und der dem sehr späten zweiten Zeitpunkt t_2 zugeordnete relative Kurbelwinkel α_2 im Wesentlichen $+40^\circ$ bis $+100^\circ$ beträgt. Vorzugsweise beträgt der Kurbelwinkel α_1 im Wesentlichen -70° und der Kurbelwinkel α_2 im Wesentlichen $+70^\circ$.

[0034] Erfindungsgemäß wird nun beim Transientbetrieb der Brennkraftmaschine **1**, also beim Übergang vom Teillastbetrieb in den Vollastbetrieb, der jeweilige relative Kurbelwinkel α_1 bzw. α_2 zu dem unteren Totpunkt UT hin reduziert, und zwar für einen vordefinierten Zeitraum, der vorzugsweise mindestens 2 ms beträgt. Bevorzugt kann die relative Verschiebung des relativen Kolbenwinkels α zum unteren Totpunkt hin jeweils mindestens 3° betragen, was bedeutet, dass sich der dem ersten relativen Kurbelwinkel α_1 zugeordnete sehr frühe erste Zeitpunkt t_1 zu einem frühen dritten Zeitpunkt t_3 hin verschiebt, wobei der frühe dritte Zeitpunkt t_3 zeitlich nach dem ersten Zeitpunkt t_1 liegt. Entsprechend verschiebt sich der sehr späte zweite Zeitpunkt t_2 zu einem späten vierten Zeitpunkt t_4 hin, der zeitlich vor dem sehr späten zweiten Zeitpunkt t_2 liegt. Übertragen auf den Kurbelwinkel α bedeutet dies, dass sich der relative Kurbelwinkel jeweils um mindestens 3° zum unteren Totpunkt UT hin verschiebt, was in der **Fig. 2** durch die Pfeile mit dem Bezugszeichen **20** zum Ausdruck gebracht werden soll. Folglich erfolgt im Transientbetrieb das Schließen der Einlassventile **11** bei einem relativen Kurbelwinkel α von im Wesentlichen -67° (Miller) bzw. $+67^\circ$ (Atkinson). Die entsprechenden relativen Kurbelwinkel sind dabei in der **Fig. 2** mit α_3 (Miller-Betrieb) bzw. α_4 (Atkinson-Betrieb) bezeichnet.

[0035] In dem vordefinierten Zeitraum, welcher vorzugsweise mindestens 0,2 ms beträgt, kann auch eine Abgasrückführrate von mittels der Hochdruck-Abgasrückführungsleitung **15** rückgeführtem Abgas durch entsprechendes Einstellen des Stellglieds **16**

wenigstens für den vordefinierten Zeitraum auf einen vorbestimmten relativen Wert, beispielsweise 80% einer normalen Rückführrate im Teil- und Vollastbetrieb der Brennkraftmaschine **1**, reduziert werden. Auf diese Weise kann die Turbinenleistung der Turbine **3** des Abgasturboladers **2** vorübergehend erhöht werden, was auch zu einer erhöhten Verdichterleistung des Verdichters **4** des Abgasturboladers **2** und somit zu einer Leistungssteigerung der gesamten Brennkraftmaschine **1** führt.

[0036] Während des vordefinierten Zeitraums kann auch ein Zündzeitpunkt einer Zündvorrichtung **17**, die jeweils in jedem der Zylinder **6** angeordnet ist und in der **Fig. 1** nur grobschematisch angedeutet ist, um einen vorbestimmten Verzögerungszeitraum oder um einen vorbestimmten relativen Kurbelwinkel α_z des jeweiligen Kolbens der Zylinder **6** verzögert werden. Die Verstellung des Zündzeitpunkts erfolgt in Richtung Spätverstellung. Der vorbestimmte relative Kurbelwinkel α_z beträgt dabei vorzugsweise im Wesentlichen $+5^\circ$ bis $+23^\circ$ relativ zu einem einen Zündungstakt der Brennkraftmaschine **1** zugeordneten oberen Totpunkt ("OT") des jeweiligen Kolben der Zylinder **6** der Brennkraftmaschine **1**.

[0037] Alternativ oder zusätzlich kann wenigstens für den vordefinierten Zeitraum eine Wastegate-Öffnung einer in der **Fig. 1** nur grobschematisch angedeuteten Wastegate-Einrichtung **18** des der Brennkraftmaschine **1** nachgeschalteten Abgasturboladers **2** wenigstens für den vordefinierten Zeitraum des Übergangs vom Teillast- in den Vollastbetrieb geschlossen werden, um auf diese Weise die Turbinenleistung der Turbine **3** und somit auch die Verdichterleistung des Verdichters **4** des Abgasturboladers **2** zu erhöhen.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- DE 19950677 A1 [0004]
- DE 102006032719 A1 [0005]

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer zumindest ein Einlassventil (11) aufweisenden Brennkraftmaschine (1), insbesondere eines Ottomotors, bei dem

- ein der Brennkraftmaschine (1) zugeführter Ladeluftstrom mit einem Abgasturbolader (2) verdichtet wird,

- in einem Teillastbetrieb das mindestens eine Einlassventil (11) der Brennkraftmaschine (1) zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt (t_1) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt (t_2) geschlossen wird,
- bei einem Übergang vom Teillastbetrieb in einen Volllastbetrieb für einen vordefinierten Zeitraum das zumindest eine Einlassventil (11) zu einem frühen dritten Zeitpunkt (t_3) oder zu einem späten vierten Zeitpunkt (t_4) geschlossen wird, wobei der dritte Zeitpunkt (t_3) nach dem ersten Zeitpunkt (t_1) und der vierte Zeitpunkt (t_4) vor dem zweiten Zeitpunkt (t_2) liegt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine (1) das zumindest eine Einlassventil (11) geschlossen wird, wenn ein Kolben der Brennkraftmaschine (1) einen relativen Kurbelwinkel (α_1 bzw. α_2) von entweder im Wesentlichen -40° bis -100° oder im Wesentlichen $+40^\circ$ bis 100° relativ zu einem, einem Ansaugtakt der Brennkraftmaschine (1) zugeordneten unteren Totpunkt (UT) des Kolbens aufweist.

3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- im Teillastbetrieb der Brennkraftmaschine (1) das zumindest eine Einlassventil (11) geschlossen wird, wenn ein Kolben der Brennkraftmaschine (1) einen relativen Kurbelwinkel (α_1 bzw. α_2) von entweder im Wesentlichen -70° oder im Wesentlichen $+70^\circ$ relativ zu einem, einem Ansaugtakt der Brennkraftmaschine (1) zugeordneten unteren Totpunkt (UT) des Kolbens aufweist,
- das zumindest eine Einlassventil (11) beim Übergang der Brennkraftmaschine (1) vom Teillastbetrieb in den Volllastbetrieb für den vordefinierten Zeitraum bei einem relativen Kurbelwinkel (α_3 bzw. α_4) von im Wesentlichen -67° bzw. $+67^\circ$ geschlossen wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vordefinierte Zeitraum mindestens 0,2 ms beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass in dem vordefinierten Zeitraum eine Reduzierung einer Abgasrückführrate erfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Wastegate-Öffnung einer Wastegate-Einrichtung (18) des der Brennkraftmaschine (1) nachgeschalteten Ab-

gasturboladers (2) wenigstens für den vordefinierten Zeitraum des Übergangs geschlossen wird.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass während des vordefinierten Zeitraums ein Zündzeitpunkt einer Zündvorrichtung (17) der Brennkraftmaschine (1) um einen vorbestimmten Verzögerungszeitraum oder um einen vorbestimmten relativen Kurbelwinkel des Kolbens verzögert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass der vorbestimmte relative Kurbelwinkel im Wesentlichen $+5^\circ$ bis $+23^\circ$ relativ zu einem Zündungstakt der Brennkraftmaschine (1) zugeordneten oberen Totpunkt (OT) des Kolbens beträgt.

9. Brennkraftmaschine (1) mit einer Aufladeeinheit (2), die zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 7 ausgebildet ist und die eine Steuerungseinrichtung (12) aufweist, die derart ausgebildet ist, dass sie

- in einem Teillastbetrieb das mindestens eine Einlassventil (11) der Brennkraftmaschine (1) zu einem sehr frühen ersten Zeitpunkt (t_1) oder zu einem sehr späten zweiten Zeitpunkt (t_2) schließt,
- bei einem Übergang vom Teillastbetrieb in einen Volllastbetrieb für einen vordefinierten Zeitraum das mindestens eine Einlassventil (11) der Brennkraftmaschine (1) zu einem frühen dritten Zeitpunkt (t_3) oder zu einem späten vierten Zeitpunkt (t_4) schließt, wobei der dritte Zeitpunkt (t_3) nach dem ersten Zeitpunkt (t_1) und der vierte Zeitpunkt (t_4) vor dem zweiten Zeitpunkt (t_2) liegt.

10. Kraftfahrzeug mit einer Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 8 und mit einer Abgasleitung (14), in welcher ein Abgasturbolader (2) angeordnet ist.

Es folgt eine Seite Zeichnungen

