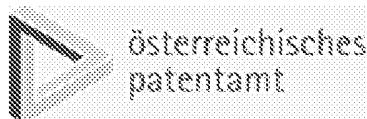


(19)



(10)

AT 517111 A4 2016-11-15

(12)

Österreichische Patentanmeldung

(21) Anmeldenummer: A 412/2015
 (22) Anmeldetag: 29.06.2015
 (43) Veröffentlicht am: 15.11.2016

(51) Int. Cl.: **F02P 5/15** (2006.01)
F02B 37/18 (2006.01)
F02D 43/00 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
 US 4496286 A

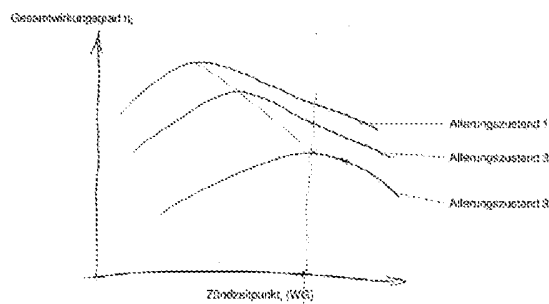
(71) Patentanmelder:
 GE Jenbacher GmbH & Co OG
 6200 Jenbach (AT)

(72) Erfinder:
 Kopecek Herbert
 6130 Schwaz (AT)
 Spyra Nikolaus
 6020 Innsbruck (AT)
 Thalhauser Josef
 83191 Nußdorf (DE)

(74) Vertreter:
 Torggler Paul N. Mag. Dr., Hofinger Stephan
 Dipl. Ing. Dr., Gangl Markus Mag. Dr., Maschler
 Christoph MMag. Dr.
 Innsbruck (AT)

(54) Brennkraftmaschine mit einer Regeleinrichtung

(57) Brennkraftmaschine (1) mit einer Regeleinrichtung (2) und wenigstens einer Zündeinrichtung (3) für die Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in wenigstens einer Kolben-Zylinder-Einheit (4), wobei auslassseitig der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (4) ein Turbolader (5) und ein Wastegate (6) vorgesehen sind, wobei durch das Wastegate (6) eine Abgasturbine (7) des Turboladers (5) umströmbar ist und wobei die Abgasturbine (7) einen eingangsseitig der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (4) angeordneten Verdichter (8) antreibt, wobei die Regeleinrichtung (2) bei Detektion einer vordefinierten Auslösebedingung eine Verstellung des Zündzeitpunkts und des Öffnungsgrads des Wastegates (6) so vornimmt, dass der Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine (1) optimiert wird.



Brennkraftmaschine (1) mit einer Regeleinrichtung (2) und wenigstens einer Zündeinrichtung (3) für die Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in wenigstens einer Kolben-Zylinder-Einheit (4), wobei auslassseitig der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (4) ein Turbolader (5) und ein Wastegate (6) vorgesehen sind, wobei durch das Wastegate (6) eine Abgasturbine (7) des Turboladers (5) umströmbar ist und wobei die Abgasturbine (7) einen eingangsseitig der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (4) angeordneten Verdichter (8) antreibt, wobei die Regeleinrichtung (2) bei Detektion einer vordefinierten Auslösebedingung eine Verstellung des Zündzeitpunkts und des Öffnungsgrads des Wastegates (6) so vornimmt, dass der Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine (1) optimiert wird.

(Fig. 2)



Die vorliegende Erfindung betrifft eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

Bei gattungsgemäßen Brennkraftmaschinen wird der Turbolader dazu verwendet, Energie aus dem Abgas der Kolben-Zylinder-Einheit(en) zu gewinnen und in Verdichtungsarbeit für das der Kolben-Zylinder-Einheit(en) zugeführte Treibgas-Luft-Gemisch umzuwandeln. Eine Verstellung des Zündzeitpunktes wird eingesetzt um die Schwerpunktlage der Verbrennung in den einzelnen Kolben-Zylinder-Einheiten der Brennkraftmaschine zu beeinflussen.

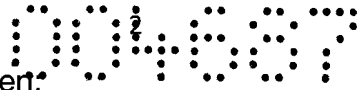
Die Schwerpunktlage (engl.: *combustion center of gravity*) der Verbrennung bezeichnet den Zustand, in welchem die Hälfte der Frischladung verbrannt ist und wird über den entsprechenden Kurbelwellenwinkel ausgedrückt. Dies ist auch als MFB 50 bekannt, das heißt 50 % der Masse ist verbrannt (engl.: *mass fraction burned*). Für die Begriffe sei auf Lehrbücher zu Brennkraftmaschinen verwiesen, siehe im speziellen Heywood, John B., Internal Combustion Engine Fundamentals, New York, McGraw-Hill, 1988.

Die Schwerpunktlage der Verbrennung beeinflusst den Verbrennungswirkungsgrad der Brennkraftmaschine und die Menge der erzeugten Emissionen.

Es ist weiters bekannt, über gezielte Umspülung von Abgasen um die Abgasturbine des Turboladers mittels des variablen Öffnungsgrades eines Wastegates die Leistung der Brennkraftmaschine zu regeln. Durch eine Vergrößerung der Öffnung des Wastegates wird den Abgasen der Kolben-Zylinder-Einheiten ein vergrößerter freier Strömungsquerschnitt angeboten, wodurch der Abgasgegendruck, gegen den die Kolben der Kolben-Zylinder-Einheiten Arbeit verrichten müssen, gesenkt wird.

Nachteilig daran ist, dass die genannten Regeleingriffe (Veränderung des Zündzeitpunktes und Veränderung des Öffnungsgrades des Wastegates) individuell Einfluss auf unterschiedliche Wirkungsgrade der Brennkraftmaschine, nämlich den Verbrennungswirkungsgrad (in der Literatur auch „Hochdruck-Wirkungsgrad“ genannt) und den Ladungswechselwirkungsgrad (in der Literatur auch „Niederdruck-Wirkungsgrad“ genannt), haben.

Als Vorbereitung zur Diskussion der Erfindung seien eingangs zwei Extremfälle bzgl. des Öffnungsgrades des Wastegates betrachtet.



Wastegate vollkommen geschlossen:

Das gesamte Abgas aller Kolben-Zylinder-Einheiten oder ausgewählter Gruppen (z. B. einer Zylinderbank) durchströmt die Abgasturbine, was über den mit der Abgasturbine verbundenen Verdichter eine sehr hohe Aufladung der Kolben-Zylinder-Einheiten der Brennkraftmaschine bewirkt. Durch die hohe Verdichtung des Treibgas-Luft-Gemisches steigen sowohl der Druck des Treibgas-Luft-Gemisches vor den Einlassventilen (Ladedruck) als auch der Massenstrom, der in die Kolben-Zylinder-Einheiten einbringbar ist. Bei konstanter abgegebener Leistung der Brennkraftmaschine kann ein magereres Treibgas-Luft-Gemisch eingesetzt werden, wodurch bei konstanten NO_x-Emissionen ein früherer Zündzeitpunkt gewählt werden kann, was wiederum den Verbrennungswirkungsgrad steigert.

Andererseits müssen die Kolben der Kolben-Zylinder-Einheiten gegen den sehr hohen Gegendruck der Abgasturbine arbeiten, was den Ladungswechselwirkungsgrad senkt.

Wastegate maximal geöffnet:

Eine maximal mögliche Menge an Abgas aller Kolben-Zylinder-Einheiten oder ausgewählter Gruppen (z. B. einer Zylinderbank) wird über das Wastegate um die Abgasturbine herum geleitet, sodass nur ein geringer Antrieb des Verdichters durch die Abgasturbine erfolgt. Der Kolben muss eine geringere Ladungswechselarbeit verrichten, jedoch um den Preis einer niedrigeren Aufladung (niedrigerer Ladedruck). Bei konstanter abgegebener Leistung der Brennkraftmaschine muss ein fetteres Treibgas-Luft-Gemisch eingesetzt werden, wodurch zur Vermeidung einer Erhöhung der NO_x-Emissionen ein späterer Zündzeitpunkt gewählt werden muss, was wiederum den Verbrennungs-Wirkungsgrad senkt. Andererseits müssen die Kolben der Kolben-Zylinder-Einheiten nur gegen einen sehr niedrigen Gegendruck der Abgasturbine arbeiten, was den Ladungswechselwirkungsgrad steigert.

Der Gesamt-Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine (in der Literatur auch „innerer Wirkungsgrad“ genannt) ist ein Produkt verschiedener Faktoren, von denen der Verbrennungswirkungsgrad und der Ladungswechselwirkungsgrad zwei Faktoren darstellen. Die restlichen Faktoren werden durch die Erfindung nicht beeinflusst und können daher in der vorliegenden Offenbarung als konstant angesehen werden.



Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung einer gattungsgemäßen Brennkraftmaschine, bei welcher der Gesamtwirkungsgrad bei Veränderung des Zündzeitpunktes optimiert ist.

Diese Aufgabe wird durch eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen definiert.

Durch die Erfindung werden der Zündzeitpunkt der Zündeinrichtung der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit und das Wastegate zwischen den beiden oben diskutierten Extremen so eingestellt, dass für jeden Betriebszustand der Brennkraftmaschine der höchste Gesamtwirkungsgrad erreicht werden kann. Es findet sozusagen eine Zwei-Größen-Optimierung statt.

Würde ein (nicht-erfindungsgemäßer) isolierter Eingriff durch die Regeleinrichtung auf die Zündeinrichtung ohne Berücksichtigung des Öffnungsgrades des Wastegates stattfinden, welcher den Zündzeitpunkt so ändert, dass der Verbrennungswirkungsgrad optimiert wird (Ein-Größen-Optimierung), führt dies ohne Regeleingriff gemäß der Erfindung zu einem suboptimalen Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine.

Um dem zu begegnen, werden erfindungsgemäß sowohl der Zündzeitpunkt als auch der Öffnungsgrad des Wastegates so geändert, dass der Gesamtwirkungsgrad als Funktion von Verbrennungswirkungsgrad und Ladungswechselwirkungsgrad optimiert wird.

Es kann über die Lebensdauer einer Brennkraftmaschine vorteilhaft sein, den Zündzeitpunkt der Zündeinrichtung der einzelnen Kolben-Zylinder-Einheiten und den Öffnungsgrad des Wastegates zu verstellen, um Alterungseinflüsse auf den Gesamtwirkungsgrad der Brennkraftmaschine möglichst gut zu kompensieren und den Gesamtwirkungsgrad über die Lebensdauer der Brennkraftmaschine möglichst hoch zu halten. Solche Maßnahmen können auch erforderlich sein, um geänderten Umgebungseinflüssen (z. B. Umgebungstemperatur und -druck) Rechnung zu tragen.

Als vordefinierte Auslösebedingung können Umgebungseinflüsse und/oder ein Alterungszustand der Brennkraftmaschine hinterlegt sein.



Alterung der Brennkraftmaschine bedeutet beispielsweise eine durch Verschleiß oder Ablagerungen veränderte Betätigungscharakteristik von Ein- und Auslassventilen, veränderter Ladungswechsel durch Ablagerungen, Brennraumablagerungen etc.

Zusätzlich oder alternativ können als vordefinierte Auslösebedingungen Messergebnisse bezüglich interner Zustände der Brennkraftmaschine – vorzugsweise Zündverzug und/oder Verschmutzung des Turboladers – hinterlegt sein.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass durch die Regeleinrichtung der Zündzeitpunkt der Zündeinrichtung an das Optimum des Gesamt-Wirkungsgrades herangeführt wird und der Öffnungsgrad des Wastegates verändert wird um die benötigte abgegebene Leistung der Brennkraftmaschine bereit zu stellen.

Vorzugsweise erfolgt die Verstellung des Zündzeitpunkts langsam und die Betätigung des Wastegates schnell.

Zündzeitpunkt und der Öffnungsgrad des Wastegates können gleichzeitig verändert werden.

Es besteht also ein funktionaler Zusammenhang zwischen Zündzeitpunkt, dem Öffnungsgrad des Wastegates und dem Gesamtwirkungsgrad.

Der funktionale Zusammenhang kann in der Regeleinrichtung hinterlegt sein, vorzugsweise in Form eines Kennfeldes. Alternativ kann die Regeleinrichtung im Betrieb zumindest Teile des funktionalen Zusammenhangs über eine Simulation selbst berechnen. Alternativ dazu kann das weiter unten beschriebene trial and error Verfahren eingesetzt werden.

In der Praxis weist eine Brennkraftmaschine mehrere Kolben-Zylinder-Einheiten auf und jeder Kolben-Zylinder-Einheit ist eine gesondert durch die Regeleinrichtung ansteuerbare Zündeinrichtung zugeordnet, sodass der Zündzeitpunkt für jede Kolben-Zylinder-Einheit individuell gewählt werden kann. In der Praxis ist üblicherweise nur ein Wastegate für die gesamte Brennkraftmaschine oder ein Wastegate pro Zylinderbank vorgesehen. Im letzteren Fall kann die Regeleinrichtung den Öffnungsgrad jedes Wastegates individuell beeinflussen.

Vereinfacht wird für alle Kolben-Zylinder-Einheiten derselbe Zündzeitpunkt oder ein gemeinsamer MFB50-Wert gewählt. Dies ist Voraussetzung für die Reduktion der Betrachtung auf nur drei Dimensionen.



Besonders bevorzugt ist eine Ausbildung der Brennkraftmaschine als insbesondere stationärer Gasmotor, welcher vorzugsweise als Teil eines Gensets der Erzeugung elektrischer Energie dient.

Weitere Vorteile und Einzelheiten der Erfindung werden anhand der Figuren diskutiert. Es zeigt:

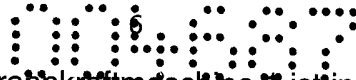
- Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Brennkraftmaschine,
- Fig. 2 eine Darstellung des Gesamt-Wirkungsgrades über dem Zündzeitpunkt einer Brennkraftmaschine für verschiedene Alterungszustände.

Erkennbar ist in Fig. 1 eine schematisch dargestellte Brennkraftmaschine 1 mit mehreren Kolben-Zylinder-Einheiten 4 und eine Regeleinrichtung 2. Es ist ein Turbolader 5 vorgesehen, der ausgangsseitig der Kolben-Zylinder-Einheiten 4 eine Abgasturbine 7 und eingangsseitig Kolben-Zylinder-Einheiten 4 einen Verdichter 8 aufweist. Durch Eingriff der Regeleinrichtung 2 auf ein Wastegate 6 kann die Menge an Abgas eingestellt werden, welche die Abgasturbine 7 umströmt und so nicht zu einem Antrieb des Verdichters 8 beiträgt.

Jeder Kolben-Zylinder-Einheit 4 ist eine Zündeinrichtung 3 zugeordnet, zum Zünden eines Treibgas-Luft-Gemisches in der jeweiligen Kolben-Zylinder-Einheit 4. Der Zündzeitpunkt der Zündeinrichtung 3 kann durch die Regeleinrichtung 2 eingestellt werden.

Die Regeleinrichtung 2 kann als Teil einer Gesamtsteuerung der Brennkraftmaschine 1 oder als eigene Einheit ausgebildet sein.

Figur 2 zeigt eine 2D-Darstellung einer Kurvenschar, wobei die Schar für eine konstante Leistung und für eine konstante NO_x-Emission gezeigt ist, wobei jede Kurve den Gesamtwirkungsgrad η_i der Brennkraftmaschine 1 für einen bestimmten Alterungszustand und für bestimmte Randbedingungen (z.B. Umgebungsdruck, Umgebungstemperatur) darstellt. Die Kurven werden mit Alterungszustand 1, Alterungszustand 2 und Alterungszustand 3 bezeichnet.



Der Gesamtwirkungsgrad η_i der Brennkraftmaschine 1 ist in Abhängigkeit der an sich unabhängigen Stellgrößen Zündzeitpunkt und Öffnungsgrad des Wastegates WG aufgetragen. In der Darstellung ist auf der x-Achse der Zündzeitpunkt als Variable aufgetragen. Das bedeutet nicht, dass der Öffnungsgrad des Wastegates WG konstant gehalten wird. Vielmehr ergibt sich für jeden Zündzeitpunkt ein bestimmter Öffnungsgrad des Wastegates WG.

Durch Wahl eines bestimmten Zündzeitpunktes (und damit die Festlegung des sich aus dieser Wahl ergebenden Öffnungsgrades des Wastegates WG) ergibt sich für jede Kurve der Schar ein definierter Gesamtwirkungsgrad η_i . Damit lässt sich jener Zündzeitpunkt bestimmen, der für die vorliegende Kurve der Schar den optimalen Gesamtwirkungsgrad η_i ergibt. Man erkennt, dass dieser optimale Gesamtwirkungsgrad η_i für jede Kurve der Schar bei einem anderen Zündzeitpunkt liegt.

Das Auffinden des optimalen Gesamtwirkungsgrad η_i für gegebene Randbedingungen / Alterungszustand kann beispielsweise über eine hinterlegte Routine erfolgen, wonach die Brennkraftmaschine 1 bei einem bestimmten Betriebspunkt den Zündzeitpunkt verändert und in Abhängigkeit davon jene Treibgasmenge misst, die notwendig ist, um die geforderte Leistung zu erbringen und diese mit jener Treibgasmenge vergleicht, die vor der Verstellung des Zündzeitpunkts erforderlich war.

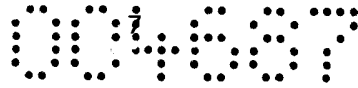
Ist die nach der Verstellung des Zündzeitpunkts erforderliche Treibgasmenge geringer als jene die vor der Verstellung notwendig war, liegt ein höherer Gesamtwirkungsgrad vor als vorher und umgekehrt.

So kann die Brennkraftmaschine durch ein *trial and error*-Verfahren (also durch Ausprobieren) zu einem optimalen Gesamtwirkungsgrad kommen. Hierfür können dem Fachmann bekannte Suchalgorithmen zum Auffinden eines Maximums eingesetzt werden.

Durch Kenntnis der Öffnungscharakteristik(a) der Gasventile braucht nicht zwingend auf Messwerte zur zugemessenen Treibstoffmenge zurückgegriffen werden, sondern es kann aus der (bzw. den) Öffnungscharakteristik(a) der Gasventile auf die zugemessene Gasmenge geschlossen werden.

Der Gesamtwirkungsgrad η_i ist eine Funktion des Ladungswechselwirkungsgrads η_{LW} und des Verbrennungswirkungsgrads η_v :

$$\eta_i = f_1(\eta_{LW}, \eta_v)$$



Der Ladungswechselwirkungsgrad η_{LW} wiederum ist eine Funktion aus einem Aufladewirkungsgrad η_{ATL} , der Abgastemperatur T_3 und des Öffnungsgrades WG des Wastegates 6:

$$\eta_{\text{LW}} = f_2(\eta_{\text{ATL}}, T_3, \text{WG})$$

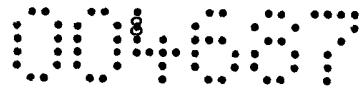
Der Verbrennungswirkungsgrad η_v ist eine Funktion des Zündzeitpunkts, wobei der Zündzeitpunkt als Schwerpunktweite MFB50 ausgedrückt werden kann:

$$\eta_v = f_3(\text{MFB50})$$

Es sei erwähnt, dass zwischen der Abgastemperatur T_3 und dem Zündzeitpunkt ein bekannter Zusammenhang besteht. Der Aufladewirkungsgrad η_{ATL} liegt für jeden Turbolader in Form zweier Kennfelder vor, nämlich als ein Kennfeld für die Abgasturbine 7 und als ein Kennfeld für den Verdichter 8.

Da die einzelnen Funktionen f_1 , f_2 , f_3 dem Fachmann bekannt und zugänglich sind, kann unter Verwendung einer fachüblichen Simulationssoftware, wie z. B. GT Power® von Gamma Technologies GmbH eine 2D-Darstellung (vereinfacht in Fig. 2 gezeigt) erstellt werden, wobei der Gesamtwirkungsgrad η_i der Brennkraftmaschine 1 aufgetragen ist über die beiden an sich unabhängigen Stellgrößen Zündzeitpunkt und Öffnungsgrad des Wastegates WG.

In der Praxis sind die beiden Stellgrößen aber Randbedingungen unterworfen, nämlich einer vorgegebenen abzugebenden Leistung der Brennkraftmaschine und einer vorgegebenen NOx-Emission. Dies bewirkt, dass eine „Wanderung“ in der durch den Gesamtwirkungsgrad aufgespannten Landschaft nicht entlang beliebiger Wege sondern nur entlang ausgewählter Pfade erfolgen kann, die sich abhängig von verschiedenen Größen (z. B. Alterungszustand der Brennkraftmaschine, Umwelteinflüsse, ...) verändern können. Die Regeleinrichtung „wandert“ auf dem ihr zum Zeit des Regeleingriffs möglichen Weg, bis zu jenem Maximum des Gesamtwirkungsgrades, der entlang des Weges liegt, nämlich durch Verändern der Stellgrößen Zündzeitpunkt und Öffnungsgrades des Wastegates unter Berücksichtigung der Randbedingungen.



Bezugszeichenliste:

1	Brennkraftmaschine
2	Regeleinrichtung
3	Zündeinrichtung
4	Kolben-Zylinder-Einheit
5	Turbolader
6	Wastegate
7	Abgasturbine
8	Verdichter
η_i	Gesamtwirkungsgrad
η_L	Ladungswechsel-Wirkungsgrad
η_v	Verbrennungs-Wirkungsgrad
η_{ATL}	Aufladewirkungsgrad
T_3	Abgastemperatur
MFB50	Schwerpunktlage der Verbrennung
WG	Öffnungsgrad des Wastegates
IT	Zündzeitpunkt (engl. <i>ignition timing</i>)

Innsbruck, am 26. Juni 2015

1. Brennkraftmaschine (1) mit einer Regeleinrichtung (2) und wenigstens einer Zündeinrichtung (3) für die Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in wenigstens einer Kolben-Zylinder-Einheit (4), wobei auslassseitig der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (4) ein Turbolader (5) und ein Wastegate (6) vorgesehen sind, wobei durch das Wastegate (6) eine Abgasturbine (7) des Turboladers (5) umströmbar ist und wobei die Abgasturbine (7) einen eingangsseitig der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (4) angeordneten Verdichter (8) antreibt, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (2) bei Detektion einer vordefinierten Auslösebedingung eine Verstellung des Zündzeitpunkts und des Öffnungsgrads des Wastegates (6) so vornimmt, dass der Gesamt-Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine (1) optimiert wird.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei als vordefinierte Auslösebedingung Umgebungseinflüsse und/oder ein Betriebsalter der Brennkraftmaschine hinterlegt sind.
3. Brennkraftmaschine nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei als vordefinierte Auslösebedingung Messergebnisse bezüglich interner Zustände der Brennkraftmaschine – vorzugsweise Zündverzug und/oder Verschmutzung des Turboladers – hinterlegt sind.
4. Brennkraftmaschine nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei durch die Regeleinrichtung (2) der Zündzeitpunkt der Zündeinrichtung (3) an das Optimum des Gesamt-Wirkungsgrades herangeführt wird und der Öffnungsgrad des Wastegates (6) verändert wird um die benötigte abgegebene Leistung der Brennkraftmaschine bereit zu stellen.
5. Brennkraftmaschine nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei durch die Regeleinrichtung (2) der Zündzeitpunkt der Zündeinrichtung (3) und der Öffnungsgrad des Wastegates (6) gleichzeitig an das Optimum des Gesamt-Wirkungsgrades herangeführt werden.

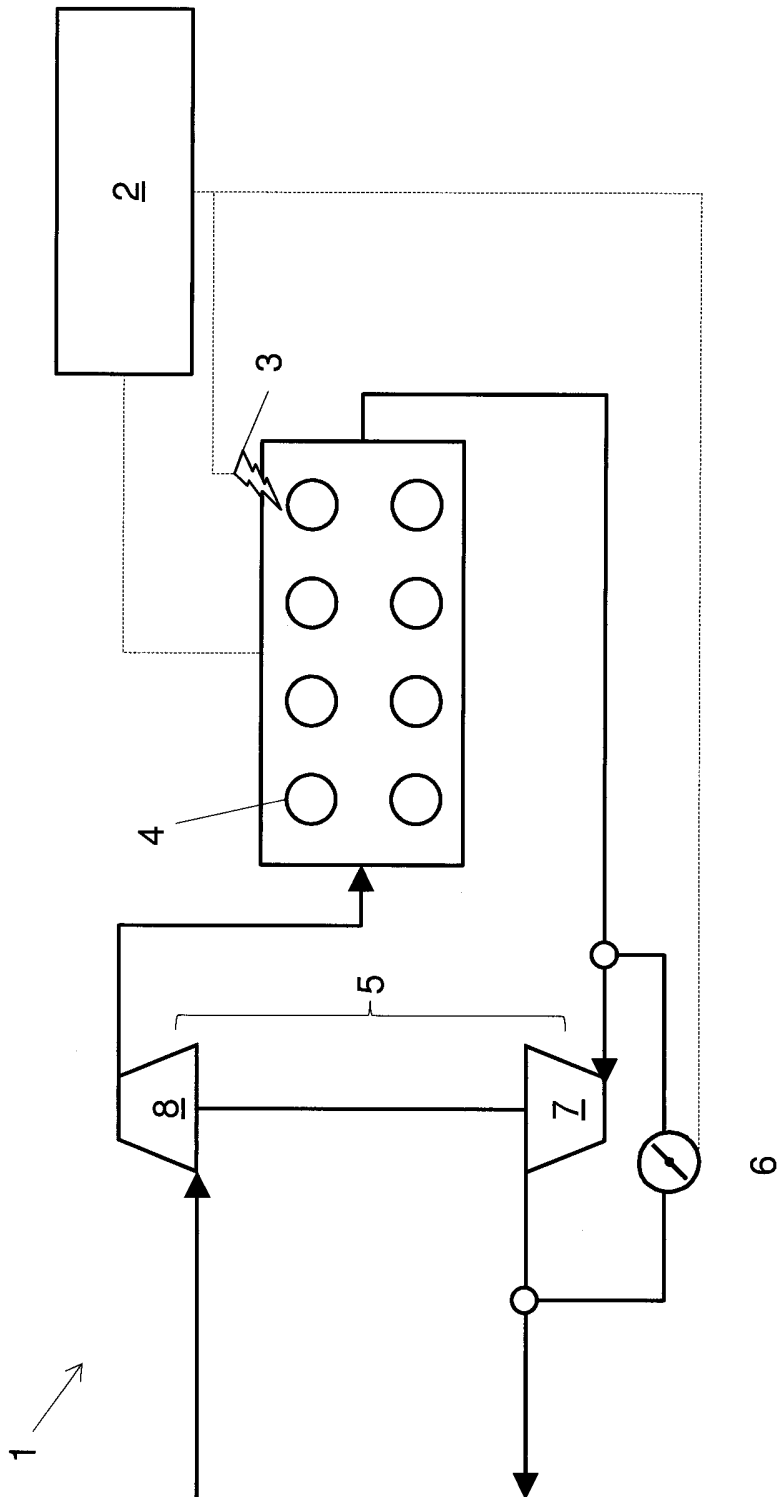
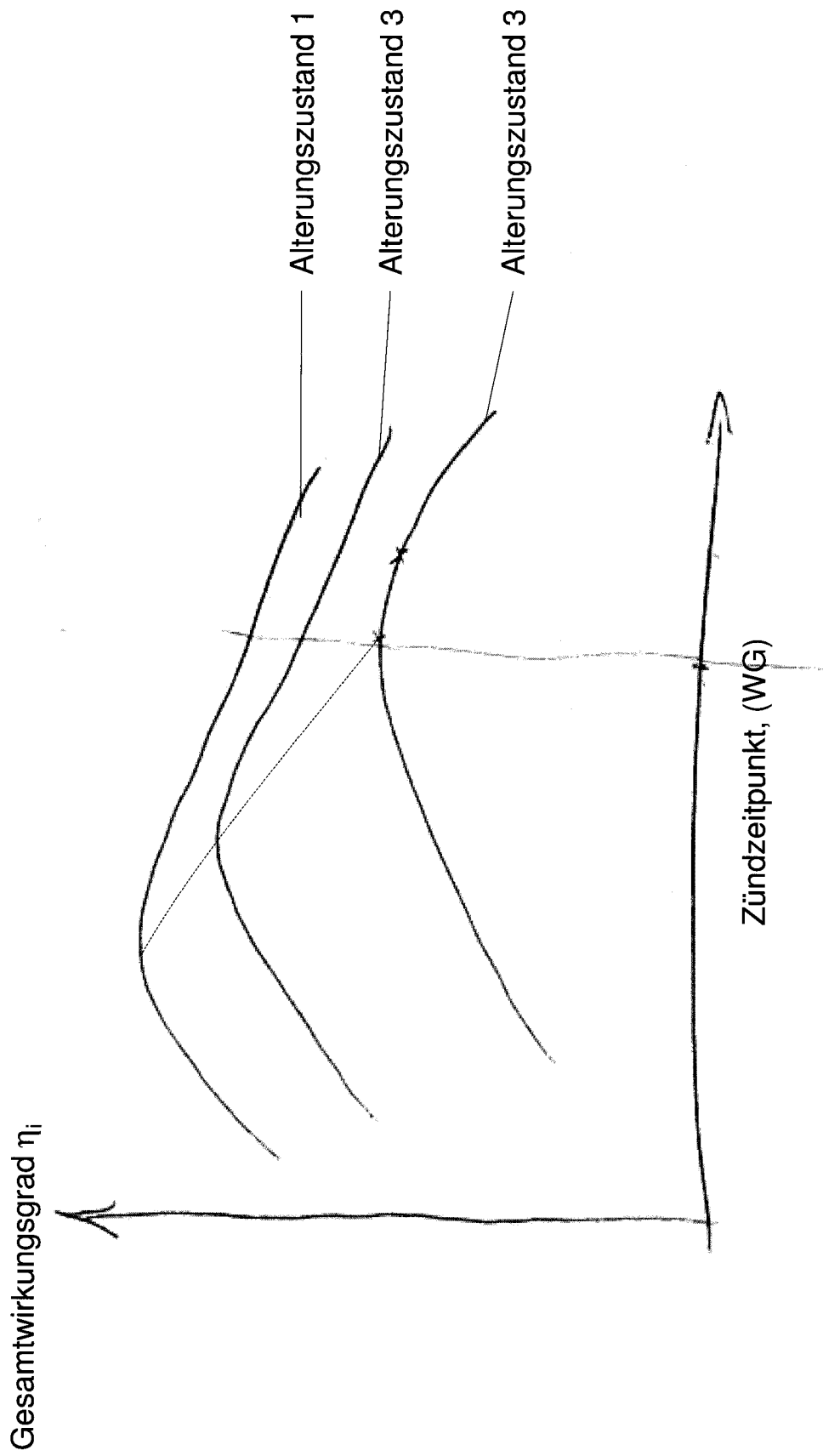


Fig. 1

Fig. 2



Geänderte Patentansprüche

1. Brennkraftmaschine (1) mit einer Regeleinrichtung (2) und wenigstens einer Zündeinrichtung (3) für die Zündung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches in wenigstens einer Kolben-Zylinder-Einheit (4), wobei auslassseitig der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (4) ein Turbolader (5) und ein Wastegate (6) vorgesehen sind, wobei durch das Wastegate (6) eine Abgasturbine (7) des Turboladers (5) umströmbar ist und wobei die Abgasturbine (7) einen eingangsseitig der wenigstens einen Kolben-Zylinder-Einheit (4) angeordneten Verdichter (8) antreibt, wobei die Regeleinrichtung (2) bei Detektion einer vordefinierten Auslösebedingung eine Verstellung des Zündzeitpunkts und des Öffnungsgrads des Wastegates (6) so vornimmt, dass der Gesamt-Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine (1) optimiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Regeleinrichtung (2) der Zündzeitpunkt der Zündeinrichtung (3) an das Optimum des Gesamt-Wirkungsgrades herangeführt wird und der Öffnungsgrad des Wastegates (6) verändert wird um die benötigte abgegebene Leistung der Brennkraftmaschine bereit zu stellen.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, wobei als vordefinierte Auslösebedingung Umgebungseinflüsse und/oder ein Betriebsalter der Brennkraftmaschine hinterlegt sind.
3. Brennkraftmaschine nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei als vordefinierte Auslösebedingung Messergebnisse bezüglich interner Zustände der Brennkraftmaschine – vorzugsweise Zündverzug und/oder Verschmutzung des Turboladers – hinterlegt sind.
4. Brennkraftmaschine nach wenigstens einem der vorangehenden Ansprüche, wobei durch die Regeleinrichtung (2) der Zündzeitpunkt der Zündeinrichtung (3) und der Öffnungsgrad des Wastegates (6) gleichzeitig an das Optimum des Gesamt-Wirkungsgrades herangeführt werden.

Innsbruck, am 12. Mai 2016