

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 343/2015
(22) Anmeldetag: 29.05.2015
(43) Veröffentlicht am: 15.12.2016

(51) Int. Cl.: **F02M 25/07** (2006.01)
F02B 37/00 (2006.01)
F02B 41/10 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen:
EP 0653558 A1
WO 2010059079 A1
DE 102004062492 A1

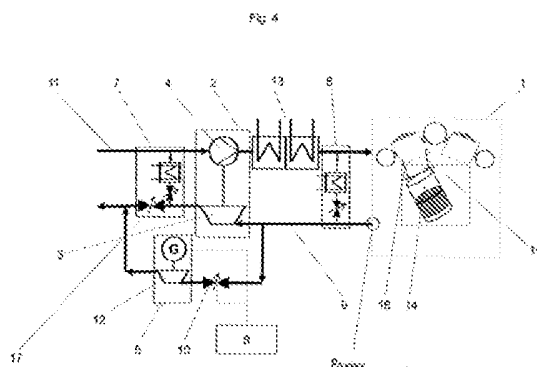
(71) Patentanmelder:
GE Jenbacher GmbH & Co OG
6200 Jenbach (AT)

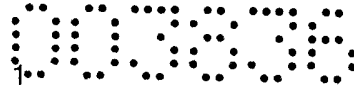
(72) Erfinder:
Musu Ettore
41051 Modena (IT)
Gruber Friedrich
6283 Hippach 44 (AT)
Spyra Nikolaus
6020 Innsbruck (AT)
Tinschmann Georg
6130 Schwaz (AT)

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

(54) **Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine**

(57) Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) wobei eine Menge eines in Brennräumen (14) der Brennkraftmaschine (1) verbleibenden Abgases variiert wird, wobei die Variation der Menge des verbleibenden Abgases durch Steuern oder Regeln eines von einem in einer Abgasleitung (9) der Brennkraftmaschine (1) angeordneten Turbo-Compound-Systems (5) ausgeübten, an Auslassventilen (16) der Brennräume (14) anliegenden Abgasgegendruckes (P_{Auslass}) erfolgt.



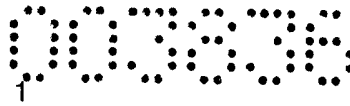


76713 28/sv

Zusammenfassung

Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) wobei eine Menge eines in Brennräumen (14) der Brennkraftmaschine (1) verbleibenden Abgases variiert wird, wobei die Variation der Menge des verbleibenden Abgases durch Steuern oder Regeln eines von einem in einer Abgasleitung (9) der Brennkraftmaschine (1) angeordneten Turbo-Compound-Systems (5) ausgeübten, an Auslassventilen (16) der Brennräume (14) anliegenden Abgasgegendruckes (p_{Auslass}) erfolgt.

(Fig. 4)



Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere einer Dual-Fuel-Brennkraftmaschine, die nach dem Premixed Charge Compression Ignition (PCCI) Brennverfahren betrieben wird, mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1. Die Erfindung betrifft auch eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 6.

Dual-Fuel-Brennkraftmaschinen sind Brennkraftmaschinen, die typischerweise in zwei Betriebsmodi betrieben werden können. Dabei unterscheidet man einen Betriebsmodus mit primär flüssiger Kraftstoffzufuhr (kurz „Flüssigbetrieb“, im Falle der Verwendung von Diesel als flüssigem Kraftstoff kurz „Dieselbetrieb“ genannt) und einen Betriebsmodus mit primär gasförmiger Kraftstoffzufuhr, bei welchem der flüssige Kraftstoff als Pilotkraftstoff zum Start der Verbrennung dient (kurz als „Pilotbetrieb“ bezeichnet).

Bei der Auslegung von Verbrennungskraftmaschinen besteht ein Zielkonflikt zwischen der Reduktion von Stickoxiden und der Reduktion von Partikelemissionen, bei Gasmotoren darüberhinaus auch der Reduktion von THC (engl. *total hydrocarbons* – Summe an unverbrannten Kohlenwasserstoffen).

Das PCCI (*Premixed Charge Compression Ignition*) Brennverfahren ist ein vielversprechender Ansatz zur Verwirklichung einer hocheffizienten und schadstoffarmen Verbrennung.

Beim PCCI-Brennverfahren wird ein mageres Gemisch aus Luft und einem zündunwilligen Kraftstoff (beispielsweise Gas) durch Einspritzung einer kleinen Menge zündfreudigen Kraftstoffs (beispielsweise Diesel) gezündet. Eine nach dem PCCI-Verfahren betriebene Brennkraftmaschine ist als spezielle Variante einer Dual-Fuel-Brennkraftmaschine einzuordnen.

Eine solche Dual-Fuel-Brennkraftmaschine weist also einen PCCI-Betriebsmodus auf. Wird sie nach dem PCCI-Brennverfahren betrieben, so spricht man von dem PCCI-Betriebsmodus.

Die Verbrennung beim PCCI-Brennverfahren verläuft bei geringeren lokalen Temperaturen als die konventionelle Verbrennung in Diesel- oder Gasmotoren und zeichnet sich weiters durch die Vermeidung lokal sehr fetter oder magerer Bereiche

aus, sodass die Bildung von Stickoxiden (NOX), Ruß und THC-Emissionen deutlich reduziert wird.

Ein bestimmender Parameter für die Regelung der Verbrennung ist die Menge sowie die Temperatur des rückgeführten oder zurückgehaltenen Abgases innerhalb des Zylinders. Man kann dabei zwischen interner und externer Abgasrückführung (AGR) unterscheiden.

Bei externer Abgasrückführung wird Abgas aus dem Abgastrakt entnommen und über eine Leitung wieder dem Ansaugtrakt zugeführt. Die externe Abgasrückführung erlaubt eine einfache und effektive Kühlung des Abgases über Wärmetauscher. Bei der Niederdruck- Abgasrückführung (ND-AGR) erfolgt die Entnahme nach der Turbine des Turboladers, die Einleitung im Ansaugtrakt vor dem Verdichter des Turboladers.

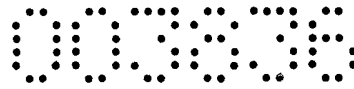
Bei der Hochdruck- Abgasrückführung (HD-AGR) erfolgt die Entnahme vor der Turbine des Turboladers, die Einleitung im Ansaugtrakt nach dem Verdichter des Turboladers.

Bei der internen Abgasrückführung werden die Verbrennungsgase im Zylinder entweder zurückgehalten oder kurzzeitig in den Einlasskanal geschoben und wieder angesaugt. Auch möglich ist die zeitweise Öffnung des/ der Auslassventil(e) während des Ansaugtakts, sodass Abgas in den Zylinder zurückgesaugt wird.

In aller Regel müssen für die interne Abgasrückführung und zur Einstellung des gewünschten Restgasgehaltes die Ein- und Auslassventilöffnungszeiten modifiziert werden.

Das Zurückhalten von Abgas (interne AGR) ist wesentlicher Bestandteil des PCCI-Brennverfahrens.

Der internen AGR und der externen HD-AGR ist gemein, dass die Menge an Restgas bzw. rückgeführtem Abgas über das Druckniveau vor Turbine und auch vor Zylinder beeinflusst wird.



Ein Anheben des Druckniveaus vor einer Abgasturbine (d. h. des Abgasgegendruckes) hat ebenso, wie modifizierte Ventilöffnungszeiten, insbesondere beim Viertaktverfahren, prinzipbedingt Verluste im Ausschiebetakt zufolge und verringert damit den Wirkungsgrad.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Regelverfahren bzw. eine Brennkraftmaschine anzugeben durch welches bzw. durch welche die Nachteile des Standes der Technik vermieden werden.

Gelöst werden die Aufgaben durch ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit den Merkmalen von Anspruch 1 sowie eine Brennkraftmaschine mit den Merkmalen von Anspruch 6.

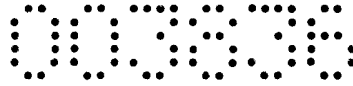
Dadurch, dass die Variation der Menge des verbleibenden Abgases durch Steuern oder Regeln eines von einem in einer Abgasleitung der Brennkraftmaschine angeordneten Turbo-Compound-Systems ausgeübt, an Auslassventilen der Brennräume anliegenden Abgasgegendruckes erfolgt, kann die Abgasrückführrate elegant gesteuert bzw. geregelt werden.

Wird in der vorliegenden Offenlegung von einer „Abgasrückführrate“ gesprochen, ist damit freilich auch die Abgasrückhaltung bei interner AGR erfasst.

Die Erfindung zielt primär auf die Beeinflussung der internen AGR-Rate ab.

Wie eingangs erläutert, erfolgt eine interne Abgasrückführung durch Zurückhalten oder Wiederansaugen von Abgasen aus dem Einlass- oder Auslass-Trakt einer Brennkraftmaschine. Durch Steuern oder Regeln des Abgasgegendruckes wird direkt die interne AGR-Rate beeinflusst, wobei ein erhöhter Abgasgegendruck eine erhöhte interne AGR-Rate zur Folge hat. Umgekehrt bewirkt ein verringerter Abgasgegendruck eine verringerte AGR-Rate.

Bevorzugt ist vorgesehen, dass die Variation des vom Turbo-Compound-System ausgeübten Abgasgegendruckes durch Steuern oder Regeln eines Bremsmomentes eines Generators des Turbo-Compound-Systems erfolgt.



Das Steuern oder Regeln des Bremsmomentes des Generators kann beispielsweise über Beeinflussung des Erregerstroms erfolgen. Es sei so verstanden, dass eine Erhöhung des vom Generator ausgeübten Bremsmomentes auch einer Erhöhung der vom Generator abrufbaren Leistung gleichkommt.

Bei einer Erhöhung des Bremsmomentes des Turbo-Compound-Systems erhöht sich der vom Turbo-Compound-System ausgeübte Abgasgegendruck, wodurch die Menge an rückgeführtem / rückgehaltenem Abgas steigt.

Besonders vorteilhaft an der Lösung ist, dass die Erhöhung des Abgasgegendruckes nur einen kleinen Energieverlust bedeutet, da das Turbo-Compound-System bei erhöhtem Abgasgegendruck umso mehr elektrische Leistung erzeugt.

Es kann vorgesehen sein, dass bei paralleler Anordnung des Turbo-Compound-Systems zu einem Turbolader, vorzugsweise in einem PCCI-Modus, der Abgasgegendruck zusätzlich durch Betätigung eines in der Abgasleitung stromabwärts des Turboladers angeordneten Ventils gesteuert oder geregelt wird.

Bevorzugt wird die Brennkraftmaschine im PCCI-Betriebsmodus betrieben.

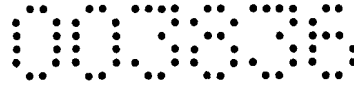
Es sei erwähnt, dass die interne Abgasrückführung im PCCI-Betriebsmodus besonders relevant ist. Ein Rückhalten von Abgas durch interne AGR („heiße AGR“) unterstützt dieses Brennverfahren.

Eine externe AGR ist besonders für den Betriebsmodus Dieselmotor relevant. Durch die vorliegende Erfindung lässt sich eine Brennkraftmaschine besonders günstig in beiden Betriebsmodi (PCCI-Betriebsmodus und Dieselmotor) betreiben.

Wie an sich bekannt, kann zusätzlich zu den oben beschriebenen Maßnahmen auch auf variable Ventilsteuerzeiten für die Einlass- / oder Auslassventile der Brennräume zur Steuerung der internen AGR zurückgegriffen werden.

Die Brennkraftmaschine ist bevorzugt als stationärer Gasmotor, besonders bevorzugt als Teil eines Gensets zur dezentralen Energieerzeugung ausgebildet. Vorstellbar sind auch Anwendungen im Marine und Locomotive-Bereich.

Die Erfindung soll anhand der Figuren näher beschrieben werden. Dabei zeigt



- Fig. 1 das pV-Diagramm eines Arbeitstaktes einer 4-Takt-Brennkraftmaschine ohne interne Abgasrückführung und mit einem Turbolader hohen Wirkungsgrads
- Fig. 2 das pV-Diagramm eines Arbeitstaktes einer 4-Takt-Brennkraftmaschine mit interner AGR und erhöhtem Druckniveau vor der Abgasturbine (PCCI-Betriebsmodus),
- Fig. 3 das pV-Diagramm eines Arbeitstaktes einer 2-Takt-Brennkraftmaschine mit interner AGR und erhöhtem Druckniveau vor der Abgasturbine (PCCI-Betriebsmodus),
- Fig. 4 eine Anordnung einer Brennkraftmaschine mit einem Turbo-Compound System in einem ersten Ausführungsbeispiel,
- Fig. 5 eine Anordnung einer Brennkraftmaschine mit einem Turbo-Compound System
in einem weiteren Ausführungsbeispiel,
- Fig. 6 eine Anordnung von Brennkraftmaschine und einem Turbo-Compound System
nach einem weiteren Ausführungsbeispiel und
- Fig. 7 eine Anordnung einer Brennkraftmaschine mit zweistufiger Aufladung und einem Turbo-Compound-System nach einem weiteren Ausführungsbeispiel.

Fig. 1 zeigt den Arbeitstakt einer 4-Takt-Brennkraftmaschine ohne interne Abgasrückführung und mit einem Turbolader mit hohem Wirkungsgrad im pV-Diagramm. Auf der Y-Achse ist der Zylinderdruck („in cylinder pressure“) aufgetragen, auf der X-Achse das Volumen. Eine Brennkraftmaschine mit der hier gezeigten Charakteristik weist ein positives Spülgefälle auf, d. h. dass das Druckniveau vor dem Zylinder p_{Einlass} größer ist als das Druckniveau stromabwärts des Zylinders, p_{Auslass} , d. h. der Abgasgegendruck, welcher nach den Auslassventilen und vor der Abgasturbine herrscht. Durch das positive Spülgefälle trägt auch die vom Ausschiebe- und vom Ansaugtakt erzeugte Schleife (der sogenannte Niederdruck-Zyklus) zur Leistungserzeugung bei, wie es allgemein bekannt ist.

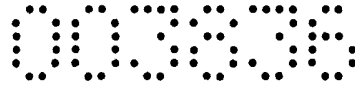


Fig. 2 zeigt die Darstellung eines Arbeitstaktes einer Brennkraftmaschine, die im PCCI-Modus betrieben wird im pV-Diagramm analog der Darstellung von Fig. 1. Man erkennt, dass hier das Druckniveau stromaufwärts der Zylinder geringer ist als der Abgasgegendruck $p_{\text{Auslass PCCI}}$, d. h. die Brennkraftmaschine weist ein negatives Spülgefälle auf. Dadurch muss für den Ansaug- und Ausschiebezyklus Arbeit erbracht werden. Legt man die Darstellungen von Fig. 1 und Fig. 2 übereinander, so erkennt man, dass gegenüber dem normalen Betriebsmodus von Fig. 1 einerseits die darin gewonnene Leistung verloren geht, und zusätzlich die in Fig. 2 dargestellte Leistung für den Ausschiebe- bzw. Ansaugtakt erbracht werden muss.

Figur 3 zeigt das pV-Diagramm eines Arbeitstaktes einer 2-Takt-Brennkraftmaschine mit interner AGR und erhöhtem Druckniveau vor der Abgasturbine (PCCI-Betriebsmodus). Man erkennt unmittelbar die inhärenten Vorteile des 2-Takt Verfahrens bezüglich der aufzubringenden Arbeit im Ansaug- und Ausschiebezyklus. Eine Ladungswechselschleife wie im 4-Takt fehlt, daher ist die Ladungswechselsarbeit wesentlich kleiner.

Die Darstellungen in Figuren 1 bis 3 sind an sich Lehrbuchwissen und dienen zum besseren Verständnis der Motivation der vorliegenden Erfindung, nämlich die Verluste im Ansaug- bzw. Ausschiebetakt, auch Niederdruckzyklus genannt, zu verringern. Die Erfindung bezieht sich gleichermaßen auf 2-Takt- wie 4-Takt-Brennkraftmaschinen.

Fig. 4 zeigt eine Anordnung nach einem ersten Ausführungsbeispiel. Die Anordnung zeigt eine Brennkraftmaschine 1, einen Turbolader 2 und ein Turbo-Compound System 5 in einer zum Turbolader 2 parallelen Anordnung.

Die Brennkraftmaschine 1 weist in der Regel mehrere Brennräume 14 auf, von welchen der Übersichtlichkeit halber bloß einer gezeigt ist.

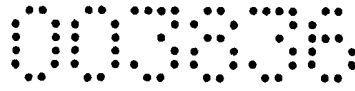
Die Brennräume 14 sind über wenigstens ein Einlassventil 15 mit der Zufuhrleitung 11 und über wenigstens ein Auslassventil 16 mit der Abgasleitung 9 verbunden.

Turbo-Compound Systeme sind grundsätzlich aus dem Stand der Technik bekannt. Dabei werden Abgase einer Brennkraftmaschine in einer Nutzturbine entspannt und die Enthalpie des Abgases in mechanische bzw. bei Kopplung der Nutzturbine mit einem Generator in elektrische Energie umgewandelt.

Der Turbolader 2 besteht aus der Abgasturbine 3 und dem über eine Welle mit der Abgasturbine 3 gekoppelten Verdichter 4. Über die Zufuhrleitung 11 eintretende Luft bzw. eintretendes Gemisch wird vom Verdichter 4 verdichtet und über den Wärmetauscher 13 der Brennkraftmaschine 1 zugeführt. Die Abgase der Brennkraftmaschine 1 werden auf die Abgasturbine 3 geleitet, wo sie entspannt werden und mit verringertem Druck abströmen.

Gezeigt ist weiter eine Hochdruckabgasrückführung 6, die stromaufwärts der Abgasturbine 3 angeordnet ist. Von der Hochdruckabgasrückführung 6 kann Abgas von der Abgasleitung 9 abgezweigt werden, um der Brennkraftmaschine 1 einlassseitig zugeführt zu werden. Die Hochdruckabgasrückführung 6 besteht aus einem regelbaren Ventil und einem Wärmetauscher, damit die rückgeführten Abgase dem Einlass der Brennkraftmaschine 1 gekühlt zugeführt werden können.

Weiters zu erkennen ist eine zweite Abgasrückführung, die optionale Niederdruckabgasrückführung 7. Diese ist stromabwärts von der Abgasturbine 3 angeordnet und kann das dort bei einem geringeren Druckniveau als stromaufwärts der Abgasturbine 3 vorliegende Abgas entnehmen und der Gemisch- bzw. der Luftzuleitung stromaufwärts des Kompressors 4 zuführen. Zur Beeinflussung der Menge an über die Niederdruckabgasrückführung 7 in die Zufuhrleitung 11 rezirkuliertem Abgas sind zwei absperrbare Ventile vorgesehen. Ventil 17 verbindet den Austritt der Abgasturbine 3 mit dem Austritt der Abgase aus der Abgasleitung 9 (etwa zu einem Kamin oder einer Abgasnachbehandlung) und erlaubt eine Drosselung oder Absperrung der Abgasleitung 9. Ein weiteres Ventil ist in der Verbindung zur Zufuhrleitung 11 vorgesehen, wodurch sich im Zusammenspiel der Ventilstellungen die Menge des über die Niederdruckabgasrückführung 7 rezirkulierten Abgases regulieren lässt.



Letzteres Ventil erlaubt auch die vollständige Absperrung des Strömungspfadcs zur Zufuhrleitung 11 und kann in allen Ausführungsbeispielen vorgesehen sein.

Für die Hochdruckabgasrückführung 6 gilt sinngemäß das gleiche.

Die punktierten Kästen um Brennkraftmaschine 1, Turbolader 2, Hochdruckabgasrückführung 6 und Niederdruckabgasrückführung 7 bringen zum Ausdruck, dass es sich dabei um funktionelle Einheiten handelt.

Parallel zur Abgasturbine 3 ist ein elektrisches Turbo-Compound-System 5 angeordnet. Stromaufwärts des Turbo-Compound-System 5 befindet sich das Ventil 10. Das Turbo-Compound-System 5, bestehend aus einer Turbine 12 und einem Generator G, wird von der Steuer-/Regeleinrichtung 8 kontrolliert. Die Steuer-/Regeleinrichtung 8 kann nun das elektrische Turbo-Compound-System 5 solchcrmaßen steuern bzw. regeln (im Weiteren als „kontrollieren“ bezeichnet), dass das Turbo-Compound-System 5 beispielsweise bei konstanter Umdrehungsgeschwindigkeit betrieben wird. Der Eingriff kann dabei über den Generator G erfolgen. Denkbar wäre auch eine Verstellung der Anströmung der Turbine 12.

Weiters kann über die Steuer-/Regeleinrichtung 8 mittels Eingriff auf das Ventil 10 das unmittelbar vor der Turbine des Turbo-Compound-Systems 5 herrschende Druckniveau bzw. der durch die Turbine 12 des Turbo-Compound-Systems 5 strömende Abgasmassenstrom kontrolliert werden.

Solchcrmaßen kann der vom Turbo-Compound-System 5 ausgeübte Abgasgegendruck p_{Auslass} gesteuert oder geregelt werden. Durch Steuern oder Regeln des Abgasgegendruckes p_{Auslass} wird direkt die interne AGR-Rate beeinflusst, wobei ein erhöhter Abgasgegendruck eine erhöhte interne AGR-Rate zur Folge hat. Umgekehrt bewirkt ein verringerter Abgasgegendruck eine verringerte AGR-Rate. Solchcrmaßen lässt sich die AGR-Rate elegant mittels Turbo-Compound-System 5 kontrollieren.

Ist beispielsweise das Ventil 10 geöffnet, strömt nicht alles aus der Brennkraftmaschine 1 kommende Abgas auf die Abgasturbine 3, sondern eine Teilmenge davon auch auf das Turbo-Compound-System 5. Durch Variation der durch das Turbo-Compound-System 5 strömenden Teilmenge von Abgas ist das Druckniveau vor der Abgasturbine 3 beeinflussbar. So bewirkt ein Erhöhen der durch das Turbo-Compound-System 5 fließenden Abgasmenge ein Senken des Druckniveaus vor der Abgasturbine 3.

In der Praxis werden das Turbo-Compound 5 und der Turbolader 3 so abgestimmt sein, dass eine Regelreserve in beide Richtungen besteht, d.h. in Richtung einer Vergrößerung des durch das Turbo-Compound-System 5 strömenden Abgasmassenstroms und in Richtung einer Verkleinerung desselben. Über das Bremsmoment des Generators G und Ventil 10 lässt sich der Gegendruck des Turbo-Compound-Systems 5 steuern oder regeln.

Durch das gemäß einer Variante regelbar ausgeführte Ventil 10 kann das Turbo-Compound-System 5 auf konstante Drehzahl geregelt werden. Das regelbare Ventil 10 erlaubt also das Betreiben des elektrischen Turbo-Compound-Systems 5 auf konstanter Geschwindigkeit und die Regelung des Druckes vor der Abgasturbine 3.

In einer Variante des Ausführungsbeispiels ist das Ventil 10 stromaufwärts des Turbo-Compound 5 als nicht regelbares Ventil ausgeführt. In der Variante mit dem zum Beispiel als einfaches Klappenventil ausgeführten Ventil 10 weist der Turbo-Compound 5 im Betrieb eine variable Drehzahl auf.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Anordnung einer Brennkraftmaschine mit Turbo-Compound zur Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Im Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 sind das Turbo-Compound-System 5 und der Turbolader 2 kombiniert:

die Turbine 12 des Turbo-Compound-Systems 5 ersetzt die Abgasturbine 3 des Turboladers 2.

Die Turbine 12 bildet zusammen mit dem gekoppelten Generator G das Turbo-Compound-System 5; gleichzeitig ist die Turbine 12 über eine Welle mit dem Verdichter 4 gekoppelt und bildet zusammen mit dem Verdichter 4 den Turbolader 2. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist also das Turbo-Compound-System 5 einerseits über eine Welle mit dem Verdichter 4 gekoppelt und andererseits mit dem Generator G. Gezeigt ist weiters die Hochdruck-Abgasrückführung 6 und eine optionale Niederdruck-Abgasführung 7. Zur Regelung dieser gilt das für Figur 4 gesagte.

Gemäß diesem Ausführungsbeispiel wird der vom Turbo-Compound-System 5 ausgeübte Abgasgegendruck (und damit die AGR-Rate) variiert, indem der vom Generator G auf das Turbo-Compound-System 5 wirkende Widerstand variiert wird. Wirkt ein hohes Bremsmoment vom Generator G auf das Turbo-Compound-System 5, so herrscht in der Abgasleitung 9 ein höheres Druckniveau als bei einem geringeren aufgeprägten Bremsmoment durch den Generator G.

Somit lässt sich auch mit der Anordnung von Fig. 5 das Druckniveau in der Abgasleitung 9 und damit die Abgasrückführrate kontrollieren.

Besonders vorteilhaft lässt sich im Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 das Druckniveau in der Abgasleitung 9 und damit die Abgasrückführrate variieren, wenn der Generator G als regelbarer Generator ausgeführt ist. Das bedeutet, dass beispielsweise durch Regelung des Erregerstroms das vom Generator G ausgeübte Bremsmoment variiert werden kann.

Fig. 6 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, in welchem das Turbo-Compound-System 5 in Serie zur Abgasturbine 3 stromabwärts der Abgasturbine 3 angeordnet ist. In diesem Fall wirkt eine Betätigung des Turbo-Compound-Systems 5 auf das Druckniveau zwischen Abgasturbine 3 und Turbo-Compound-System 5 aber auch auf das Druckniveau stromaufwärts der Abgasturbine 3 und somit ändert sich der Abgasgegendruck p_{Auslass} und damit das Maß an interner AGR.

Das Turbo-Compound-System 5 weist eine regelbare Umgehung auf. Durch ein regelbares Ventil lässt sich die Umgehung nach Bedarf vollständig öffnen, vollständig schließen oder Zwischenpositionen einnehmen. In vollständig geöffneter Stellung der Umgehung wird das Abgas das Turbo-Compound-System 5 größtenteils umströmen. Durch die Umgehung ist eine Möglichkeit geschaffen besonders im Transientenbetrieb (also bei raschen Lastschwankungen) schnell zu reagieren.

Bei steigender Lastanforderung würde beispielsweise die Umgehung vollständig geöffnet werden, um alle Abgasenergie zur Erzeugung von Ladedruck zur Verfügung zu stellen.

In einer Variante kann das Ausführungsbeispiel mit zweistufiger Aufladung (zwei Turbolader in Serie) ausgeführt sein.

Fig. 7 zeigt eine Anordnung mit zweistufiger Aufladung, wobei zwei Turbolader 2, 2' in Serie angeordnet sind. Gemäß diesem Ausführungsbeispiel ist das Turbo-Compound-System 5 zwischen der Eingangsseite der Turbine 3 des Turboladers 2 (hier als Hochdrucklader wirkend) und der Ausgangsseite der Turbine 3' des Turboladers 2' (Niederdrucklader) angeordnet. Alternativ kann das Turbo-Compound-System 5 auch zwischen Eingangs- und Ausgangsseite der Turbine 3 (Hochdrucklader) angeordnet sein.

Wie anhand der vorangegangenen Ausführungsbeispiele erläutert, kann auch hier das Bremsmoment des Turbo-Compound-Systems 5 über die Steuer-/Regeleinrichtung 8 variiert werden. Damit kann das Druckniveau in der Abgasleitung 9 stromaufwärts der Hochdruckabgasturbine 3 und in Folge die rückgeführte / rückgehaltene Abgasmenge variiert werden.

Als mögliche Variante ist noch strichliert ein Strömungspfad stromabwärts des Turbo-Compound-Systems 5 eingetragen, der die Abströmseite des Turbo-Compound-Systems 5 mit dem Einlass der Turbine 3' des Turboladers 2' (Niederdrucklader) verbindet. In anderen Worten überbrückt das Turbo-Compound-System 5 in dieser Variante nur den Hochdrucklader. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, Abgas aus dem Turbo-Compound-System 5 noch im Niederdrucklader abzuarbeiten.

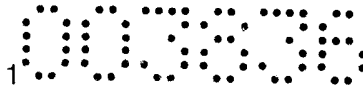
Für alle Ausführungsbeispiele gilt, dass auch die Turbine 12 des Turbo-Compound-Systems 5 selbst zweistufig ausgeführt sein kann.

Der punktierte Kasten um die Brennkraftmaschine 1 gibt die funktionale Einheit wieder. Konstruktiv ist es natürlich so, dass die Zufuhrleitung 11 zu den Einlassventilen 15 führt und die Auslassventile 16 mit der Abgasleitung 9 verbunden sind. Der Abgasgegendruck p_{Auslass} liegt zwischen den Auslassventilen 16 und der Abgasturbine 3 (Figuren 4, 6 und 7) bzw. der Abgasturbine 12 (Figur 5).

Liste der verwendeten Bezugszeichen

1	Brennkraftmaschine
2	Turbolader
3	Abgasturbine
4	Verdichter
5	Turbo-Compound System
6	Hochdruck-Abgasrückführung
7	Niederdruck-Abgasführung
8	Steuer-/Regeleinrichtung
9	Abgasleitung
10	Ventil
11	Zufuhrleitung
12	Turbine
13	Wärmetauscher
14	Brennraum
15	Einlassventil
16	Auslassventil
17	Ventil
p_{Auslass}	Abgasgegendruck (Druck am Auslass stromaufwärts der Abgasturbine)
p_{Einlass}	Druckniveau vor dem Zylinder einlassseitig
EVc	Auslassventil-Schließen
EVo	Auslassventil-Öffnen
IVc	Einlassventil-Schließen
IVo	Einlaßventil- Öffnen

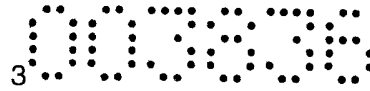
Innsbruck, am 27. Mai 2015



Patentansprüche:

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine (1) wobei eine Menge eines in Brennräumen (14) der Brennkraftmaschine (1) verbleibenden Abgases variiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Variation der Menge des verbleibenden Abgases durch Steuern oder Regeln eines von einem in einer Abgasleitung (9) der Brennkraftmaschine (1) angeordneten Turbo-Compound-Systems (5) ausgeübt, an Auslassventilen (16) der Brennräume (14) anliegenden Abgasgegendruckes (p_{Auslass}) erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Variation des vom Turbo-Compound-System (5) ausgeübten Abgasgegendruckes (p_{Auslass}) durch Steuern oder Regeln eines Bremsmomentes eines Generators (G) des Turbo-Compound-Systems (5) erfolgt.
3. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Menge eines aus der Abgasleitung (9) in die Brennräume (14) rückgeführten Abgases durch Variation des vom Turbo-Compound-System (5) ausgeübten Abgasgegendruckes (p_{Auslass}) gesteuert oder geregelt wird.
4. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei paralleler Anordnung des Turbo-Compound-Systems (5) zu einem Turbolader (3, 3'), vorzugsweise in einem PCCI-Modus, der Abgasgegendruck (p_{Auslass}) zusätzlich durch Betätigung eines in der Abgasleitung (9) stromabwärts des Turboladers (3, 3') angeordneten Ventils (17) gesteuert oder geregelt wird.
5. Verfahren nach wenigstens einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennkraftmaschine (1) im PCCI-Betriebsmodus betrieben wird.

6. Brennkraftmaschine (1) mit
 - einer Zufuhrleitung (11) für Luft oder Gemisch,
 - einer Abgasleitung (9) zum Abführen von Abgas aus der Brennkraftmaschine, wobei Abgas von der Abgasleitung (9) in die Zufuhrleitung (11) führbar ist,
 - einem in der Abgasleitung (9) angeordneten Turbo-Compound-System (5),
 - Brennräume (14) zur Verbrennung des über die Zufuhrleitung (11) zugeführten Brennstoff-Luft-Gemisches,
 - einer Steuer-/Regeleinrichtung (8),**dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuer-/Regeleinrichtung (8) so konfiguriert ist, dass über Eingriff der Steuer-/Regeleinrichtung (8) auf das Turbo-Compound-System (5) die Menge des von der Abgasleitung (9) in die Brennräume (14) der Brennkraftmaschine (1) rückgeführten Abgases steuer- oder regelbar ist.
7. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Turbolader (2, 2') vorgesehen ist, dem Abgase von der Brennkraftmaschine (1) zuführbar sind und von dem verdichtetes Gemisch oder Luft der Brennkraftmaschine (1) zuführbar ist, wobei das Turbo-Compound-System (5) parallel zu dem wenigstens einen Turbolader (2, 2') angeordnet ist.
8. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass zwei in Serie geschaltete Turbolader (2, 2') vorgesehen sind, denen Abgase von der Brennkraftmaschine (1) zuführbar sind und von denen verdichtetes Gemisch oder Luft der Brennkraftmaschine (1) zuführbar ist, wobei das Turbo-Compound-System (5) den Eingang des ersten Turboladers (2) mit dem Ausgang des zweiten Turboladers (2') oder den Eingang des ersten Turboladers (2) mit dem Ausgang des ersten Turboladers (2) verbindet.
9. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Turbolader (2, 2') vorgesehen ist, dem Abgase von der



76713 28/sv

Brennkraftmaschine (1) zuführbar sind und von dem verdichtetes Gemisch oder Luft der Brennkraftmaschine (1) zuführbar ist, wobei das Turbo-Compound-System (5) in Serie zu dem wenigstens einen Turbolader (2, 2') angeordnet ist.

10. Brennkraftmaschine (1) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Turbolader (2, 2') vorgesehen ist, dem Abgase von der Brennkraftmaschine (1) zuführbar sind und von dem verdichtetes Gemisch oder Luft der Brennkraftmaschine (1) zuführbar ist, wobei die Turbine (12) des Turbo-Compound-Systems (5) anstelle der Turbine (3) des wenigstens einen Turboladers (2, 2') angeordnet ist.

Innsbruck, am 27. Mai 2015

Fig. 1

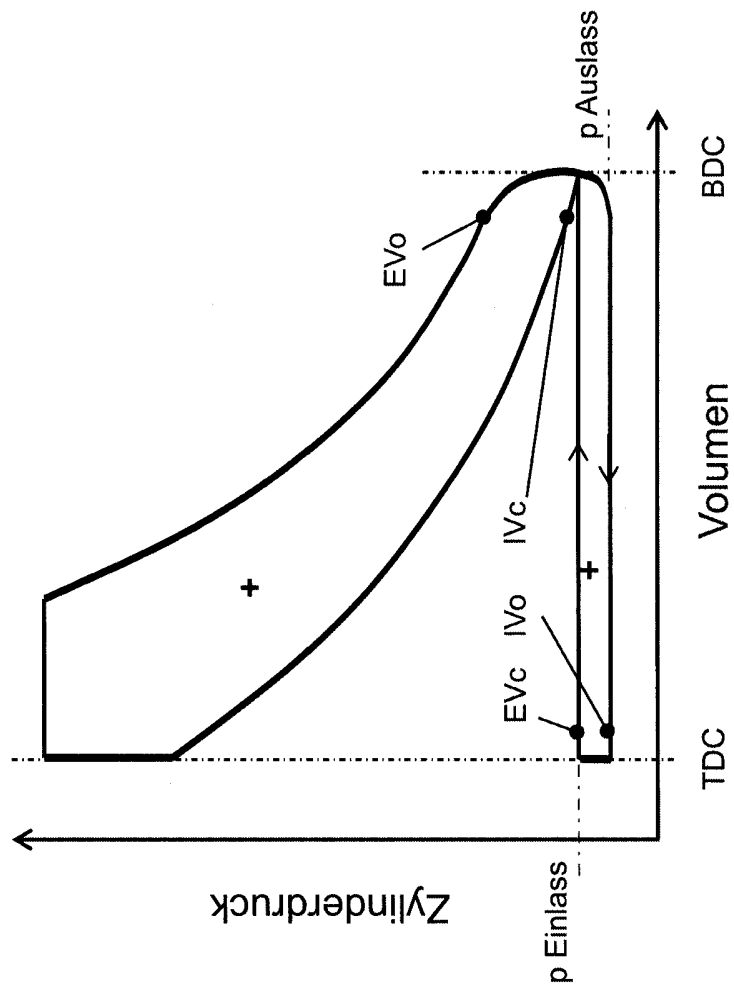


Fig. 2

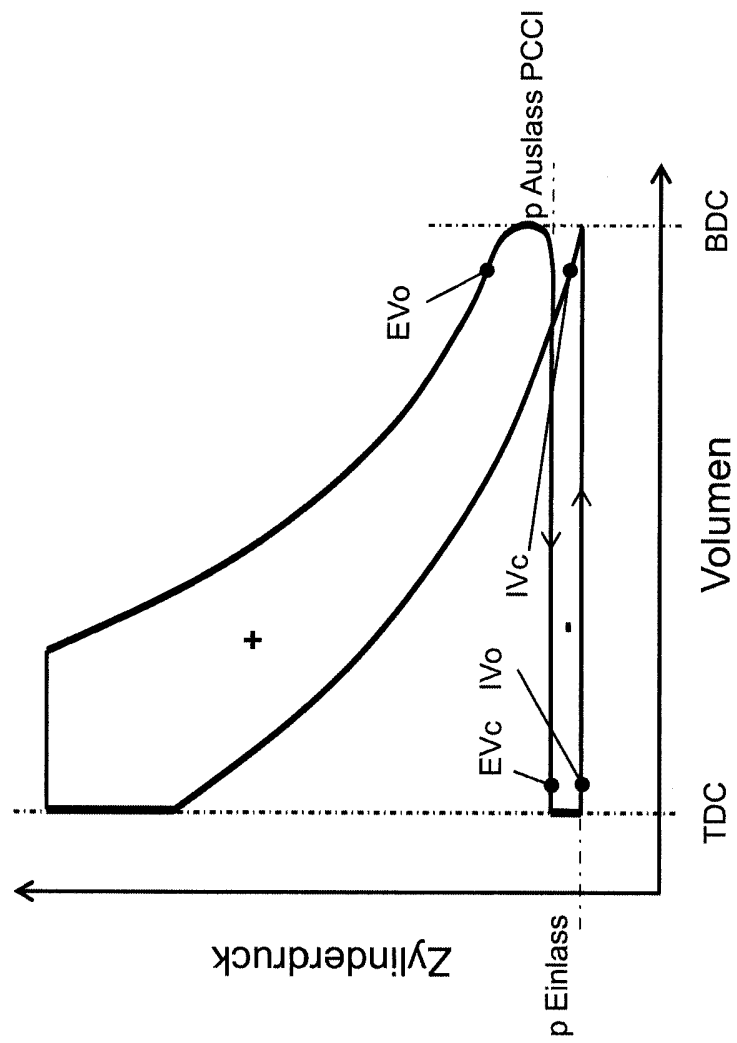


Fig. 3

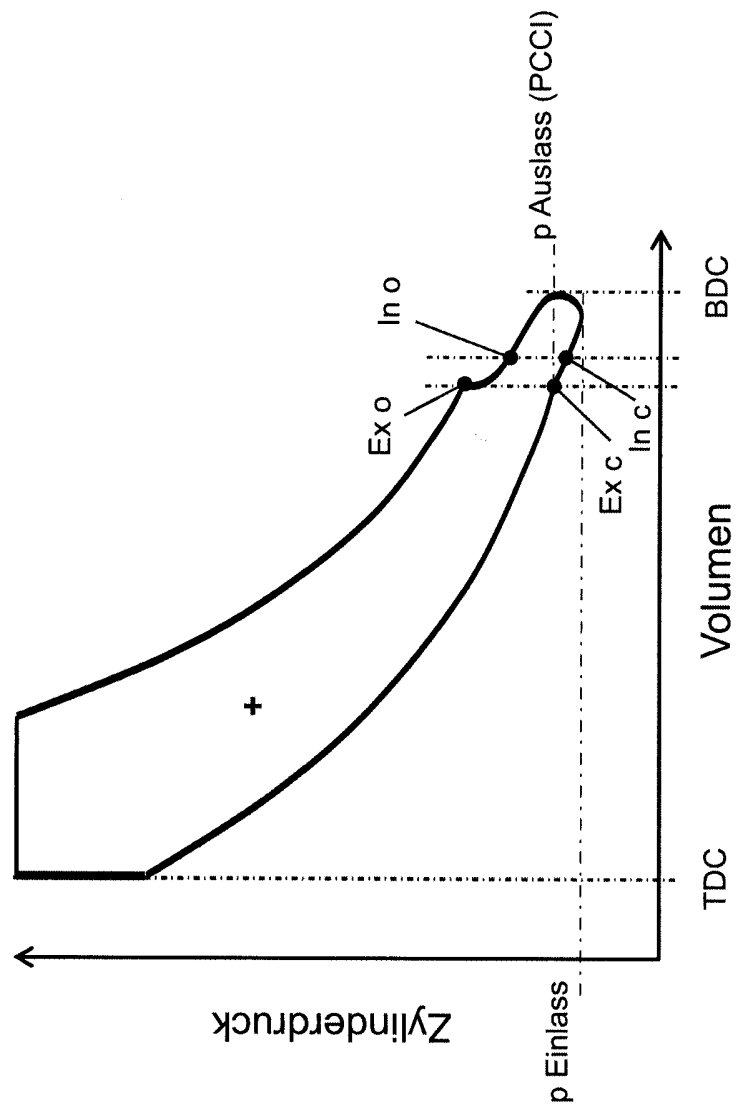


Fig. 4

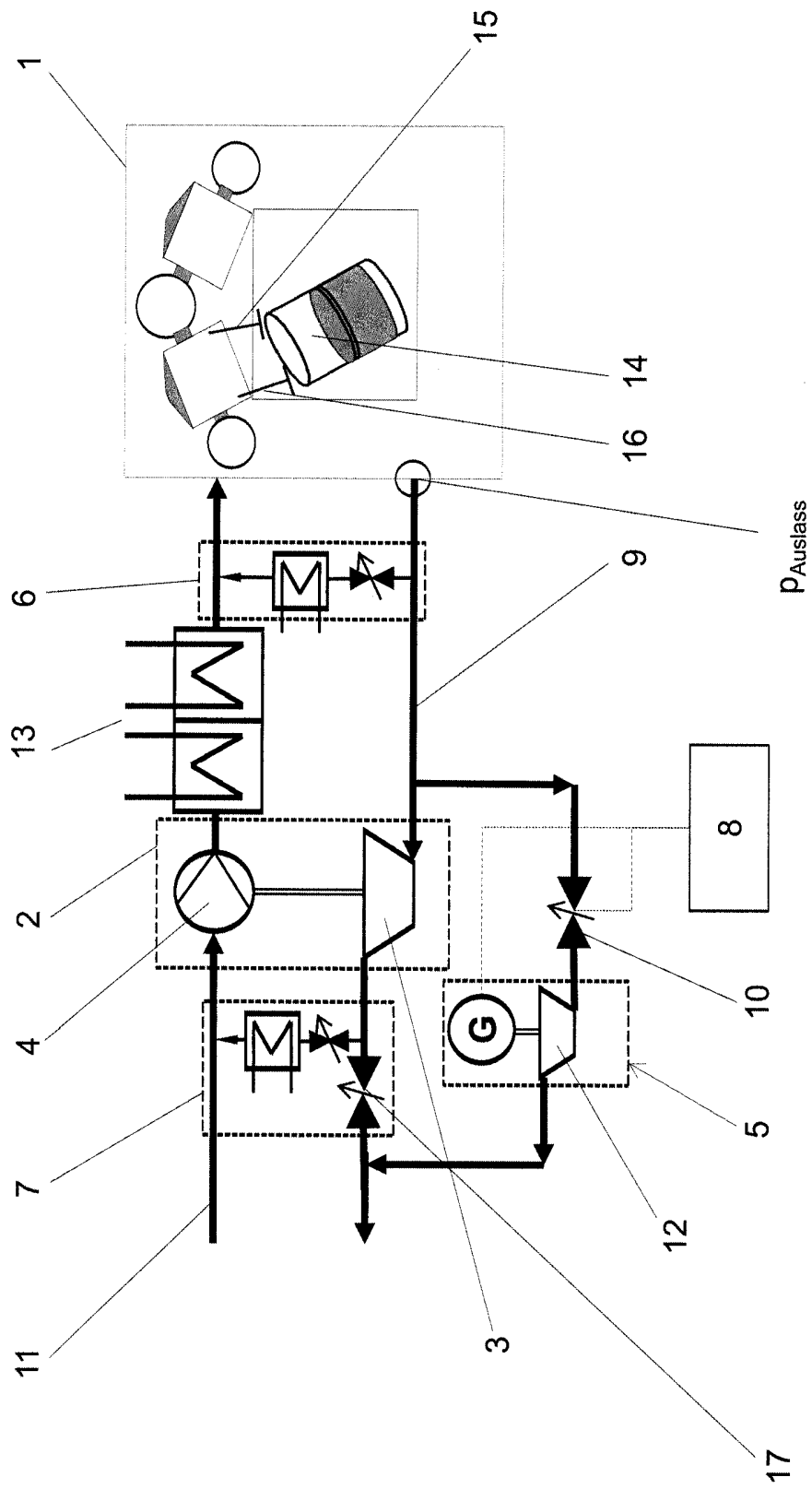


Fig. 5

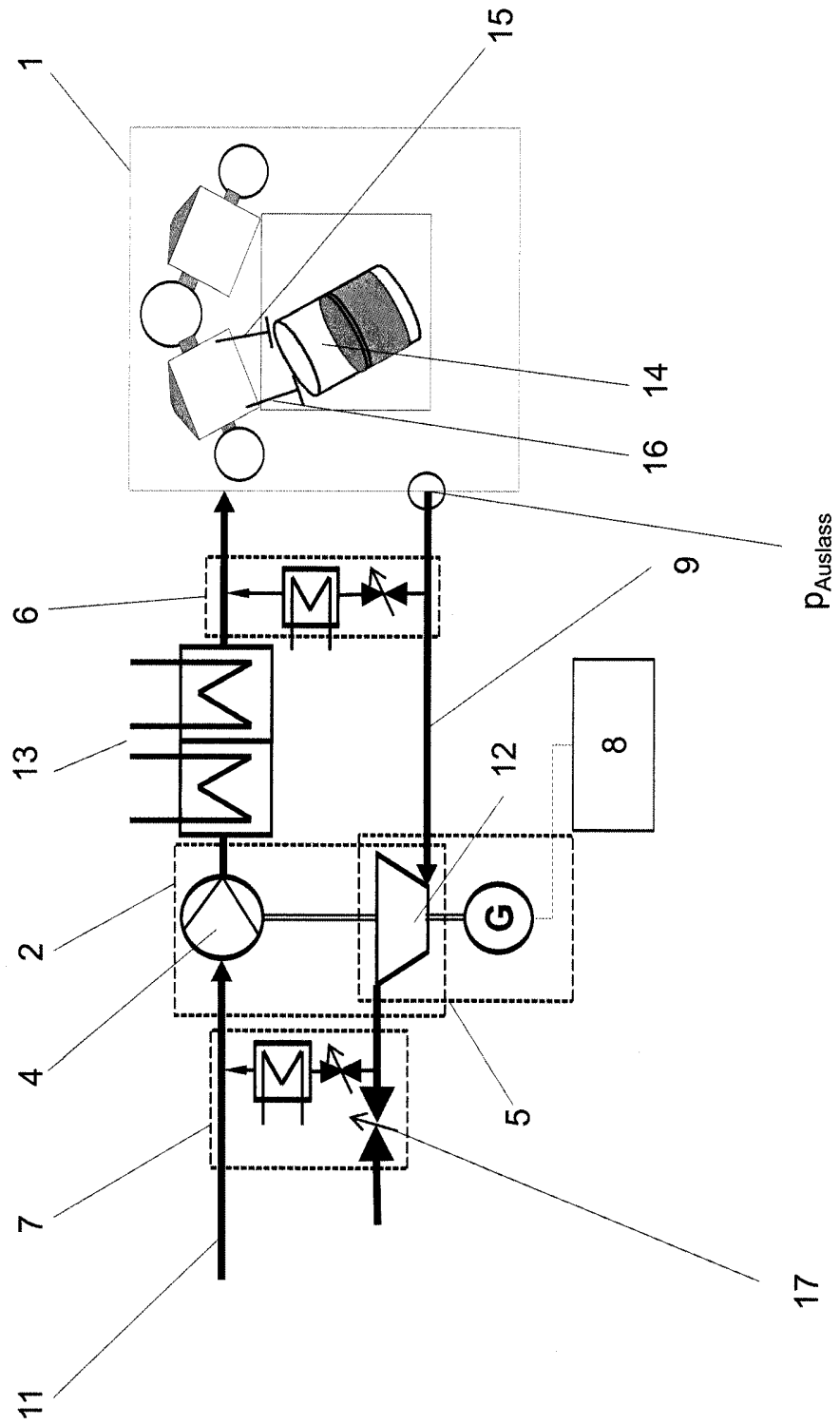


Fig. 6

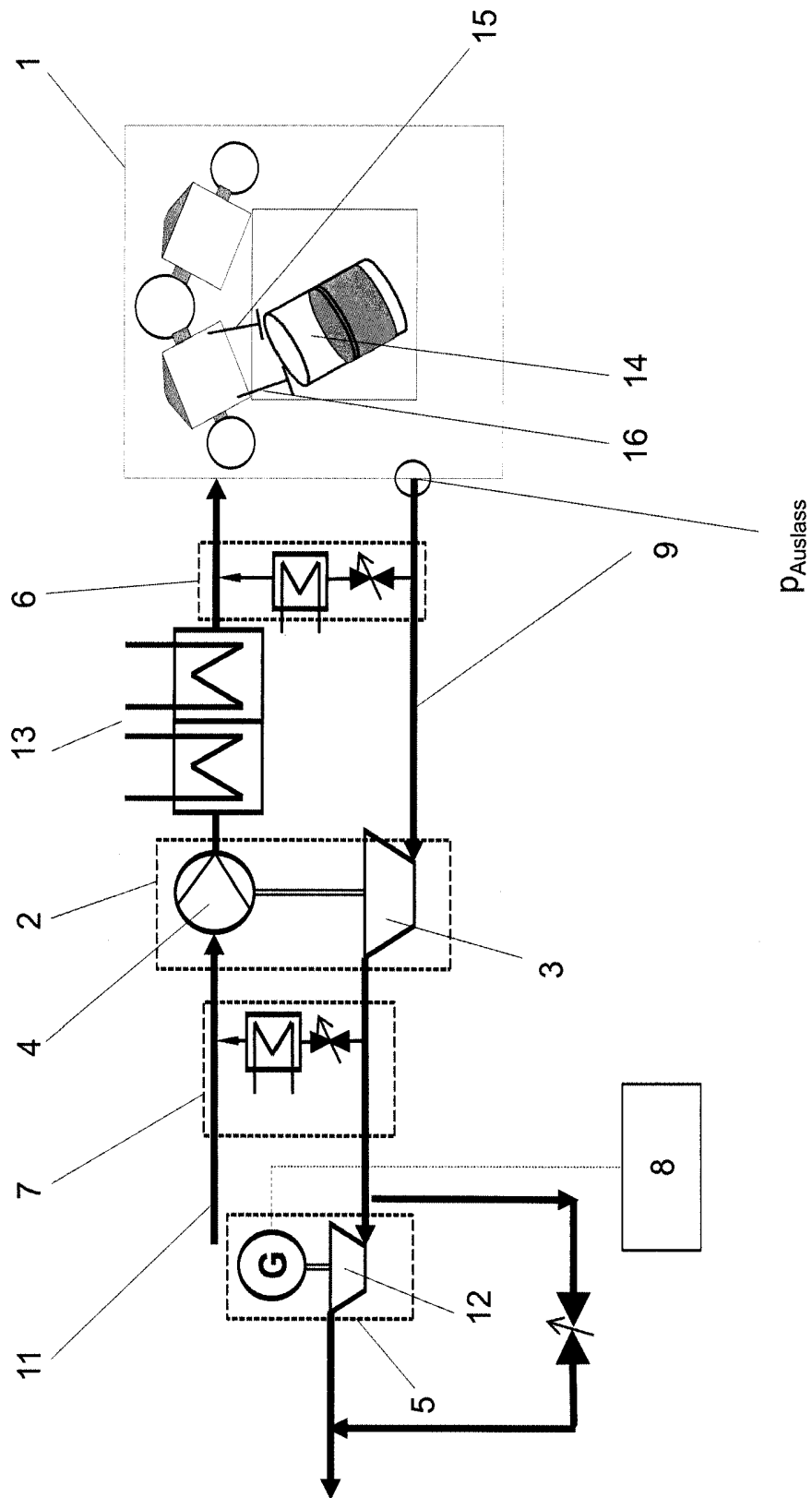
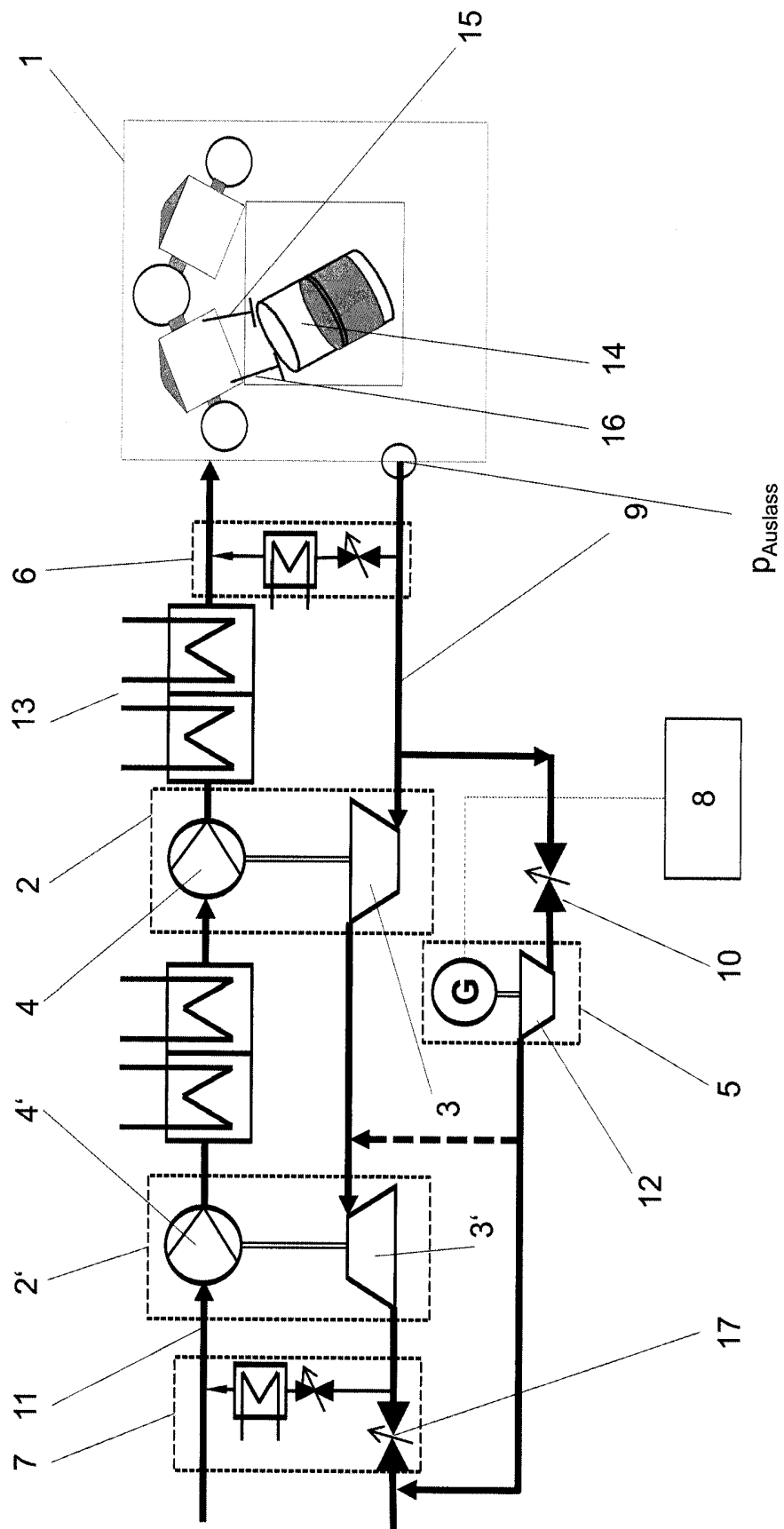


Fig. 7



Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:
F02M 25/07 (2006.01); **F02B 37/00** (2006.01); **F02B 41/10** (2006.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:
F02M 25/0752 (2013.01); **F02B 37/005** (2013.01); **F02B 41/10** (2013.01)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):
F02M, F02B

Konsultierte Online-Datenbank:
EPDOC, WPI

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am **29.05.2015** eingereichten Ansprüchen **1 - 10** erstellt.

Kategorie ¹⁾	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
X	EP 0653558 A1 (NEW SULZER DIESEL AG) 17. Mai 1995 (17.05.1995) Fig. (10, 21); Spalte 4; Ansprüche 3 - 5	1, 6, 7
X	WO 2010059079 A1 (VOLVO) 27. Mai 2010 (27.05.2010) Fig. 1 - 3 (60, 70, 74); Ansprüche	6, 9
X	DE 102004062492 A1 (DAIMLER CHRYSLER AG) 13. Juli 2006 (13.07.2006) Fig. 1 (24)	6, 9

Datum der Beendigung der Recherche:
04.12.2015

Seite 1 von 1

Prüfer(in):
THALHAMMER Christian

¹⁾ **Kategorien** der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.