



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 213 497.6**

(22) Anmeldetag: **03.08.2017**

(43) Offenlegungstag: **07.02.2019**

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

(71) Anmelder:  
**VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT, 38440  
Wolfsburg, DE**

(72) Erfinder:  
**Heinken, Sebastian, 38106 Braunschweig, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

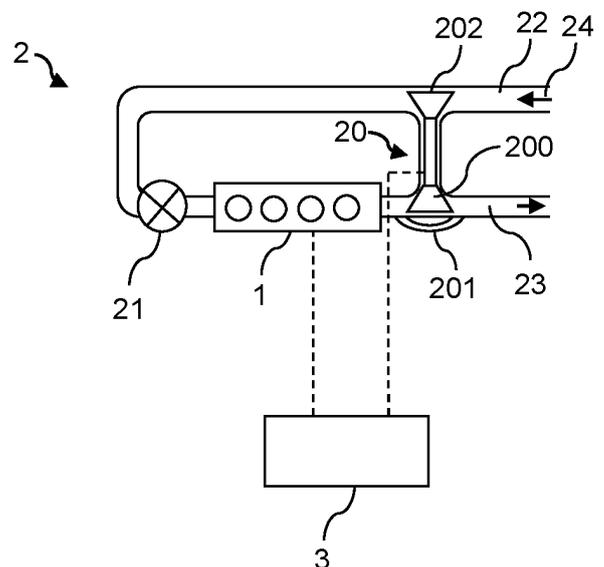
DE	10 2007 023 559	B3
DE	102 35 013	A1
DE	102 43 268	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.**

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Bestimmen eines Grundladedrucks eines Gasführungssystems einer Verbrennungskraftmaschine und Motorsteuerung zum Durchführen eines solchen Verfahrens**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Grundladedrucks eines Gasführungssystems (2) einer Verbrennungskraftmaschine (1) mit einem Turbolader (20), der einen Verdichter (202), eine Turbine (200), eine den Verdichter (202) und die Turbine (200) verbindende Welle und ein Turboladerstellglied zum Variieren einer Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine (200) oder eines Druckverhältnisses über der Turbine (200) aufweist. Das Verfahren umfasst das Berechnen (40) eines Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, wobei die Strömungsgeschwindigkeit durch oder das Druckverhältnis über der Turbine (200) in der geöffneten Turboladerstellgliedposition minimal ist, und das Bestimmen (43) des Grundladedrucks in Abhängigkeit des berechneten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Motorsteuerung zum Ausführen eines Verfahrens zum Bestimmen eines Grundladedrucks.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Grundladedrucks eines Gasführungssystems einer Verbrennungskraftmaschine und eine Motorsteuerung zum Durchführen eines solchen Verfahrens. Insbesondere betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bestimmen eines Grundladedrucks eines Gasführungssystems einer Verbrennungskraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, beispielsweise eines Ottomotors oder eines Dieselmotors eines Kraftfahrzeugs, und eine Motorsteuerung zum Durchführen eines solchen Verfahrens.

**[0002]** Bei modernen Motoren von Kraftfahrzeugen spielt die Motorfüllung eine bedeutende Rolle, da über diese die Effizienz des Motors deutlich beeinflusst werden kann. Typischerweise weisen die Motoren daher Stellglieder zum Einregeln der Füllung (füllungsstellende Organe) auf. Beispiele für füllungsstellende Organe der Motoren sind eine Drosselklappe und ein Turbolader, vorzugsweise ein Turbolader mit Wastegate oder ein Variable-Turbinengeometrie-Lader (VTG-Lader).

**[0003]** Die Drosselklappe und der Turbolader können gleichzeitig, also im Parallelbetrieb, verstellt werden. Das bedeutet unter Umständen, dass beide Stellglieder aktiv gegeneinander arbeiten. So kann es vorkommen, dass das Ladedruckniveau durch den Turbolader erhöht wird und die Drosselklappe drosselt, d.h. dagegen arbeitet, was zu einem Mehrverbrauch des Aggregats führt. Diesen Betrieb gilt es zu verhindern.

**[0004]** Kann man die beiden Regler jedoch eindeutig voneinander abgrenzen (De- und Aktivierung), arbeitet der Turbolader erst dann, wenn der Wunsch an mehr Füllung nicht mehr durch weiteres Öffnen der Drosselklappe gestellt werden kann. Diese Übergabe der Regler kann an der Grenze des Grundladedrucks stattfinden. Unterhalb dieser Druckschwelle arbeitet die Drosselklappe, oberhalb der Ladedruckregler mittels Turbolader.

**[0005]** Es ist daher notwendig, den gegenwärtigen Grundladedruck zu bestimmen. Dies kann beispielsweise durch eine Modellierung des Grundladedrucks, wie sie in der DE 102 43 268 A1 erwähnt wird, erfolgen. Die DE 102 35 013 A1 beschreibt ein Verfahren zum Bestimmen eines Ladedrucksollwerts mittels eines drehzahlabhängigen Grundwerts.

**[0006]** Die bekannten Grundladedruckmodelle besitzen jedoch nur mäßige Genauigkeit. Da der Bereich des Grundladedrucks gewisse Unschärfen mit sich bringt, erfolgt eine Bedatung in der Software, die ein gutes Fahrverhalten sicherstellt, üblicherweise mit dem Kompromiss, dass beide Regler parallel arbeiten und dies etwas Mehrverbrauch bedeutet.

Dieser Kompromiss führt insbesondere bei Motoren, die auf dem Miller-Brennverfahren basieren, zu Problemen, da der Grundladedruck das Motorkonzept deutlich beeinflusst.

**[0007]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Motorsteuerung bereitzustellen, die die oben genannten Nachteile wenigstens teilweise überwinden.

**[0008]** Diese Aufgabe wird durch das erfindungsgemäße Verfahren zum Bestimmen des Grundladedrucks nach Anspruch 1 und die Motorsteuerung nach Anspruch 13 gelöst.

**[0009]** Nach einem ersten Aspekt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Bestimmen eines Grundladedrucks eines Gasführungssystems einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Turbolader, der einen Verdichter, eine Turbine, eine den Verdichter und die Turbine verbindende Welle und ein Turboladerstellglied zum Variieren einer Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine oder eines Druckverhältnisses über der Turbine aufweist, umfassend: Berechnen eines Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, wobei die Strömungsgeschwindigkeit durch oder das Druckverhältnis über der Turbine in der geöffneter Turboladerstellgliedposition minimal ist; und Bestimmen des Grundladedrucks in Abhängigkeit des berechneten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition.

**[0010]** Nach einem zweiten Aspekt betrifft die Erfindung eine Motorsteuerung für eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Gasführungssystem mit einem Turbolader, der einen Verdichter, eine Turbine, eine den Verdichter und die Turbine verbindende Welle und ein Turboladerstellglied zum Variieren einer Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine der Verbrennungskraftmaschine oder eines Druckverhältnisses über der Turbine aufweist, die dazu ausgebildet ist, ein Verfahren zum Bestimmen eines Grundladedrucks des Gasführungssystems der Verbrennungskraftmaschine, insbesondere ein Verfahren nach dem ersten Aspekt, durchzuführen, das umfasst:

Berechnen eines Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, wobei die Strömungsgeschwindigkeit durch oder das Druckverhältnis über der Turbine in der geöffneter Turboladerstellgliedposition minimal ist; und

Bestimmen des Grundladedrucks in Abhängigkeit des berechneten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition.

**[0011]** Nach einem dritten Aspekt betrifft die Erfindung eine Verbrennungskraftmaschine mit einer Motorsteuerung nach dem zweiten Aspekt.

**[0012]** Nach einem vierten Aspekt betrifft die Erfindung ein Kraftfahrzeug mit einer Verbrennungskraftmaschine nach dem dritten Aspekt.

**[0013]** Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der folgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung.

**[0014]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen eines Grundladedrucks eines Gasführungssystems einer Verbrennungskraftmaschine mit einem Turbolader, der einen Verdichter, eine Turbine, eine den Verdichter und die Turbine verbindende Welle und ein Turboladerstellglied zum Variieren einer Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine oder eines Druckverhältnisses über der Turbine aufweist. Das Gasführungssystem kann weiterhin eine Drosselklappe, eine Ansaugleitung, eine Abgasleitung und weitere gasführende Komponenten umfassen. Die Ansaugleitung kann mit der Verbrennungskraftmaschine, beispielsweise einem Ottomotor, einem nach dem Miller-Verfahren arbeitenden Verbrennungsmotor oder einem Dieselmotor, verbunden sein, um diese mit Frischluft zu versorgen. In der Ansaugleitung können der Verdichter des Turboladers und in Strömungsrichtung nachfolgend die Drosselklappe aufgenommen sein, wobei ein Druck nach dem Verdichter bzw. vor der Drosselklappe als Ladedruck bezeichnet wird. Die Abgasleitung kann mit der Verbrennungskraftmaschine verbunden sein, um Abgas aus dieser abzuleiten.

**[0015]** Der Grundladedruck ist der Ladedruck, der herrscht, wenn die Drosselklappe maximal geöffnet ist und sich das Turboladerstellglied in der geöffneten Turboladerstellgliedposition befindet, in der eine Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine oder ein Druckverhältnis über der Turbine minimal ist. Entsprechend kann sich der Grundladedruck von einem aktuellen Ladedruck unterscheiden, wenn sich die Turbine in einer anderen Turboladerstellgliedposition als in der geöffneten Turboladerstellgliedposition befindet. Der Grundladedruck kann weiterhin von einer Turbinengeometrie der Turbine des Turboladers abhängig sein. Mit anderen Worten definiert sich der Grundladedruck durch den Druck, der sich vor der Drosselklappe einstellt, wenn der Turbolader nicht angesteuert wird. Näherungsweise beschreibt er also eine Saugervolllast mit der Randnotiz, dass der Turbolader auch ohne Ansteuerung eine gewisse Verdichterleistung erzeugt. Dies hebt den Grundladedruck also abhängig von der Turboladergeometrie mehr oder weniger über einen Umgebungsdruck.

**[0016]** Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ein Abgasgegendruck bei geöffneter Turboladerstellgliedposition berechnet, insbesondere modelliert, wobei die Strömungsgeschwindigkeit durch oder das Druckverhältnis über der Turbine in der geöff-

neten Turboladerstellgliedposition minimal ist. In der geöffneten Stellgliedposition kann ein Ladedruckanteil, der durch den Turbolader bedingt ist, minimiert werden. Zum Beispiel kann in der geöffneten Stellgliedposition ein Strömungsquerschnitt durch und/oder um die Turbine maximal sein, wodurch die Strömungsgeschwindigkeit minimiert werden kann und gegebenenfalls der Ladedruckanteil des Turboladers minimiert werden kann. Der Abgasgegendruck kann der Druck vor der Turbine sein.

**[0017]** Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren wird dann der Grundladedruck in Abhängigkeit des berechneten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt. Der Grundladedruck kann weiterhin von aktuell herrschenden Bedingungen des Gasführungssystems abhängig sein. Das Bestimmen des Grundladedrucks wird weiter unten im Detail erläutert.

**[0018]** Durch den Abgasgegendruck bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, der für die OffenPosition des Turboladers bestimmt wurde, kann der Grundladedruck sehr zuverlässig bestimmt werden.

**[0019]** In manchen Ausführungsbeispielen kann der Turbolader ein Variable-Turbinengeometrie-Lader (VTG-Lader) mit verstellbaren Leitschaufeln als Stellglieder sein und die Leitschaufeln können sich in der geöffneten Turboladerstellgliedposition in der steilsten Stellung befinden. Alternativ oder zusätzlich kann der Turbolader ein Wastegate mit einem Ventil als Stellglied aufweisen, das bei geöffneter Turboladerstellgliedposition vollständig geöffnet ist.

**[0020]** In manchen Ausführungsbeispielen kann der Abgasgegendruck mittels eines Abgasgegendruckmodells bei geöffneter Turbinenstellgliedposition oder mittels eines Wastegate-Modells bei geöffneter Turbinenstellgliedposition bestimmt werden. Insbesondere kann der Abgasgegendruck im Fall, dass der Turbolader ein Variable-Turbinengeometrie-Lader mit verstellbaren Leitschaufeln als Stellglieder ist, mittels eines Abgasgegendruckmodells, dem eine Turbine mit Leitschaufeln in der steilsten möglichen Stellung zugrunde liegt, bestimmt werden. Im Fall, dass der Turbolader ein Wastegate mit einem Ventil als Stellglied aufweist, kann der Abgasgegendruck mittels eines Wastegate-Modells, dem ein Turbolader mit vollständig geöffnetem Wastegate zugrunde liegt, bestimmt werden.

**[0021]** In manchen Ausführungsbeispielen kann gemäß dem Verfahren weiterhin in Abhängigkeit des modellierten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition eine Turbinendrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt werden. Der Grundladedruck kann dann in Abhängigkeit der bestimmten Turbinendrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt werden.

**[0022]** In manchen Ausführungsbeispielen kann die Turbinendrehzahl bestimmt werden, indem in Abhängigkeit des modellierten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition ein Druckverhältnisses über der Turbine bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt wird, ein Abgasmassenstrom (auch Turbinenmassenstrom genannt) bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt wird und die Turbinendrehzahl in Abhängigkeit des bestimmten Druckverhältnisses und des bestimmten Abgasmassenstroms bestimmt wird. Das Druckverhältnis ist beispielsweise modelliert. Auch der Abgasmassenstrom kann modelliert sein. Anstelle des Abgasmassenstroms kann ein normierter Abgasmassenstrom bestimmt werden und zum Bestimmen der Turbinendrehzahl verwendet werden. Zum Bestimmen des normierten Abgasmassenstroms kann eine Abgastemperatur bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt, insbesondere modelliert, werden, und der normierte Abgasmassenstrom  $\dot{m}_{A,norm}$  aus dem Abgasmassenstrom  $\dot{m}_A$  und der Abgastemperatur  $T_A$  auf Grundlage der Proportionalität

$$\dot{m}_{A,norm} \approx \dot{m}_A \sqrt{T_A}$$

berechnet werden.

**[0023]** In manchen Ausführungsbeispielen kann die Turbinendrehzahl mittels eines Drehzahlmodells, insbesondere eines Turbinenkennfelds, bestimmt werden. Das Turbinenkennfeld kann ein Turbinenkennfeld sein, das sich über dem Druckverhältnis bei der geöffneter Turboladerstellgliedposition und dem Abgasmassenstrom aufspannen lässt. Ausgang ist dann die Turbinendrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition. Zusätzlich können die Eingänge auf die Abgastemperatur normiert werden. Durch den modellierten Abgasgegendruck bei der geöffneter Turboladerstellgliedposition, der Teil des Druckverhältnisses ist, kann der Grundladedruck zuverlässig bestimmt werden.

**[0024]** Die Turbinendrehzahl kann somit von einem Abgasgegendruck bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, dem Druck nach der Turbine, dem Abgasmassenstrom, der Abgastemperatur und der geöffneter Turboladerstellgliedposition abhängig sein.

**[0025]** In manchen Ausführungsbeispielen kann die Verdichterdrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition einer Turbinendrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition entsprechen. Dies ergibt sich daraus, dass der Verdichter und die Turbine fest über die Welle miteinander gekoppelt sind und daher immer gleich schnell drehen. Somit kann beispielsweise mittels eines Drehzahlmodells auf der Turbinenseite beispielsweise durch Berechnung eines Abgasgegendruckmodells bei offener Turbolade-

stellgliedposition die folgende Bilanz zur Verdichterseite gemacht werden:

$$n_T = n_V,$$

wobei  $n_T$  die Drehzahl der Turbine (Turbinendrehzahl) und  $n_V$  die Drehzahl des Verdichters (Verdichterdrehzahl) ist. Besonderheit ist an der Stelle, dass die Turbinendrehzahl und folglich die Verdichterdrehzahl dem Zustand eines offenen Turboladers entspricht und nicht zwangsläufig dem aktuellen Wert der Turbinen- bzw. Verdichterdrehzahl.

**[0026]** In manchen Ausführungsbeispielen kann bei dem Verfahren eine Verdichterdrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition in Abhängigkeit des modellierten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt werden, insbesondere auf eine andere als die oben beschriebene Weise, beispielsweise über ein geeignetes Kennfeld. Der Grundladedruck kann dann in Abhängigkeit der bestimmten Verdichterdrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt werden. Wiederrum ermöglicht die Verwendung des modellierten Abgasgegendrucks eine zuverlässige Bestimmung des Grundladedrucks.

**[0027]** In manchen Ausführungsbeispielen kann gemäß dem Verfahren ein Frischluftmassenstrom bei geöffneter Turboladerstellgliedposition erhalten werden und in Abhängigkeit der Verdichterdrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition und des Frischluftmassenstroms ein Druckverhältnis bei geöffneter Turboladerstellgliedposition über dem Verdichter bestimmt werden. Der Grundladedruck kann dann in Abhängigkeit des Druckverhältnisses bestimmt werden. Anstelle des Frischluftmassenstroms kann ein normierter Frischluftmassenstrom bestimmt werden und zum Bestimmen des Grundladedrucks verwendet werden. Zum Bestimmen des normierten Frischluftmassenstroms kann eine Frischlufttemperatur bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt werden, und der normierte Frischluftmassenstrom  $\dot{m}_{FL,norm}$  aus dem Frischluftmassenstrom  $\dot{m}_{FL}$  und der Frischlufttemperatur  $T_{FL}$  auf Grundlage der Proportionalität

$$\dot{m}_{FL,norm} \approx \dot{m}_{FL} \sqrt{T_{FL}}$$

berechnet werden.

**[0028]** In manchen Ausführungsbeispielen kann der Frischluftmassenstrom gemessen werden. Zum Beispiel kann der Frischluftmassenstrom mit einem Luftmassensensor, vorzugsweise einem Heißfilm-Luftmassenmesser (HFM), gemessen werden. Alternativ kann der Frischluftmassenstrom modelliert werden, beispielsweise mittels einer druckbasierten Füllungserfassung.

**[0029]** In manchen Ausführungsbeispielen kann das Druckverhältnis mittels eines Verdichterkennfelds bestimmt werden. Mittels der errechneten Verdichterdrehzahl und dem Frischluftmassenstrom kann durch Zuhilfenahme des Verdichterkennfelds das Druckverhältnis über dem Verdichter bestimmt werden.

**[0030]** In manchen Ausführungsbeispielen kann gemäß dem Verfahren ein Vor-Verdichter-Druck vor dem Verdichter bestimmt werden. Der Grundladedruck kann dann in Abhängigkeit des Druckverhältnisses bei geöffneter Turboladerstellgliedposition und des bestimmten Vor-Verdichter-Drucks bestimmt werden. Insbesondere wird das bestimmte Druckverhältnis über dem Verdichter mit dem Vor-Verdichter-Druck multipliziert, um den Grundladedruck zu erhalten, also den Druck nach dem Verdichter bei nicht angesteuertem Turboladerstellglied.

**[0031]** Der Vor-Verdichter-Druck kann basierend auf dem Umgebungsdruck bestimmt werden. Zum Beispiel kann der Druck vor dem Verdichter über ein Modell abgebildet sein, welches auf dem Umgebungsdruck basiert. Von diesem kann ein Druckverlust modelliert und abgezogen werden, der einem passiven Strömungswiderstand eines Luftfilters in der Ansaugleitung entspricht.

**[0032]** Der Grundladedruck kann somit von der Verdichterdrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, dem Druck vor dem Verdichter, dem Frischluftmassenstrom und der Frischlufttemperatur abhängig sein.

**[0033]** Durch eine zuverlässige Bestimmung des Grundladedrucks kann ein Ladedruckvorhalt reduziert werden, weil der Turbolader erst dann zugeschaltet wird, wenn die Drosselklappe nicht mehr Moment stellen kann. Folglich wird weniger angedrosselt, wodurch ein Mehrverbrauch reduziert werden kann.

**[0034]** Zusammenfassend kann das Verfahren auf den folgenden Schritten basieren:

- Zunächst wird der Abgasgegendruck bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt.
- Anschließend kann die Turbinendrehzahl bestimmt werden. Diese kann mittels des Turbinenkennfelds über die Eingangsgrößen Druckverhältnis (offen) über der Turbine bei geöffneter Turboladerstellgliedposition sowie Abgasmassenstrom ermittelt werden. Das zur Drehzahlbestimmung verwendete Druckverhältnis ist also das Druckverhältnis in dem Fall, dass die Stellung einer variablen Turbinengeometrie oder der Öffnungsgrad eines Wastegates (Bypass um die Turbine), welche in die Berechnung des Druckverhältnisses eingehen, fest auf einen voll geöffneten Wert gesetzt sind. Es wird demnach

vorzugsweise nicht die aktuell vorliegende Turbinendrehzahl ermittelt, sondern die Turbinendrehzahl (offen) für den voll geöffneten Zustand der VTG (variable Turbinengeometrie) oder des Wastegates. Der Abgasmassenstrom und das Druckverhältnis über der Turbine können modelliert werden.

- Dann kann die Turbinendrehzahl (offen) auf die Verdichterdrehzahl (offen) übertragen werden.
- Danach kann das Druckverhältnis über den Verdichter bestimmt werden. Dieses kann mittels eines Verdichterkennfelds, in welches der Frischluftmassenstrom (modelliert oder gemessen) und die Verdichterdrehzahl (offen) bei der geöffneten Turboaderstellgliedposition eingehen.
- Abschließend wird der Grundladedruck bestimmt. Dieser kann sich aus dem Druck vor dem Verdichter (korrigierter Umgebungsdruck) und dem Druckverhältnis (offen) über dem Verdichter ergeben.

**[0035]** Die vorliegende Erfindung modelliert eine Grenze zwischen dem Einsatz des Turboladers und dem Einsatz der Drosselklappe sehr zuverlässig und bildet thermodynamische Randbedingungen sehr gut ab. Dies stabilisiert die Füllungsregelung im Überweg und mindert den Verbrauch.

**[0036]** Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Motorsteuerung für eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Gasführungssystem mit einem Turbolader, der einen Verdichter, eine Turbine, eine den Verdichter und die Turbine verbindende Welle und ein Turboladerstellglied zum Variieren einer Strömungsgeschwindigkeit durch oder ein Druckverhältnis über der Turbine aufweist. Das Gasführungssystem kann wie oben beschrieben ausgebildet sein. Die Motorsteuerung ist dazu ausgebildet, ein Verfahren zum Bestimmen eines Grundladedrucks des Gasführungssystems der Verbrennungskraftmaschine durchzuführen, bei dem ein Abgasgegendruck bei geöffneter Turboladerstellgliedposition berechnet wird, wobei die Strömungsgeschwindigkeit durch oder das Druckverhältnis über der Turbine in der geöffneten Turboladerstellgliedposition minimal ist, und der Grundladedruck in Abhängigkeit des berechneten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt wird. Die Motorsteuerung ist insbesondere dazu ausgebildet, in Abhängigkeit des Abgasgegendrucks eine Turbinendrehzahl zu bestimmen, die Turbinendrehzahl auf eine Verdichterdrehzahl zu übertragen und den Grundladedruck in Abhängigkeit der Verdichterdrehzahl zu bestimmen. Vorzugsweise kann die Motorsteuerung dazu ausgebildet sein, das oben beschriebene Verfahren zum Bestimmen des Grundladedrucks durchzuführen.

**[0037]** Die Motorsteuerung kann einen Prozessor, insbesondere einen Mikroprozessor, zum Ausführen des oben beschriebenen Verfahrens zum Bestimmen des Grundladedrucks aufweisen. Die Steuervorrichtung kann außerdem einen Speicher, beispielsweise einen Datenspeicher, aufweisen, in dem Kennfelder, Modelle und andere zum Ausführen des oben beschriebenen Verfahrens zum Bestimmen des Grundladedrucks notwendige Parameter und Informationen hinterlegt sein können. Weiterhin kann die Motorsteuerung einen Dateneingang zum Empfangen von Messdaten oder anderen Parametern und einen Datenausgang zum Ausgeben des bestimmten Grundladedrucks oder zum Steuern einer Drosselklappe und des Turboladers aufweisen.

**[0038]** Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin eine Verbrennungskraftmaschine mit einem Gasführungssystem mit einem Turbolader, der einen Verdichter, eine Turbine, eine den Verdichter und die Turbine verbindende Welle und ein Turboladerstellglied zum Variieren einer Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine oder eines Druckverhältnisses über der Turbine aufweist, wobei die Verbrennungskraftmaschine die oben beschriebene Motorsteuerung aufweist. Die Verbrennungskraftmaschine kann ein Ottomotor, ein nach dem Miller-Verfahren arbeitender Verbrennungsmotor oder ein Dieselmotor sein oder enthalten.

**[0039]** Die vorliegende Erfindung betrifft weiterhin ein Kraftfahrzeug mit der oben beschriebenen Verbrennungskraftmaschine.

**[0040]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nun beispielhaft und unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben. Es zeigen:

**Fig. 1** einen schematischen Aufbau einer Verbrennungskraftmaschine und eines Gasführungssystems dieser mit einem Turbolader mit Wastegate;

**Fig. 2** ein schematisches Flussdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen des Grundladedrucks des Gasführungssystems der Verbrennungskraftmaschine aus **Fig. 1**;

**Fig. 3** ein schematisches Flussdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen einer Turbinendrehzahl;

**Fig. 4** eine schematische Darstellung eines Turbinenkennfelds bei geöffnetem Wastegateventil;

**Fig. 5** ein schematisches Flussdiagramm eines Verfahrens zum Bestimmen eines Druckverhältnisses;

**Fig. 6** eine schematische Darstellung eines Verdichterkennfelds bei geöffnetem Wastegateventil; und

**Fig. 7** einen schematischen Aufbau einer Verbrennungskraftmaschine und eines Gasführungssystems dieser mit einem Turbolader mit variabler Turbinengeometrie.

**[0041]** **Fig. 1** zeigt eine Verbrennungskraftmaschine **1** und ein erstes Ausführungsbeispiel eines Gasführungssystems **2** der Verbrennungskraftmaschine **1**. Das Gasführungssystem **2** weist einen Abgasturbolader **20**, eine Drosselklappe **21**, einen Ansaugkanal **22** und einen Abgaskanal **23** auf. Die Verbrennungskraftmaschine **1** ist mit dem Ansaugkanal **21** und mit dem Abgaskanal **23** verbunden. Der Abgasturbolader **20**, der zur Regelung eines Ladedrucks in dem Ansaugkanal **22** vorgesehen ist, weist eine Turbine **200**, ein Wastegate **201** und einen Verdichter **202**, der über eine Welle mit der Turbine **200** verbunden ist, auf. Die Turbine **200** ist in dem Abgaskanal **23** angeordnet und wird durch aus der Verbrennungskraftmaschine **1** ausströmendes Abgas angetrieben. Das Wastegate **201** verbindet einen Abschnitt des Abgaskanals **23** vor der Turbine **200** mit einem Abschnitt des Abgaskanals **23** nach der Turbine **200**, um Abgas an der Turbine **200** vorbeizuleiten. Zum Regeln des an der Turbine **200** vorbeigeleiteten Abgases weist das Wastegate **201** ein Wastegateventil (nicht gezeigt) auf. Der Verdichter **202** ist im Ansaugkanal **22** angeordnet und verdichtet, angetrieben von der Turbine **200**, die Frischluft in dem Ansaugkanal **22**. Die Drosselklappe **21** ist in Strömungsrichtung (Pfeil **24**) nach dem Verdichter **202** des Abgasturboladers **20** in dem Ansaugkanal **22** angeordnet und dazu ausgebildet, den Ladedruck in dem Ansaugkanal **22** zu steuern.

**[0042]** **Fig. 1** zeigt weiterhin eine Motorsteuerung **3**. Die Motorsteuerung **3** ist jeweils mit der Verbrennungskraftmaschine **1**, dem Wastegateventil im Wastegate **201** und der Drosselklappe **21** verbunden. Die Motorsteuerung **3** ist dazu ausgebildet, die Verbrennungskraftmaschine **1**, das Wastegateventil und die Drosselklappe **21** zu steuern. Dazu bestimmt die Motorsteuerung **3** einen Grundladedruck des Gasführungssystems **2** gemäß dem mit Bezug auf **Fig. 2** bis **Fig. 6** beschriebenen Verfahren **4** zum Bestimmen des Grundladedrucks und nutzt diesen für die Steuerung der Verbrennungskraftmaschine **1** und des Gasführungssystems **2**, also des Wastegateventils und der Drosselklappe.

**[0043]** **Fig. 2** zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens **4** zum Bestimmen des Grundladedrucks in dem in **Fig. 1** gezeigten Gasführungssystem **2**.

**[0044]** Bei **40** wird ein Abgasgegendruck vor der Turbine in einem Zustand modelliert, in dem das Wastegateventil vollständig geöffnet ist und die Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine und das Wastegate minimal ist.

**[0045]** Bei **41** wird die Turbinendrehzahl in Abhängigkeit des Abgasgegendrucks bei vollständig geöffnetem Wastegateventil bestimmt. Zum Beispiel kann die Turbinendrehzahl mittels des mit Bezug auf **Fig. 3** und **Fig. 4** beispielhaft beschriebenen Verfahrens bestimmt werden.

**[0046]** Bei **410** in **Fig. 3** wird mittels eines Modells ein Druck im Abgaskanal nach der Turbine modelliert. Aus dem Abgasgegendruck bei vollständig geöffnetem Wastegateventil und dem modellierten Druck nach der Turbine wird bei **411** das Druckverhältnis über der Turbine berechnet. Dazu wird der Abgasgegendruck bei vollständig geöffnetem Wastegateventil durch den modellierten Druck nach der Turbine dividiert.

**[0047]** Bei **412** wird mittels eines Modells der Abgasmassenstrom durch den Abgaskanal bzw. die Turbine und das Wastegate modelliert. Bei **413** wird die Abgastemperatur des Abgases in dem Abgaskanal bestimmt. Aus dem Abgasmassenstrom und der Abgastemperatur wird dann bei **414** der normierte Abgasmassenstrom bestimmt.

**[0048]** Bei **415** wird aus dem Druckverhältnis bei vollständig geöffnetem Wastegateventil mittels eines Turbinenkennfelds die Turbinendrehzahl bestimmt. Das Turbinenkennfeld ist über dem Druckverhältnis bei vollständig geöffnetem Wastegateventil und dem normierten Abgasmassenstrom aufgespannt und ermöglicht ein Ablesen der Turbinendrehzahl. In **Fig. 4** ist beispielhaft eine schematische Darstellung eines Turbinenkennfeldes dargestellt. Auf einer horizontalen Achse (x-Achse) ist das Druckverhältnis  $p_{vT}/p_{nT}$  und auf einer vertikalen Achse (y-Achse) der normierte Abgasmassenstrom  $\dot{m}_{A,norm}$  aufgetragen. Das Turbinenkennfeld zeigt für unterschiedliche Turbinendrehzahlen  $n_T$  die Veränderung des normierten Abgasmassenstroms  $\dot{m}_{A,norm}$  in Abhängigkeit des Druckverhältnisses  $p_{vT}/p_{nT}$ . Für jede Turbinendrehzahl  $n_T$  steigt mit steigendem Druckverhältnis  $p_{vT}/p_{nT}$  der Abgasmassenstrom  $\dot{m}_{A,norm}$  mit abnehmender Steigung an. Je größer die Turbinendrehzahl  $n_T$ , desto höher der Abgasmassenstrom  $\dot{m}_{A,norm}$ . Aus diesem Turbinenkennfeld kann die Turbinendrehzahl  $n_T$  bestimmt werden.

**[0049]** Bei **42** in **Fig. 2** wird die Turbinendrehzahl  $n_T$  bei vollständig geöffnetem Wastegateventil auf die Verdichterdrehzahl  $n_V$  bei vollständig geöffnetem Wastegateventil übertragen. Da die Welle des Turboladers die Turbine und den Verdichter fest verbindet, entspricht die Turbinendrehzahl  $n_T$  immer der Verdichterdrehzahl  $n_V$  und die beiden Drehzahlen können gleichgesetzt werden.

**[0050]** Bei **43** wird der Grundladedruck in Abhängigkeit der Verdichterdrehzahl bestimmt. Zum Beispiel kann der Grundladedruck mittels des mit Bezug auf

**Fig. 5** und **Fig. 6** beispielhaft beschriebenen Verfahrens bestimmt werden.

**[0051]** Bei **430** wird der Frischluftmassenstrom durch den Ansaugkanal bzw. den Verdichter gemessen. Alternativ kann der Frischluftmassenstrom auch modelliert werden. Bei **431** wird die Frischlufttemperatur der durch den Ansaugkanal bzw. den Verdichter strömenden Frischluft gemessen. Aus dem Frischluftmassenstrom und der Frischlufttemperatur wird bei **432** der normierte Frischluftmassenstrom bestimmt.

**[0052]** Bei **433** wird mittels eines Verdichterkennfelds in Abhängigkeit der Verdichterdrehzahl bei vollständig geöffnetem Wastegateventil und dem normierten Frischluftmassenstrom das Druckverhältnis über dem Verdichter bei vollständig geöffnetem Wastegateventil bestimmt. Das Verdichterkennfeld wird über dem normierten Frischluftmassenstrom und dem Druckverhältnis über dem Verdichter aufgespannt und ermöglicht das Ablesen des Druckverhältnisses für unterschiedliche Verdichterdrehzahlen. In **Fig. 6** ist beispielhaft eine schematische Darstellung eines Verdichterkennfelds dargestellt. Auf einer horizontalen Achse (x-Achse) ist der normierte Frischluftmassenstrom  $\dot{m}_{FL,norm}$  und auf einer vertikalen Achse (y-Achse) das Druckverhältnis  $p_{nV}/p_{vV}$  über dem Verdichter aufgetragen. Das Kennfeld zeigt für unterschiedliche Verdichterdrehzahlen  $n_V$  die Veränderung des Druckverhältnisses in Abhängigkeit des Druckverhältnisses  $p_{nV}/p_{vV}$ . Für jede Verdichterdrehzahl nimmt mit steigendem normiertem Frischluftmassenstrom  $\dot{m}_{FL,norm}$  das Druckverhältnis  $p_{nV}/p_{vV}$  mit zunehmender Steigung ab. Je größer die Verdichterdrehzahl  $n_V$ , desto höher der Frischluftmassenstrom  $\dot{m}_{FL,norm}$ . Aus diesem Verdichterkennfeld kann das Druckverhältnis  $p_{nV}/p_{vV}$  für die Verdichterdrehzahl  $n_V$  bei vollständig geöffnetem Wastegateventil bestimmt werden.

**[0053]** Bei **434** wird mittels eines Modells der Druck in dem Ansaugkanal vor dem Verdichter bestimmt. Der Druck vor dem Verdichter wird über ein Modell abgebildet, welches auf dem Umgebungsdruck basiert, wobei von diesem ein Druckverlust modelliert und abgezogen wird, der einem passiven Strömungswiderstand eines Luftfilters in der Ansaugleitung entspricht.

**[0054]** Bei **435** wird aus dem Druckverhältnis über dem Verdichter und dem Druck vor dem Verdichter der Grundladedruck berechnet. Dazu wird das Druckverhältnis über dem Verdichter mit dem Druck vor dem Verdichter multipliziert.

**[0055]** Der bestimmte Grundladedruck kann dann zum Steuern der Drosselklappe, des Turboladers und der Verbrennungskraftmaschine eingesetzt werden.

**[0056]** Fig. 7 zeigt eine Verbrennungskraftmaschine **1** und ein zweites Ausführungsbeispiel eines Gasführungssystems **2'** der Verbrennungskraftmaschine **1**. Das Gasführungssystem **2'** weist anstelle des in Fig. 1 dargestellten Turboladers **20** mit Wastegate **201** einen VTG-Turbolader **20'** (Variable-Turbinengeometrie-Lader) auf. Der VTG-Turbolader **20'** ist mit einer variablen Turbinengeometrie versehen, so dass sich Turbinenschaufeln (nicht gezeigt) der Turbine **200'** zwischen einer flachst möglichen Einstellung und einer steilsten möglichen Einstellung einstellen lassen. In der flachst möglichen Einstellung ist ein Abgasgegendruck vor der Turbine **200** maximal, während der Abgasgegendruck vor der Turbine **200** in der steilsten möglichen Einstellung minimal ist.

**[0057]** Die Motorsteuerung **3'** ist dazu ausgebildet, ein Verfahren zum Bestimmen des Grundladedrucks auszuführen. Dabei wird das mit Bezug auf Fig. 2 bis Fig. 6 beschriebene Verfahren analog durchgeführt, wobei der Abgasgegendruck bei der steilsten möglichen Einstellung der Leitschaufeln anstelle des Abgasgegendrucks bei vollständig geöffnetem Wastegateventil angenommen wird. Auf Grundlage des Bestimmten Grundladedrucks steuert die Motorsteuerung **3'** dann die Leitschaufeln der Turbine, die Drosselklappe und die Verbrennungskraftmaschine.

Bezugszeichenliste

<b>1</b>	Verbrennungskraftmaschine
<b>2</b>	Gasführungssystem
<b>20, 20'</b>	Turbolader
<b>200, 200'</b>	Turbine
<b>201</b>	Wastegate
<b>202, 202'</b>	Verdichter
<b>21</b>	Drosselklappe
<b>22</b>	Ansaugkanal
<b>23</b>	Abgaskanal
<b>24</b>	Strömungsrichtung
<b>3, 3'</b>	Motorsteuerung
<b>4</b>	Verfahren zum Bestimmen des Grundladedrucks
<b>40</b>	Modellieren des Abgasgegendrucks bei vollständig geöffnetem Wastegateventil
<b>41</b>	Bestimmen der Turbinendrehzahl in Abhängigkeit des Abgasgegendrucks
<b>410</b>	Bestimmen des Drucks vor der Turbine
<b>411</b>	Berechnen des Druckverhältnisses über der Turbine

<b>412</b>	Modellieren des Abgasmassenstroms
<b>413</b>	Bestimmen der Abgastemperatur
<b>414</b>	Bestimmen des normierten Abgasmassenstroms
<b>415</b>	Bestimmen der Turbinendrehzahl mittels eines Turbinenkennfelds
<b>42</b>	Übertragen der Turbinendrehzahl auf die Verdichterdrehzahl
<b>43</b>	Bestimmen des Grundladedrucks in Abhängigkeit der Verdichterdrehzahl
<b>430</b>	Messen des Frischluftmassenstroms
<b>431</b>	Messen der Frischlufttemperatur
<b>432</b>	Bestimmen des normierten Frischluftmassenstroms
<b>433</b>	Bestimmen eines Druckverhältnisses mittels eines Verdichterkennfelds
<b>434</b>	Bestimmen des Drucks vor dem Verdichter
<b>435</b>	Berechnen des Grundladedrucks

**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 10243268 A1 [0005]
- DE 10235013 A1 [0005]

**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Bestimmen eines Grundladedrucks eines Gasführungssystems (2) einer Verbrennungskraftmaschine (1) mit einem Turbolader (20), der einen Verdichter (202), eine Turbine (200), eine den Verdichter (202) und die Turbine (200) verbindende Welle und ein Turboladerstellglied zum Variieren einer Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine (200) oder eines Druckverhältnisses über der Turbine (200) aufweist, umfassend: Berechnen (40) eines Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, wobei die Strömungsgeschwindigkeit durch oder das Druckverhältnis über der Turbine (200) in der geöffneter Turboladerstellgliedposition minimal ist; und Bestimmen (43) des Grundladedrucks in Abhängigkeit des berechneten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Turbolader ein Variable-Turbinengeometrie-Lader (20') mit verstellbaren Leitschaufeln als Stellglieder ist und sich die Leitschaufeln in der geöffneter Turboladerstellgliedposition in der steilsten Stellung befinden; und/oder der Turbolader (20) ein Wastegate (201) mit einem Ventil als Stellglied aufweist, das bei geöffneter Turboladerstellgliedposition vollständig geöffnet ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Abgasgegendruck mittels eines Abgasgegendruckmodells bei geöffneter Turbinenstellgliedposition oder mittels eines Wastegate-Modells bei geöffneter Turbinenstellgliedposition bestimmt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, weiterhin umfassend:  
Bestimmen (41) einer Turbinendrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition in Abhängigkeit des modellierten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, wobei der Grundladedruck in Abhängigkeit der bestimmten Turbinendrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, weiterhin umfassend:  
Bestimmen (411) eines Druckverhältnisses über der Turbine in Abhängigkeit des modellierten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition;  
Bestimmen (412, 413, 414) eines Abgasmassenstroms, insbesondere eines normierten Abgasmassenstroms; und  
Bestimmen (415) der Turbinendrehzahl in Abhängigkeit des Druckverhältnisses und des Abgasmassenstroms.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, wobei die Turbinendrehzahl mittels eines Drehzahlmodells, insbesondere eines Turbinenkennfelds, bestimmt wird (415).

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, wobei die Verdichterrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition einer Turbinendrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition entspricht.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, umfassend:  
Bestimmen einer Verdichterrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition in Abhängigkeit des modellierten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, wobei der Grundladedruck in Abhängigkeit der bestimmten Verdichterrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition bestimmt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 7, weiterhin umfassend:  
Erhalten (430, 431, 432) eines Frischluftmassenstroms, insbesondere Bestimmen eines normierten Frischluftmassenstroms; und  
Bestimmen (433) eines Druckverhältnisses bei geöffneter Turboladerstellgliedposition über dem Verdichter in Abhängigkeit der Verdichterrehzahl bei geöffneter Turboladerstellgliedposition und des Frischluftmassenstroms, wobei der Grundladedruck in Abhängigkeit des Druckverhältnisses bestimmt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei der Frischluftmassenstrom gemessen oder modelliert wird (430).

11. Verfahren nach Anspruch 8 oder 9, wobei das Druckverhältnis mittels eines Verdichterkennfelds bestimmt wird (433).

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, weiterhin umfassend:  
Bestimmen (434) eines Vor-Verdichter-Drucks vor dem Verdichter, wobei der Grundladedruck in Abhängigkeit des Druckverhältnisses bei geöffneter Turboladerstellgliedposition und des bestimmten Vor-Verdichter-Drucks bestimmt wird.

13. Motorsteuerung (3) für eine Verbrennungskraftmaschine (1) mit einem Gasführungssystem (2) mit einem Turbolader (20), der einen Verdichter (202), eine Turbine (200), eine den Verdichter (202) und die Turbine (202) verbindende Welle und ein Turboladerstellglied zum Variieren einer Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine (200) oder eines Druckverhältnisses über der Turbine (200) aufweist, die dazu ausgebildet ist, ein Verfahren (4) zum Bestimmen eines Grundladedrucks eines Gasführungssystems der

Verbrennungskraftmaschine, insbesondere ein Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, durchzuführen, das umfasst:

Berechnen (40) eines Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition, wobei die Strömungsgeschwindigkeit durch oder das Druckverhältnis über der Turbine in der geöffneten Turboladerstellgliedposition minimal ist; und

Bestimmen (43) des Grundladedrucks in Abhängigkeit des berechneten Abgasgegendrucks bei geöffneter Turboladerstellgliedposition.

14. Verbrennungskraftmaschine (1) mit einem Gasführungssystem (2) mit einem Turbolader (20), der einen Verdichter (202), eine Turbine (200), eine den Verdichter (202) und die Turbine (202) verbindende Welle und ein Turboladerstellglied zum Variieren einer Strömungsgeschwindigkeit durch die Turbine (200) oder eines Druckverhältnisses über der Turbine (200) aufweist, wobei die Verbrennungskraftmaschine eine Motorsteuerung (3) nach Anspruch 13 aufweist.

15. Kraftfahrzeug mit einer Verbrennungskraftmaschine (1) nach Anspruch 14.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

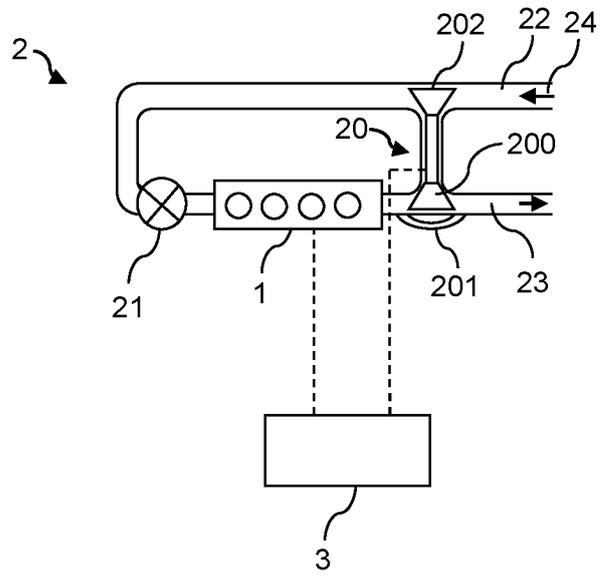


Fig. 1

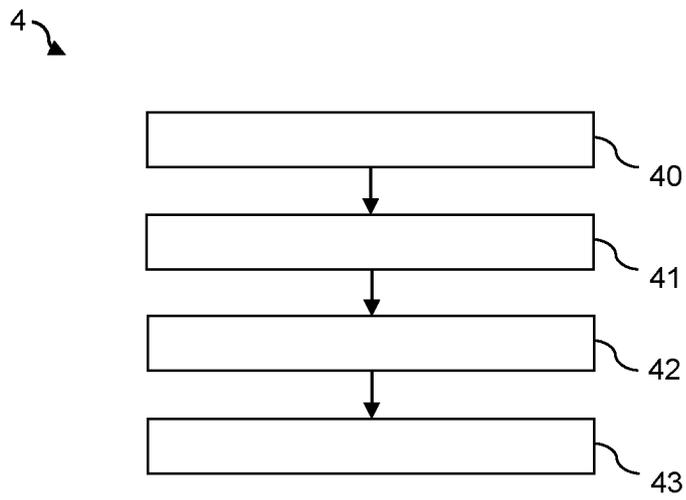


Fig. 2

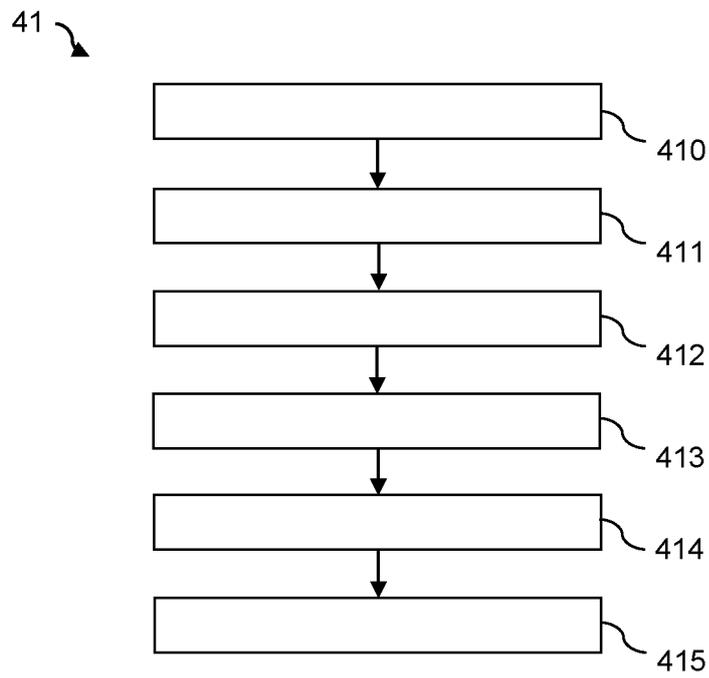


Fig. 3

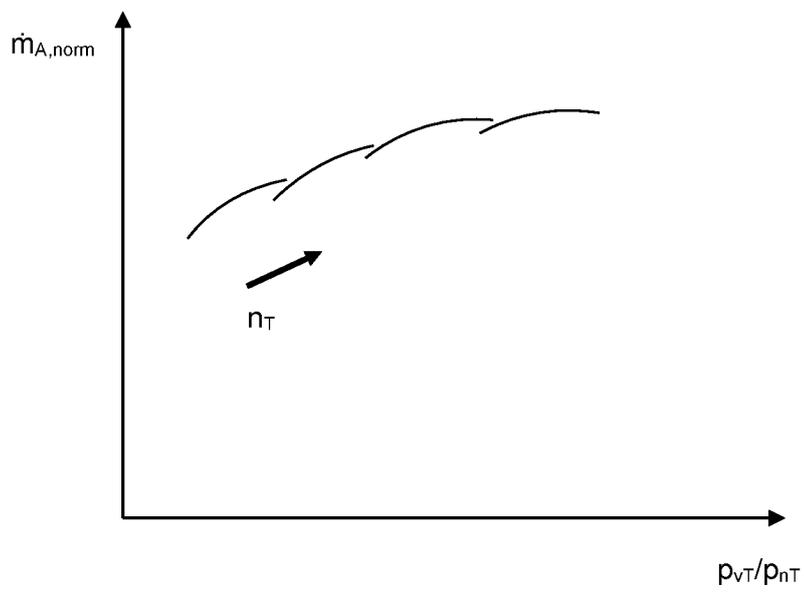


Fig. 4

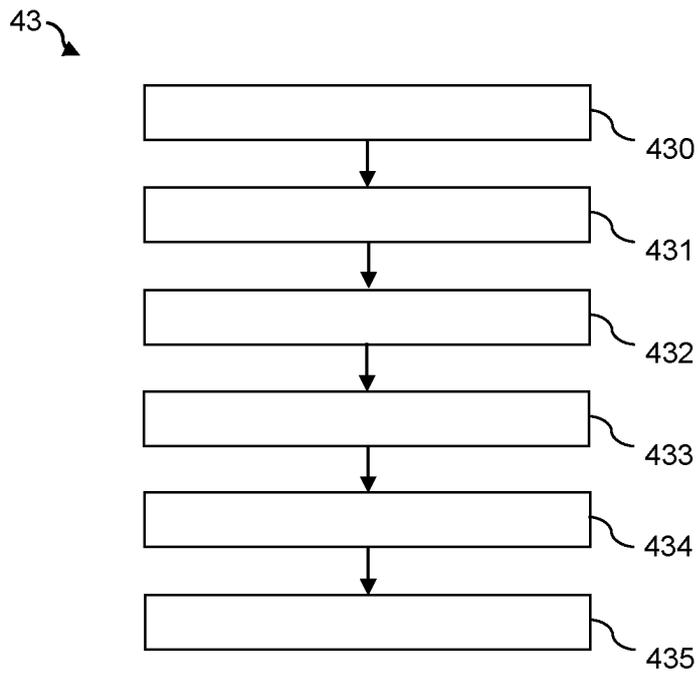


Fig. 5

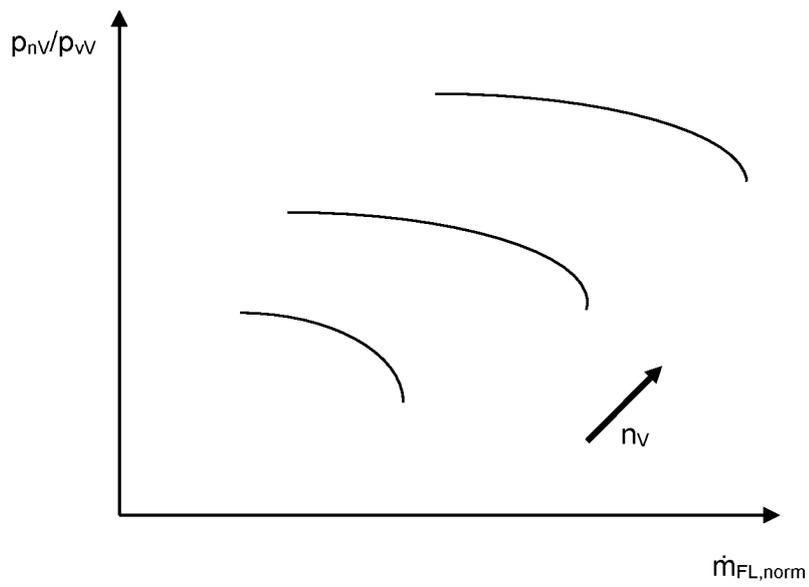


Fig. 6

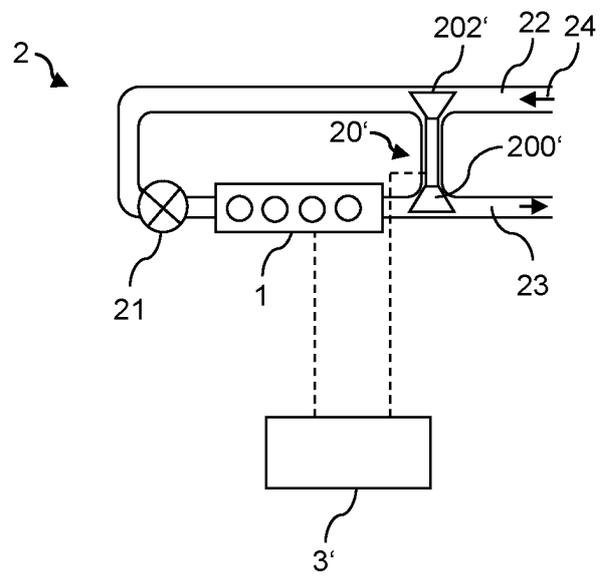


Fig. 7