

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50855/2016

(22) Anmeldetag: 26.09.2016

(43) Veröffentlicht am: 15.07.2017

(51) Int. Cl.: **G01F 1/34** (2006.01)

(30) Priorität:
06.10.2015 DE 102015219236.9 beansprucht.

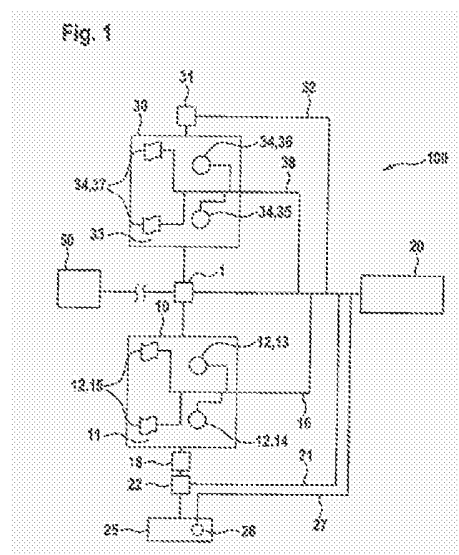
(71) Patentanmelder:
Robert Bosch GmbH
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:
Majer Clemens
74379 Ingersheim (DE)
Hartung Iris
73614 Schorndorf (DE)
Muelders Stefan
70825 Muenchingen (DE)
Fischer Thomas
70499 Stuttgart (DE)

(74) Vertreter:
Puchberger & Partner Patentanwälte
Wien

(54) **Vorrichtung und Verfahren zur Durchflussmessung eines Gasinjektors**

(57) Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (100) zur Durchflussmessung eines Gasinjektors (1), mit einer Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) zur zumindest mittelbaren Anordnung eines Auslassbereichs eines Gasinjektors (1), mit einer mit der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) verbundenen Ventileinrichtung (18), mittels der ein Auslassquerschnitt der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) und der in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) herrschende Druck einstellbar ist, und mit ersten Meßmitteln (12) zur Erfassung von in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) herrschenden Parametern des Gases. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass die Ventileinrichtung (18) dazu ausgebildet ist, den Auslassquerschnitt der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) vollständig zu verschließen.



Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung (100) zur Durchflussmessung eines Gasinjektors (1), mit einer Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) zur zumindest mittelbaren Anordnung eines Auslassbereichs eines Gasinjektors (1), mit einer mit der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) verbundenen Ventileinrichtung (18), mittels der ein Auslassquerschnitt der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) und der in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) herrschende Druck einstellbar ist, und mit ersten Meßmitteln (12) zur Erfassung von in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) herrschenden Parametern des Gases. Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass die Ventileinrichtung (18) dazu ausgebildet ist, den Auslassquerschnitt der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) vollständig zu verschließen.

(Fig. 1)

Beschreibung

Vorrichtung und Verfahren zur Durchflussmessung eines Gasinjektors

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Durchflussmessung eines Gasinjektors nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Durchflussmessung eines Gasinjektors unter Verwendung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung.

Eine Vorrichtung zur Durchflussmessung eines Gasinjektors nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 ist aus der EP 2 192 389 A1 bekannt. Die bekannte Vorrichtung weist eine Messkammer auf, die mit dem Auslassbereich eines Gasinjektors verbindbar ist, so dass das während eines Einblashubs von dem Gasinjektor abgegebene Gasvolumen in die Messkammer einströmt. Weiterhin sind in der Messkammer erste Meßmittel in Form beispielsweise von Temperatur- sowie Drucksensoren angeordnet. Die Messkammer weist darüber hinaus eine Ventileinrichtung auf, mittels der einerseits durch Veränderung des Durchflussquerschnitts der Ausströmwiderrstand aus der Messkammer reguliert werden kann, und die andererseits mit einer Messeinrichtung zur Erfassung der Gesamtgasmenge gekoppelt ist, die in die Messkammer mittels des Gasinjektors eingeblasen wurde.

Wesentlich bei der aus der genannten Schrift bekannten Vorrichtung bzw. deren Verfahren zur Durchflussmessung ist es, dass während der Messung der Einblasmenge des Gasinjektors die Ventileinrichtung zumindest teilweise geöffnet bleibt, d.h. ein Abströmen von Gas aus der Messkammer stattfindet. Bei einem derartigen Messverfahren ist es daher sehr schwierig, die während eines einzigen Einblasvorgangs von dem Gasinjektor in die Messkammer eingeblasene Gasmenge zu bestimmen. Da hinsichtlich der korrekten Funktion bzw. der Erfassung von beispielsweise Fertigungstoleranzen es jedoch wünschenswert ist, Streuungen zwischen den einzelnen Einblasvorgängen festzustellen, ist dies mittels der bekannten Vorrichtung bzw. mittels des bekannten Verfahrens nur

sehr schwierig bzw. nicht möglich. Darüber hinaus wird erwähnt, dass durch eine derartige Messkammer üblicherweise der Einbau eines Gasinjektors insbesondere im Saugrohrbereich einer Brennkraftmaschine simuliert werden soll. Durch die Simulation lässt sich insbesondere die während des tatsächlichen Betriebs in einer Brennkraftmaschine durch den Gasinjektor eingeblasene Gasmenge sehr genau erfassen. Eine derartige, typische Einbausituation in einem Saugrohr zeichnet sich dadurch aus, dass nicht nur Überdrücke im Saugrohr vorkommen, sondern auch ein Unterdruck bei geöffnetem Lufteinlassventil am Zylinder, so dass beispielsweise ein Absolutdruck von 0,5bar herrscht. Da bei der bekannten Vorrichtung lediglich der Durchflussquerschnitt an der Ventileinrichtung beeinflussbar ist, können mit einer derartigen Messkammer jedoch nur Überdrücke simuliert werden, nicht jedoch in der realen Praxis in einer Einbausituation an einem Saugrohr auftretende Unterdrücke.

Offenbarung der Erfindung

Ausgehend von dem dargestellten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, auch bei einer relativ geringen Anzahl von Gaseinblasungen bzw. wenigen Hügen des Gasinjektors, idealerweise bereits bei einem einzigen Einblasvorgang, die von dem Gasinjektor abgegebene Gasmenge bzw. Gasmasse hochgenau bestimmen zu können. Insbesondere soll die Messung auch unter Bedingungen erfolgen können, die einem realen Einbauort entsprechen. D.h., dass mittels der Vorrichtung auch Gegendrücke am Auslassbereich des Gasinjektors simuliert werden können, die nicht nur als Überdruck ausgebildet sind, sondern auch als Unterdruck.

Diese Aufgabe wird bei einer Vorrichtung zur Durchflussmessung eines Gasinjektors mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Der Erfindung liegt dabei die Idee zugrunde, die Ventileinrichtung, die beim Stand der Technik als Drosselvorrichtung zur Einstellung eines Drosselabschnitts dient, dazu zu nutzen, während der eigentlichen Messung geschlossen zu bleiben, um dadurch einerseits einen in der Messkammer vorab eingestellten Druck während der eigentlichen Messung sehr genau beibehalten zu können, und andererseits die bei wenigen oder einer einzigen Gaseinblasung auftretenden, sich ändernden Parameter in der Messkammer besonders einfach, genau und effektiv messen zu

können. Dies wird dadurch erreicht, dass ein Abströmen von Gas aus der Messkammer durch die geschlossene Ventileinrichtung vermieden wird. Hierzu ist es erfindungsgemäß vorgesehen, dass die Ventileinrichtung dazu ausgebildet ist, den Auslassquerschnitt der Messkammer vollständig zu verschließen.

Vorteilhafte Weiterbildungen der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchflussmessung eines Gasinjektors sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

In einer ganz besonders bevorzugten konstruktiven Ausbildung der Vorrichtung ist es vorgesehen, dass die mit der Messkammer verbundene Ventileinrichtung mit einer Unterdruckquelle verbunden ist, die zur Einstellung des Drucks in der Messkammer dient. Eine derartige Unterdruckquelle ermöglicht es somit, vor der eigentlichen Messung bei geöffneter Ventileinrichtung in der Messkammer einen bestimmten Unterdruck in der Messkammer einzustellen, der typischerweise bis etwa 0,5bar Absolutdruck in der Messkammer betragen kann. Ein derartiger Unterdruck kann beispielsweise bei einem (simulierten) Einbau des Gasinjektors in einem Saugrohr auftreten. Andererseits ermöglicht es die erfindungsgemäße Vorrichtung bei geschlossener Ventileinrichtung beispielsweise durch eine bestimmte Anzahl von Gaseinblasungen durch den Gasinjektor, in der Messkammer vor der eigentlichen Messung einen bestimmten Überdruck einzustellen. Es können somit die im Einbaufall in einer Brennkraftmaschine auftretenden Gegendrücke an der Auslassseite des Gasventils simuliert bzw. eingestellt werden. So kann es beispielsweise bei einem simulierten Einbau des Gasinjektors, der dazu ausgebildet ist, direkt in den Brennraum eines Zylinders einzublasen, vorgesehen sein, in der Messkammer einen Absolutdruck zwischen 1bar und 150bar einzustellen.

Daher beträgt in bevorzugter Variationsbreite der einstellbaren Drücke in der Messkammer dieser zwischen 0,5 bar und 150bar absolut, je nach simulierter Einbausituation. Dadurch werden die typischerweise während realer Einbaubedingungen eines Gasinjektors in einem Saugrohr bzw. einem Zylinder in einer Brennkraftmaschine herrschenden Drücke simuliert.

Um über eine bestimmte Anzahl von Gaseinblasungen durch den Gasinjektor Durchschnittswerte der in die Messkammer eingeblasenen Menge sowie eine durchschnittliche Druckerhöhung zu ermitteln, kann es vorgesehen sein, dass die

Ventileinrichtung zumindest mittelbar mit einer Messeinrichtung zur Messung des aus der Messkammer abströmenden Gases gekoppelt ist.

Einen weiteren Aspekt der Erfindung betrifft die vorteilhafte Ausgestaltung der Vorrichtung, bei der der Einlassbereich des Gasinjektors mit einer Druckkammer zur Versorgung des Gasinjektors mit Gas verbunden ist, wobei die Druckkammer mit einer Versorgungsquelle für das Gas gekoppelt ist. Mittels einer derartigen Druckkammer lässt sich der Gasinjektor mit einem Gas versorgen, dessen Parameter (insbesondere Druck und Temperatur) sehr genau vorgegeben werden können, wodurch die Messergebnisse sehr genau reproduziert werden können. Insbesondere ist es zur korrekten Berechnung der Einblasmasse beim Gasinjektor wichtig, die Parameter des Gases zu kennen, mit dem der Gasinjektor versorgt wird.

Hierzu ist es in einer Weiterbildung der zuletzt genannten Druckkammer vorgesehen, dass die Druckkammer zweite Meßmittel zur Erfassung zumindest des in der Druckkammer herrschenden Drucks und der Temperatur aufweist. Derartige zweite Messmittel können ebenso wie die in der Messkammer vorgesehenen ersten Messmittel beispielsweise herkömmliche Temperatursensoren oder Drucksensoren aufweisen, oder aber auch Ultraschallsensoren, mittels derer die Schallgeschwindigkeit des Gases und daraus wiederum die Parameter des Gases bestimmt werden können.

Da eine derartig ausgebildete Vorrichtung diverse Möglichkeiten zur Veränderung der Parameter aufweist, beispielsweise des Drucks und der Temperatur des Gases in der Druckkammer zur Versorgung des Gasinjektors mit dem Gas sowie die Einstellung des Drucks in der Messkammer über die Unterdruckeinrichtung und die Ventileinrichtung, ist es in einer weiteren, bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass die Vorrichtung eine (zentrale) Steuer- und Auswerteinrichtung zur Ansteuerung des Gasinjektors, zur Auswertung der vor und nach dem Einblasvorgang des Gasinjektors herrschenden Parameter und zur Ansteuerung der Unterdruckeinrichtung und der Versorgungsquelle aufweist. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass es zur genauen Erfassung der Temperatur und des Drucks in der Messkammer vor und nach dem Einblasvorgang notwendig ist, beispielsweise den Druck und die Temperatur möglichst unmittelbar während

bzw. nach dem Einblasvorgang in der Messkammer zu erfassen. Typischerweise sollte eine derartige Messung beispielsweise im Bereich von 1ms bis 4ms erfolgen können, um einen hinreichend genauen Wert für die Temperatur bzw. den Druck in der Messkammer ermitteln zu können.

Ein weiterer Aspekt der Erfindung betrifft die Möglichkeit, die Vorrichtung nicht nur zu experimentellen Zwecken bzw. im Rahmen von Prüflabors verwenden zu können, sondern beispielsweise in der Serienfertigung von Gasinjektoren bei der Auswahlprüfung von gefertigten Gasinjektoren. Hierzu ist es in einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass Mittel zur automatisierten Kopplung des Gasinjektors mit der Messkammer und der Druckkammer vorgesehen sind. Derartige Mittel können beispielsweise in der Verwendung von Werkstückträgern bestehen, über die ein Gasinjektor (automatisiert) der Prüf- bzw. Messvorrichtung zugeführt und mit dieser eingangsseitig und ausgangssseitig gekoppelt wird.

Da, wie oben erläutert, die erfindungsgemäße Vorrichtung grundsätzlich zum Prüfen/Testen unterschiedlichster Gasventile geeignet ist, die je nach Einsatzzweck pro Einblasvorgang unterschiedliche Einblasvolumina aufweisen, betrifft ein weiterer Aspekt der Erfindung die Anpassung der soweit beschriebenen Vorrichtung an das jeweils zu überprüfende Gasventil. Ziel hierbei ist es, eine hochgenaue Einzelmengenmessung über einen sehr großen Messbereich darstellen zu können. Vor diesem Hintergrund betrifft eine vorteilhafte Ausgestaltung der Erfindung einen modularartigen Aufbau der Messkammer, mittels dessen ein Messkammervolumen an den jeweils zu testenden Gasinjektor optimal angepasst werden kann. Insbesondere ermöglicht es ein derartiger modularartiger Aufbau der Messkammer, unter Verwendung von Gleichteilen das Messkammervolumen durch zusätzliche Messkammerelemente auf besonders einfache Art und Weise zu vergrößern bzw. zu erweitern. Insbesondere ist dabei vorgesehen, dass die Messkammer aus mehreren, modularartig zusammensetzbaren Messkammerelementen besteht, wobei in Abhängigkeit der verwendeten Messkammerelemente und/oder deren Anzahl das Messkammervolumen veränderbar ist. Unter modularartig zusammensetzbaren Messkammerelementen werden dabei Messkammerelemente verstanden, die unter Verwendung üblicher Befestigungselemente sich einfach miteinander verbinden bzw. austauschen

lassen. Auch sollen diese vorzugsweise standardisierte mechanische Schnittstellen aufweisen, um den Umbau bzw. die Anpassung der Messkammer zu erleichtern. Zur Sicherstellung der Dichtheit nach dem Ausbilden des gewünschten Messkammervolumens kann es dabei insbesondere auch vorgesehen sein, dass zwischen den einzelnen Messkammerelementen Dichtelemente bzw. Abdichtmaßnahmen angeordnet bzw. vorgesehen sind.

Unabhängig von dem jeweils spezifisch ausgebildeten Messkammervolumen ist es in einer besonders vorteilhaften Ausgestaltung der Messkammer, die es ermöglicht, stets zumindest teilweise gleiche Messkammerelemente zu verwenden, vorgesehen, dass die Messkammer zumindest ein erstes Messkammerelement zur Ausbildung eines Anschlusses für den Gasinjektor und ein zweites Messkammerelement zur Ausbildung eines Messkammerauslasses aufweist, wobei das zweite Messkammerelement zumindest mittelbar mit der Ventileinrichtung verbunden ist. Weiterhin kann es vorgesehen sein, dass das erste und/oder zweite Messkammerelement derart ausgebildet ist/sind, dass diese zur Anordnung der ersten Messmittel dienen.

Um möglichst genaue Messergebnisse zu erhalten, hat es sich darüber hinaus als vorteilhaft herausgestellt, wenn die Messkammer eine möglichst hohe Eigenfrequenz aufweist. Eine derartig möglichst hohe Eigenfrequenz lässt sich dadurch erzielen, dass das Höhen-/Breitenverhältnis des Innenraums der Messkammer möglichst 1,0 entspricht.

Die Erfindung umfasst darüber hinaus ein Verfahren zur Durchflussmessung eines Gasinjektors mittels einer soweit beschriebenen erfindungsgemäßen Vorrichtung, wobei das Verfahren zumindest folgende Schritte aufweist: Zunächst wird der Gasdruck in der Messkammer auf einen gewünschten Wert (Unterdruck oder Überdruck) eingestellt. Danach erfolgt ein vollständiges Schließen der Ventileinrichtung an der Messkammer. Anschließend erfolgt mindestens ein Einblasvorgang in die Messkammer durch den Gasinjektor. Hierbei werden zumindest der Druck und die Temperatur (unmittelbar) vor und nach dem Einblasvorgang in die Messkammer erfasst. Mittels der erfassten Werte wird die während des mindestens einen Einblasvorgangs in die Messkammer durch den Gasinjektor eingeblasene Gasmasse gemäß der Formel:

$$m = \frac{p_2 * V_2}{R_{s2} * T_2} - \frac{p_1 * V_1}{R_{s1} * T_1}$$

bestimmt, wobei

- p_2 = Druck nach der Einblasung
- p_1 = Druck vor der Einblasung
- T_2 = Absolute Temperatur nach der Einblasung
- T_1 = Absolute Temperatur vor der Einblasung
- R_{s2} = Spezielle Gaskonstante nach der Einblasung
- R_{s1} = Spezielle Gaskonstante vor der Einblasung
- V_2 = Kammervolumen nach der Einblasung
- V_1 = Kammervolumen vor der Einblasung.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des soweit beschriebenen erfindungsgemäßen Verfahrens, das insbesondere dazu geeignet ist, statistische Abweichungen einzelner Einblasvorgänge aufzuzeigen bzw. zu ermitteln, ist es vorgesehen, dass nach einem Einblasvorgang die Ventileinrichtung geöffnet und anschließend wieder vollständig geschlossen wird, so dass nach dem Verschließen der Ventileinrichtung den vor dem Einblasen zunächst eingestellte Gasdruck in der Messkammer wieder eingestellt ist.

Die soweit beschriebene Vorrichtung ist auch dazu in der Lage, den während eines einzigen Einblasvorgangs auftretenden zeitlichen Druckverlauf und die Einblasmenge zu ermitteln. Hierzu ist es Verfahren vorgesehen, bei dem während und nach einem Einblasvorgang der Druck und die Temperatur in der Messkammer (10) kontinuierlich erfasst werden, und dass die zum Zeitpunkt x augenblickliche Einblasmasse des Gasinjektors (1) nach folgender Formel ermittelt wird:

$$m(x) = \frac{p_x * V_x}{R_x * T_x} - \frac{p_1 * V_1}{R_{s1} * T_1}$$

Mit:

- p_x = Druck nach der Einblasung zum Zeitpunkt x
- p_1 = Druck vor der Einblasung

T_x	= Absolute Temperatur zum Zeitpunkt x
T_1	= Absolute Temperatur vor der Einblasung
R_x	= Spezielle Gaskonstante zum Zeitpunkt x
R_{s1}	= Spezielle Gaskonstante vor der Einblasung
V_2	= Kammervolumen zum Zeitpunkt x
V_1	= Kammervolumen vor der Einblasung

Da insbesondere die mehrfache Erfassung der Temperatur in der Messkammer während eines einzelnen Einblasvorgangs sehr schwierig ist, kann es in Weiterbildung des zuletzt beschriebenen Verfahrens vorgesehen sein, dass die zu einem Zeitpunkt x in der Messkammer herrschende Temperatur anhand einer von den Temperaturen vor und nach der Einblasung sowie den Drücken vor und nach der Einblasung sowie zu einem Zeitpunkt x während der Einblasung abhängigen Funktion berechnet wird.

Um weiterhin auf besonders einfache Art und Weise Durchschnittswerte der Menge einer einzelnen Gaseinblasung ermitteln zu können, insbesondere, wenn eine Messung der Temperatur nicht erfolgen kann, ist es vorgesehen, dass die nach jedem Einblasvorgang aus der Messkammer ausgeleitete Gasmenge des Gasinjektors von der Messeinrichtung erfasst wird, und dass nach einer bestimmten Anzahl von Einblasvorgängen des Gasinjektors aus der von der Messeinrichtung erfassten Gesamtmenge des aus der Messkammer ausgeleiteten Gases und aus der Anzahl der Druckanstiege in der Messeinrichtung auf eine durchschnittliche Einblasmenge während einer Einblasung geschlossen wird.

Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele sowie anhand der Zeichnung.

Diese zeigt in:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Durchflussmessung eines Gasinjektors,

Fig. 2

und

Fig. 3 jeweils in vereinfachtem Längsschnitt, einen schematischen Aufbau einer modulartigen Messkammer mit unterschiedlichen Messkammervolumina und

Fig. 4

und

Fig. 5 Teillängsschnitte durch weitere, unterschiedlich ausgebildete, modulartige Messkammern.

Gleiche Bauteile bzw. Bauteile mit gleicher Funktion sind in den Figuren mit den gleichen Bezugsziffern versehen.

In der Fig.1 ist schematisch eine Vorrichtung 100 zur Durchflussmessung der bei wenigstens einem Einblashub von einem Gasinjektor 1 abgegebenen Gasmasse dargestellt. Bei dem Gasinjektor 1 handelt es sich insbesondere um einen Gasinjektor 1, wie er bei Brennkraftmaschinen in Kraftfahrzeugen zum Antrieb des Kraftfahrzeugs verwendet werden kann, wobei der Gasinjektor 1 typischerweise im Ansaugbereich eines Zylinders vor dem Einlassventil im Bereich eines Saugrohrs angeordnet ist.

Die Vorrichtung 100 umfasst eine Messkammer 10 mit einem Innenraum 11, der zumindest mittelbar mit dem Auslassbereich des Gasinjektors 1 gekoppelt ist, derart, dass die während des wenigstens einen Einblasvorgangs bzw. Einblashubs durch den Gasinjektor 1 abgegebene Gasmenge in den Innenraum 11 der Messkammer 10 einströmt. Innerhalb des Innenraums 11 sind erste Messmittel 12, umfassend zumindest einen Drucksensor 13 sowie einen Temperatursensor 14, sowie ggf. weitere Sensoren 15, beispielsweise ausgebildet als Ultraschallsensoren, angeordnet. Die ersten Messmittel 12 sind über eine Eingangsleitung 16 mit einer zentralen Steuer- und Auswerteeinheit 20 gekoppelt. Darüber hinaus ist die Messkammer 10 mit einer Ventileinrichtung 18 verbunden, die eine Verbindung zum Innenraum 11 der Messkammer 10 ausbildet.

Auf der der Messkammer 10 bzw. dem Innenraum 11 abgewandten Seite der Ventileinrichtung 18 sind in Wirkverbindung mit der Ventileinrichtung 18 optional

eine über eine Leitung 21 mit der Steuer- und Auswerteeinheit 20 verbundene Messeinrichtung 22 zur kontinuierlichen Erfassung der Drücke und der Mengen von aus der Messkammer 10 ausgeleiteten Gasen und eine Unterdruckeinrichtung 25 angeordnet, wobei letztere beispielhaft weitere Sensoren 26 zur Druck- und/oder Temperaturerfassung aufweist, und wobei die weiteren Sensoren 26 über eine Leitung 27 ebenfalls mit der Steuer- und Auswerteeinheit 20 gekoppelt sind. Die Ventileinrichtung 18 bzw. deren Querschnitt ist veränderbar ausgebildet, derart, dass die Ventileinrichtung 18 vollständig verschließbar ist, um ein Entweichen von Gas aus der Messkammer 10 zu vermeiden. Darüber hinaus ist die Ventileinrichtung 18 bzw. deren Querschnitt derart variierbar, dass bei einer Betätigung bzw. einer Aktivierung der Unterdruckeinrichtung 25 bei zumindest teilweise geöffneter Ventileinrichtung 18 in der Messkammer 10 beispielsweise ein Unterdruck von maximal 0,5 bar absolut eingestellt werden kann.

Der Gasinjektor 1 ist über eine Ansteuerleitung 2 ebenfalls mit der (zentralen) Steuer- und Auswerteeinheit 20 gekoppelt, derart, dass die Betätigung bzw. Ansteuerung des Gasinjektors 1 mittels der Steuer- und Auswerteeinheit 20 erfolgt.

Der Gasinjektor 1 kann mit Mitteln 50, insbesondere in Form eines Werkstückträgers sowie nicht dargestellten Verbindungsmitteln gekoppelt sein, die einen Gasinjektor 1 automatisiert mit der Messkammer 10 sowie der Druckkammer 30 verbinden.

Eingangsseitig ist der Gasinjektor 1 mit einer Druckkammer 30 gekoppelt, die den Gasinjektor 1 mit dem Gas versorgt. Hierbei ist die Druckkammer 30 wiederum in Wirkverbindung einer Versorgungsquelle 31 verbunden. Die Versorgungsquelle 31 ist über eine Ansteuerleitung 32 von der Steuer- und Auswerteeinheit 20 ansteuerbar, um den in den Innenraum 33 der Druckkammer 30 herrschenden Druck des Gases zu beeinflussen. Mittels der Druckkammer 30 wird der Gasinjektor 1 mit unter Druck stehendem Gas versorgt. Innerhalb des Innenraums 33 der Druckkammer 30 sind darüber hinaus zweite Messmittel 34, umfassend zumindest einen Temperatursensor 35 und einen Drucksensor 36 angeordnet. Darüber hinaus können weitere Sensoren 37, beispielsweise in

Form von Ultraschallsensoren, vorgesehen sein. Die zweiten Messmittel 34 sind über eine Eingangsleitung 38 mit der Steuer- und Auswerteeinheit 20 verbunden.

Bei der Messung der von dem Gasinjektor 1 in die Messkammer 10 eingeblasenen Gasmasse wird über die Ventileinrichtung 18 und die Unterdruckquelle 25 in der Messkammer 10 bzw. deren Innenraum 11 ein bestimmter (Anfangs-) Druck eingestellt. Darüber hinaus wird über die Druckkammer 30 der Gasinjektor 1 mit Gas mit bekannter Temperatur und bekanntem Druck versorgt. Unmittelbar vor dem Einblasvorgang des Gasinjektors 1 in den Innenraum 11 der Messkammer 10 wird mittels der ersten Messmittel 12 der Druck und die Temperatur des in dem Innenraum 11 befindlichen Gases erfasst und der Steuer- und Auswerteeinheit 20 als Eingangsgröße zugeführt. Ebenso wird nach Ende des Einblasvorgangs des Gases durch den Gasinjektor 1 in die Messkammer 10 der Druck sowie die Temperatur in dem Innenraum 11 der Messkammer 10 erfasst und der Steuer- und Auswerteeinheit 20 als Eingangsgröße zugeführt. Diese berechnet die Masse m des von dem Gasinjektor 1 eingeblasenen Gases anhand folgender Formel:

$$m = \frac{p_2 * V_2}{R_{s2} * T_2} - \frac{p_1 * V_1}{R_{s1} * T_1}$$

Mit:

- p_2 = Druck nach der Einblasung
- p_1 = Druck vor der Einblasung
- T_2 = Absolute Temperatur nach der Einblasung
- T_1 = Absolute Temperatur vor der Einblasung
- R_{s2} = Spezielle Gaskonstante nach der Einblasung
- R_{s1} = Spezielle Gaskonstante vor der Einblasung
- V_2 = Kammervolumen nach der Einblasung
- V_1 = Kammervolumen vor der Einblasung.

Nach der Messung wird das in die Messkammer 10 von dem Gasinjektor 1 eingeblasene Gas über ein Öffnen der Ventileinrichtung 18 aus der Messkammer 20 und ggf. über die Messeinrichtung 22 ausgeleitet. Durch zeitgerechtes erneutes vollständiges Schließen der Ventileinrichtung 18 wird der gewünschte

Anfangsdruck in der Messkammer 20 für die nachfolgende Messung eingestellt. Für den Fall mehrerer Messungen lässt sich mittels der Messeinrichtung 22 über eine Division durch die Anzahl der Messzyklen ein von dem Gasinjektor 1 in die Messkammer 20 eingeblasenes durchschnittliches Gasvolumen bzw. eine entsprechende Gasmasse berechnen, ebenso wie eine durchschnittliche Druckerhöhung.

In den Fig. 2 und 3 ist jeweils eine Messkammer 10a dargestellt, die aus modularartig zusammensetzbaren Messkammerelementen 51 bis 54 besteht. Dabei umfasst die Messkammer 10a zumindest ein erstes Messkammerelement 51, das dazu ausgebildet ist, mit dem Gasinjektor 1 verbunden zu werden bzw. einen Anschluss für den Gasinjektor 1 aufweist. Weiterhin umfasst die Messkammer 10a ein zweites Messkammerelement 52, im dargestellten Ausführungsbeispiel in Form eines Rings, das dazu ausgebildet ist, zumindest mittelbar mit der Ventileinrichtung 18 verbunden zu werden. Ein drittes Messkammerelement 53 ist auf der dem ersten Messkammerelement 51 gegenüberliegenden Seite angeordnet und bildet einen Bodenbereich der Messkammer 10a aus. Darüber hinaus weist die Messkammer 10a der Fig. 3 oberhalb und unterhalb des zweiten Messkammerelements 52 jeweils ein viertes Messkammerelement 54 auf, das mit Ausnahme des fehlenden Anschlusses bzw. Auslasses zur Ventileinrichtung 18 identisch zu dem zweiten Messkammerelement 52 ausgebildet ist.

Während die Messkammer 10a gemäß der Fig. 2 einen Innenraum 11a ausbildet, der in etwa kugelförmig ausgebildet ist, ist der Innenraum 11a der Messkammer 10a der Fig. 3 in etwa zylindrisch ausgebildet. Der Innenraum 11a weist dabei eine Höhe h und Breite b auf. Insbesondere ist das Höhen-/Breitenverhältnis des Innenraums 11a bei der Messkammer 10a gemäß der Fig. 2 in etwa 1,0.

In den Fig. 4 und 5 sind weitere Messkammern 10b, 10c mit Innenräumen 11b, 11c dargestellt. Während die Messkammer 10b gemäß der Fig. 4 aus den Messkammerelementen 51b bis 54b einen Innenraum 11b ausbildet, der in Art zweier, gegeneinander angeordneter Halbkegel besteht, weist der Innenraum 11c der Messkammer 10c der Fig. 5, die aus den Messkammerelementen 51c bis 54c ausgebildet ist, an den jeweiligen Messkammerelementen 51c bis 54c

jeweils konkav ausgebildete Flächen 55 auf. Dadurch wird ein in etwa kugelförmiger Innenraum 11c an der Messkammer 10c ausgebildet.

Die soweit beschriebene Vorrichtung 100 kann in vielfältiger Art und Weise abgewandelt bzw. modifiziert werden, ohne vom Erfindungsgedanken abzuweichen.

So ist es beispielsweise bei Gasinjektoren 1, die zur Direkteinblasung in einen Zylinder vorgesehen sind, nicht erforderlich, eine Unterdruckeinrichtung 25 vorzusehen. Ebenso kann bei Verzicht auf Durchschnittswerte auf die Messeinrichtung 22 verzichtet werden. Darüber hinaus kann durch eine kontinuierliche Messung des Drucks (und, falls möglich der Temperatur) in der Messkammer 20 der zeitliche Verlauf des Einblasdrucks und der Einblasmenge während einer einzigen Einblasung durch den Gasinjektor 1 bestimmt werden.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (100) zur Durchflussmessung eines Gasinjektors (1), mit einer Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) zur zumindest mittelbaren Anordnung eines Auslassbereichs eines Gasinjektors (1), mit einer mit der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) verbundenen Ventileinrichtung (18), mittels der ein Auslassquerschnitt der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) und der in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) herrschende Druck einstellbar ist, und mit ersten Meßmitteln (12) zur Erfassung von in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) herrschenden Parametern des Gases,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Ventileinrichtung (18) dazu ausgebildet ist, den Auslassquerschnitt der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) vollständig zu verschließen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ventileinrichtung (18) mit einer Unterdruckeinrichtung (25) verbunden ist, die zur Einstellung des Drucks in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) dient.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Ventileinrichtung (18) zumindest mittelbar mit einer Messeinrichtung (22) zur Messung des aus der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) abströmenden Gases gekoppelt ist.
4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Druck in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) zwischen 0,5bar und 3bar und/oder zwischen 1bar und 150bar einstellbar ist.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Einlassbereich des Gasinjektors (1) mit einer Druckkammer (30) zur Versorgung des Gasinjektors (1) mit Gas verbunden ist, und dass die Druckkammer (30) mit einer Versorgungsquelle (31) für das Gas gekoppelt ist.
6. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass in der Druckkammer (30) zweite Meßmittel (34) zur Erfassung zumindest des in der Druckkammer (30) herrschenden Drucks und der Temperatur vorgesehen sind.
7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuer- und Auswerteeinrichtung (20) zur Ansteuerung des Gasinjektors (1), zur Auswertung der vor und nach dem Einblasvorgang des Gasinjektors (1) in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) herrschenden Parametern des Gases und zur Ansteuerung der Unterdruckeinrichtung (25) und der Versorgungsquelle (31) vorgesehen ist.
8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (50) zur automatisierten Kopplung des Gasinjektors (1) mit der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) und der Druckkammer (30) vorgesehen sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Messkammer (10a; 10b; 10c) aus mehreren, modularartig zusammensetzbaren Messkammerelementen (51; 51b; 51c, 52; 52b; 52c, 53; 53b; 53c, 54; 54b; 54c) besteht, wobei in Abhängigkeit der verwendeten Messkammerelemente (51; 51b; 51c, 52; 52b; 52c, 53; 53b; 53c, 54; 54b; 54c) und/oder deren Anzahl das Volumen der (10a; 10b; 10c) veränderbar ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Messkammer (10a; 10b; 10c) zumindest ein erstes
Messkammerelement (51; 5b; 5c) zur Ausbildung eines Anschlusses für den
Gasinjektor (1) und ein zweites Messkammerelement (52; 52b; 52c) zur
Ausbildung eines Messkammerauslasses aufweist, wobei das zweite
Messkammerelement (52; 52b; 52c) zumindest mittelbar mit der
Ventileinrichtung (18) verbunden ist.
11. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass der vorzugsweise zumindest näherungsweise zylindrisch oder
kugelförmig ausgebildete Innenraum (11a; 11b; 11c) der Messkammer (10a;
10b; 10c) ein Höhen/Breitenverhältnis zwischen 0,5 und 1,5, vorzugsweise
1,0 aufweist.
12. Verfahren zur Durchflussmessung eines Gasinjektors (1) mittels einer
Vorrichtung (100), die nach einem der Ansprüche 1 bis 11 ausgebildet ist,
umfassend zumindest folgende Schritte:
- Einstellen eines Gasdrucks in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c)
 - vollständiges Schließen der Ventileinrichtung (18), so dass kein Gas aus
der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) entweichen kann
 - Durchführen mindestens eines Einblasvorgangs in die Messkammer (10;
10a; 10b; 10c) durch den Gasinjektor (1)
 - Erfassen zumindest des Drucks und der Temperatur vor und nach dem
wenigstens einen Einblasvorgangs in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c)
 - Durchführen einer Berechnung zur Bestimmung der während des
wenigstens einen in die Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) durch den
Gasinjektor (1) eingeblasenen Gasmasse nach folgender Formel:

$$m = \frac{p_2 * V_2}{R_{s2} * T_2} - \frac{p_1 * V_1}{R_{s1} * T_1}$$

Mit: p_2 = Druck nach der Einblasung
 p_1 = Druck vor der Einblasung

T_2 = Absolute Temperatur nach der Einblasung

T_1 = Absolute Temperatur vor der Einblasung

R_{s2} = Spezielle Gaskonstante nach der Einblasung

R_{s1} = Spezielle Gaskonstante vor der Einblasung

V_2 = Kammervolumen nach der Einblasung

V_1 = Kammervolumen vor der Einblasung

13. Verfahren nach Anspruch 12,

dadurch gekennzeichnet,

dass nach einem Einblasvorgang die Ventileinrichtung (18) geöffnet und anschließend wieder vollständig geschlossen wird, so dass nach dem Verschließen der Ventileinrichtung (18) den vor dem Einblasen zunächst eingestellte Gasdruck in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) wieder eingestellt ist.

14. Verfahren nach Anspruch 12 oder 13,

dadurch gekennzeichnet,

dass vor, während und nach einem Einblasvorgang der Druck und die Temperatur in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) kontinuierlich erfasst werden, und dass die zum Zeitpunkt x augenblickliche Einblasmaße des Gasinjektors (1) nach folgender Formel ermittelt wird:

$$m(x) = \frac{p_x * V_x}{R_x * T_x} - \frac{p_1 * V_1}{R_{s1} * T_1}$$

Mit: p_x = Druck nach der Einblasung zum Zeitpunkt x

p_1 = Druck vor der Einblasung

T_x = Absolute Temperatur zum Zeitpunkt x

T_1 = Absolute Temperatur vor der Einblasung

R_x = Spezielle Gaskonstante zum Zeitpunkt x

R_{s1} = Spezielle Gaskonstante vor der Einblasung

V_2 = Kammervolumen zum Zeitpunkt x

V_1 = Kammervolumen vor der Einblasung

15. Verfahren nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die zu einem Zeitpunkt x in der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) herrschende Temperatur (T_x) anhand einer von den Temperaturen (T_1, T_2) vor und nach der Einblasung sowie den Drücken (p_1, p_2, p_x) vor und nach der Einblasung sowie zu einem Zeitpunkt x während der Einblasung abhängigen Funktion berechnet wird.
16. Verfahren zur Durchflussmessung eines Gasinjektors (1) mittels einer Vorrichtung (100), die nach einem der Ansprüche 3 bis 11 ausgebildet ist, dadurch gekennzeichnet,
dass die nach jedem Einblasvorgang aus der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) ausgeleitete Gasmenge des Gasinjektors (1) von der Messeinrichtung (22) erfasst wird, und dass nach einer bestimmten Anzahl von Einblasvorgängen des Gasinjektors (1) aus der von der Messeinrichtung (22) erfassten Gesamtmenge des aus der Messkammer (10; 10a; 10b; 10c) ausgeleiteten Gases und aus der Anzahl der Druckanstiege in der Messeinrichtung (22) auf eine durchschnittliche Einblasmenge während einer Einblasung geschlossen wird.

Fig. 1

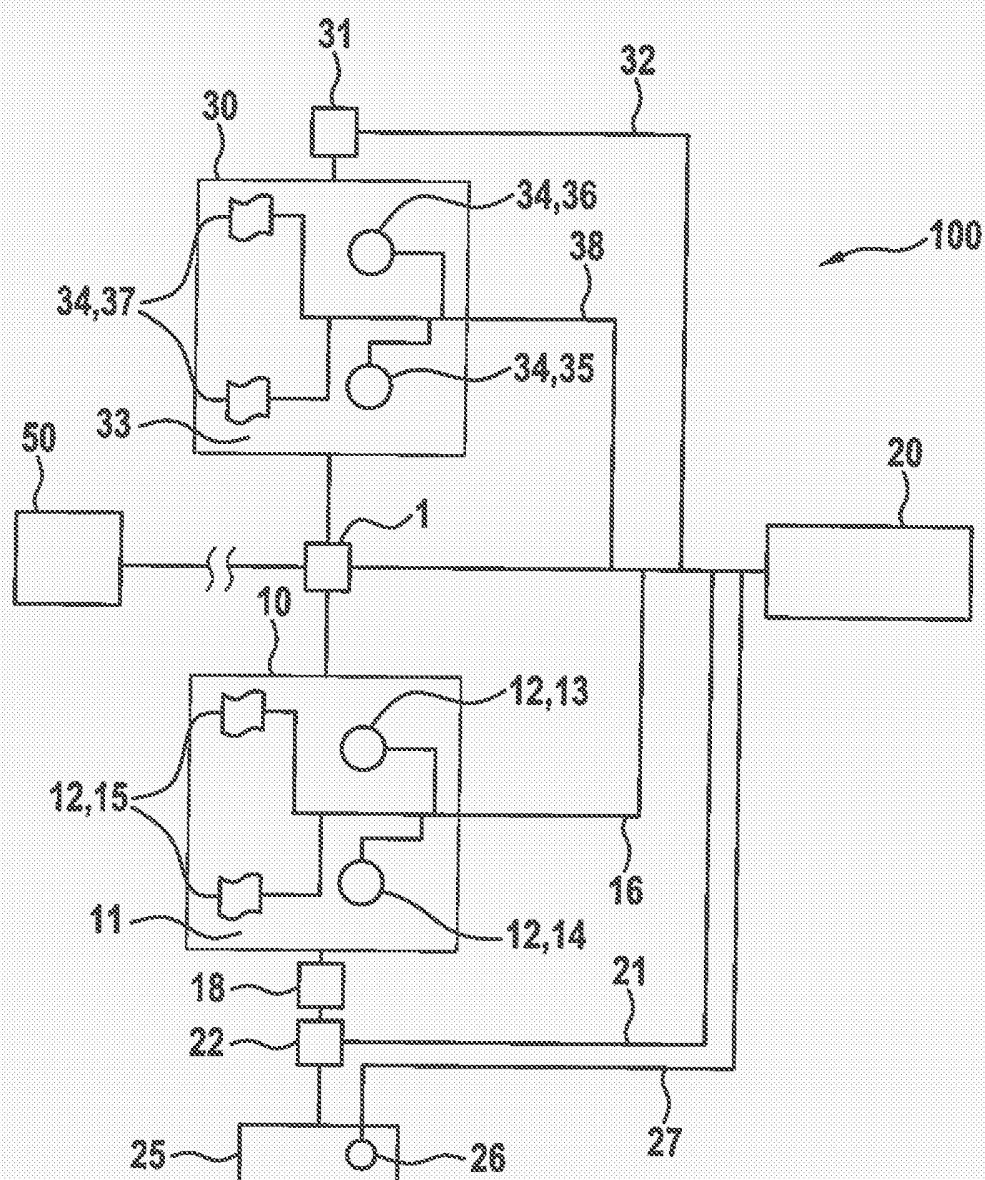


Fig. 2

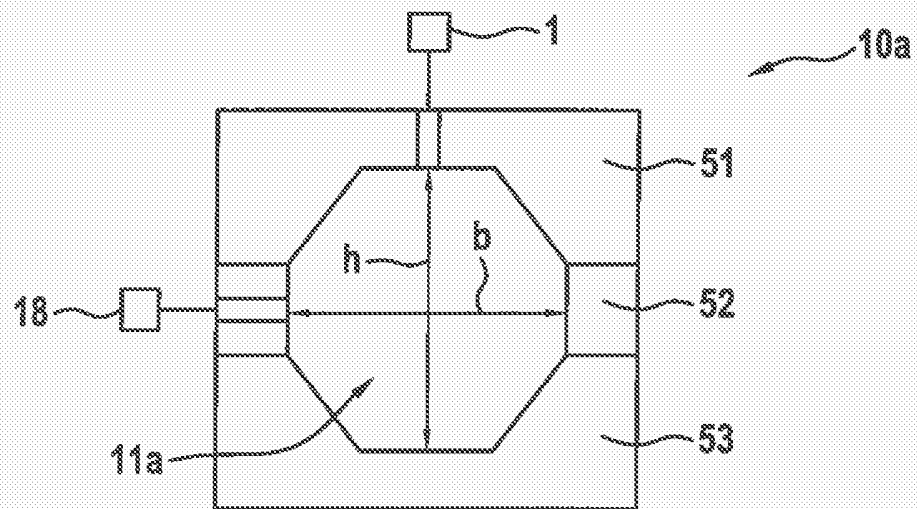


Fig. 3

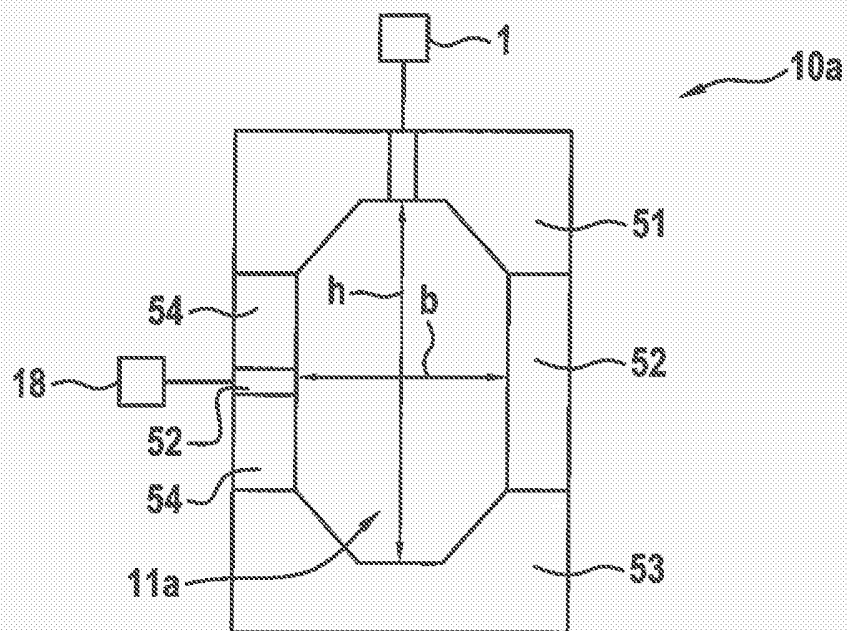


Fig. 4

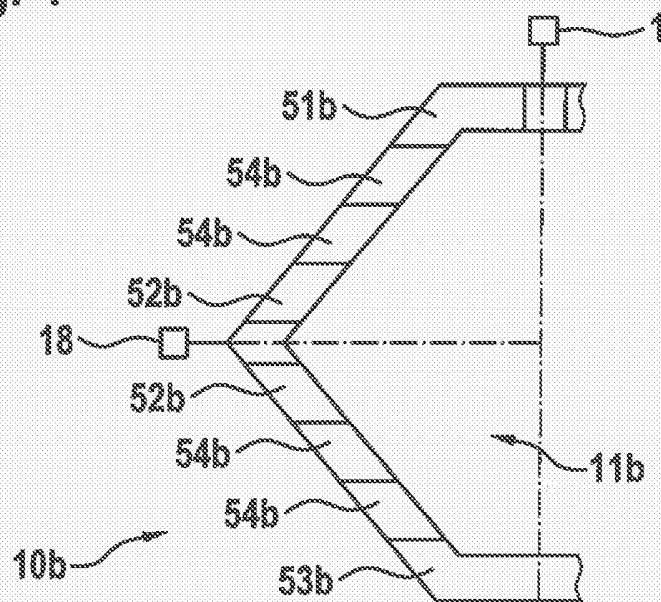


Fig. 5

