

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 50047/2018 (51) Int. Cl.: F01N 1/14 (2006.01)  
(22) Anmeldetag: 22.01.2018 F01N 3/22 (2006.01)  
(43) Veröffentlicht am: 15.05.2019 F01N 3/30 (2006.01)  
G01M 15/04 (2006.01)

(56) Entgegenhaltungen: DE 102015109317 A1 DE 3013444 A1 EP 1600622 A2 DE 4015818 A1 EP 1336035 A2	(71) Patentanmelder: KRISTL, SEIBT & CO. GESELLSCHAFT M.B.H. 8052 Graz (AT)
	(72) Erfinder: Rossegger Wolfram Dr. 8042 Graz-St. Peter (AT) Artner Karl-Gerald 8723 Kobenz (AT)
	(74) Vertreter: Sonn & Partner Patentanwälte 1010 Wien (AT)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine**

(57) Verfahren zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine (2), insbesondere eines Verbrennungsmotors, wobei das Abgas über eine Abgasleitung (20) von der Arbeitsmaschine (2) abgeführt wird und die Abgasleitung (2) eine Regeleinrichtung (21), vorzugsweise umfassend ein Drosselventil oder eine Drosselklappe, aufweist, die einen druckgeregelten Abschnitt (22) der Abgasleitung (20) begrenzt, wobei in den druckgeregelten Abschnitt (22) über eine Druckgasleitung (5) geregelt Gas, vorzugsweise Luft, zugeführt wird, sodass der Druck im druckgeregelten Abschnitt (22) im Wesentlichen auf einem konstanten Wert gehalten wird. Weiters eine entsprechende Vorrichtung (1).

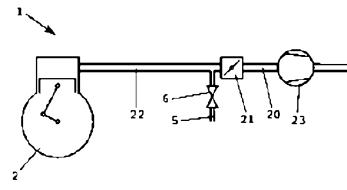


Fig. 1

Zusammenfassung

Verfahren zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine (2), insbesondere eines Verbrennungsmotors, wobei das Abgas über eine Abgasleitung (20) von der Arbeitsmaschine (2) abgeführt wird und die Abgasleitung (2) eine Regeleinrichtung (21), vorzugsweise umfassend ein Drosselventil oder eine Drosselklappe, aufweist, die einen druckgeregelten Abschnitt (22) der Abgasleitung (20) begrenzt, wobei in den druckgeregelten Abschnitt (22) über eine Druckgasleitung (5) geregelt Gas, vorzugsweise Luft, zugeführt wird, sodass der Druck im druckgeregelten Abschnitt (22) im Wesentlichen auf einem konstanten Wert gehalten wird. Weiters eine entsprechende Vorrichtung (1).

(Fig. 1)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine, insbesondere eines Verbrennungsmotors, wobei das Abgas über eine Abgasleitung von der Arbeitsmaschine abgeführt wird und die Abgasleitung eine Regeleinrichtung, vorzugsweise umfassend ein Drosselventil oder eine Drosselklappe, aufweist, die einen druckgeregelten Abschnitt der Abgasleitung begrenzt. Weiters betrifft die Erfindung eine Vorrichtung zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine, insbesondere eines Verbrennungsmotors, besonders bevorzugt in einem Prüfstand, aufweisend eine Abgasleitung zum Abführen von Abgas aus der Arbeitsmaschine mit einer Regeleinrichtung, vorzugsweise einer Regel- oder Drosselklappe, die einen druckgeregelten Abschnitt begrenzt.

Es ist häufig notwendig, dass einer Arbeitsmaschine, insbesondere einem Verbrennungsmotor, abgeführte Abgas bezüglich des Drucks zu regeln, insbesondere beim Betrieb in einem Prüfstand. Dies ist besonders dann notwendig, wenn das Abgas mit einem Regelventil bzw. einer Drosselklappe und einem Gebläse geregelt wird. Dafür ist eine Vielzahl von Möglichkeiten bereits bekannt.

So offenbart die DE 40 15 818 C2 einen Prüfstand für Brennkraftmaschinen mit einer die benötigte Verbrennungsluft auf jeweils unabhängig von den Umgebungsbedingungen konstant vorgebbare Bedingungen aufbereitender und durch eine Zuluftleitung der Brennkraftmaschine fluidisch verbundener Zuluftanlage und einer Abgasanlage. Dabei weist die Abgasleitung vom Abgasstutzen der Brennkraftmaschine zur Abgasanlage einen vernachlässigbaren Strömungswiderstand auf. Weiters ist ein Regelventil in der Abgasleitung in Strömungsrichtung vor dem Gebläse vorgesehen, welches in dem in Strömungsrichtung davorliegenden Abschnitt der Abgasleitung einen mit dem Druck der zugeführten Verbrennungsluft übereinstimmenden Abgasdruck einregelt, wobei der in Strömungsrichtung dem Regelventil folgende Abschnitt der Abgasleitung durch das Gebläse auf einen dafür stets ausreichenden Unterdruck gehalten wird.

Des Weiteren zeigt die EP 1 336 035 B1 ein Verfahren zur Versorgung einer Verbrennungsmaschine mit einer konstanten Menge an konditioniertem Verbrennungsgas, wobei von der Verbrennungsma-

schine nicht benötigtes Verbrennungsgas an der Verbrennungsma- schine vorbeigeleitet und mit deren Abgas gemischt wird und das Verbrennungsgas-/Abgas-Gemisch hinter der Verbrennungsma- schine abgesaugt wird. Weiters wird zwischen dem konditionierten Ver- brennungsgas und dem Abgas hinter der Verbrennungsma- schine ein Druckgefälle zwischen 0,3 und 5 mbar eingestellt. Die zu jedem Zeitpunkt bereitgestellte Verbrennungsgas-Menge an einer Ver- zweigstelle zur Verbrennungsma- schine bzw. einer Bypass-Leitung um die Verbrennungsma- schine beträgt zu jedem Zeitpunkt die vom Verbrennungsmotor maximal benötigte Menge, wobei das aktuell vom Verbrennungsmotor nicht benötigte Verbrennungsgas über die By- pass-Leitung am Verbrennungsmotor vorbeigeleitet wird.

Das offenbarte Verfahren erreicht zwar, dass der Massenstrom über die Regeleinrichtungen annähernd konstant ist, wodurch ei- nerseits die Regelung dieser Regeleinrichtungen relativ einfach ist und andererseits die Klappen nie dicht schließen müssen. Al- lerdings weisen die vorgeschlagenen Methoden mehrere Nachteile auf. So sind Rückwirkungen von Druckpulsationen aus dem Abgaskan- al in den Ansaugkanal bei Verwendung einer Bypass-Leitung mög- lich. Weiters ist bei Betriebspunkten des Verbrennungsmotors mit geringem Abgas-Massenstrom der Massenstrom durch die Bypass-Lei- tung groß, wodurch die Gefahr einer Durchmischung von Abgas und Verbrennungsgas im Abgaskanal gegeben ist. Dies ist insbesondere relevant, wenn Abgasanalysegeräte Proben aus dem Abgaskanal ent- nehmen. Des Weiteren kann der Verbrennungsmotor heißes Abgas aus dem Abgaskanal über die Bypass-Leitung ansaugen und so beschä- digt bzw. sein Arbeitsablauf erheblich beeinträchtigt werden.

Auch die anderen im Stand der Technik offenbarten Verfahren und Vorrichtungen weisen einen oder mehrere Nachteile auf. Sofern die Druckregelung ohne Bypass-Leitung erfolgt, wie im Stand der Technik ebenfalls beschrieben, muss die jeweilige ansaug- und/oder abgasseitige Regeleinrichtung bei dynamischen Änderun- gen des Verbrennungsmotors entsprechend rasch folgen. Dies ist aber aufgrund möglicher Resonanzen und Schwankungen mit den Me- thoden des Standes der Technik nur unzureichend möglich. Weiters ist es bei Betriebspunkten des Verbrennungsmotors mit geringem Massenstrom, beispielsweise im Leerlauf, notwendig, dass die Re- geleinrichtungen entsprechend dicht sind, um den jeweiligen

Druck aufbauen und halten zu können. Während ansaugseitig aufgrund der relativ niedrigen Temperatur des konditionierten Verbrennungsgases viele geeignete Materialien für eine dicht schließende Regeleinrichtung, insbesondere eine Klappe, zur Verfügung stehen, gestaltet sich dies abgasseitig aufgrund der hohen Abgastemperaturen deutlich schwieriger. Es kann sogar sein, dass man aus Robustheitsgründen abgasseitig eine nicht dicht schließende Klappe mit einer gewissen Leckage einsetzt, wobei dies dem Konstanthalten des Drucks nach den Methoden des Standes der Technik hinderlich ist.

Aufgabe der Erfindung ist somit, insbesondere die oben genannten Probleme zu beheben oder zu verringern und das Konstanthalten des Drucks im abgasseitigen Bereich einer Arbeitsmaschine, insbesondere eines Verbrennungsmotors, zu vereinfachen bzw. zu verbessern.

Dies wird erreicht durch ein Verfahren zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine wie eingangs beschrieben, wobei in den druckgeregelten Abschnitt über eine Druckgasleitung geregelt Gas, vorzugsweise Luft, zugeführt wird, sodass der Druck im druckgeregelten Abschnitt im Wesentlichen auf einem konstanten Wert gehalten wird. Weiters wird dies erzielt durch eine Vorrichtung wie eingangs beschrieben, wobei der druckgeregelte Abschnitt eine Druckgasleitung zur geregelten Zufuhr von Gas aufweist.

Um den Druck im druckgeregelten Abschnitt auf einfache Weise konstant zu halten bzw. den notwendigen Druck aufstauen zu können, insbesondere trotz einer Leckage der Regeleinrichtung, wird über eine Druckgasleitung geregelt Gas, vorzugsweise Luft, zugeführt. Die Druckgasleitung weist somit eine Verbindung zur Abgasleitung innerhalb des druckgeregelten Abschnitts auf. Da die Druckgasleitung in Bezug auf den Massestrom regelbar ist, kann in vorteilhafter Weise der zusätzliche Massenstrom bei zunehmendem Durchsatz durch die Arbeitsmaschine auch ganz abgeregelt werden.

Bevorzugt wird das Gas an einem Anfang der Druckgasleitung unter einem Druck zugeführt, der höher ist als der Druck des Abgases

in der Abgasleitung, insbesondere als der Druck innerhalb des druckgeregelten Abschnitts. Besonders bevorzugt ist der Druck am Anfang der Druckgasleitung mehr als 50 mbar, noch mehr bevorzugt mehr als 100 mbar höher als der Druck des Abgases in der Abgasleitung, insbesondere als der Druck innerhalb des druckgeregelten Abschnitts. Ebenso bevorzugt wird das zugeführte Gas mit einem Ventil und/oder einer Drossel, die besonders bevorzugt jeweils händisch und/oder elektrisch gesteuert werden, geregelt. Es ist weiters bevorzugt, dass der Massenstrom von einer Hausdruckleitung, einer anderen Gasquelle oder einem anderen Kompressor bereitgestellt wird. Diese Eigenschaften sind zweckmäßig, um in einfacher Weise, auch mit einem geringen Massenstrom, den erforderlichen Druck im druckgeregelten Abschnitt der Abgasleitung aufzubauen bzw. den Druck im druckgeregelten Abschnitt möglichst konstant zu halten und/oder um den Massenstrom einfach regeln zu können.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird das Gas mit einem Massenstrom zugeführt, der geringer ist als der Massenstrom des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine abgeführten Abgases, wobei der Massenstrom besonders bevorzugt weniger als 10 Prozent, noch mehr bevorzugt weniger als 5 Prozent des Massenstroms des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine abgeführten Abgases beträgt. Insbesondere die Regelung des Massenstroms der Druckgasleitung mit einem Ventil und/oder einer Drossel sind eine Möglichkeit diesen klein zu halten.

Aufgrund der möglichen hohen Temperaturen des Abgases der Arbeitsmaschine kann es sich schwierig gestalten, eine dicht schließende Regeleinrichtung zu betreiben. Es kann somit insbesondere aus Robustheitsgründen bevorzugt sein, dass eine nicht dicht schließende Regeleinrichtung verwendet wird und die Regeleinrichtung eine gewisse Leckage aufweist. In einer bevorzugten Ausführungsform wird die Regeleinrichtung somit in einem Modus betrieben, in dem ständig ein Massenstrom aus dem druckgeregelten Bereich dringen kann, wobei der Massenstrom besonders bevorzugt zwischen 1 und 5 Prozent, noch mehr bevorzugt zwischen 1 und 2 Prozent des Massenstroms des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine abgeführten Abgases beträgt. Vorzugweise dient der Massenstrom aus der Druckgasleitung nicht

dazu, die Druckverhältnisse im druckgeregelten Bereich zu ändern, sondern insbesondere dazu, einen beständigen Massenstrom durch die Regeleinrichtung bzw. eine Leckage der Regeleinrichtung auszugleichen. Weiters kann der Massenstrom von der Druckluftleitung zu einem immer vorhandenen Mindestdurchsatz an der Regeleinrichtung beitragen, wodurch eine stabilere Regelung im Nullpunkt der Regeleinrichtung sichergestellt wird.

Insbesondere wenn der Massenstrom aus der Druckluftleitung zu einem Mindestdurchsatz durch die Regeleinrichtung beitragen soll, einen beständigen Massenstrom durch diese ausgleichen soll und/oder die Druckverhältnisse nicht wesentlich ändern soll bzw. nur dem Konstanthalten des Druckes dienen soll, ist es vorteilhaft, wenn die Druckgasleitung mit dem druckgeregelten Abschnitt in der Nähe der Regeleinrichtung verbunden ist. Vorteilhafterweise wird mit der Druckgasleitung das Gas in jener Hälfte, vorzugsweise in jenem Viertel, besonders bevorzugt in jenem Achtel des druckgeregelten Abschnitts zugeführt, die/das näher an der Regeleinrichtung als an der Arbeitsmaschine ist und/oder in einem Bereich, der weniger als 30 cm, besonders bevorzugt weniger als 10 cm von der Regeleinrichtung entfernt ist.

Bevorzugt weist die Druckgasleitung einen entsprechend großen Strömungswiderstand auf, sodass der Massenstrom aus der Druckgasleitung trotz der hohen Druckdifferenz zwischen dem Anfang der Druckgasleitung und dem Druck des Abgases in der Abgasleitung, insbesondere als der Druck innerhalb des druckgeregelten Abschnitts, gering gehalten wird. Bevorzugt soll der Strömungswiderstand so groß sein, dass bei einer Druckdifferenz von mehr als 50 mbar der Massenstrom aus der Druckgasleitung in den druckgeregelten Abschnitt weniger als 10 Prozent, vorzugsweise weniger als 5 Prozent des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine abgeföhrten Abgases ist. Besonders bevorzugt soll der Strömungswiderstand so groß sein, dass bei einer Druckdifferenz von mehr als 100 mbar der Massenstrom aus der Druckgasleitung in den druckgeregelten Abschnitt weniger als 10 Prozent, vorzugsweise weniger als 5 Prozent des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine abgeföhrten Abgases ist. Es ist ebenfalls bevorzugt, wenn die Druckgasleitung einen entsprechend kleinen Durchmesser hat, sodass der Massenstrom aus der Druckgasleitung

trotz der hohen Druckdifferenz gering gehalten wird, wobei der Durchmesser vorzugsweise so gering ist, da die im Zusammenhang mit dem Strömungswiderstand erwähnten bevorzugten und besonders bevorzugten Eigenschaften erzielt werden.

Es ist häufig notwendig das einer Arbeitsmaschine, insbesondere einem Verbrennungsmotor, zugeführte Verbrennungsgas bezüglich des Drucks zu regeln, insbesondere beim Betrieb in einem Prüfstand. Dies ist besonders dann notwendig, wenn das Verbrennungsgas zusätzlich mit einem Hochdruckgebläse, einer Gasaufbereitungsstrecke, insbesondere einer Luftaufbereitungsstrecke, einem Abströmventil, einer Drosselklappe und einem Drucksensor konditioniert wird. Auch hierfür ist eine Vielzahl von Möglichkeiten bereits bekannt.

Aufgabe bevorzugter Ausführungsformen der Erfindung ist somit, insbesondere auch die genannten Probleme in Bezug auf das Versorgungsgas zu beheben oder zu verringern und das Konstanthalten des Drucks auch im versorgungsgasseitigen Bereich einer Arbeitsmaschine, insbesondere eines Verbrennungsmotors, zu vereinfachen bzw. zu verbessern.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird der Arbeitsmaschine über eine Versorgungsleitung ein Verbrennungsgas, vorzugsweise Luft, zugeführt und weist die Versorgungsleitung ebenfalls eine Regeleinrichtung, vorzugsweise umfassend ein Drosselventil oder eine Drosselklappe, auf, die einen druckgeregelten Abschnitt der Versorgungsleitung begrenzt. Dabei wird über die Druckgasleitung Gas von einem Abschnitt der Versorgungsleitung vor der Regeleinrichtung der Versorgungsleitung zum druckgeregelten Abschnitt der Abgasleitung geführt. Weiters wird dabei besonders bevorzugt mit einer ersten Gasfördereinrichtung, vorzugsweise einem Hochdruckgebläse, das Verbrennungsgas in die Versorgungsleitung geblasen und ein Vordruck erzeugt, das Verbrennungsgas in einer Luftaufbereitungsstrecke in Bezug auf die Temperatur und/oder Feuchtigkeit konditioniert, und/oder das Abgas in der Abgasleitung von einer zweiten Gasfördereinrichtung, besonders bevorzugt einem Gebläse, abgesaugt. Es kann somit beispielweise die Gasfördereinrichtung der Versorgungsleitung zum Bereitstellen des Gases in der Druckgasleitung mitverwendet wer-

den.

In dieser Ausführungsform ist das Problem der Durchmischung von Abgas und Verbrennungsgas in der Abgasleitung, das sich durch eine wie in der EP 1 336 035 B1 offenbarten Bypass-Leitung insbesondere bei Betriebspunkten der Arbeitsmaschine mit einem geringen Abgas-Massenstrom ergeben kann, nicht gegeben, da der Massenstrom über die Druckluftleitung wesentlich kleiner ist, als in einer Bypass-Leitung, die die jeweiligen druckgeregelten Abschnitte der Versorgungsgas- bzw. Abgasleitung verbinden würde. Weiters können Rückwirkungen von Druckpulsationen des druckgeregelten Abschnitts der Versorgungsleitung in den druckgeregelten Abschnitt der Abgasleitung vermieden werden. Auch wird mit dieser erfindungsgemäßen Ausführungsform vorteilhafterweise vermieden, dass die Arbeitsmaschine im Fehlerfall heißes Abgas aus der Abgasleitung ansaugen kann, wie dies bei einer Bypass-Leitung möglich wäre, wodurch Beschädigungen bzw. Beeinträchtigungen des Arbeitsablaufes der Arbeitsmaschine vermieden werden können.

Vorteilhafterweise wird mit einem Abströmventil von der Versorgungsleitung, bevorzugt einem Bereich vor der Regeleinrichtung der Versorgungsleitung, Verbrennungsgas abgelassen, das von der Arbeitsmaschine nicht benötigt wird. Die Verwendung eines solchen Abströmventils kann unter anderem die Regelung des Druckes im druckgeregelten Abschnitt der Versorgungsleitung vereinfachen.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Druck in zumindest einem der jeweils druckgeregelten Abschnitte an mehr als einer Stelle, vorzugsweise an drei Stellen, gemessen.

Prinzipiell wäre es vorteilhaft, den Druck in der Nähe der jeweiligen Regeleinrichtung zu messen, da sich Änderungen der Regeleinrichtung sofort auf den Druck nach der Regeleinrichtung auswirken. Allerdings bewirkt die Änderung der Einstellung der Regeleinrichtung nicht nur eine örtlich begrenzte Druckänderung, sondern auch eine Druckwelle, die sich mit der Schallgeschwindigkeit des Gases ausbreitet. Diese Druckwelle wird an der Arbeitsmaschine reflektiert und erreicht nach der doppelten Durchlaufzeit wieder die Regeleinrichtung bzw. den Drucksensor.

Reagiert die Regelung auf diese Druckwelle mit einer Klappenänderung, wird durch die Regelung eine Schwingung angeregt, die der ersten oder einer höheren Resonanzfrequenz des druckgeregelten Abschnitts, z.B. eines Rohres, entspricht. Für ein 6 m langes, luftgefülltes Rohr bei Raumtemperatur kann die erste Resonanzfrequenz beispielsweise in etwa 29 Hz betragen.

Damit die Regelung diese Resonanzfrequenzen nicht anregt, gäbe es mehrere Möglichkeiten. So könnte man die Regelung derart langsam einstellen, dass sie bereits auf die erste Resonanzfrequenz nicht reagiert. Die bedeutet aber im Allgemeinen eine zu langsame Regeleinstellung. Weiters könnte man entsprechende Sperr- oder Kammfilter beim gemessenen Druckwert vorsehen. Dies bedeutet aber, dass man die genauen Resonanzfrequenzen kennen muss, die aber unter anderem von der Temperatur und der Rohrlänge abhängen. Des Weiteren könnte man einen Drucksensor in der Mitte des druckgeregelten Abschnitts verwenden, weil hier eine stehende Welle der ersten Resonanz einen Knoten aufweist. Dadurch ist die erste Resonanz am Drucksensor ausgelöscht und die Regelung kann entsprechend schärfer eingestellt werden, allerdings darf sie bereits auf die zweite Resonanzfrequenz nicht mehr reagieren. Eine dieser Möglichkeiten oder eine Kombination derselben können in dem erfindungsgemäßen Verfahren auch vorgesehen sein.

Durch die Messung des Drucks an mehr als einer Stelle können jedoch die Auswirkungen von Resonanzen, Schwankungen und Druckwellen auf die Druckmessung verringert oder weitgehend vermieden werden. Die Druckmessung an genau drei Stellen erzielt eine weitgehende Eliminierung der genannten Störfaktoren unter Geringhaltung des Aufwandes.

In einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens beinhaltet dieses weiters, dass der Druck im jeweils druckgeregelten Abschnitt auf Grundlage eines, vorzugsweise gewichteten arithmetischen Mittelwerts der an mehreren Stellen im druckgeregelten Abschnitt gemessenen Drücke durch Regulieren der Regeleinrichtung eingestellt wird, wobei der Druck im jeweils druckgeregelten Abschnitt vorzugsweise im Wesentlichen konstant gehalten wird. Durch die Wahl spezieller Gewichte der jeweiligen Druck-

sensoren kann jene Resonanzfrequenz, die die Bandbreite der Regelung beschränkt, eine möglichst hohe sein, was bedeutet dass die Regelung in möglichst kurzen Zeitintervallen erfolgen kann.

Bevorzugt erfolgt die Druckregelung im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt auf Grundlage eines Zeitmittelwerts der gemessenen Drücke, wobei der Mittelwert über einen Zeitraum gebildet wird, der gleich oder größer ist als eine Periodendauer einer Resonanz einer stehenden Druckwelle im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt und wobei vorzugsweise der Druck im jeweils druckgeregelten Abschnitt im Wesentlichen konstant gehalten wird. Die Bildung des Zeitmittelwertes erlaubt es, die eventuell noch relevanten Resonanzen, die von der Zahl der Drucksensoren abhängen, für die Einstellung der Regeleinrichtungen zu eliminieren.

Eine bevorzugte Ausführungsform ist dadurch gekennzeichnet, dass der Druck im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt an einer ersten Stelle in einem Anfangsbereich des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts, an einer zweiten Stelle im Wesentlichen in der Mitte des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts und an einer dritten Stelle in einem Endbereich des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts gemessen wird, wobei vorzugsweise der Druck im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt auf Grundlage eines arithmetischen Mittelwerts des Drucks an der ersten, zweiten und dritten Stelle eingestellt wird, wobei bei der Mittelwertbildung der Druck der ersten Stelle mit einem Viertel, der Druck der zweiten Stelle mit einem Halben und der Druck der dritten Stelle mit einem Viertel gewichtet wird und wobei besonders bevorzugt ein Zeitmittelwert über einen Zeitraum gebildet wird, der gleich oder größer ist als die Periodendauer einer vierten Resonanz einer stehenden Druckwelle im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt. Vorzugsweise befindet sich der Anfangsbereich möglichst nahe am Anfang des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts, also möglichst nahe an der Stelle, an der Abgas von der Arbeitsmaschine zugeführt wird, und/oder der Endbereich möglichst nahe am Ende des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts, also möglichst nahe an der Regeleinrichtung. Für den druckgeregelten Abschnitt der Versorgungsleitung wird als Anfang insbesondere jene Stelle bezeichnet, an der der druckgeregelte Abschnitt mit der

Regeleinrichtung der Versorgungsleitung verbunden ist. Für den druckgeregelten Abschnitt der Abgasleitung wird als Anfang insbesondere jene Stelle bezeichnet, an der der druckgeregelte Abschnitt mit der Arbeitsmaschine verbunden ist. Für den druckgeregelten Abschnitt der Versorgungsleitung wird als Ende insbesondere jene Stelle bezeichnet, an der der druckgeregelte Abschnitt mit der Arbeitsmaschine verbunden ist. Für den druckgeregelten Abschnitt der Abgasleitung wird als Ende insbesondere jene Stelle bezeichnet, an der der druckgeregelte Abschnitt mit der Regeleinrichtung der Versorgungsleitung verbunden ist. Bevorzugt erstreckt sich der Anfangsbereich vom Anfang des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts bis zu einer Stelle, die weniger als 30 cm, besonders bevorzugt weniger als 10 cm von dieser Stelle entfernt ist und/oder der Endbereich von einer Stelle die weniger als 30 cm, besonders bevorzugt weniger als 10 cm vom Ende des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts entfernt ist, und dem Ende des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts. Es hat sich gezeigt, dass diese Anordnung der Drucksensoren bzw. Wahl der Gewichtung vorteilhaft ist in der Auslösung von Resonanzen. Durch die spezielle Wahl der Gewichte werden die erste, zweite und dritte Resonanz eliminiert. Erst die vierte Resonanz hat eine Auswirkung auf die Druckwelle, wobei diese beispielsweise bei einem 6 m langen, luftgefüllten Rohr bei Raumtemperatur deutlich über 100 Hz liegt, und somit auf die Druckregelung üblicherweise keine negativen Auswirkungen mehr hat. Vorzugsweise wird außerdem ein Zeitmittelwert über einen Zeitraum gebildet, der gleich oder größer ist als die Periodendauer der vierten Resonanz einer stehenden Druckwelle im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt, wodurch die vierte und höhere Resonanzen nicht mehr die Messung beeinflussen.

Die abgasseitige und die versorgungsgasseitige Regelung folgt prinzipiell ähnlichen Prinzipien. Es besteht aber ein wesentlicher Unterschied in den Resonanzfrequenzen. Während ansaugseitig die Temperatur aufgrund der üblicherweise vorgenommenen Konditionierung des Verbrennungsgases bekannt ist, kann sich die Temperatur des Abgases - abhängig vom Betriebspunkt der Arbeitsmaschine - schnell ändern, somit wäre eine Lösung mit Hilfe eines Sperr- oder Kammfilters abgasseitig wesentlich

schwerer realisierbar. Nichtsdestoweniger können erfindungsgemäß sowohl versorgungs- als auch abgasseitig Sperr- oder Kammfilter im druckgeregelten Abschnitt vorgesehen sein.

Bezugnehmend auf die erfindungsgemäße Vorrichtung weist die Druckgasleitung vorteilhafterweise ein Ventil und/oder eine Drossel auf, die bevorzugt jeweils händisch und/oder elektrisch gesteuert werden können. Ebenfalls vorteilhafterweise ist die Druckgasleitung in jener Hälfte, vorzugsweise in jenem Viertel, besonders bevorzugt in jenem Achtel des druckgeregelten Abschnitts mit diesem verbunden, die/das näher an der Regeleinrichtung als an der Arbeitsmaschine ist und/oder in einem Bereich, der weniger als 30 cm, besonders bevorzugt weniger als 10 cm von der Regeleinrichtung entfernt ist. Bevorzugt weist die Druckgasleitung einen entsprechend großen Strömungswiderstand auf, sodass der Massenstrom aus der Druckgasleitung trotz der hohen Druckdifferenz zwischen dem Anfang der Druckgasleitung und dem Druck des Abgases in der Abgasleitung, insbesondere als der Druck innerhalb des druckgeregelten Abschnitts, gering gehalten wird. Bevorzugt soll der Strömungswiderstand so groß sein, dass bei einer Druckdifferenz von mehr als 50 mbar der Massenstrom aus der Druckgasleitung in den druckgeregelten Abschnitt weniger als 10 Prozent, vorzugsweise weniger als 5 Prozent des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine abgeführten Abgases ist. Besonders bevorzugt soll der Strömungswiderstand so groß sein, dass bei einer Druckdifferenz von mehr als 100 mbar der Massenstrom aus der Druckgasleitung in den druckgeregelten Abschnitt weniger als 10 Prozent, vorzugsweise weniger als 5 Prozent des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine abgeführten Abgases ist. Es ist ebenfalls bevorzugt, wenn die Druckgasleitung einen entsprechend kleinen Durchmesser hat, sodass der Massenstrom aus der Druckgasleitung trotz der hohen Druckdifferenz gering gehalten wird, wobei der Durchmesser vorzugsweise so gering ist, da die im Zusammenhang mit dem Strömungswiderstand erwähnten bevorzugten und besonders bevorzugten Eigenschaften erzielt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Vorrichtung weist die Vorrichtung eine Versorgungsleitung zum Zuführen von Verbrennungsgas zum Verbrennungsmotor mit einer Regeleinrichtung, vorzugsweise einer Regel- oder Drosselklappe, die einen

druckgeregelten Abschnitt der Versorgungsleitung begrenzt, auf und die Druckgasleitung ist mit der Versorgungsleitung vor der Regeleinrichtung der Versorgungsleitung verbunden. Es ist besonders bevorzugt, wenn der druckgeregelte Abschnitt der Versorgungsleitung ein Abströmventil aufweist, die Versorgungsleitung eine erste Gasfördereinrichtung, vorteilhafterweise ein Hochdruckgebläse, und/oder eine Gasaufbereitungsstrecke aufweist und/oder die Abgasleitung eine zweite Gasfördereinrichtung, vorzugsweise ein Gebläse, aufweist.

Vorteilhafterweise weist der druckgeregelte Abschnitt der Versorgungsgas- und/oder der Abgasleitung mehr als einen Drucksensor, vorzugsweise drei Drucksensoren, auf.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von in den Zeichnungen dargestellten bevorzugten Ausführungsbeispielen, auf welche sie jedoch keinesfalls beschränkt sein soll, noch näher erläutert. Im Einzelnen zeigen in den Zeichnungen:

Fig. 1 eine bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine mit einer Druckgasleitung;

Fig. 2 eine bevorzugte Ausführungsform der Vorrichtung zur Druckregelung des Versorgungs- und Abgases einer Arbeitsmaschine mit einer Druckgasleitung und mit einer Gasaufbereitungsstrecke.

Fig. 3 eine bevorzugte Ausführungsform des versorgungsgasseitigen Teils der Vorrichtung mit drei Drucksensoren;

Fig. 4 eine bevorzugte Ausführungsform des abgasseitigen Teils der Vorrichtung mit drei Drucksensoren;

Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßigen Vorrichtung 1, wobei das Abgas der Arbeitsmaschine 2 über die Abgasleitung 20 abgeführt wird. Die Vorrichtung weist eine Druckgasleitung 5 mit einer Drossel oder einem Ventil 6 auf, wobei die Druckgasleitung 5 vorteilhafterweise einen großen Strömungswiderstand aufweist. Weiters weist die Abgasleitung 20 eine Gasfördereinrichtung 23, vorzugsweise ein Gebläse, auf, mit dem

das Abgas abgesaugt wird. Die Druckgasleitung 5 befindet sich vorteilhafterweise möglichst nahe an der Regeleinrichtung 21. Über sie wird ein kleiner Gas-Massenstrom bereitgestellt, beispielsweise von einer Hausdruckleitung, einer anderen Gasquelle, besonders bevorzugt einer Luftquelle, oder einem anderen Kompressor, der dazu beiträgt, dass der Druck im druckgeregelten Abschnitt 22, gegebenenfalls trotz einer Leckage des Regeleinrichtung 21, im Wesentlichen konstant gehalten werden kann.

Fig. 2 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der erfundungsgemäßen Vorrichtung 1 zur Druckregelung des Verbrennungs- und/oder Abgases einer Arbeitsmaschine 2. Dabei weist die Versorgungsleitung 10 eine erste Gasfördereinrichtung 13, vorzugsweise ein Hochdruckgebläse, eine Gasaufbereitungsstrecke 14 und ein Abströmventil 15 auf. Die Gasfördereinrichtung 13 bläst Verbrennungsgas in die Versorgungsleitung 10, welches daraufhin in der Gasaufbereitungsstrecke 14 konditioniert wird. Über das Abströmventil 15 wird der Vordruck reguliert und von der Arbeitsmaschine 2 nicht benötigtes Verbrennungsgas abgelassen, bevor das Verbrennungsgas durch die Regeleinrichtung 11 der Versorgungsleitung 10 in den druckgeregelten Abschnitt 12 gelangt.

Die Abgasleitung 20 weist wiederum eine Regeleinrichtung 21, die einen druckgeregelten Abschnitt 22 begrenzt, und eine zweite Gasfördereinrichtung 23 auf. Eine Druckgasleitung 5, aufweisend eine Drossel oder ein Ventil 6, verbindet die Versorgungsleitung 10 vor der Regeleinrichtung 11 mit dem druckgeregelten Abschnitt 22 der Abgasleitung 20, wobei das Druckgefälle über die Druckgasleitung 5 vorzugsweise mehr als 50 mbar, besonders bevorzugt mehr als 100 mbar beträgt. Für den Verbindungspunkt der Druckgasleitung 5 mit der Versorgungsleitung 10 können dieselben vorteilhaften Anforderungen relativ zur Regeleinrichtung 11 der Versorgungsleitung 10 gelten, wie sie relativ zur Regeleinrichtung 21 der Abgasleitung 20 erwähnt wurden.

Über die Druckgasleitung 5 wird Gas von einem Abschnitt der Versorgungsleitung 10 vor der Regeleinrichtung 11 der Versorgungsleitung 10 zum druckgeregelten Abschnitt 22 der Abgasleitung 20 geführt, wobei der Massenstrom mit einem Ventil oder einer Drossel 6 in der Druckgasleitung 5 geregelt wird.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform des versorgungsgasseitigen Teils der Vorrichtung 1 zur Druckregelung des Verbrennungs- und/oder Abgases einer Arbeitsmaschine 2. Dabei wird über eine Versorgungsleitung 10 Verbrennungsgas der Arbeitsmaschine 2 zugeführt. Dabei begrenzt eine versorgungsgasseitige Regeleinrichtung 11 einen druckgeregelten Abschnitt 12 der Versorgungsleitung 10. Der Druck wird an drei Stellen 4, 4', 4'' des druckgeregelten Abschnitts 12 von Drucksensoren 3 gemessen. Dabei befindet sich eine erste Stelle 4 in einem Anfangsbereich des druckgeregelten Abschnitts 12, eine zweite Stelle 4' im Wesentlichen in der Mitte des druckgeregelten Abschnitts 12 und eine dritte Stelle 4'' in einem Endbereich des druckgeregelten Abschnitts 12. Dabei ist die erste Stelle 4 vorzugsweise möglichst nahe am Anfang 18 des druckgeregelten Abschnitts und die dritte Stelle 4'' möglichst nahe am Ende 19 des druckgeregelten Abschnitts.

Vorteilhafterweise wird der Druck im druckgeregelten Abschnitt 12 auf Grundlage eines arithmetischen Mittelwerts des Drucks an der ersten, zweiten und dritten Stelle 4, 4', 4'' eingestellt, wobei bei der Mittelwertbildung der Druck der ersten Stelle 4 mit einem Viertel, der Druck der zweiten Stelle 4' mit einem Halben und der Druck der dritten Stelle 4'' mit einem Viertel gewichtet wird und wobei ein Zeitmittelwert über einen Zeitraum gebildet wird, der gleich oder größer ist als die Periodendauer einer vierten Resonanz einer stehenden Druckwelle im druckgeregelten Abschnitt 12.

Fig. 4 zeigt eine Ausführungsform des abgasseitigen Teils der Vorrichtung 1 zur Druckregelung des Verbrennungs- und/oder Abgases einer Arbeitsmaschine 2. Dabei wird über eine Abgasleitung 20 Verbrennungsgas der Arbeitsmaschine 2 zugeführt. Dabei begrenzt eine abgasseitige Regeleinrichtung 21 einen druckgeregelten Abschnitt 22 der Abgasleitung 20. Die weitere Ausführung der Erfindung erfolgt wie im Zusammenhang mit Fig. 3 erläutert. Dabei ist die erste Stelle 4 vorzugsweise möglichst nahe am Anfang 28 des druckgeregelten Abschnitts und die dritte Stelle 4'' möglichst nahe am Ende 29 des druckgeregelten Abschnitts.

Die in den Figuren dargestellten und im Zusammenhang mit diesen erläuterten Ausführungsbeispiele dienen der Erläuterung der Erfindung und sind für diese nicht beschränkend.

Ansprüche:

1. Verfahren zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine (2), insbesondere eines Verbrennungsmotors, wobei das Abgas über eine Abgasleitung (20) von der Arbeitsmaschine abgeführt wird und die Abgasleitung (20) eine Regeleinrichtung (21), vorzugsweise umfassend ein Drosselventil oder eine Drosselklappe, aufweist, die einen druckgeregelten Abschnitt (22) der Abgasleitung (20) begrenzt,

dadurch gekennzeichnet, dass

in den druckgeregelten Abschnitt (22) über eine Druckgasleitung (5) geregelt Gas, vorzugsweise Luft, zugeführt wird, sodass der Druck im druckgeregelten Abschnitt (22) im Wesentlichen auf einem konstanten Wert gehalten wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

das Gas am Anfang der Druckgasleitung unter einem Druck zugeführt wird, der höher ist als der Druck des Abgases in der Abgasleitung (20), insbesondere im druckgeregelten Abschnitt (22), wobei der Druck vorzugsweise mehr als 50 mbar, besonders bevorzugt mehr als 100 mbar höher ist als der Druck des Abgases in der Abgasleitung (20), und/oder dass

das zugeführte Gas mit einem Ventil und/oder einer Drossel, die bevorzugt jeweils händisch und/oder elektrisch gesteuert werden, geregelt wird, wobei

der Massenstrom vorzugsweise von einer Hausdruckleitung, einer anderen Gasquelle oder einem anderen Kompressor bereitgestellt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas mit einem Massenstrom zugeführt wird, der geringer ist als der Massenstrom des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeführten Abgases, wobei der Massenstrom vorzugsweise weniger als 10 Prozent, besonders bevorzugt weniger als 5 Prozent des Massenstroms des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeführten Abgases beträgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (21) in einem Modus betrieben wird, in dem im Wesentlichen ständig ein Massenstrom

aus dem druckgeregelten Bereich (22) dringen kann, wobei der Massenstrom vorzugsweise zwischen 1 und 5 Prozent, besonders bevorzugt zwischen 1 und 2 Prozent des Massenstroms des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeführten Abgases beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Druckgasleitung (5) das Gas in jener Hälfte, vorzugsweise in jenem Viertel, besonders bevorzugt in jenem Achtel des druckgeregelten Abschnitts (22) zugeführt wird, die/das näher an der Regeleinrichtung (21) als an der Arbeitsmaschine (2) ist und/oder in einem Bereich, der weniger als 30 cm, besonders bevorzugt weniger als 10 cm von der Regeleinrichtung (21) entfernt ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckgasleitung (5) einen Strömungswiderstand aufweist, der im Wesentlichen oder zumindest so groß ist, dass bei einer Differenz des Drucks von am Anfang der Druckgasleitung (5) zugeführtem Gas und Druck des Abgases in der Abgasleitung (20), insbesondere im druckgeregelten Abschnitt (22), von mehr als 50 mbar, vorzugsweise mehr als 100 mbar, der Massenstrom aus der Druckgasleitung (5) in den druckgeregelten Abschnitt (22) weniger als 10 Prozent, vorzugsweise weniger als 5 Prozent des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeführten Abgases beträgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsmaschine (2) über eine Versorgungsleitung (10) ein Verbrennungsgas, vorzugsweise Luft, zugeführt wird und dass die Versorgungsleitung (10) eine Regeleinrichtung (11), vorzugsweise umfassend ein Drosselventil oder eine Drosselklappe, aufweist, die einen druckgeregelten Abschnitt (12) der Versorgungsleitung (10) begrenzt, wobei über die Druckgasleitung (5) Gas von einem Abschnitt der Versorgungsleitung (10) vor der Regeleinrichtung (11) der Versorgungsleitung (10) zum druckgeregelten Abschnitt (22) der Abgasleitung (20) geführt wird, wobei vorzugsweise mit einer ersten Gasförderreinrichtung (13), besonders bevorzugt einem Hochdruckgebläse, das Verbrennungsgas in die Versor-

gungsleitung (20) geblasen und ein Vordruck erzeugt wird,  
das Verbrennungsgas in einer Luftaufbereitungsstrecke (14)  
in Bezug auf die Temperatur und Feuchtigkeit konditioniert wird  
und/oder

das Abgas in der Abgasleitung (20) von einer zweiten Gasförder-  
einrichtung (23), besonders bevorzugt einem Gebläse, abge-  
saugt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit  
einem Abströmventil (15) von der Versorgungsleitung (10), bevor-  
zugt einem Bereich vor der Regeleinrichtung (11) der Versor-  
gungsleitung (10), Verbrennungsgas abgelassen wird, das von der  
Arbeitsmaschine (2) nicht benötigt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch  
gekennzeichnet, dass der Druck in zumindest einem der jeweils  
druckgeregelten Abschnitte (12, 22) an mehr als einer Stelle,  
vorzugsweise an drei Stellen, gemessen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass  
Druck im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22) auf  
Grundlage eines, vorzugsweise gewichteten arithmetischen Mittel-  
werts der an mehreren Stellen im druckgeregelten Abschnitt (12,  
22) gemessenen Drücke durch Regulieren der jeweiligen Regelein-  
richtung (11, 21) eingestellt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet,  
dass der Druck im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22)  
an einer ersten Stelle (4) in einem Anfangsbereich des jeweili-  
gen druckgeregelten Abschnitts (12, 22), an einer zweiten Stelle  
(4') im Wesentlichen in der Mitte des jeweiligen druckgeregelten  
Abschnitts (12, 22) und an einer dritten Stelle (4'') in einem  
Endbereich des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts (12, 22)  
gemessen wird, wobei vorzugsweise

der Anfangsbereich sich von einem Anfang (18, 28) des druck-  
geregelten Abschnitts (12, 22) bis zu weniger als 30 cm, bevor-  
zugt bis zu weniger als 10 cm vom Anfang (18, 28) des jeweiligen  
druckgeregelten Abschnitts (12, 22) entfernt erstreckt,

der Endbereich sich von einem Ende (19, 29) des jeweiligen  
druckgeregelten Abschnitts (12, 22) bis zu weniger als 30 cm,

bevorzugt bis zu weniger als 10 cm von einem Ende (19, 29) des jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22) entfernt erstreckt, und/oder

der Druck im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22) auf Grundlage eines arithmetischen Mittelwerts des Drucks an der ersten, zweiten und dritten Stelle (4, 4', 4'') eingestellt wird, wobei bei der Mittelwertbildung der Druck der ersten Stelle (4) mit einem Viertel, der Druck der zweiten Stelle (4') mit einem Halben und der Druck der dritten Stelle (4'') mit einem Viertel gewichtet wird und wobei besonders bevorzugt ein Zeitmittelwert über einen Zeitraum gebildet wird, der gleich oder größer ist als die Periodendauer einer vierten Resonanz einer stehenden Druckwelle im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22).

12. Vorrichtung (1) zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine (2), insbesondere eines Verbrennungsmotors, besonders bevorzugt in einem Prüfstand, aufweisend

eine Abgasleitung (20) zum Abführen von Abgas aus der Arbeitsmaschine (2) mit einer Regeleinrichtung (21), vorzugsweise einer Regel- oder Drosselklappe, die einen druckgeregelten Abschnitt (22) begrenzt,

dadurch gekennzeichnet, dass

der druckgeregelte Abschnitt (22) eine Druckgasleitung (5) zur geregelten Zufuhr von Gas aufweist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckgasleitung (5) ein Ventil und/oder eine Drossel aufweist, die bevorzugt jeweils händisch und/oder elektrisch gesteuert werden können,

die Druckgasleitung (5) in jener Hälfte, vorzugsweise in jedem Viertel, besonders bevorzugt in jenem Achtel des druckgeregelten Abschnitts (22) mit diesem verbunden ist, die/das näher an der Regeleinrichtung (21) als an der Arbeitsmaschine (2) ist und/oder in einem Bereich, der weniger als 30 cm, besonders bevorzugt weniger als 10 cm von der Regeleinrichtung (21) entfernt ist und/oder

die Druckgasleitung (5) einen Strömungswiderstand aufweist, der im Wesentlichen oder zumindest so groß ist, dass bei einer Differenz des Drucks von am Anfang der Druckgasleitung (5) zuge-

für dem Gas und Druck des Abgases in der Abgasleitung (20), insbesondere im druckgeregelten Abschnitt (22), von mehr als 50 mbar, vorzugsweise mehr als 100 mbar, der Massenstrom aus der Druckgasleitung (5) in den druckgeregelten Abschnitt (22) weniger als 10 Prozent, vorzugsweise weniger als 5 Prozent des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeführten Abgases beträgt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) eine Versorgungsleitung (10) zum Zuführen von Verbrennungsgas zur Arbeitsmaschine (2) mit einer Regeleinrichtung (11), vorzugsweise einer Regel- oder Drosselklappe, die einen druckgeregelten Abschnitt (12) der Versorgungsleitung (10) begrenzt, aufweist und dass die Druckgasleitung (5) mit der Versorgungsleitung (10) vor der Regeleinrichtung (11) der Versorgungsleitung (10) verbunden ist, wobei vorzugsweise

der druckgeregelte Abschnitt (11) der Versorgungsleitung (10) ein Abströmventil (15) aufweist,

die Versorgungsleitung (10) eine erste Gasfördereinrichtung (13), besonders bevorzugt ein Hochdruckgebläse, und/oder eine Gasaufbereitungsstrecke (14) aufweist und/oder

die Abgasleitung (20) eine zweite Gasfördereinrichtung (23), vorzugsweise ein Gebläse, aufweist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige druckgeregelte Abschnitt (12, 22) mehr als einen Drucksensor (3), vorzugsweise drei Drucksensoren, aufweist.

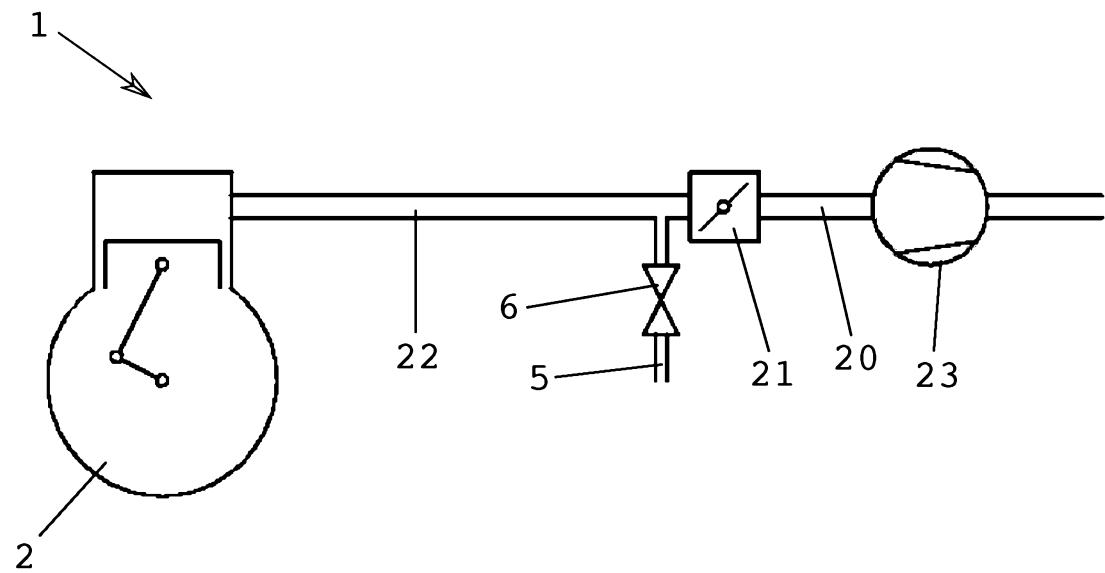


Fig. 1

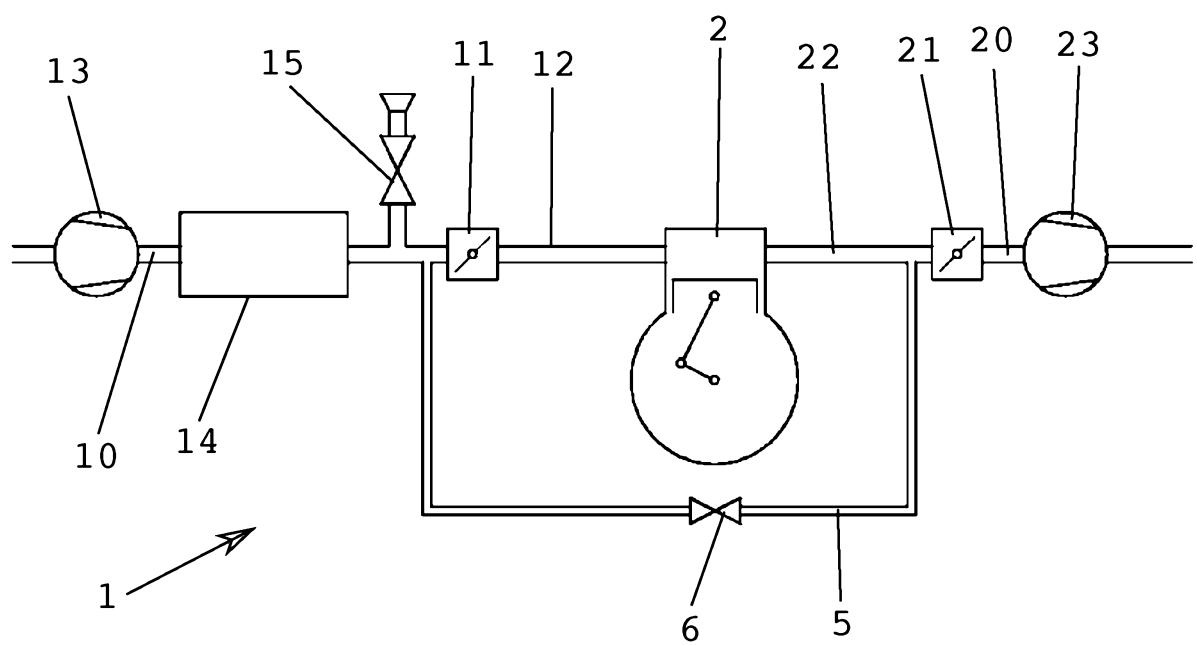


Fig. 2

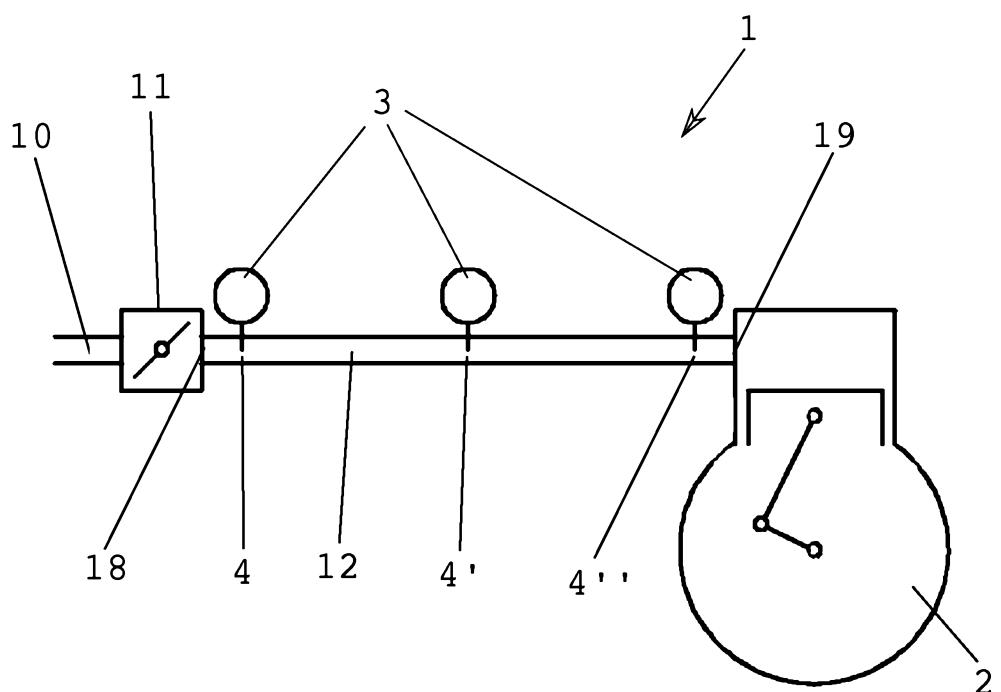


Fig. 3

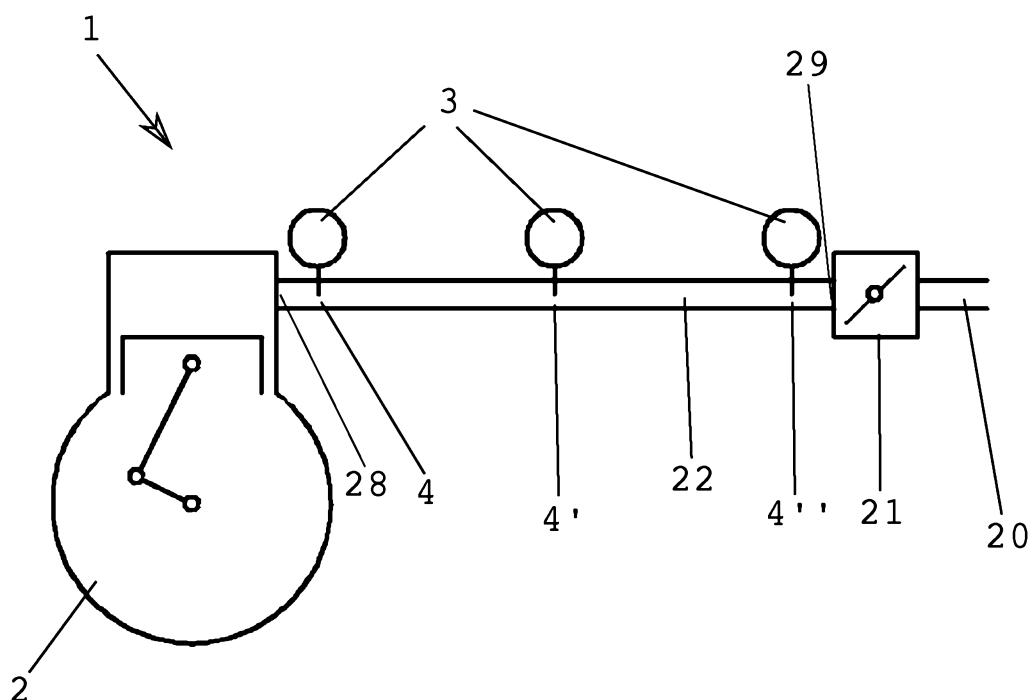


Fig. 4

Ansprüche:

1. Verfahren zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine (2), insbesondere eines Verbrennungsmotors, wobei das Abgas über eine Abgasleitung (20) von der Arbeitsmaschine abgeführt wird und die Abgasleitung (20) eine Regeleinrichtung (21), vorzugsweise umfassend ein Drosselventil oder eine Drosselklappe, aufweist, die einen druckgeregelten Abschnitt (22) der Abgasleitung (20) begrenzt,

dadurch gekennzeichnet, dass

in den druckgeregelten Abschnitt (22) über eine Druckgasleitung (5) geregelt Gas, vorzugsweise Luft, zugeführt wird, sodass der Druck im druckgeregelten Abschnitt (22) im Wesentlichen auf einem konstanten Wert gehalten wird, wobei mit der Druckgasleitung (5) das Gas in jenem Viertel des druckgeregelten Abschnitts (22) zugeführt wird, das näher an der Regeleinrichtung (21) als an der Arbeitsmaschine (2) ist und/oder in einem Bereich, der weniger als 30 cm von der Regeleinrichtung (21) entfernt ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

das Gas am Anfang der Druckgasleitung unter einem Druck zugeführt wird, der höher ist als der Druck des Abgases in der Abgasleitung (20), insbesondere im druckgeregelten Abschnitt (22), wobei der Druck vorzugsweise mehr als 50 mbar, besonders bevorzugt mehr als 100 mbar höher ist als der Druck des Abgases in der Abgasleitung (20), und/oder dass

das zugeführte Gas mit einem Ventil und/oder einer Drossel, die bevorzugt jeweils händisch und/oder elektrisch gesteuert werden, geregelt wird, wobei

der Massenstrom vorzugsweise von einer Hausdruckleitung, einer anderen Gasquelle oder einem anderen Kompressor bereitgestellt wird.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Gas mit einem Massenstrom zugeführt wird, der geringer ist als der Massenstrom des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeführten Abgases, wobei der Massenstrom vorzugsweise weniger als 10 Prozent, besonders bevorzugt weniger als 5 Prozent des Massenstroms des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeführten Abgases beträgt.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (21) in einem Modus betrieben wird, in dem im Wesentlichen ständig ein Massenstrom aus dem druckgeregelten Bereich (22) dringen kann, wobei der Massenstrom vorzugsweise zwischen 1 und 5 Prozent, besonders bevorzugt zwischen 1 und 2 Prozent des Massenstroms des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeführten Abgases beträgt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Druckgasleitung (5) das Gas in jedem Achtel des druckgeregelten Abschnitts (22) zugeführt wird, das näher an der Regeleinrichtung (21) als an der Arbeitsmaschine (2) ist und/oder in einem Bereich, der weniger als 10 cm von der Regeleinrichtung (21) entfernt ist.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckgasleitung (5) einen Strömungswiderstand aufweist, der im Wesentlichen oder zumindest so groß ist, dass bei einer Differenz des Drucks von am Anfang der Druckgasleitung (5) zugeführtem Gas und Druck des Abgases in der Abgasleitung (20), insbesondere im druckgeregelten Abschnitt (22), von mehr als 50 mbar, vorzugsweise mehr als 100 mbar, der Massenstrom aus der Druckgasleitung (5) in den druckgeregelten Abschnitt (22) weniger als 10 Prozent, vorzugsweise weniger als 5 Prozent des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeführten Abgases beträgt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Arbeitsmaschine (2) über eine Versorgungsleitung (10) ein Verbrennungsgas, vorzugsweise Luft, zugeführt wird und dass die Versorgungsleitung (10) eine Regeleinrichtung (11), vorzugsweise umfassend ein Drosselventil oder eine Drosselklappe, aufweist, die einen druckgeregelten Abschnitt (12) der Versorgungsleitung (10) begrenzt, wobei über die Druckgasleitung (5) Gas von einem Abschnitt der Versorgungsleitung (10) vor der Regeleinrichtung (11) der Versorgungsleitung (10) zum druckgeregelten Abschnitt (22) der Abgasleitung (20) geführt wird, wobei vorzugsweise

mit einer ersten Gasfördereinrichtung (13), besonders bevorzugt einem Hochdruckgebläse, das Verbrennungsgas in die Versorgungsleitung (20) geblasen und ein Vordruck erzeugt wird,

das Verbrennungsgas in einer Luftaufbereitungsstrecke (14) in Bezug auf die Temperatur und Feuchtigkeit konditioniert wird und/oder

das Abgas in der Abgasleitung (20) von einer zweiten Gasfördereinrichtung (23), besonders bevorzugt einem Gebläse, abgesaugt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass mit einem Abströmventil (15) von der Versorgungsleitung (10), bevorzugt einem Bereich vor der Regeleinrichtung (11) der Versorgungsleitung (10), Verbrennungsgas abgelassen wird, das von der Arbeitsmaschine (2) nicht benötigt wird.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck in zumindest einem der jeweils druckgeregelten Abschnitte (12, 22) an mehr als einer Stelle, vorzugsweise an drei Stellen, gemessen wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass Druck im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22) auf Grundlage eines, vorzugsweise gewichteten arithmetischen Mittelwerts der an mehreren Stellen im druckgeregelten Abschnitt (12, 22) gemessenen Drücke durch Regulieren der jeweiligen Regeleinrichtung (11, 21) eingestellt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass der Druck im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22) an einer ersten Stelle (4) in einem Anfangsbereich des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts (12, 22), an einer zweiten Stelle (4') im Wesentlichen in der Mitte des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts (12, 22) und an einer dritten Stelle (4'') in einem Endbereich des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts (12, 22) gemessen wird, wobei vorzugsweise

der Anfangsbereich sich von einem Anfang (18, 28) des druckgeregelten Abschnitts (12, 22) bis zu weniger als 30 cm, bevorzugt bis zu weniger als 10 cm vom Anfang (18, 28) des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts (12, 22) entfernt erstreckt,

der Endbereich sich von einem Ende (19, 29) des jeweiligen druckgeregelten Abschnitts (12, 22) bis zu weniger als 30 cm, bevorzugt bis zu weniger als 10 cm von einem Ende (19, 29) des jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22) entfernt erstreckt, und/oder

der Druck im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22) auf Grundlage eines arithmetischen Mittelwerts des Drucks an der ersten, zweiten und dritten Stelle (4, 4', 4'') eingestellt wird, wobei bei der Mittelwertbildung der Druck der ersten Stelle (4) mit einem Viertel, der Druck der zweiten Stelle (4') mit einem Halben und der Druck der dritten Stelle (4'') mit einem Viertel gewichtet wird und wobei besonders bevorzugt ein Zeitmittelwert über einen Zeitraum gebildet wird, der gleich oder größer ist als die Periodendauer einer vierten Resonanz einer stehenden Druckwelle im jeweiligen druckgeregelten Abschnitt (12, 22).

12. Vorrichtung (1) zur Druckregelung des Abgases einer Arbeitsmaschine (2), insbesondere eines Verbrennungsmotors, besonders bevorzugt in einem Prüfstand, aufweisend

eine Abgasleitung (20) zum Abführen von Abgas aus der Arbeitsmaschine (2) mit einer Regeleinrichtung (21), vorzugsweise einer Regel- oder Drosselklappe, die einen druckgeregelten Abschnitt (22) begrenzt,

dadurch gekennzeichnet, dass

der druckgeregelte Abschnitt (22) eine Druckgasleitung (5) zur geregelten Zufuhr von Gas aufweist, wobei die Druckgasleitung (5) in jenem Viertel des druckgeregelten Abschnitts (22) mit diesem verbunden ist, das näher an der Regeleinrichtung (21) als an der Arbeitsmaschine (2) ist und/oder in einem Bereich, der weniger als 30 cm von der Regeleinrichtung (21) entfernt ist.

13. Vorrichtung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckgasleitung (5) ein Ventil und/oder eine Drossel aufweist, die bevorzugt jeweils händisch und/oder elektrisch gesteuert werden können,

die Druckgasleitung (5) in jenem Achtel des druckgeregelten Abschnitts (22) mit diesem verbunden ist, das näher an der Regeleinrichtung (21) als an der Arbeitsmaschine (2) ist und/oder in

einem Bereich, der weniger als 10 cm von der Regeleinrichtung (21) entfernt ist und/oder

die Druckgasleitung (5) einen Strömungswiderstand aufweist, der im Wesentlichen oder zumindest so groß ist, dass bei einer Differenz des Drucks von am Anfang der Druckgasleitung (5) zugeführtem Gas und Druck des Abgases in der Abgasleitung (20), insbesondere im druckgeregelten Abschnitt (22), von mehr als 50 mbar, vorzugsweise mehr als 100 mbar, der Massenstrom aus der Druckgasleitung (5) in den druckgeregelten Abschnitt (22) weniger als 10 Prozent, vorzugsweise weniger als 5 Prozent des von im Maximalbetrieb der Arbeitsmaschine (2) abgeföhrten Abgases beträgt.

14. Vorrichtung nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorrichtung (1) eine Versorgungsleitung (10) zum Zuführen von Verbrennungsgas zur Arbeitsmaschine (2) mit einer Regeleinrichtung (11), vorzugsweise einer Regel- oder Drosselklappe, die einen druckgeregelten Abschnitt (12) der Versorgungsleitung (10) begrenzt, aufweist und dass die Druckgasleitung (5) mit der Versorgungsleitung (10) vor der Regeleinrichtung (11) der Versorgungsleitung (10) verbunden ist, wobei vorzugsweise

der druckgeregelte Abschnitt (11) der Versorgungsleitung (10) ein Abströmventil (15) aufweist,

die Versorgungsleitung (10) eine erste Gasfördereinrichtung (13), besonders bevorzugt ein Hochdruckgebläse, und/oder eine Gasaufbereitungsstrecke (14) aufweist und/oder

die Abgasleitung (20) eine zweite Gasfördereinrichtung (23), vorzugsweise ein Gebläse, aufweist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der jeweilige druckgeregelte Abschnitt (12, 22) mehr als einen Drucksensor (3), vorzugsweise drei Drucksensoren, aufweist.