



(10) **DE 10 2012 005 751 B3** 2013.09.26

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2012 005 751.2**

(22) Anmeldetag: **23.03.2012**

(43) Offenlegungstag: –

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **26.09.2013**

(51) Int Cl.: **F15D 1/08 (2012.01)**
B05B 1/00 (2012.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:

**Bundesrepublik Deutschland, vertreten durch
das Bundesministerium für Wirtschaft und
Technologie, dieses wiederum vertreten
durch den Präsidenten der Physikalisch-
Technischen Bundesanstalt Braunschweig,
38116, Braunschweig, DE; National Institute of
Metrology, Beijing, CN**

(72) Erfinder:

**Mickan, Bodo, Dr., 38104, Braunschweig, DE;
Kramer, Rainer, Dr., 17375, Vogelsang-Warsin, DE;
Li, Chunhui, Dr., Beijing, CN**

(74) Vertreter:

**GRAMM, LINS & PARTNER GbR, 38122,
Braunschweig, DE**

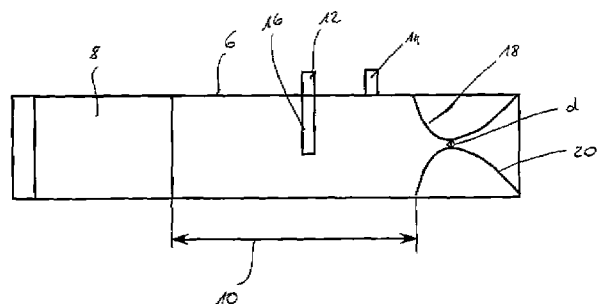
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE	102 42 377	B4
DE	43 38 869	A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Erzeugen eines Gasstromes und Vorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines Gasstromes, das folgende Schritte umfasst:

- Zuführen eines Gasstromes zu einer Düse (18) durch eine Rohrleitung (6);
- Leiten des Gasstroms durch die Düse (18), so dass sich Strom aufwärts der Düse (18) ein Eingangsdruck p_1 einstellt;
- Leiten des Gasstroms durch einen stromabwärts der Düse (18) angeordneten Diffusor (20);
- Einstellen eines Ausgangsdruckes p_2 stromabwärts des Diffusors (20) derart, dass die Düse (18) kritisch betrieben wird,
dadurch gekennzeichnet, dass
- der Gasstrom vor dem Leiten durch die Düse (18) durch einen Pfropfen (8) geleitet wird, der
 - aus einem für den Gasstrom durchlässigen Material besteht,
 - in der Rohrleitung (6) angeordnet ist, und
 - einen Querschnitt der Rohrleitung (6) vollständig ausfüllt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Erzeugen eines Gasstromes, das die folgenden Schritte umfasst:

- Zuführen eines Gasstromes zu einer Düse durch eine Rohrleitung,
- Leiten des Gasstromes durch die Düse, so dass sich stromaufwärts der Düse ein Eingangsdruck p_1 einstellt,
- Leiten des Gasstromes durch einen stromabwärts der Düse angeordneten Diffusor und
- Einstellen eines Ausgangsdruckes p_2 stromabwärts des Diffusors derart, dass die Düse kritisch betrieben wird.

[0002] Eine kritisch betriebene Düse ist als Arbeits- und Transfornormal für die Weitergabe der Maßeinheit im Bereich Gasmengenmessung wegen ihrer Einfachheit in Konstruktion und Verwendung sowie großer Langzeitstabilität sehr weit verbreitet. Sie werden beispielsweise in Prüfständen zur Kalibrierung und zur Prüfung von Gaszählern eingesetzt. Kritisch betriebene Düsen werden auch eingesetzt, wenn es darum geht, Gasströme mit einem konstanten Volumenstrom zu erzeugen.

[0003] Für den kritischen Betrieb einer Düse kennzeichnend ist das so genannte Hinterdruckverhältnis A , das sich aus dem Verhältnis des Ausgangsdruckes p_2 zum Eingangsdruck p_1 ergibt. Sobald dieses Verhältnis einen kritischen Wert A_{krit} unterschreitet, kommt es zu einer kritischen Durchströmung der Düse. In diesem Zustand ist die Geschwindigkeit des durch die Düse strömenden Gases an der engsten Stelle der Düse gleich der Schallgeschwindigkeit in dem jeweiligen Gas. Auch durch eine weitere Verkleinerung des Hinterdruckverhältnisses, also beispielsweise durch ein stärkeres Absaugen des Gases hinter der Düse, wodurch es in diesem Bereich zu einer Druckverminderung kommt, kann diese Geschwindigkeit nicht weiter gesteigert werden. Damit ist auch die Durchflussmenge und damit der Volumenstrom des durch die Düse strömenden Gases unabhängig vom Hinterdruckverhältnis A , so lange der kritische Wert A_{krit} nicht überschritten wird.

[0004] Damit wird die Einstellung eines festen Volumenstroms auf besonders einfache Weise möglich, da beispielsweise Einflüsse durch Druckschwingungen oder Pumpschwingungen oder sonstige Störeffekte, die den Eingangsdruck p_1 und oder den Ausgangsdruck p_2 betreffen, ausgeschaltet sind. Dieses Verhalten begründet die Einfachheit und die Stabilität bei der Regelung und Bestimmung des Durchflusses durch eine kritisch betriebene Düse.

[0005] Aus der DE 102 42 377 B4 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zum kalibrieren eines Massenstromsensors bekannt, bei dem in einem Strö-

mungskanal ein Massenstromsensor angeordnet ist. Der Strömungskanal ist dabei mit einer Pumpe verbunden. Zwischen der Halterung für den Massenstromsensor und der Pumpe ist eine verstellbare Drossleinrichtung vorgesehen, durch die eine überkritische Strömung erzeugt werden kann.

[0006] Die DE 43 38 869 A1 offenbart ebenfalls eine Vorrichtung zum Einstellen einer vorgegebenen Gasmenge, die durch eine Düse strömt. Auch hier ist die Querschnittsfläche der Düse einstellbar, sodass die Durchflussmenge im Betrieb der Düse variabel einstellbar ist.

[0007] Der größte Nachteil derartiger kritisch betriebener Düsen liegt in dem vergleichsweise großen Druckverlust, den diese Geräte bei Ihrer Verwendung verursachen. Der theoretische Wert für das kritische Druckverhältnis A_{krit} liegt je nach Gasart bei etwa $A_{krit} = 0,5$. Dies bedeutet, dass ca. 50% der Druckenergie im Gas verloren gehen. Entsprechend hoch ist daher auch der Energiebedarf von Anlagen, in denen kritisch betriebene Düsen verwendet werden.

[0008] Um diesen Nachteilen entgegen zu wirken, ist es aus dem Stand der Technik bekannt, die Düsen ausgangsseitig mit einem Diffusor als Ausgangskonstruktion zu versehen. Durch die im Diffusor dabei durch die Querschnittsvergrößerung und die damit verbundene Beschleunigung des Gases auftretende Überschallströmung des durch die Düse tretenden Gases kann das kritische Hinterdruckverhältnis A_{krit} auf ca. 0,7 erhöht werden. Dadurch wird der für den kritischen Betrieb notwendige Verlust an Druckenergie auf ca. 20% bis 30% reduziert (Druckrückgewinnung durch die Diffusorströmung). Die im Diffusor auftretende Überschallströmung geht hinter der Düse bzw. hinter dem Diffusor wieder in eine Unterschallströmung über.

[0009] Insbesondere bei kleinen und kleinsten Düsen weisen derartige mit einem Diffusor versehene kritisch betriebene Düsen jedoch ein nachteiliges Phänomen auf, das in der Literatur als „vorzeitiger unkritischer Betrieb“ bzw. „premature unchoking“ bezeichnet wird. Dieses Phänomen äußert sich in einem unkritischen Betrieb der Düse, also in einer Abhängigkeit des Volumenstroms vom Hinterdruckverhältnis A , obwohl das Hinterdruckverhältnis A kleiner als der kritische Wert A_{krit} ist. In diesem Bereich, in dem das Hinterdruckverhältnis A unterhalb des kritischen Wertes A_{krit} liegt, wird die Durchflussmenge dennoch vom Hinterdruckverhältnis A beeinflusst, so dass die regelungstechnischen Vorteile des kritischen Betriebs der Düse verloren gehen.

[0010] Um diesem vorzeitigen kritischen Bereich aus dem Wege zu gehen und die regelungstechnischen Vorteile einer derartigen kritisch betriebenen Düse voll nutzen zu können, muss das Hinterdruckverhält-

nis A so weit reduziert werden, dass es trotz der im Betrieb auftretenden Schwankungen bei der Einstellung des Eingangsdrucks p_1 und des Ausgangsdrucks p_2 nicht dazu kommen kann, dass das Hinterdruckverhältnis A in diesen vorzeitig unkritischen Bereich gerät. Daher ist es zumeist nötig, das Hinterdruckverhältnis A in einem Bereich zu verschieben, in dem der für einen messtechnisch sicheren kritischen Betrieb notwendige Druckverlust 60% und mehr beträgt. Dadurch wird der durch die Verwendung des Diffusors erreichte Vorteil durch die Verschiebung des kritischen Hinterdruckverhältnisses A_{krit} wieder zunichte gemacht, so dass sich bei dieser Ausgestaltung einer Düse die Verwendung eines Diffusors kaum oder gar nicht lohnt.

[0011] Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Erzeugen eines Gasstroms und eine Vorrichtung zum Durchführen eines derartigen Verfahrens vorzuschlagen, mit der der vorzeitig unkritische Bereich deutlich reduziert wird oder sogar völlig verschwindet.

[0012] Die Erfindung löst die gestellte Aufgabe durch ein gattungsgemäßes Verfahren zum Erzeugen eines Gasstromes, dass sich dadurch auszeichnet, dass der Gasstrom vor dem Leiten durch die Düse durch einen Pfropfen geleitet wird, der

- aus einem für den Gasstrom durchlässigen Material besteht,
- in der Rohrleitung angeordnet ist, und
- einen Querschnitt der Rohrleitung vollständig ausfüllt.

[0013] Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass der vorzeitig unkritische Bereich zumindest u. a. durch Machsche Schockwellen hervorgerufen wird, die in kleinem Maßstab entstehen, wenn Fluktuationen, beispielsweise Druckschwankungen in der im Diffusor auftretenden Überschallströmung mit fertigungstechnisch nahezu unvermeidbaren Unebenheiten in der Innenwand des Diffusors wechselwirken. Überraschenderweise lässt sich dieser Effekt dadurch reduzieren, dass Fluktuationen in dem Gasstrom, beispielsweise Schallwellen, bereits stromaufwärts der Düse beruhigt und reduziert werden. Das Beschleunigen des Gasstroms in der Düse bis auf Schallgeschwindigkeit und im Diffusor bis auf Überschallgeschwindigkeit ruft überraschenderweise kaum nennenswerte zusätzliche Fluktuationen hervor, die den genannten Effekt haben. Durch das Leiten des Gasstromes durch einen Pfropfen aus einem für das Gas durchlässigen Material werden insbesondere hochfrequente Schwingungen, aber auch Infraschall, also Dichteschwankungen mit einer Frequenz einiger Hertz, herausgefiltert. Dies hat überraschenderweise eine deutliche Reduzierung des vorzeitigen unkritischen Bereichs der kritisch betriebenen Düse zur Folge, so dass das Hinterdruckverhältnis A, bei dem die Düse kritisch betrieben wird, deutlich näher

an den kritischen Wert A_{krit} herangelegt werden kann, ohne Gefahr zu laufen, in einen unkritischen Betrieb der Düse zu geraten. Dadurch wird es möglich, das Hinterdruckverhältnis A, bei dem die Düse kritisch betrieben wird, beispielsweise auf 0,6 bis 0,7, gegebenenfalls sogar noch höher, zu legen. Dadurch wird der für den kritischen Betrieb nötige Druckenergieverlust im Gas auf ca. 30% reduzierbar.

[0014] Vorzugsweise wird der Gasstrom nach dem Leiten durch den Pfropfen in der Rohrleitung höchstens noch an einer Temperaturmessstelle und einer Druckmessstelle entlanggeführt, bevor er durch die Düse geleitet wird. Besonders vorteilhafterweise wird der Gasstrom, nachdem er durch den Pfropfen geleitet wurde, nur noch an der Druckmessstelle vorbeigeführt. Auf diese Weise kann die Erzeugung zusätzlicher Fluktuationen im durch den Pfropfen beruhigten Gasstrom möglichst effektiv verhindert werden. Insbesondere ist es von Vorteil, wenn die in der DIN ISO 9300:2003 beschriebenen Kriterien für eine Rohrleitung stromaufwärts einer kritisch zu betreibenden Düse sich dem Bereich zwischen der Düse und dem Pfropfen eingehalten werden. Diese umfassen insbesondere eine gerade Rohrleitung, also keine Knicke, Kurven oder Gabelungen und zudem die Vermeidung von Einbauten in der Rohrleitung mit Ausnahme der genannten Temperatur- und Druckmessstelle. Es hat sich herausgestellt, dass selbst die Anordnung der Temperaturmessstelle stromaufwärts des Pfropfens problemlos funktioniert. Die ermittelten Temperaturwerte werden durch den vom abwärts der Temperaturmessstelle angeordneten Pfropfen nicht beeinflusst und der durch den Pfropfen beruhigte Gasstrom durch die Temperaturmessstelle nicht beeinträchtigt.

[0015] Eine erfindungsgemäße Vorrichtung zum Durchführen eines derartigen Verfahrens umfasst eine Rohrleitung, in der ein Pfropfen aus einem gasdurchlässigen Material angeordnet ist, eine Düse und einen Diffusor. Vorteilhafterweise besteht der Pfropfen aus einem schalldämpfenden Material. Auf diese Weise wird eine besonders effiziente Beruhigung des Gasstromes erreicht und ein möglichst großer Anteil der Schallwellen, also der Dichtefluktuationen im Gasstrom, herausgefiltert. Dies hat eine besonders starke Verringerung des vorzeitig unkritischen Bereichs zur Folge, wodurch das Hinterdruckverhältnis A, bei dem die Düse kritisch betrieben wird, möglichst nah an den kritischen Wert A_{krit} herangelegt werden kann.

[0016] Der Pfropfen ist bevorzugt mit einem Abstand zu der Düse in der Rohrleitung angeordnet, der kleiner ist als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Dreifache, besonders bevorzugt kleiner als das 1,2fache eines Durchmessers der Rohrleitung ist. Je näher der Pfropfen an der Düse angeordnet ist, desto geringer ist die von dem Gasstrom nach dem Durchleiten durch den Pfropfen zurückzulegende Rohrleitungs-

strecke, bis der Gasstrom der Düse zugeleitet wird. Dadurch werden auch die Möglichkeiten, neue Fluktuationen im Gasstrom zu verursachen, reduziert, so dass ein möglichst beruhigter Gasstrom bei der Düse ankommt und durch diese hindurch geleitet wird. Daher ist es besonders vorteilhaft, wenn der Pfropfen unmittelbar an der Düse anliegt. Auf diese Weise besteht nach dem Durchleiten durch den Pfropfen keine Möglichkeit mehr, neue Fluktuationen im Gasstrom zu verursachen. Natürlich müssen dann alle Messstationen, also beispielsweise die bereits genannten Temperatur- und Drucksensoren stromaufwärts des Pfropfens angeordnet werden. Dies ist jedoch auch möglich, wenn der Pfropfen nicht direkt an der Düse anliegt.

[0017] Vorteilhafterweise ist in der Rohrleitung ein Zugang für einen Temperatursensor angeordnet, wobei sich der Zugang stromaufwärts des Pfropfens befindet. Es hat sich herausgestellt, dass die von dem Temperatursensor gemessenen Werte durch den stromabwärts des Temperatursensors angeordneten Pfropfen nicht beeinträchtigt oder beeinflusst werden. Durch die Anordnung des Temperatursensors stromaufwärts des Pfropfens wird jedoch verhindert, dass durch die für den Temperatursensor nötigen Einbauten in der Rohrleitung neue Fluktuationen oder anders geartete Turbulenzen in den fließenden Gasstrom eingebracht werden können. Auch diese Maßnahme hat folglich eine weitere Beruhigung des Gasstromes zur Folge, so dass auch dadurch der vorzeitig unkritische Bereich der kritisch zu betreibenden Düse reduziert wird.

[0018] Der Pfropfen besteht vorteilhafterweise aus einem porösen Kunststoff oder einer Sintermaterial. Dabei sind die Größen der Poren, durch die das Gas durch den Pfropfen hindurch strömt, vorteilhafterweise auf den Durchmesser der Rohrleitung anzupassen. Je kleiner der Durchmesser der Rohrleitung ist, desto kleiner sollten auch die Poren des Pfropfens gewählt werden. Gleiches gilt für den Düsendurchmesser, also den Durchmesser an der schmalsten Stelle der Düse. Je kleiner die Düse und damit der Düsendurchmesser ausfällt, desto geringer sollte auch die Porengröße sein, da bei kleineren Düsen bereits Fluktuationen auf kleinen räumlichen Skalen zu nennenswerten Effekten führen können, die bei größeren Düsen weitestgehend ohne Einfluss bleiben.

[0019] Vorteilhafterweise weist der Pfropfen eine Dicke auf, die größer als der halbe Durchmesser der Rohrleitung, bevorzugt größer als der ganze Durchmesser der Rohrleitung, ist. Dabei wird die Dicke des Pfropfens in Richtung der Rohrleitung gemessen. Je dicker der Pfropfen ist, desto länger muss das Gas des Gasstromes in dem Pfropfen verweilen, und desto beruhigter tritt es am stromabwärts liegenden Ende aus dem Pfropfen heraus.

[0020] Vorteilhafterweise besteht der Pfropfen aus einem zellularen, offenporigen Werkstoff. Diese sind beispielsweise aus formstabilen Kunststoffen oder aus Metallschäumen hergestellt. Diese werden bei Offenporigkeit auch Metallschwämme genannt.

[0021] Unabhängig vom verwendeten Werkstoff hat sich als vorteilhaft herausgestellt, wenn die durchschnittliche Porengröße des offenporigen Werkstoffs maximal ein Fünftel des Durchmessers des Anströmröhres der kritischen Düse beträgt. Besonders bevorzugt ist die maximale Porengröße ein Fünftel dieses Durchmessers. Die Baulänge des Pfropfens, also seine Erstreckung entlang der Rohrleitung, durch die der Gasstrom der Düse zugeleitet wird, beträgt vorteilhafterweise wenigstens das 200-fache der durchschnittlichen Porengröße des verwendeten Werkstoffs. Allgemein gilt, dass der Effekt des Pfropfens verbessert werden kann, indem die Porengröße reduziert und/oder die Baulänge des Pfropfens vergrößert werden kann.

[0022] Mit Hilfe einer Zeichnung wird nachfolgend ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Es zeigt

[0023] Fig. 1 – eine Darstellung der Änderung des Massestroms als Funktion des Hinterdruckverhältnisses A für ein Verfahren gemäß dem Stand der Technik und

[0024] Fig. 2 – eine Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

[0025] Fig. 1 zeigt die relative Änderung eines Massestroms $\Delta Q_{m,rel}$ durch eine kritische Düse in Abhängigkeit vom Hinterdruckverhältnis A . So lange das Hinterdruckverhältnis A kleiner ist als das kritische Hinterdruckverhältnis A_{krit} , das in Fig. 1 durch die Linie 1 dargestellt ist, sollte diese relative Änderung Null sein, da in diesem Bereich die Düse kritisch betrieben wird. Man erkennt jedoch neben den üblichen Schwankungen experimentell gemessener Werte deutlich, dass zwischen etwa 0,375 und etwa 0,53 eine deutliche relative Änderung des Massestroms vorliegt. Insbesondere nimmt der Massestrom gegenüber dem kritischen Massestrom deutlich ab, was sich in einem Ausschlag der Kurve nach unten hin, also zu Werten, die kleiner sind als Null, bemerkbar macht. Dieser Bereich, in Fig. 1 durch das Bezugszeichen 2 dargestellt, ist der vorzeitig unkritische Bereich. Um die regelungstechnischen Vorteile des kritischen Betriebs einer Düse voll nutzen zu können, muss für eine Düse, die das in Fig. 1 gezeigte Verhalten zeigt, das Hinterdruckverhältnis A so gewählt werden, dass trotz der Druck- und Pumpschwankungen, die im tatsächlichen Betrieb einer Düse immer auftreten können, das Hinterdruckverhältnis A immer kleiner ist als eine untere Grenze 4 des vorzeitig unkritischen Bereichs 2. Das Hinterdruckverhältnis A muss

im in **Fig. 1** gezeigten Beispiel folglich kleiner als 0,4 womöglich sogar kleiner als 0,35 gewählt werden, um die regelungstechnischen Vorteile einer kritisch betriebenen Düse voll ausnutzen zu können. Dies bedeutet jedoch einen Druckenergieverlust im Gas von mehr als 60%, so dass der Vorteil, der durch die Verwendung eines Diffusors erreicht wird, mehr als zunichte gemacht wird.

[0026] **Fig. 2** zeigt eine Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Ein Gasstrom, der die in **Fig. 2** gezeigte Vorrichtung durchläuft, tritt am linken Rand in eine Rohrleitung **6** ein und durchströmt dann zunächst einen Pfropfen **8**, der aus einem gasdurchlässigen Material besteht. Der Pfropfen **8** ist in der Rohrleitung **6** so angeordnet, dass er den Querschnitt der Rohrleitung **6** vollständig ausfüllt. Damit wird erreicht, dass das Gas des Gasstromes nicht am Pfropfen **8** vorbei durch die Rohrleitung **6** strömen kann. Das Gas, das dem Pfropfen **8** auf dessen in **Fig. 2** rechten Seite verlässt, durchströmt einen durch einen Doppelpfeil **10** dargestellten Einbaubereich, in dem ein Temperatursensor **12** sowie ein Drucksensor **14** angeordnet ist. Sowohl der Temperatursensor **12** als auch der Drucksensor **14** sind in **Fig. 2** nur schematisch dargestellt. Man erkennt jedoch, dass der Temperatursensor **12** über ein Einbauteil **16** verfügt, der in die Rohrleitung **6** hineinragt.

[0027] Das Gas des Gasstroms, das den Pfropfen **8** durchtritt, wird in diesem beruhigt. Insbesondere werden Druckfluktuationen, beispielsweise Schallwellen oder Infraschallwellen optimalerweise vollständig herausgedämpft, zumindest aber stark verringert. Durch den stromabwärts des Pfropfens **8** angeordneten Temperatursensor **12** mit seinem Einbauteil **16** besteht die Gefahr, dass neue Fluktuationen und Druckschwankungen in dem Gasstrom eingebracht werden. Daher ist es auch möglich, den Pfropfen **8** stromabwärts des Temperatursensors **12** anzuordnen. Die von dem Temperatursensor **12** ermittelten Temperaturwerte werden dadurch nicht beeinflusst.

[0028] Der Drucksensor **14** hingegen ist ohne in die Rohrleitung **6** hineinragende Bauteile ausführbar. Daher ist es unkritisch, diesen stromabwärts des Pfropfens **8** anzuordnen. Es ist jedoch ebenfalls denkbar, auch den Drucksensor **14** stromaufwärts des Pfropfens **8** vorzusehen.

[0029] Nachdem das Gas des Gasstroms den durch den Doppelpfeil **10** gekennzeichneten Bereich durchströmt hat, gelangt es zu einer Düse **18**, die an ihrer engsten Stelle einen Durchmesser d aufweist. Stromabwärts dieser engsten Stelle befindet sich ein Diffusor **20**, der für eine Querschnittsvergrößerung sorgt. In diesem Bereich wird das durchströmende

Gas im kritischen Betrieb der Düse **18** auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt.

[0030] Die Wandung des Diffusors **20** ist mit Unebenheiten und Unregelmäßigkeiten versehen, die durch die Fertigung der einzelnen Bauteile entstehen und kaum zu vermeiden sind. Oftmals werden, wie in **Fig. 2** schematisch dargestellt, Düse **18** und Diffusor **20** einstückig als ein Bauteil ausgebildet. Dabei wird beispielsweise die Wandung des Diffusors **20** aus einem einzigen Metallstück herausgedreht oder herausgefräst. Dadurch entstehen Riefen, die nur durch sehr aufwändige Verfahren vermeidbar sind. Die der vorliegenden Erfindung zugrunde liegende Erkenntnis liegt darin, dass an diesen Riefen und kleinen Unebenheiten an der Wandung des Diffusors **20** kleine Machsche Schockwellen auftreten, wenn Fluktuationen, insbesondere Druckfluktuationen im durch die Düse **16** hindurch fließenden Gasstrom mit diesen Unebenheiten wechselwirken. Um dies zu verhindern, ist der Pfropfen **8** vorgesehen, durch den derartige Fluktuationen gedämpft oder sogar gänzlich herausgefiltert werden.

[0031] Durch die besonders einfache konstruktive Ausgestaltung der Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann auf eine sehr einfache, kostengünstige und fehlerunanfällige Weise das Auftreten des in **Fig. 1** gezeigten vorzeitig unkritischen Bereichs **2** deutlich vermindern oder sogar gänzlich verhindert werden.

Bezugszeichenliste

A	Hinterdruckverhältnis
A_{krit}	Kritisches Hinterdruckverhältnis
d	Durchmesser
1	Linie
2	Vorzeitig unkritischer Bereich
4	Untere Grenze
6	Rohrleitung
8	Pfropfen
10	Doppelpfeil
12	Temperatursensor
14	Drucksensor
16	Einbauteil
18	Düse
20	Diffusor

Patentansprüche

1. Verfahren zum Erzeugen eines Gasstroms, das folgende Schritte umfasst:
 - a) Zuführen eines Gasstroms zu einer Düse (**18**) durch eine Rohrleitung (**6**);
 - b) Leiten des Gasstroms durch die Düse (**18**), so dass sich stromaufwärts der Düse (**18**) ein Eingangsdruck p_1 einstellt;
 - c) Leiten des Gasstroms durch einen stromabwärts der Düse (**18**) angeordneten Diffusor (**20**);

d) Einstellen eines Ausgangsdruckes p_2 stromabwärts des Diffusors (20) derart, dass die Düse (18) kritisch betrieben wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

e) der Gasstrom vor dem Leiten durch die Düse (18) durch einen Pfropfen (8) geleitet wird, der

- aus einem für den Gasstrom durchlässigen Material besteht,
- in der Rohrleitung (6) angeordnet ist, und
- einen Querschnitt der Rohrleitung (6) vollständig ausfüllt.

der Rohrleitung (6), bevorzugt größer als der Durchmesser der Rohrleitung (6) ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Gasstrom nach dem Leiten durch den Pfropfen (8) in der Rohrleitung (6) höchstens noch an einer Temperaturmessstelle (12) und einer Druckmessstelle (14) entlanggeführt wird, bevor er durch die Düse (18) geleitet wird.

3. Vorrichtung zum Durchführen eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche mit einer Rohrleitung (6), in der ein Pfropfen (8) aus einem gasdurchlässigen Material angeordnet ist, einer Düse (18) und einem Diffusor (20).

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Pfropfen (8) aus einem schalldämpfenden Material besteht.

5. Vorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Pfropfen (8) in einem Abstand zu der Düse (18) in der Rohrleitung (6) angeordnet ist, der kleiner als das Fünffache, bevorzugt kleiner als das Dreifache, besonders bevorzugt kleiner als das 1,2fache eines Durchmessers der Rohrleitung (6) ist.

6. Vorrichtung nach Anspruch 3, 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Pfropfen (8) unmittelbar an der Düse (18) anliegt.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in der Rohrleitung (8) ein Zugang für einen Temperatursensor (12) angeordnet ist, wobei sich der Zugang stromaufwärts des Pfropfens (8) befindet.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Pfropfen (8) aus einem porösen Kunststoff besteht.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Pfropfen (8) aus einem Sintermaterial besteht.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Pfropfen (8) eine Dicke aufweist, die größer als der halbe Durchmesser

Anhängende Zeichnungen

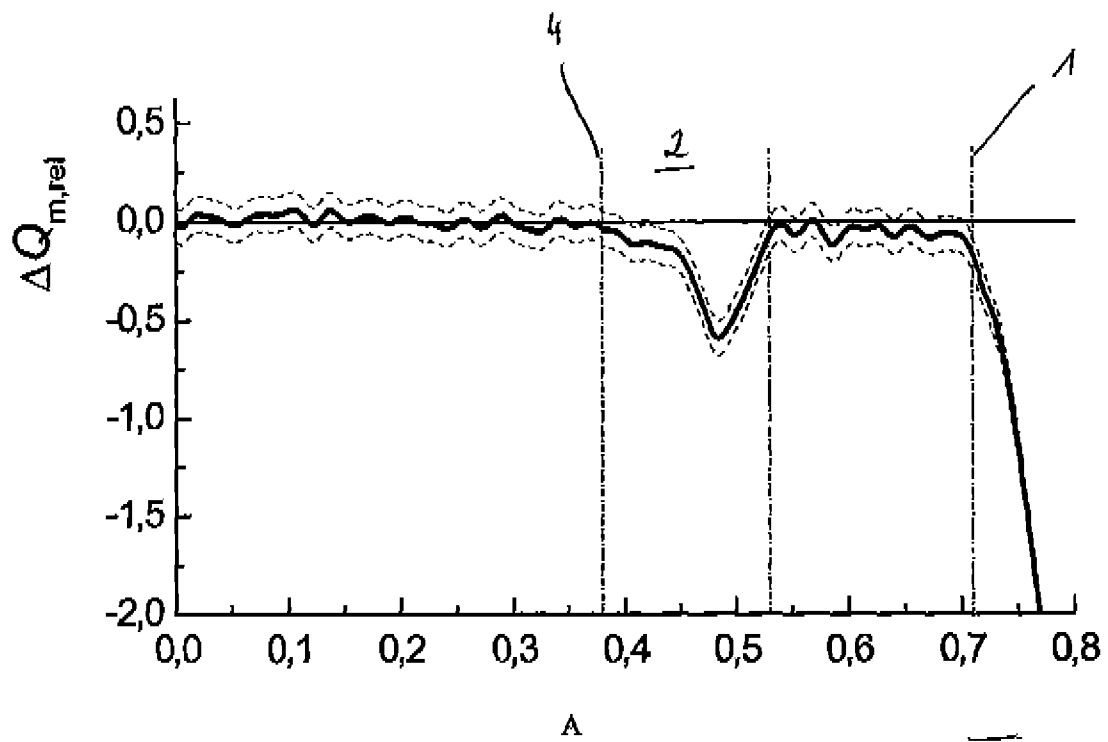


Fig. 1

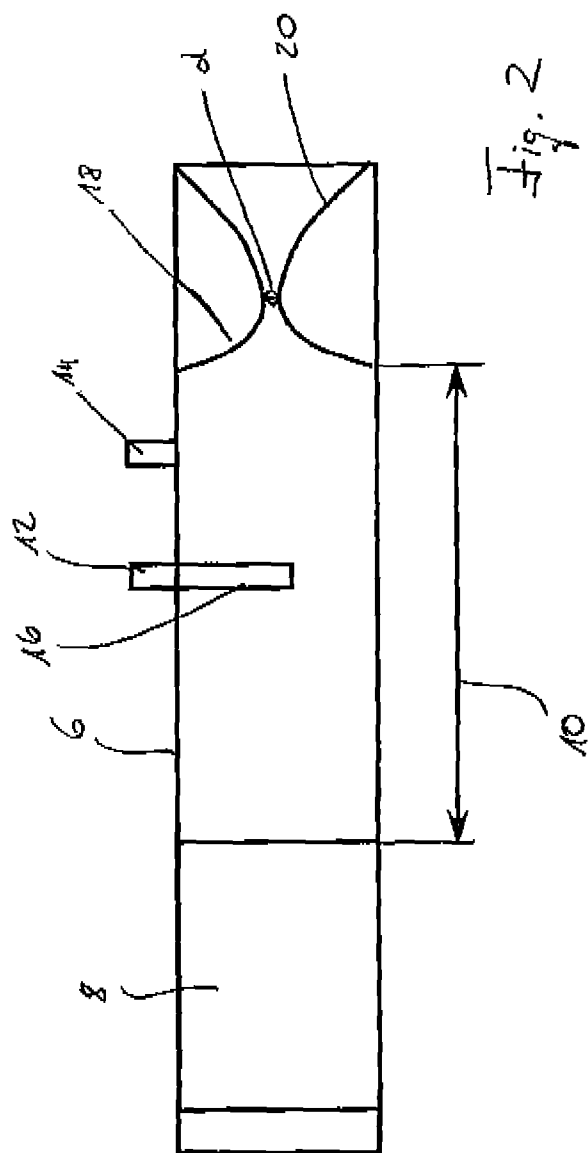


Fig. 2