



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 699 18 101 T2** 2005.07.07

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 078 168 B1**

(51) Int Cl.⁷: **F15D 1/08**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **699 18 101.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/SE99/00624**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **99 927 010.1**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 99/060279**

(86) PCT-Anmeldetag: **20.04.1999**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **25.11.1999**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **28.02.2001**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **16.06.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **07.07.2005**

(30) Unionspriorität:

9801737 15.05.1998 SE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, ES, FR, GB, IT

(73) Patentinhaber:

Silvent AB, Boras, SE

(72) Erfinder:

ERIKSSON, Gunnar, S-891 95 Arnäsfall, SE

(74) Vertreter:

Becker, Kurig, Straus, 80336 München

(54) Bezeichnung: **GERÄUSCHLOSE DÜSE**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine schallgedämpfte Blasdüse zum Abstrahlen eines Gasmediums, insbesondere Luft, unter hohem Überdruck.

Beschreibung des technischen Hintergrunds

[0002] Für viele Jahre sind in der Maschinenbauindustrie Blasdüsen eines so genannten „leisen Typs“ verwendet worden, d. h. Blasdüsen, die für eine gegebene Blaskraft bzw. -Stärke beträchtlich leiser sind als entsprechende Standard-Blasdüsen. Zu dieser Gruppe von Blasdüsen gehören konisch zulaufende Schlitzdüsen vom Typ Silvent® 511 und 512, Düsen mit gekröpften Löchern (cupped hole nozzles) vom Typ Silvent® 208 und 209 und Blasdüsen mit flachen Enden, Typ Silvent® 701–720. Diese Blasdüsen werden für niedrige und mittlere Blasstärken und Blsentfernungen verwendet. So genannte „große Gebläse“ werden verwendet, wo große Blasstärken über lange Strecken erforderlich sind. Zu dieser Gruppe gehören Aggregate, die aus einer großen Anzahl von zusammenwirkenden Lochdüsen bestehen, die zu der Silvent® 1100 und 1200 Serie des gleichen Anmelders gehören. Diese Werkzeuge werden zum Beispiel für Anwendungen in Stahlwerken, Papiermühlen und Gießereien zum Reinigen, Kühlen, Trocknen etc. verwendet.

[0003] Jedoch werden in bestimmten Fällen innerhalb der Zellstoff- und Papierindustrie Blasdüsen mit noch höheren Luftströmen verwendet, die aufgrund der Expansion des Luftstroms, nachdem er die Düse verlassen hat, extrem hohe Lärmpegel erzeugen. Der Bediener kann einem Niveau von annähernd 115 dB (A) ausgesetzt sein, und für anderes Personal in der Nähe der Entladung ist es in dem Bereich von 100–110 dB (A) nicht ungewöhnlich. Da die Düse häufig für plötzliche Unterbrechungen in der Herstellung in der Fabrik erforderlich ist, z. B. wenn eine Papierbahn aus der Bahn gerät, werden hohe Anforderungen für sofortiges Handeln an das Personal gestellt. Häufig hat man einfach nicht die Zeit, einen Gehörschutz aufzusetzen, was in unglücklichen Fällen nach nur einigen wenigen Sekunden, in denen man dem ausgesetzt ist, einen dauerhaften Hörschaden bedeuten kann.

[0004] Man kann sagen, dass die kraftvollen Luftdüsen, die in der Zellstoff- und Papierindustrie verwendet werden, zwei Bereiche der Anwendung haben. In einem Fall wird die Luft im Zusammenhang mit dem Start der Papiermaschine als eine Trageoberfläche für die Papierbahn verwendet, „zieht das Vorderende“. In diesem Fall muss die Luft als eine Führung arbeiten und helfen, das Papier zwischen Rollen in die Papiermaschine zu lenken. In diesem Fall ist es an-

gebracht, dass der Fluss mittelmäßig groß ist und dass er über eine große Fläche verteilt ist. Der andere Fall ist, wenn die Papierbahn gerissen ist und eine schnell anwachsende Menge an Papier sofort von der Maschine weggeblasen werden muss, wobei gleichzeitig das vordere Ende in die korrekte Stellung gelenkt werden muss. Zum Reinigen ist ein sehr starker, konzentrierter Luftstrom erforderlich, der dazu neigt, die Bahn auch auf große Entfernungen von der Düse selbst auseinander zu reißen; die Entfernung kann bis zu 10 m erreichen! Andere Vorrichtungen zum Erfüllen dieser Ansprüche sind in der bekannten Technologie nicht verfügbar. Bestimmte begrenzte Aufgaben können durch Blasdüsen mit einer festen Installation gehandhabt werden, aber in jeder wesentlichen Arbeit ist die per Hand geregelte Blasdüse, welche extrem hohe Lärmpegel erzeugt, notwendig, um die erforderliche Flexibilität in der Verwendung zu ergeben.

Kurze Offenbarung der Erfindung

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine effiziente Blasdüse anzubieten, mit der eine deutlich höhere und/oder leisere Blaskraft für eine gegebene Frontfläche erreicht werden kann als mit entsprechenden bekannten Düsen.

[0006] Die Erfindung ist speziell entwickelt worden, um die vorstehend genannten Probleme zu lösen und Anforderungen in der Zellstoff- und Papierindustrie zu erfüllen, und zielt hierdurch darauf, eine Blasdüse anzubieten, die sehr große Blasstärken bei deutlich niedrigeren Lärmpegeln als bei vergleichbaren herkömmlichen Düsen erzeugen kann. Andere Gebiete in denen diese Düsen verwendet werden können, sind z. B. Stahlwerke, Gießereien etc. Die Prinzipien der Erfindung können jedoch auch auf Düsen für kleine oder mittlere Blasstärken angewendet werden, bei denen die Düse gemäß der Erfindung herkömmliche oder schallgedämpfte Blasdüsen ersetzen kann, die in der Maschinenbauindustrie eingesetzt werden.

[0007] Um die erwünschten Blasstärken zu erreichen, umfasst die Düse gemäß der Erfindung zumindest eine erste Entladungsöffnung in einem zentralen Teil der Düse, wobei die erste Entladungsöffnung divergiert, geeignet als Lavalldüse gebildet ist, um dem entladenen Gas, normalerweise Luft, bei dem Druck, der direkt hinter der Entladung vorherrscht, Überschallgeschwindigkeit zu verleihen. Für eine korrekt geformte Lavalldüse wird der Druck der Luft/des Gases vollständig in kinetische Energie umgewandelt, was bedeutet, dass der Gasstrom nicht seitwärts expandiert, nachdem er die Düse verlassen hat, wie es bei herkömmlichen Düsen der Fall ist, bei denen die Expansion intensiven Lärm erzeugt. Ein starker Lärm tritt dennoch auf, wenn Gas mit Überschallgeschwindigkeit aus einer korrekt bemessenen Lavalldüse fließt. Es wird angenommen, dass dies erzeugt wird

durch eine heftige Turbulenz, die in dem Grenzbe-
reich zwischen dem Luft/Gasstrom, der mit einer sehr
hohen Geschwindigkeit vorwärts strömt, und der um-
gebenden Luft. Die Erfindung zielt darauf, dieses
Problem zu lösen. Gemäß der Erfindung wird die Wir-
belbildung in einem Gas, das mit Überschallge-
schwindigkeit in einem Kernstrom nahe der ersten
Entladungsöffnung austritt, und damit die Erzeugung
eines hochfrequenten Geräuschs innerhalb des hör-
baren Bereichs derart unterdrückt, dass der Kern-
strom von einem Gasstrom umgeben ist, der in die
Richtung des Kernstroms gerichtet ist, und der die
Wirbelbildung des Kernstroms nahe der Entladungs-
öffnung verhindert oder deutlich verringert, wodurch
der anfänglich hauptsächlich laminare Charakter des
Kernstroms in hohem Maße aufrechterhalten wird,
zumindest in einem kritischen Bereich nahe der Ent-
ladung, wo die Geschwindigkeit des Kernstroms am
größten ist.

[0008] Die Erfindung basiert daher auf dem Zusammenwirken von zwei Prinzipien:

1. Der Kernstrom wird so gebildet bzw. geformt, dass die Arbeitskapazität davon maximal wird, dadurch dass der Kernstrom, der durch eine sich erweiternde (divergierenden) Ausgangs(Entladungs)-Öffnung abgestrahlt wird, die so geformt ist – bevorzugt in der Form einer Laval Düse – dass die innere Energie des Gases unter dem Einfluss des Drucks, der direkt hinter der Ausgangsöffnung vorherrscht, fast vollständig in Geschwindigkeit umgewandelt wird. Für die Bemessungsbereiche, die für die Erfindung spezifisch sind, liegt die Geschwindigkeit in dem Entladungsabschnitt der Düse weit oberhalb der Schallgeschwindigkeit.
2. Die Bildung einer Turbulenz um den schnell ausströmenden Kernstrom wird dadurch verringert, dass der Kernstrom von einem schützenden Gasstrom umgeben ist, der in die Richtung des Kernstroms gerichtet ist. Die Geschwindigkeit des umgebenden Flusses soll niedriger sein als die des Kernstroms. Der schützende Gasstrom wird von einer großen Anzahl von kleineren Ausgangs(Entladungs)-Öffnungen freigesetzt, die um den Kernstrom herum gelegen sind – dies dient dazu, eine Wirbelbildung aufgrund des Zusammenwirkens mit der umgebenden Luft zu verhindern, und dadurch ebenso die Erzeugung von Geräuschen innerhalb des hörbaren Bereichs zu unterdrücken. Die am meisten bevorzugte Bedingung wird erreicht, wenn die Geschwindigkeit des schützenden Gasstroms mit zunehmender Entfernung von der Mittellinie nach und nach abnimmt.

[0009] Akustisch bedeutet die Kombination dieser Prinzipien, dass die Geräuscherzeugung vergleichsweise niedrig wird, dadurch, dass die Turbulenz des Kernstroms in einem Bereich stromabwärts der Entladungsmündung unterdrückt wird, in dem anderenfalls eine starke Erzeugung eines hochfrequenten

Geräuschs innerhalb des hörbaren Bereichs stattfindet.

[0010] Mechanisch bedeutet die Kombination eine Düse mit einem sehr hohen Grad an Effizienz, da der umgebende Gasstrom in dem kritischen Bereich nach der Mündung durch die umgebende stationäre Luft eine unbedeutende Verlangsamung der Geschwindigkeit des Kernstroms bewirkt, da das meiste der mechanischen Arbeit beim Beschleunigen der stationären Luft in der Richtung des Kernstroms von dem umgebenden Gasstrom ausgeführt wird.

[0011] Das außerordentliche Merkmal der Erfindung ist daher, dass die Blasdüse in einem zentralen Teil davon mindestens eine erste Ausgangs(Entladungs)-Öffnung aufweist, die geformt ist, um einen Kernstrom von Gas mit Überschallgeschwindigkeit zu erzeugen, und dass der zentrale Teil von einem umfänglicheren Teil umgeben ist, der eine Anzahl zweiter Entladungsöffnungen in einer Entfernung voneinander und von der/den ersten Entladungsöffnungen) enthält, wobei die zweiten Entladungsöffnungen geformt sind, um einen Gasstrom mit niedrigerer Geschwindigkeit als der des Kernstroms zu erzeugen, bevorzugt eine Geschwindigkeit gleich der Schallgeschwindigkeit, wobei der Gasstrom den Kernstrom umgibt und die gleiche Richtung aufweist.

[0012] Die erste Entladungsöffnung kann an dem schmalsten Abschnitt einen Durchmesser von bis zu zwischen 2 und 20 mm aufweisen, bevorzugt bis zu zwischen 4 und 10 mm, bevorzugt maximal 7 mm und am meisten bevorzugt bis zu zwischen 5 und 6 mm.

[0013] Die zweiten Entladungsöffnungen, insbesondere wenn diese in dem Umfang bzw. der Peripherie der Blasdüse angeordnet sind, können vorteilhaft als dünne Schlitzöffnungen geformt sein, die sich radial über die projizierte Endfläche der Düse erstrecken, senkrecht zu der longitudinalen Achse davon. Eine Blasdüse mit solchen schlitzförmigen, radial ausgerichteten Entladungsöffnungen in dem Umfang der Düse zu bilden, ist per se aus z. B. EP 0224555 bekannt, und das Prinzip wird in der 700er Serie von Silvent AB angewendet, siehe oben, hat aber gemäß der Erfindung zumindest zwei Funktionen in der Düse. Erstens wirken die umfänglichen Entladungsöffnungen so, dass die Blasstärke ein hohes Maß an Effizienz auch bei großen Entfernungen erreicht, zweitens dämpft der Gasstrom, der durch die umfänglichen Öffnungen ausströmt und den zentralen Gasstrom umgibt, der mit Überschallgeschwindigkeit ausströmt, das anderenfalls starke Geräusch, das sich durch das Zusammenwirken des zentralen Gasstroms mit Überschallgeschwindigkeit und der umgebenden Luft bildet, indem die Turbulenz des Kernstroms in einem kritischen Bereich unterdrückt wird. Daher ist der Lärm bei Versuchen, die mit Blasdüsen

gemäß der Erfindung ausgeführt wurden, und im Vergleich mit einer herkömmlichen Düse in der Papierindustrie, bei einem Arbeitsdruck von 500 kPa, von 115 dB (A) für die herkömmliche Düse auf 100 dB (A) für die neue Düse verringert worden, und dies mit beibehaltener oder verstärkter Blaskraft. Diese außergewöhnlich wirksame Verringerung im Lärm kann eingesetzt werden, um bei vorhandener Druckluftausrüstung die Arbeitsbedingungen deutlich zu verbessern und/oder um neue Ausrüstung deutlich weniger kostenintensiv zu machen.

[0014] Beginnend mit der Theorie, dass eine gute Verringerung beim Lärm durch eine sukzessiv abnehmende Differenz in der Entladungsgeschwindigkeit von dem zentralen Kernstrom zu der umgebenden Luft begünstigt wird, kann man ebenso in Betracht ziehen, dass weitere Entladungsöffnungen – tertiäre, vierte, etc. – zwischen den ersten und den zweiten Entladungsöffnungen angeordnet werden, wodurch diese zwischenliegenden (interjacent) Entladungsöffnungen so geformt werden können, dass das Gas, welches aus diesen Öffnungen strömt, ebenso Überschallgeschwindigkeit erreicht, obwohl nicht so hoch wie die Überschallgeschwindigkeit des zentralen Stroms. Mit dieser Entwicklungs-Ausführungsform sollten die tertiären Entladungsöffnungen, die um die erste(n) Entladungsöffnungen) angeordnet sind, daher so geformt werden, um eine Luftgeschwindigkeit zu ergeben, die nur etwas geringer ist als die Geschwindigkeit in dem Kernstrom, während, wenn noch weitere Entladungsöffnungen, hier als vierte Entladungsöffnungen bezeichnet, zwischen den tertiären und zweiten Entladungsöffnungen angeordnet sind, die vierten Entladungsöffnungen so geformt werden, dass sie eine Luftgeschwindigkeit ergeben, die etwas höher ist als Schallgeschwindigkeit, allerdings niedriger als die Geschwindigkeit von den tertiären Entladungsöffnungen, und so weiter.

[0015] Die möglicherweise auftretenden tertiären, vierten etc. Entladungsöffnungen können ebenfalls als Lavaldüsen geformt werden, um Überschallgeschwindigkeit möglich zu machen, um aber nicht die maximal mögliche Überschallgeschwindigkeit zu ergeben, sollte eine Form von Druckminderer, z. B. ein Drosselflansch oder eine ähnliche Verengung in den Einlassleitungen angeordnet werden.

[0016] Da hohe Tonfrequenzen leichter zu dämpfen sind als tiefe ist es akustisch vorteilhaft, einen großen Entladungsauslass durch mehrere kleine zu ersetzen. Dieses Prinzip ist für Düsen verwendet worden, die bei Entladungsgeschwindigkeiten gleich der Schallgeschwindigkeit arbeiten, kann aber ebenso auf Lavaldüsen angewendet werden. Für einen kreisförmigen Entladungsauslass tritt die maximale Tonerzeugung bei einer Frequenz f_{\max} auf, die dem Durchmesser des Auslasses d und der Entladungsgeschwindigkeit w proportional ist. Es kann daher vor-

teilhaft sein, in einem zentralen Teil der Blasdüse mehrere Lavaldüsen zu verwenden anstelle von einer großen Düse. Eine Ausführungsform der Erfindung ist durch eine solche Anordnung gekennzeichnet.

[0017] Der Energieinhalt des Geräuschs, der von den zweiten, umfänglichen Entladungsöffnungen erzeugt wird sollte ein Maximum bei einer Frequenz oberhalb von 20 kHz aufweisen, das heißt oberhalb der normalen oberen Grenze für das menschliche Hören. Dies kann erreicht werden, indem die Entladungsöffnungen so schmal wie möglich gemacht werden ohne die Gefahr einer Verstopfung aufgrund einer Verschmutzung der Druckluft. Gleichzeitig sollten die Entladungsfläche und dadurch der Gasstrom ausreichend sein, die Bildung von Wirbeln zu einem gewünschten Grad an Signifikanz zu unterdrücken, was erreicht wird durch eine ausreichende Anzahl von zweiten Entladungsöffnungen. Genauer, die gesamte Entladungsfläche der zweiten Entladungsöffnungen sollte 1 bis 4 mal, bevorzugt 1,5 bis 3 mal so groß wie die gesamte Entladungsfläche der ersten Entladungsöffnungen) sein, betrachtet in dem schmalsten Bereich der Öffnungen, geeigneterweise etwa 2 mal so groß. Mit dieser Aufteilung ist eine große Blasstärke bei einem niedrigen Geräuschniveau erreicht worden.

[0018] Allgemein kann weiter gesagt werden, dass die Entfernung zwischen benachbarten Entladungsöffnungen in jeder konzentrischen Gruppe von Entladungsöffnungen, das heißt innerhalb der zentralen Gruppe bestehend aus mehreren ersten Entladungsöffnungen, möglicherweise tertiären und vierten etc., ebenso wie den zweiten Entladungsöffnungen, 2 bis 5 mal den äquivalenten Durchmesser der Öffnungen erreichen sollten, welcher die Quadratwurzel der Mündungsfläche der Öffnungen ist, wenn die Öffnungen schlitzförmig oder anderweitig nicht rund sind.

[0019] Der äußere Radius der Düse kann 2,5 bis 5 mal, bevorzugt etwa 3 mal der Durchmesser des schmalsten Bereichs in der ersten Entladungsöffnung sein, wenn diese aus einer einzelnen zentralen Lavaldüse zusammengesetzt ist. Weiter sollten die radiale Entfernung zwischen dem innersten Teil der zweiten Entladungsöffnungen und dem Punkt auf dem Umfang der ersten Entladungsöffnungen) in der Mündung mindestens ein Drittel des Radius der Düse betragen, wobei der Radius als die Entfernung von dem Mittelpunkt bis zu dem äußeren Punkt der zweiten Entladungsöffnungen definiert ist, und wobei keine Entladungsöffnungen zwischen den ersten und zweiten Entladungsöffnungen angeordnet sind.

[0020] Weitere Merkmale und Aspekte der Erfindung werden aus den Patentansprüchen deutlich, ebenso wie aus der folgenden Beschreibung einer Anzahl von denkbaren Ausführungsformen.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

[0021] In der folgenden Beschreibung von einigen denkbaren Ausführungsformen der Erfindung wird auf die begleitende Zeichnung Bezug genommen, bei der

[0022] [Fig. 1](#) eine Endansicht einer Düse gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung zeigt;

[0023] [Fig. 2](#) einen longitudinalen Schnitt entlang der Linie A-A in [Fig. 1](#) zeigt; [Fig. 3](#) eine Seitenansicht der gleichen Düse zeigt; und

[0024] [Fig. 4](#) perspektivisch eine kreisförmige Düse gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung zeigt.

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsformen

[0025] Zuerst mit Bezug auf [Fig. 1–Fig. 3](#) ist eine Blasdüse allgemein durch die Bezugsziffer **1** bezeichnet. Sie besteht aus einem rohrförmigen Gehäuse **2** mit innerem Gewinde **3** in einem hinteren Ende und ebenso einem äußeren und einem inneren Düsenkörper **5** bzw. **6** in dem vorderen Ende des Gehäuses, wobei das vordere Endteil **4** zu einer konischen Form abgeschrägt ist.

[0026] Das Gehäuse **2** kann mittels des Gewindes **3** mit einer Druckluftleitung verbunden werden, nicht gezeigt, welche die Düse **1** mit einer Druckluftquelle verbindet, so dass ein Überdruck von mindestens 200 kPa in einer Düsenkammer **7** direkt hinter den Düsenkörpern **5** und **6** aufrechterhalten werden kann. Der äußere Düsenkörper **5** wird durch Pressbefestigung in dem Gehäuse **2** angebracht. Er ragt über den vorderen Teil **4** des Gehäuses vor, und sein hinteres Ende liegt an einem Klemmring **8** an. Die äußeren und zentralen Düsentile **5**, **6** sind als eine passende Schraube und Mutter ausgeführt, von denen der zentrale Düsenteil **6** in den äußeren Düsenteil **5** geschraubt ist. Es wird wahrgenommen, dass dies die Möglichkeit zum Austauschen des zentralen Düsentils bietet.

[0027] Gemäß der Ausführungsform weist die Düse **1** zwei separate Entladungssysteme auf, die sich parallel zu der longitudinalen Achse **10** der Düse erstrecken, nämlich ein zentrales oder erstes System und ein umfängliches oder zweites System. Das erste System schließt eine erste Entladungsöffnung **11** in dem zentralen Düsenkörper **6** ein. Diese zentrale Entladungsöffnung **11** ist als eine Expansions- oder Lavaldüse geformt, die bei dem vorherrschenden hohen Druck in der Kammer **7** eine Luftentladungsgeschwindigkeit oberhalb der Schallgeschwindigkeit ermöglicht. Die maximale Geschwindigkeit w_{\max} eines Gases, das aus einer korrekt ausgeführten Lavaldüse strömt, kann ausgedrückt werden als $w_{\max} = w^* \chi$

+ 1 wobei w^* die kritische Geschwindigkeit für das betreffende Gas ist, die wiederum gleich der lokalen Schallgeschwindigkeit ist, und wobei χ eine Konstante für das vorliegende Gas ist. Für Luft ist $\chi = 1,4$. Es folgt, dass $w_{\max} = w^* 2,4 = 2,45 w^*$. Bei 20°C beträgt die Geschwindigkeit/Schnelligkeit von Schall 314 m/s, was bedeutet, dass die maximale Blas/Entladungsgeschwindigkeit bei einer Temperatur von 20°C 769 m/s betragen sollte.

[0028] Ungeachtet dessen, ob die Fähigkeit der Lavaldüse, einen Strom von Luft oder einem anderen Gas mit dem theoretischen Maximum oder einer anderweitig sehr hohen Entladungsgeschwindigkeit voll ausgenutzt wird oder nicht ist der Geräuschpegel von einem solchen Strom normalerweise sehr hoch. Um den Lärm zu dämpfen ist die Düse **1** daher auch mit dem zweiten oder umfänglichen Entladungssystem ausgerüstet worden, welches gemäß der Ausführungsform mehrere Schlitzöffnungen **13** einschließt, die gleichmäßig entlang dem Umfang der Düse **1** verteilt sind. Auch kreisförmige Öffnungen in dem zweiten System sind denkbar, ebenso wie alle Übergangsformen zwischen kreisförmig und schlitzförmig, z. B. keilförmig mit der Spitze des Keils in Richtung der Mitte gerichtet. Gemäß der bevorzugten Ausführungsform sind die Öffnungen jedoch schlitzförmig, wobei jede zweite Öffnung m Radius kürzer ist als die benachbarten Schlitzöffnungen. Genauer, die Öffnungen **13** sind gemäß den in dem genannten EP 0224555 beschriebenen Prinzipien gebildet, dessen Offenbarung hiermit durch Bezugnahme in dieser Patentanmeldung aufgenommen ist. Durch die Öffnungen **13**, die in den folgenden Patentansprüchen als zweite Entladungsöffnungen bezeichnet sind, strömt Luft aus mit einer Geschwindigkeit, die gleich der Schallgeschwindigkeit bei dem vorherrschenden Druck in der Kammer **7** ist.

[0029] Die Gasstrahlen, die durch die Entladungsöffnungen **13** ausströmen, bilden eine mehr oder weniger integrierte, kontinuierliche Abschirmung, welche den zentralen Kernstrahl, der mit Überschallgeschwindigkeit aus der Lavaldüse **11** ausströmt, mit Schallgeschwindigkeit umgibt, und dadurch das abgestrahlte Geräusch dämpft. Für einen ausreichenden Effekt in Bezug auf die Kapazität zum Unterdrücken von Turbulenz in dem Kernstrahl, und dadurch ebenso der Unterdrückung unerwünschter Abbremsung des Kernstrahls wie Geräuscherzeugung innerhalb eines kritischen Bereichs wird angenommen, dass es angemessen ist, wenn die gesamte Entladungsfläche der umfänglichen Entladungsöffnungen **13** größer ist als die Öffnungsfläche in dem zentralen System, egal ob es das zentrale System beinhaltend eine einzelne Lavalöffnung **11** oder mehrere ist, alles in dem schmalsten Abschnitt der Öffnungen betrachtet. Die Entladungsfläche des äußeren Systems sollte bevorzugt 1–4 mal, geeigneterweise 1,3 bis 3 mal oder etwa die doppelte Öffnungsfläche in dem zen-

tralen System sein.

[0030] Gleichzeitig erzeugen die umfänglichen Entladungsöffnungen **13** selber einen Gasstrom mit vergleichsweise hohem Geräuschniveau, wobei es wesentlich ist, dass die umfänglichen Gas/Luftstrahlen die Möglichkeit zum Mitausstoßen bzw. Mitreißen (co-ejecting) von Luft aus der Umgebung haben. Die schlitzförmigen Öffnungen **13** in der Düse **1** liegen daher nahe an den äußeren Kanten bzw. Rändern in der Vorderseite der Düse **1**, wobei gleichzeitig der Düsenkörper **5** von dem Gehäuse **2** vorragt, zum Mitausstoßen von Luft, welche die Düse umgibt.

[0031] [Fig. 4](#) stellt eine denkbare Ausführungsform zum Erzeugen von extrem großen Blaskräften dar. Diese Ausführungsform ist gleichzeitig ein Beispiel der Anwendung des erwünschten Prinzips, dass die Entladungsgeschwindigkeit des Gasstroms mit wachsender Entfernung von dem Kernstrahl nach und nach abnimmt. In der Figur werden für Details, die eine Entsprechung in [Fig. 1–Fig. 3](#) haben, die gleichen Bezugsziffern verwendet. Gemäß der Ausführungsform ist ein zwischenliegender Düsenkörper **15** zwischen dem äußeren Düsenkörper **5** und dem zentralen Düsenkörper **6** vorhanden. Innerhalb des zentralen Düsenkörpers **6** sind drei Entladungsöffnungen **11** angeordnet, ausgeführt als Lavaldüsen, und in dem zwischenliegenden Düsenkörper **15** eine große Anzahl von Entladungsöffnungen **16**, in den anhängenden Patentansprüche als tertiäre Entladungsöffnungen bezeichnet, wobei alle als eine Lavaldüse ausgeführt sind. Gemäß der Ausführungsform sind acht solche tertiären Lavaldüsen **16** in dem zwischenliegenden Düsenkörper **15** angeordnet. In dem äußeren Düsenkörper **5** sind schlitzförmige Entladungsdüsen **13** in der gleichen Weise wie in der vorigen Ausführungsform angeordnet, jedoch in deutlich größerer Anzahl als in der vorigen Ausführungsform.

[0032] Die zentralen, ersten Entladungsöffnungen **11** sind in der Ausführungsform gemäß [Fig. 4](#) ausgelegt, Luftströme zu erzeugen, welche die Schallgeschwindigkeit deutlich überschreiten. Sogar die tertiären Entladungsöffnungen **16** in den zwischenliegenden Düsenkörpern **15** sind ausgelegt, um Luftströme mit einer Geschwindigkeit größer als Schallgeschwindigkeit zu erzeugen. Nichtsdestotrotz können hier die Öffnungen **16** geformt werden, um Luftströme zu erzeugen, die mit Sicherheit eine größere Geschwindigkeit aufweisen als Schallgeschwindigkeit, aber niedriger als die Geschwindigkeit der Luftströme von den zentralen Öffnungen **11**. Die niedrigere Geschwindigkeit der Luftströme von den zwischenliegenden tertiären Entladungsöffnungen **16** kann ebenso durch einen Druckminderer erreicht werden, der hinter den Entladungsöffnungen **16** angeordnet ist oder in einer anderen Weise. Wenn die Geschwindigkeit von den zwischenliegenden Entladungsöff-

nungen **16** niedriger ist als die Geschwindigkeit von den zentralen Entladungsöffnungen **11**, und andererseits ähnliche Bedingungen zutreffen, besonders in Bezug auf die Tonfrequenz, dann wird das Niveau des Lärms von den zwischenliegenden Entladungsöffnungen niedriger werden als von den zentralen Entladungsöffnungen **11**. Weiter weisen die äußeren Entladungsöffnungen **13** eine gesamte Durchflussfläche auf, die größer ist als die Durchflussfläche der zwischenliegenden tertiären Entladungsöffnungen **16**, welche wiederum eine größere gesamte zwischenliegenden aufweisen, berücksichtigt in dem schmalsten Abschnitt, als die Durchflussfläche der zentralen Entladungsöffnungen **11**. Z. B. kann die Flächenbeziehung zwischen den Düsenöffnungen 13/16/11 9/3/1 oder z. B. 4/2/1 oder allgemeiner 4–9/2–3/1 sein.

[0033] Es sollte verstanden werden, dass das Gas, welches aus den verschiedenen Düsenöffnungen strömt, Luft oder ein anderes Gas sein kann. Die Tatsache, dass Luft in bestimmten Fällen genannt ist, soll daher keine Beschränkung in Bezug auf die Anwendbarkeit der Düsen darstellen. Beispiele von Gasen außer Luft schließen Sauerstoffgas und inerte Schutzgase ein. Kombinationen sind ebenso denkbar, z. B. kann der Kernstrom einen Sauerstoffgasstrom umgeben von einem umfänglichen Strom von Inertgas umfassen.

Patentansprüche

1. Schallgedämpfte Blasdüse zum Blasen eines Gasmediums unter Überdruck, insbesondere Luft, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein zentraler Teil (**6**) der Blasdüse mindestens eine erste Entladungsöffnung (**11**) aufweist, die ausgeführt ist, um einen Kernstrom von Gas mit Überschallgeschwindigkeit zu erzeugen, und dass der zentrale Teil umgeben ist von einem mehr umfänglichen bzw. randgelegeneren Teil (**5**), der eine Anzahl zweiter Entladungsöffnungen (**13**) enthält, die von einander und von der/den ersten Entladungsöffnungen) beabstandet angeordnet sind, wobei die zweiten Entladungsöffnungen ausgeführt sind, um einen Gasfluß mit niedrigerer Geschwindigkeit als der Kernstrom zu erzeugen, bevorzugt eine Geschwindigkeit gleich der Schallgeschwindigkeit, wobei dieser Gasfluß den Kernstrom umgibt und die gleiche Richtung wie der Kernstrom aufweist.

2. Blasdüse gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der gesamte Entladungsbereich der zweiten Entladungsöffnungen größer als der gesamte Entladungsbereich der erste(n) Entladungsöffnungen) ist, betrachtet in dem engsten Abschnitt der Öffnung(en).

3. Blasdüse gemäß Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung zwischen den zweiten Entladungsöffnungen (**13**) das 2- bis 5-fache

der Öffnungsdurchmesser der Entladungsöffnungen beträgt, in dem Fall, dass die Öffnungen rund sind, und jeweils das 2-bis 5-fache des äquivalenten Durchmessers der Öffnungen beträgt, der die Quadratwurzel des Durchflußbereichs in der Mündung der Öffnungen ist, in dem Fall, dass die zweiten Entladungsöffnungen schlitzförmig oder anderweitig nicht rund sind.

4. Blasdüse gemäß Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der gesamte Entladungsbereich der zweiten Entladungsöffnungen das 1- bis 4-fache des gesamten Entladungsbereichs der ersten Entladungsöffnungen beträgt, betrachtet in dem engsten Abschnitt der Öffnungen.

5. Blasdüse gemäß Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die radiale Entfernung zwischen dem inneren Teil der zweiten Entladungsöffnungen (13) und einem Punkt auf dem Rand in der Mündung der ersten Entladungsöffnungen (11) mindestens ein Drittel des Radius der Düse beträgt, wobei dieser als die Entfernung von der Mitte bis zu dem äußeren Punkt der zweiten Entladungsöffnungen definiert ist.

6. Blasdüse gemäß Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Entfernung zwischen benachbarten ersten Entladungsöffnungen, wenn dies mehr als eine sind, das 2- bis 5-fache des Durchmessers der ersten Entladungsöffnungen in der Mündung beträgt.

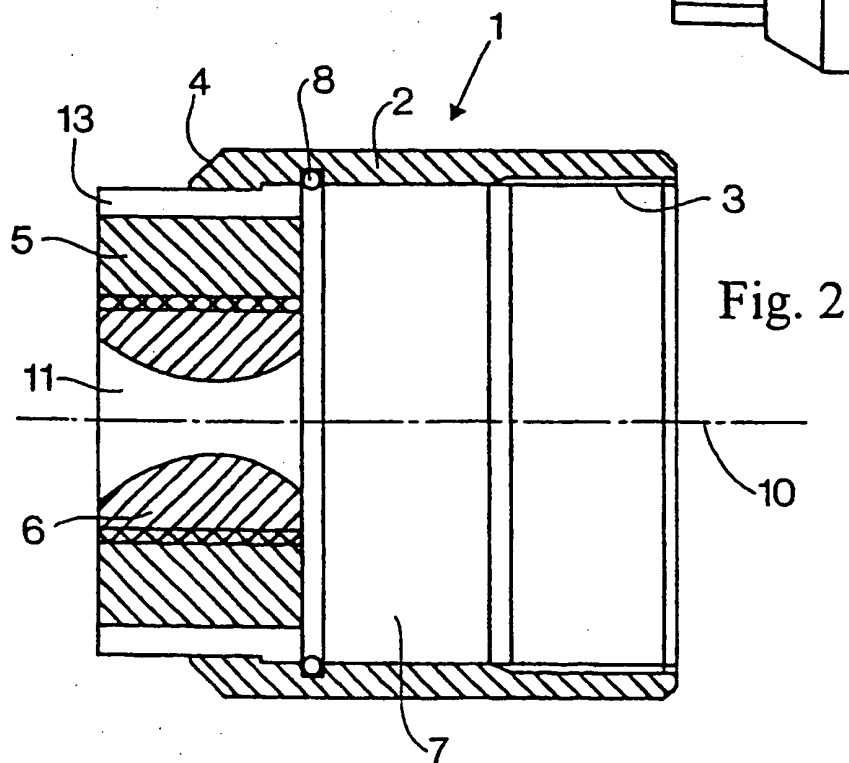
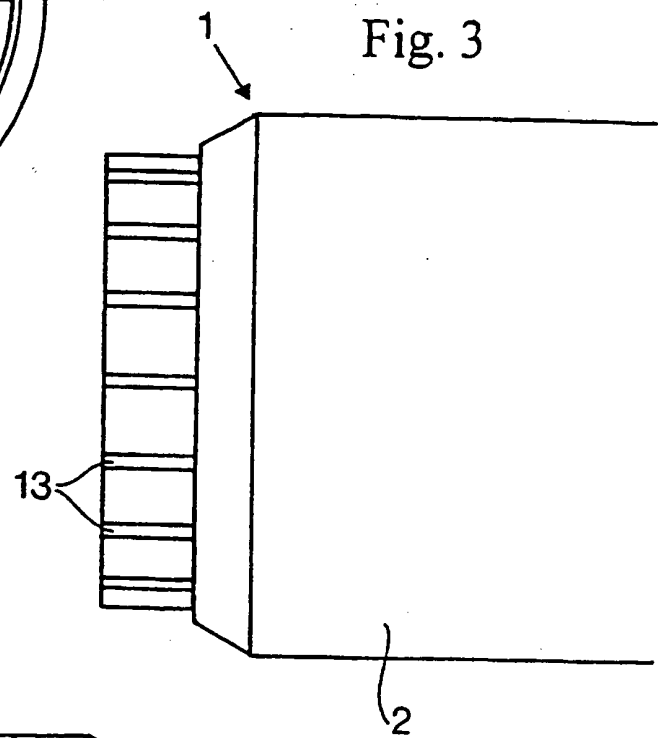
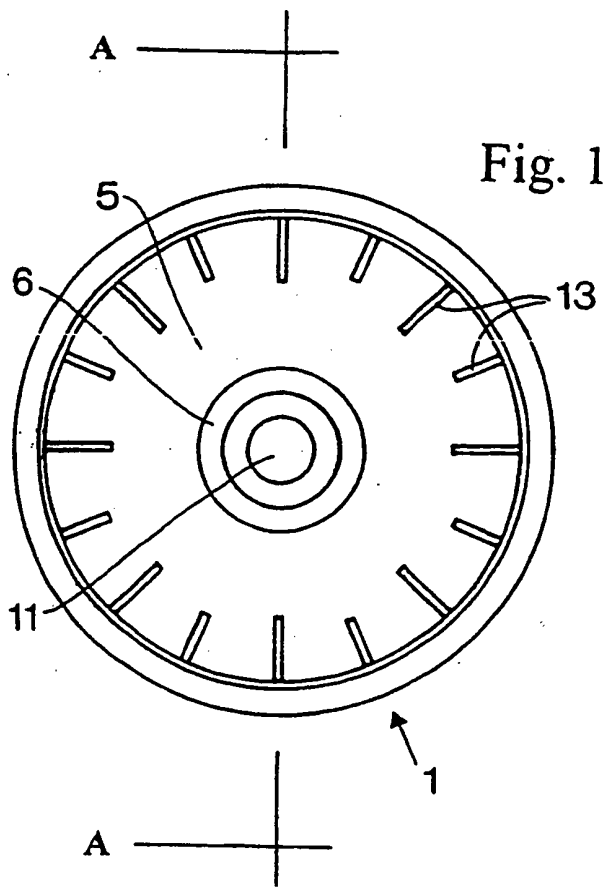
7. Blasdüse gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass tertiäre Entladungsöffnungen (16) zwischen den ersten und zweiten Entladungsöffnungen angeordnet sind, wobei diese tertiären Entladungsöffnungen so ausgeführt sind, dass bei dem vorherrschenden Druck hinter diesen tertiären Entladungsöffnungen der ausfließenden Luft eine Geschwindigkeit gegeben wird, die größer als die Schallgeschwindigkeit, aber niedriger als die Geschwindigkeit der Luft ist, die aus den ersten Entladungsöffnungen strömt.

8. Blasdüse gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der gesamte Entladungsbereich der tertiären Entladungsöffnungen größer als der Entladungsbereich der ersten Entladungsöffnung und jeweils des gesamten Entladungsbereichs der ersten Entladungsöffnungen ist.

9. Blasdüse gemäß Anspruch 7 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass der gesamte Entladungsbereich der Entladungsöffnungen, jeweils betrachtet in dem engsten Abschnitt der Öffnungen, in jeder Gruppe von koaxialen Entladungsöffnungen größer ist als der gesamte Entladungsbereich der Gruppe von koaxialen Entladungsöffnungen, die direkt innerhalb liegen.

10. Blasdüse gemäß einem der vorherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die erste(n) Entladungsöffnungen) in dem engsten Abschnitt der Düse einen Durchmesser aufweist/aufweisen, der zwischen 2 und 20 mm, bevorzugt zwischen 4 und 10, geeigneterweise maximal 7 und am meisten bevorzugt zwischen 5 und 6 mm beträgt.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen



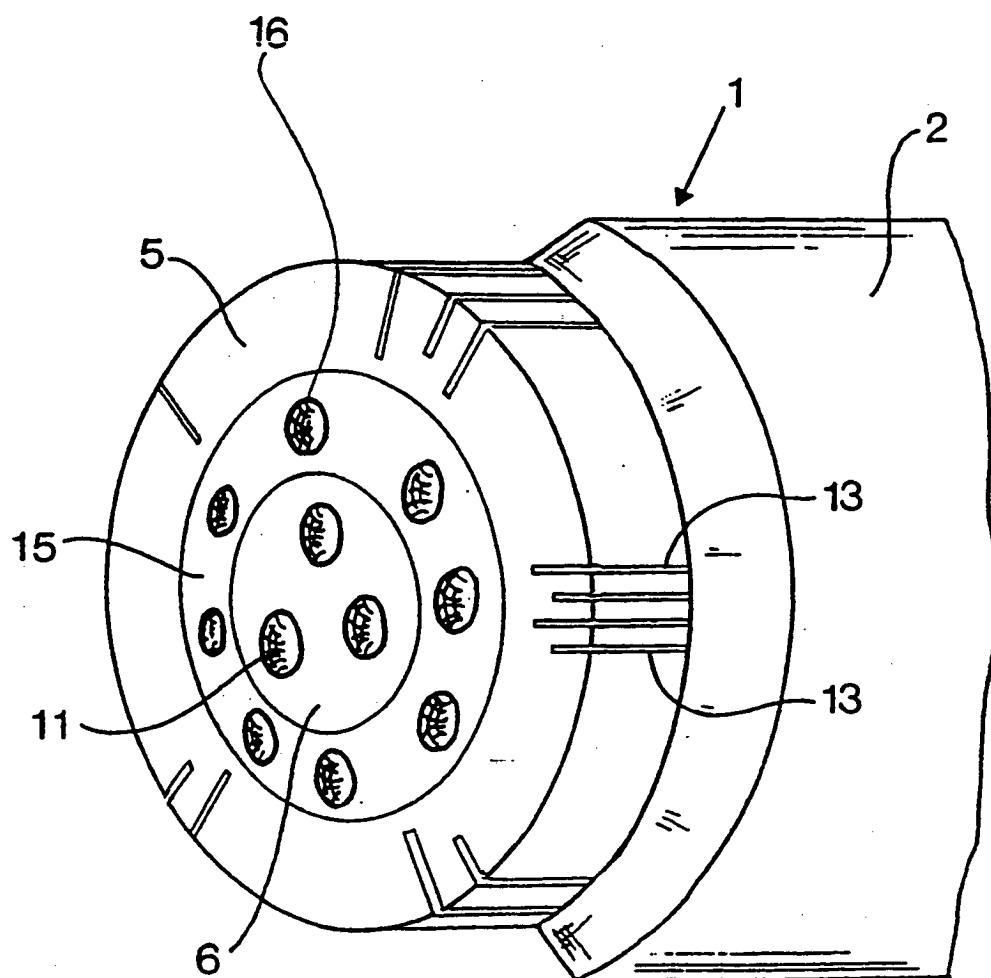


Fig. 4