



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
14.11.2001 Patentblatt 2001/46

(51) Int Cl.7: **B05B 1/34**

(21) Anmeldenummer: **01810451.3**

(22) Anmeldetag: **09.05.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Palfy, S., Prof. Dr.**
5408 Ennetbaden (CH)

(74) Vertreter: **Frauenknecht, Alois J. et al**
c/o PPS Polyvalent Patent Service AG,
Waldrütistrasse 21
8954 Geroldswil (CH)

(30) Priorität: **10.05.2000 CH 9092000**

(71) Anmelder: **Palfy, S., Prof. Dr.**
5408 Ennetbaden (CH)

(54) **Verfahren und Vorrichtung zur Erzeugung eines laminaren Flüssigkeitsstrahls**

(57) Bekannte Düsen erzeugen Fluidstrahlen, deren Geschwindigkeit in der Strahlachse maximal und in der Peripherie minimal ist. Durch Reibungsverluste reduziert sich die periphere Geschwindigkeit über die Strahllänge, so dass die Kohärenz verloren geht und beispielsweise ein Flüssigkeitsstrahl zu Tropfen beginnt. Wird dagegen eine Strömung (S1) über eine Zuführstrecke (1) mit Beruhigungs- und Homogenisierungsgliedern (3) geführt, so kann sie über eine Kantendüse (9) laminarisiert werden. Der erzeugte Strahl (S2) besitzt ein Geschwindigkeitsprofil, welches gegenüber demjenigen aus bekannten Düsen verschieden ist, d.h. die höchste Geschwindigkeit ist in der Peripherie zu verzeichnen. Damit lassen sich zahlreiche physikalische Messverfahren und Prozesse verbessern und auch dekorative optische Wirkungen erzielen. Der Erfindungsgegenstand ist auch bei der Feuerbekämpfung und für den Polizeieinsatz geeignet.

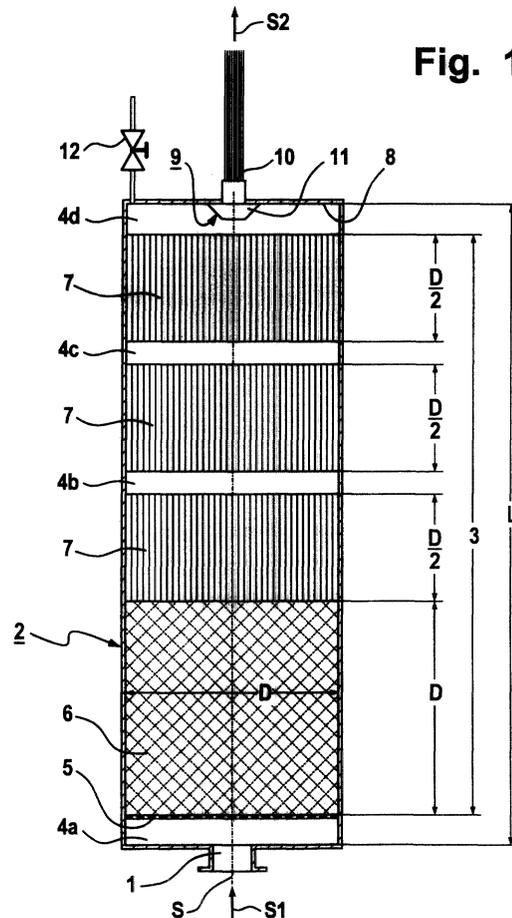


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren nach Anspruch 1 sowie auf eine zur Durchführung dieses Verfahrens geeignete Vorrichtung.

[0002] Kohärente laminare Flüssigkeitsstrahle sind in der physikalischen Technik oft gewünscht und beeinträchtigen durch ihre unvollkommene reale Ausbildung technische Systeme bzw. es werden Korrekturglieder verwendet, um diese unvollkommenen Laminarstrahlen zu korrigieren und/oder parallel zu halten.

[0003] Generell wird ein Flüssigkeitsstrahl durch eine Düse erzeugt, wobei der unter einem Überdruck stehenden Flüssigkeit, entlang der Düsenachse, eine Beschleunigung aufgeprägt wird. Dabei entsteht an der Innenwand der Düse eine sich in Strömungsrichtung verjüngende Grenzschicht, die Reibungsverluste verursacht. Diese Reibungsverluste bestimmen die am Düsenaustritt im Strahl herrschende Geschwindigkeitsverteilung. Ein üblicher rotationssymmetrischer Flüssigkeitsstrahl weist daher in seiner Achse die grösste Strömungsgeschwindigkeit auf; die kleinste tritt an seiner Peripherie auf.

[0004] Tritt ein solcher notorisch bekannter Strahl aus einer Düse aus und trifft auf ein in Ruhe befindliches Fluid, beispielsweise Umgebungsluft, so entstehen an der Strahlperipherie proportional zur dort herrschenden Strömungsgeschwindigkeit für den Strahl bremsend wirkende Scherkräfte, welche dessen Kohärenzlänge beeinträchtigen und schliesslich zur Tropfenbildung führen. Dies bedeutet, dass je grösser die Differenz der Strömungsgeschwindigkeiten zwischen der Strahlachse und der Peripherie ist, desto intensiver ist die Beeinträchtigung der Strahlkohärenz.

[0005] Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung ein Verfahren und eine Vorrichtung zu schaffen, welche die Differenz der Strömungsgeschwindigkeiten zwischen der Strahlachse und der Strahlperipherie beeinflusst und die erwünschte Strahlkohärenz verbessert. Die einer Düse inhärente Wandreibung soll dabei weitgehend eliminiert und die Fluidteilchen sollen an der Strahlperipherie beschleunigt werden. Der Erfindungsgegenstand soll nicht auf Flüssigkeiten beschränkt sein und insbesondere für fliessfähige Medien in einem weiten Geschwindigkeitsbereich Vorteile zeigen.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren nach dem Patentanspruch gelöst.

[0007] Es ist somit möglich einen laminaren oder auch einen quasi laminaren Flüssigkeitsstrahl zu erzeugen, der eine hohe Kohärenz aufweist und der durch die Wandreibung an Übergangsstellen und/oder in kurzen Leitungsabschnitten nicht beeinträchtigt ist oder sich auf diese einstellen lässt.

[0008] Das erfindungsgemässe Verfahren ermöglicht eine verbesserte Strahlbearbeitung, beispielsweise durch Flüssigkeiten, aber auch durch abrassiv wirkende Teilchenströme. Ebenfalls verbessert ein solcher Laminarstrahl die Qualität an sich bekannter optischer Trü-

bungsmessungen und/oder von Farbbestimmungen. Eine weitere Anwendung ist in Umfüllvorgängen für sensible Flüssigkeiten wie Zellkulturen, Blutplasma, explosive Medien sowie in Abfüll- und Dosiereinrichtungen zu sehen.

[0009] Die Ausgestaltung der erfindungsgemäss vorgesehenen Düse unterscheidet sich gegenüber den aus der Literatur bekannten, siehe u.a. Bruno Eck, Technische Strömungslehre, Springer-Verlag Berlin, 1966, S. 434 - 440, Abb. 459 - 464. Die dort aufgezeigten Düsen sind entweder mit einem gerundeten Eintrittsbereich, vgl. Normdüsen Abb. 459 - 460 und 462 oder mit einer vor der Düse liegenden Staufläche Abb. 461 und Abb. 464 versehen, wobei zusätzlich die in Abb. 464 dargestellte Blende doppelt abgeschrägt ist.

[0010] Ziel dieser bekannten Düsen ist es, den Übergang der Strömungsquerschnitte bis zum Querschnitt der Düsenöffnung kontinuierlich zu gestalten, damit die Beschleunigung der Strömung sich möglichst ohne Ablösungen vollzieht.

[0011] Im Gegensatz hierzu wird erfindungsgemäss an der Einlaufkante der Düse gezielt die Strömung abgelöst - nach der sie beschreibenden Strömungsfunktion entspricht diese einer Unstetigkeitsstelle. Wie die Rechnung zeigt, würden dies Unstetigkeiten bei einer reibungsfreien Strömung zu einer unendlich grossen Beschleunigung führen.

[0012] Bei der realen Strömung erfährt die örtliche Beschleunigung zwar hohe, jedoch endliche Werte, wobei die sie charakterisierenden Stromlinien unmittelbar an der Einlaufkante der Düse einen endlichen Krümmungsradius aufweisen. Die resultierende Energiezufuhr wird experimentell vorzugsweise soweit optimiert, dass bei frei austretenden Strahlen peripher ein Energieüberschuss, dies bedeutet eine höhere Strömungsgeschwindigkeit als in der Achse, entsteht und/oder dass bei Ausflussrohren der vorhandene Reibungswiderstand durch den überlagerten Energieüberschuss kompensiert wird. Beide Fälle ermöglichen die Laminarströmung oder ggf. quasi laminare Strömung in einer vorgegebenen Geschwindigkeitsverteilung dort bereitzustellen, wo sie erwünscht oder erforderlich ist.

[0013] Durch die Kombination von zylindrischen mit kegelförmigen Ausflussrohren lässt sich die resultierende Wandreibung und damit die Geschwindigkeitsverteilung zusätzlich beeinflussen und einstellen.

[0014] Die resultierende kohärente, laminare Strömung wirkt als Lichtleiter (Flüssigkeitslaser) und kann entsprechend eingesetzt werden.

[0015] Die im Patentanspruch erwähnte Düse ist im einfachen Fall eine einseitig abgeschrägte Blende, deren scharfe Kante der Strömung zugewandt ist, die besagte Wirbelbildung (sogen. Kármán-Wirbel) erfolgt hinter der Kante und beschleunigt die an der Kante vorbeifliessende Randströmung. Funktionsfähig ist auch eine nach Art einer dünnen Rasierklinge ausgebildete Blende mit einer Bohrung, die achsparallel zur Strömungsrichtung ist.

[0016] In den Ausführungsbeispielen ist die erfindungsgemässe Düse als "Kantendüse" bezeichnet.

[0017] In abhängigen Ansprüchen sind vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung dargestellt.

[0018] Bevorzugt ist vor der Staufläche ein freier Rohrabschnitt vorgesehen, damit sich die Strömung frei ausbilden kann, Anspruch 2.

[0019] Wird der Ausflussöffnung, gemäss Anspruch 3, eine Scheibe vorgelagert, so stellt sich der Laminarstrom in Form einer Kugelkalotte ein und erlaubt beispielsweise einen durch das strömende Fluid allseitig geschlossenen Raum abzugrenzen.

[0020] Bewährt hat sich eine Beruhigungsstrecke nach Anspruch 4, damit Turbulenzen im Fluid reduziert werden.

[0021] Die Ausgestaltung nach Anspruch 5 verwendet einen handelsüblichen Kunststoff-Filterschaum, der im Fluid initial vorhandene Turbulenzen reduziert.

[0022] Durch den Einsatz von Strömungsgleichrichtern, in Form von sogenannten Tubus-Waben wird die Strömung effizient gleichgerichtet, Anspruch 6.

[0023] Die Einschaltung von freien Zwischenräumen nach Anspruch 7 optimiert die Wirkung der vor- und nachgeschalteten Beruhigungsmittel.

[0024] Eine optimale Beeinflussung der peripheren Grenzschicht erfolgt durch die in Strömungsrichtung überragende Kantendüse nach Anspruch 8.

[0025] Eine nochmalige Verbesserung der vorwählbaren Geschwindigkeitsverteilung im Strahlquerschnitt ist durch die kegelförmige Aufweitung der Bohrung der Düse nach Anspruch 9 erreichbar.

[0026] Eine ständige Entlüftung durch eine feine Bohrung, oder eine periodische Entlüftung durch eine Entlüftungsschraube oder ein Ventil ergibt eine kontinuierliche und reproduzierende Strahlbildung, Anspruch 10.

[0027] An Hand von Zeichnungen wird nachfolgend beispielhaft der Erfindungsgegenstand beschrieben.

Es zeigen:

[0028]

Fig. 1 eine vereinfacht dargestellte Vorrichtung zur Erzeugung eines Laminarstrahls mit Zuführstrecke und Kantendüse,

Fig. 2 eine erste Variante einer Kantendüse mit einer bombierten Bohrung,

Fig. 3 eine zweite Variante mit einer achsparallelen Bohrung

Fig. 4 eine blendenartige Kantendüse mit einseitiger Ansträgung,

Fig. 5 eine rasierklingenartige Kantendüse,

Fig. 6 eine Kantendüse mit achsparallel/kegelförmiger Bohrung,

Fig. 7 eine bevorzugte Kantendüse in Teilschnitt-Darstellung und

Fig. 8 eine Kantendüse mit verschieblicher Prallplatte zur Erzeugung einer sogenannten Fluid-Glocke.

[0029] In Figur 1 ist mit 1 die Zuleitung für eine Flüssigkeit bezeichnet, welche in eine sogenannte Zuführstrecke 2 mündet. Innerhalb der Zuführstrecke 2 befindet sich eine Beruhigungsstrecke 3, in der, in einem Abstand zur Zuleitung 1, ein Prallblech 5, ein Lochblech, und anschliessend ein Schaumkörper 6, (Handelsmarke Poret, Firma EMW-Betriebe, D65582 Diez) und ein wabenartiger Strömungsgleichrichter 7 angeordnet sind.

[0030] Nach freien Rohrabschnitten 4b und 4c sind weitere Strömungsgleichrichter 7 in der Beruhigungsstrecke 3 eingesetzt. Vor und nach der Strecke 3 befinden sich weitere freie Rohrabschnitte 4a und 4d, welche, ebenso wie die Abschnitte 4b und 4c der Homogenisierung der Flüssigkeit dienen.

[0031] In Strömungsrichtung S betrachtet trifft diese auf eine Staufläche 8 und erfährt hier eine Umlenkung über eine Kantendüse 9, insbesondere an deren in die Zuführstrecke 2 hineinragenden Teil 11. Die Strömung tritt über eine Ausflussöffnung 10 als laminarer- oder zumindest quasi laminarer Strahl S2 aus.

[0032] Zur Vermeidung von störenden Lufteinflüssen ist am höchsten Punkt der Zuführstrecke 2 ein Entlüftungsventil 12 vorgesehen, welches in einzelnen Fällen durch eine feine, kontinuierlich Fluid abgebende Bohrung ersetzt ist.

[0033] Die gesamte Länge der Zuführstrecke 2 beträgt L und ist das Dreifache von deren Durchmesser D. Der Schaumkörper 6 besitzt eine Länge von ebenfalls dem Mass des Durchmessers D, während die Strömungsgleichrichter je 0,5 D Lang sind. Das Prallblech 5 weist Löcher auf, die im Bereich von einigen Millimetern liegen und den Schaumkörper 6 vor einem Durchbiegen und zentralem Verdichten bewahren.

[0034] In einer zur Bildung eines laminaren Wasserstrahls verwendete Vorrichtung beträgt D = 150 mm; die Länge L ist 750 mm.

[0035] Die Kantendüse 9 lässt sich in verschiedenen Varianten ausbilden, welche in Fig. 2 bis 7 repräsentativ dargestellt sind.

[0036] Gleiche Funktionsteile sind in sämtlichen Figuren mit gleichen Bezugsziffern versehen.

[0037] Die Düse 9a, Fig. 2, besitzt eine kegelförmige Ansträgung 17 in Richtung der Strömung S1' und weist eine bombierte Bohrung 13 auf, welche sich zum Teil 11 hin verjüngt. Einseitig ist eine Stromlinie s eingezeichnet, die auf Grund der randseitig vorhandenen Staufläche 8 umgelenkt wird und in der Folge an der Kante 11' Wirbel w (Mikroblasen) bildet, deren Energie

auf den jeweiligen Stromfaden übertragen wird. Dies führt zu einer Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit im peripheren Bereich des Strahls S2. Dadurch erklärt sich das beobachtete Phänomen, dass der Erfindungsgegenstand gegenüber konventionellen Düsen die höchste Geschwindigkeit in der Peripherie aufweist und die niedrigste im Zentrum, d.h. in der Strömungsachse.

[0038] Das Gleiche lässt sich in der Anordnung nach Fig. 3 beobachten, wobei hier die Düse 9b eine zylindrische Bohrung 13' besitzt. Zusätzlich sieht man hier, dass sich die Stromfäden s, auf Grund des Coanda-Effekts an der Bohrung 13' anlegen.

[0039] Fig. 4 zeigt, dass der Effekt bereits bei einer angeschrägten Lochblende, nach der Kantendüse 9c funktioniert; die eingezeichnete Stromlinie ist analog zu denjenigen nach Fig. 2 und 3.

[0040] Es kann nachgewiesen werden, dass bereits der Winkel von 0° gegenüber der Strömungsrichtung S1' genügt, wenn die Kante 11' genügend scharf ist; dies ist durch die Düse 9d aufgezeigt, die als Extremfall wie das Blatt einer Rasierklinge ausgebildet ist, siehe Fig. 5.

[0041] Die Darstellung der Kantendüse 9e nach Fig. 6 zeigt eine Kombination zwischen einer zylindrischen Bohrung 13' und einer kegelförmigen Bohrung 14 auf. Daran kann gezeigt werden, dass sich die Geschwindigkeitsverteilung im Strahl S2 durch die Geometrie der Bohrung beeinflussen lässt.

[0042] Als bevorzugtes Ausführungsbeispiel gilt die Kantendüse 9f gemäss Fig. 7, wo sowohl eine kegelförmige Anschrägung der Düse 17 als auch eine kegelförmige Bohrung 14 zu beobachten sind. Der Winkel α_1 der Bohrung 14 beträgt 7°; der Winkel α_2 ist 30°, beide gemessen zur Strömungsachse S. Wichtig ist auch hier eine scharfe Ausbildung der Kante 11. Im realisierten Beispiel für Wasser beträgt der Eintrittsdurchmesser 18 (an der Kante 11) 14 mm, der Austrittsdurchmesser 19 der Düse ist 18 mm.

[0043] Eine praktische Anwendung eines Laminarstrahls ist der Fig. 8 zu entnehmen.

[0044] Die Kantendüse 9 ist analog den oben beschriebenen Beispielen aufgebaut und wirksam. Die beruhigte und homogenisierte Strömung S1' trifft von unten, vertikal auf die Kante 11, wird in der Bohrung 13' zur laminaren Strömung S2 und beaufschlagt eine in axialer Richtung verschiebbliche Prallplatte 20, die durch den Strahldruck angehoben wird.- Eingesetzt und abgedichtet mittels einer Gummidichtung 24 (O-Ring) ist die Düse 9 mit ihrer Stauffläche 8 in einer Zuführstrecke 2.

[0045] Es bildet sich somit ein durch einen Flüssigkeitsfilm FK abgedichteter sphärischer Raum R der über ein eingestelltes Flüssigkeits-Niveau N mit geringer Energie umpumpbar ist.

[0046] In der Bohrung 13' befindet sich eine radiale Ausnehmung 23, in welche Anschläge 22 greifen, die an drei Führungsstäben 21 angeordnet sind. Diese Führungsstäbe sind ihrerseits mit der Platte 20 mechanisch

verbunden.- Durch diese Massnahme bleibt die Prallplatte 20 koaxial geführt und bildet an der Ausflussöffnung 10 einen Ringspalt, der den Laminarstrahl S2 in Form einer Fluid-Glocke umlenkt.- Die Führungsstäbe sind mit Zentriwinkel von je 120° an der Prallplatte 20 angeordnet und relativ dünn ausgeführt, so dass sie die Laminarströmung S2 kaum beeinflussen.

[0047] Die in der Fluid-Glocke vorhandene laminare Strömung bildet sich als dünner Flüssigkeitsfilm aus und wirkt sehr dekorativ; die Glocke reflektiert das Umgebungslicht und wirkt lichtleitend und spiegelt die Umgebung wider.

[0048] Das erfindungsgemässe Verfahren lässt sich generell mit an sich bekannten Mitteln umsetzen, die in Vorrichtungen verwendeten Materialien sind handelsüblich, die Dimensionierung kann durch den Fachmann dem Medium und dessen physikalischen Grössen entsprechend erfolgen und lässt ein hohes Mass an Anpassbarkeit offen.

[0049] Der Erfindungsgegenstand findet zahlreiche Anwendungen in der Technik und im Alltag. So ist ein erfindungsgemäss gebildeter Laminarstrahl gegenüber einem diffusen Strahl bedeutend weiter reichend; beispielsweise würde ein entsprechend ausgebildetes Wendrohr, auch Strahlrohr genannt, zielgerichteter und bei geringerem Wasserverbrauch, d.h. auch mit bedeutend geringeren Wasserschäden, der Feuerbekämpfung dienen können.

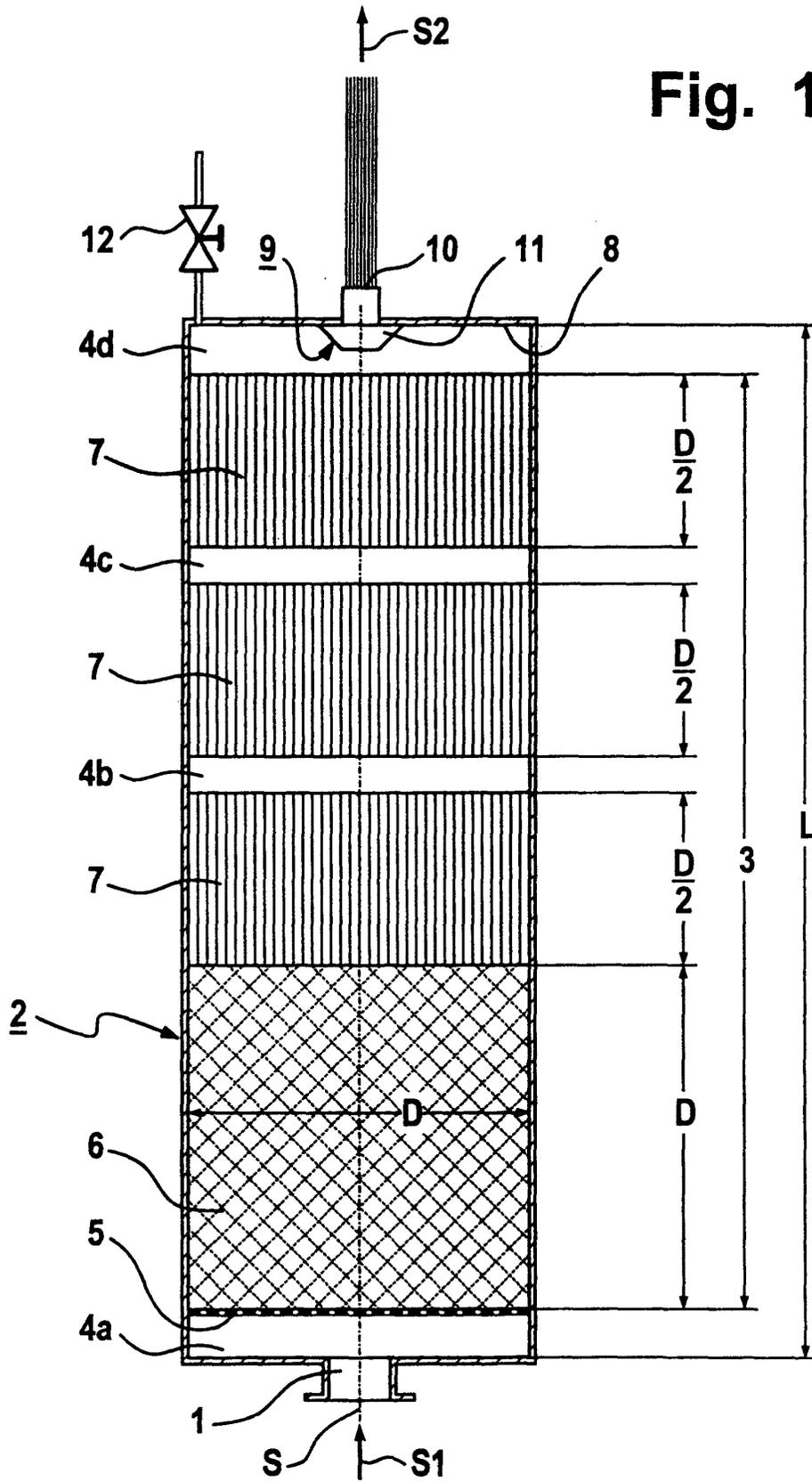
[0050] Ebenfalls geeignet ist der Erfindungsgegenstand für den Polizeieinsatz (Wasserwerfer) und mit pulserenden Druckquellen für nicht letale Waffen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erzeugung eines laminaren oder quasi laminaren kohärenten Strahls aus einem fließfähigen Medium und/oder zur Verringerung der Wandreibung des Mediums an Übergangsstellen von Rohrleitungen und/oder in Leitungsabschnitten, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Medium über einen gegenüber seiner Zuleitung grösseren Querschnitt in einer Zuführstrecke geführt wird, dass die Strömung in dieser Zuführstrecke in wenigstens einer Beruhigungsstrecke in ihrem Turbulenzgrad reduziert und zudem homogenisiert wird, dass diese beruhigte Strömung zu einer Stauffläche geführt wird, in welcher zentral eine scharfkantig ausgebildete Düse mit kreisförmigem Querschnitt angeordnet ist, die mit einem zu ihrer Strömungsachse gebildeten Winkel von 0° - 90° versehen ist, wodurch der Strömung durch an der Kante gebildete torusförmig verteilte Ablöseblasen Energie zugeführt wird, so dass sich im peripheren Bereich des erzeugten Strahls eine höhere Geschwindigkeit einstellt als im axialen Bereich und dass die Strömung über ein der Düse nachgeschaltetes Rohr mit dem gleichen und/oder einem ge-

- genüber dem Querschnitt der Düse erweiterten Öffnungsquerschnitt abgeleitet wird, wobei die Strömung an der Ausflussöffnung der Düse und im nachgeschalteten Rohr zumindest quasi laminar ist. 5
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Zuführstrecke wenigstens vor der Staufläche ein freier Rohrabschnitt vorgesehen ist, durch den die Strömung ungehindert fließt. 10
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ausflussöffnung der Düse eine orthogonal und verschieblich angeordnete kreisförmige Prallplatte vorgelagert wird, welche die zumindest quasi laminare Strömung in Form einer durch das Medium gebildeten dünnwandigen Glocke umlenkt. 15
20
4. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Zuführstrecke (2) eine Beruhigungsstrecke (3) vorgesehen ist. 25
5. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Beruhigungsstrecke (3), in Strömungsrichtung (S), ein partiell durchlässiges Prallblech (5) mit einem nachgeschalteten Schaumkörper (6) vorgesehen ist. 30
6. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Schaumkörper (6) mindestens ein Strömungsgleichrichter (7) nachgeschaltet ist. 35
7. Vorrichtung nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen jeweils zwei Strömungsgleichrichtern (7) freie Rohrabschnitte (4b, 4c) vorgesehen sind. 40
8. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Düse mit ihrem scharfkantigen Teil, gegen die Strömungsrichtung S betrachtet, über die Staufläche (8) hinausragt. 45
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bohrung (13') der Düse (9;9f), in Strömungsrichtung (S) betrachtet, aufgeweitet ist. 50
10. Vorrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** in der Zuführstrecke (2), vor der Staufläche (8), eine Entlüftungsbohrung, eine Entlüftungsschraube oder ein Entlüftungsventil (12) vorgesehen ist. 55

Fig. 1



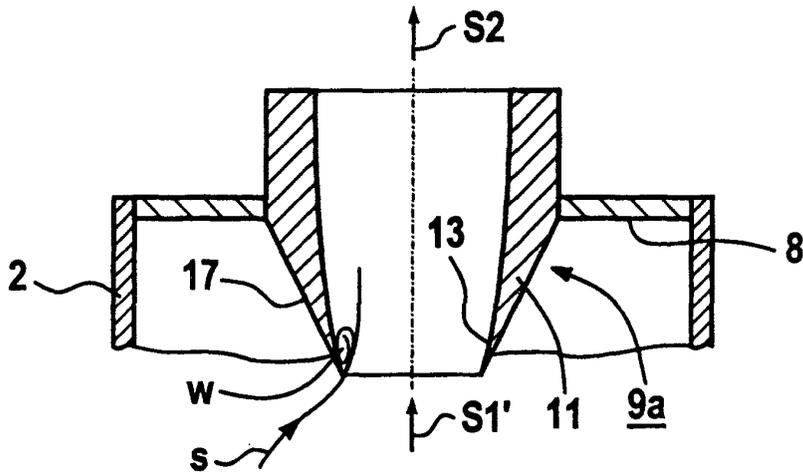


Fig. 2

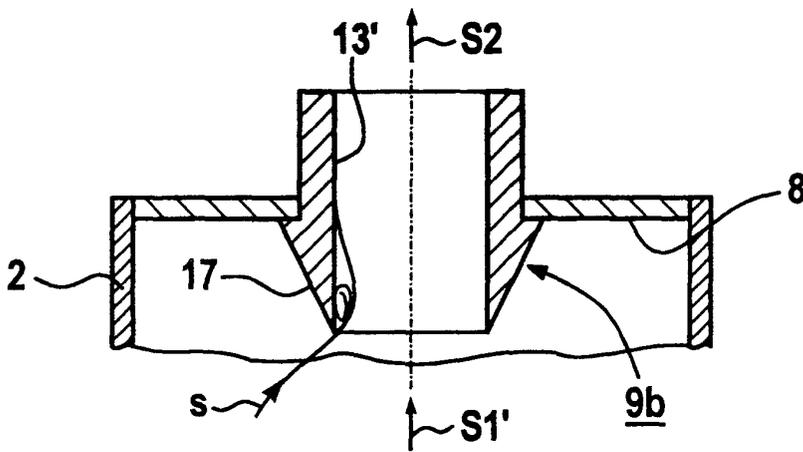


Fig. 3

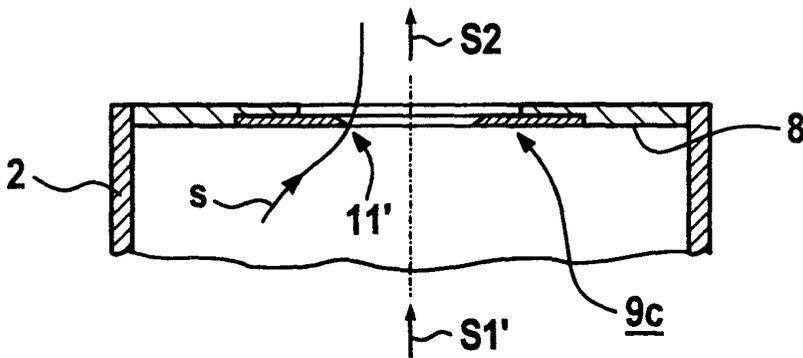


Fig. 4

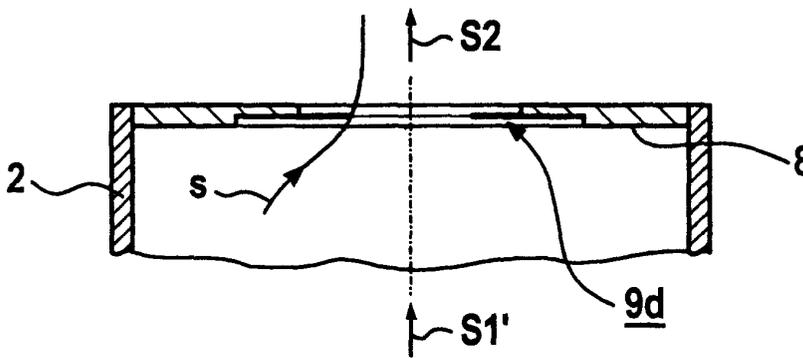


Fig. 5

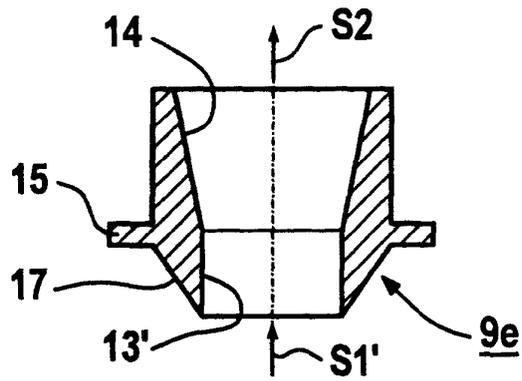


Fig. 6

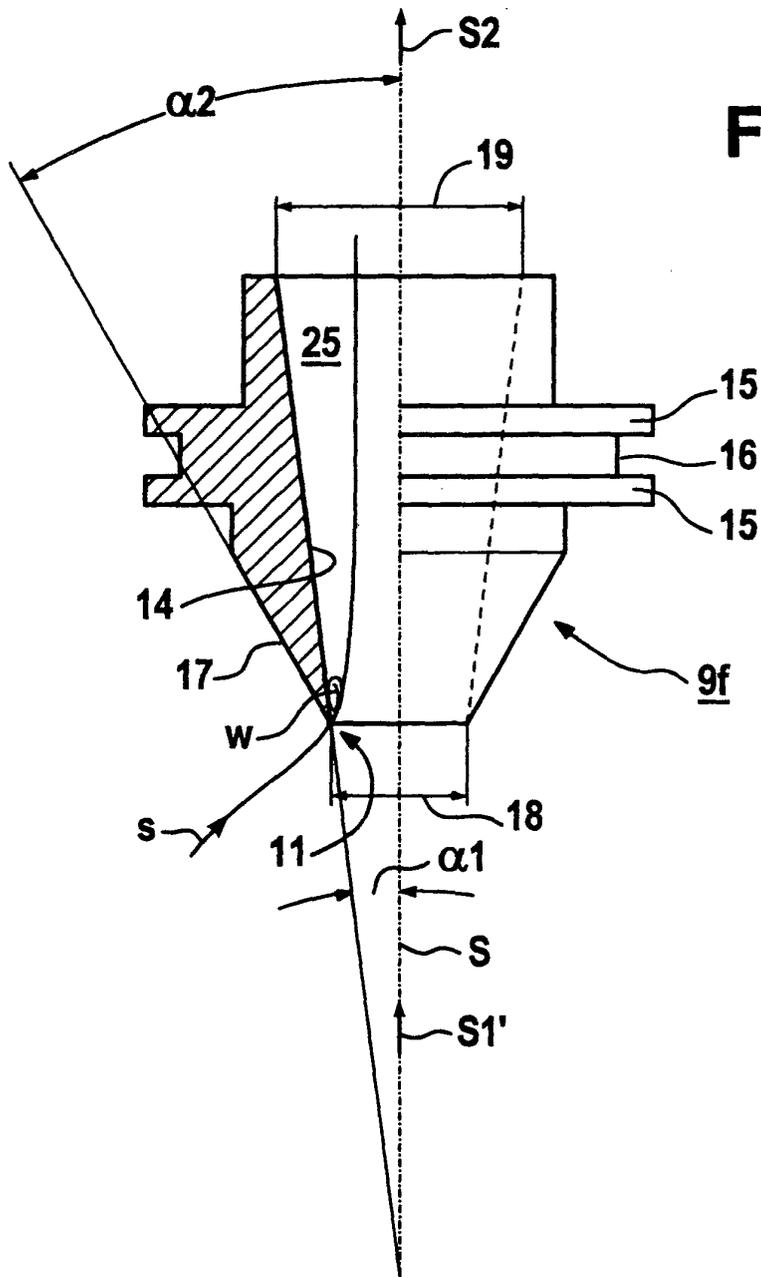


Fig. 7

Fig. 8

