



Die Erfindung betrifft einen Injektor insbesondere zum Ansaugen von Umgebungsluft und Einblasen in den Verbrennungsraum eines Fackelbrenners nach den Oberbegriffen der Patentansprüche 1 und 4. Außerdem hat die Erfindung einen Fackelbrenner nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 16 zum Gegenstand.

5 Es ist bereits bekannt, Umgebungsluft und ein Treibfluid in einer in der Regel gerade verlaufenden Mischstrecke eines rohrförmigen Leitungsabschnittes dadurch miteinander zu vermischen, daß von dem mit deutlich höherer Geschwindigkeit strömenden Treibfluid die Umgebungsluft angesaugt wird und auf der Mischstrecke eine Vermischung stattfindet.

Das Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, einen Injektor und einen Fackelbrenner der eingangs  
10 genannten Gattung zu schaffen, bei denen die Förder- und Mischleistung bei vergleichsweise großen Volumenströmen der Luft mit vergleichsweise geringen Volumenströmen des Treibfluids dadurch optimiert wird, daß die Wandreibung in dem Mischbereich möglichst reduziert und eine nahezu vollständige Impulsabgabe des Treibfluids an die angesaugte Luft erzielt wird. Mit anderen Worten will die Erfindung auf  
15 einer möglichst kurzen Wegstrecke eine optimale und schnelle Durchmischung von Luft und Treibfluid unter möglichst verlustarmer Impulsübertragung vom Treibfluid auf die Luft erreichen.

Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruches 1 vorgesehen. Besonders vorteilhafte Weiterbildungen entnimmt man dem Anspruch 2. Wesentlicher Erfindungsgedanke ist es also, daß die Ausdehnung des Strömungstotraumes im Bereich der Einblasöffnungen insbesondere zwischen Einblasöffnungen und Strömungskanalwand größer als der Querschnitt der Einblas-  
20 öffnungen ist.

Eine baulich besonders bevorzugte Ausführungsform, die außerdem zu einer besonders kurzen Baulänge bei optimaler Mischleistung führt, ist durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Anspruches 3 definiert.

Bevorzugte Ausführungsformen dieser Weiterbildung sind in den Patentansprüchen 4 bis 7 angegeben.

25 Erfindungsgemäß wird also eine erhebliche Reduzierung der Reibungsverluste der angesaugten Umgebungsluft dadurch erzielt, daß die Mündung des Einlaufs gerundet ist und auf diese Weise Strömungsablösungen weitestgehend vermieden werden. Die erfindungsgemäßen Strömungstoträume bringen den Vorteil, daß die Sprühstrahlen dort eine Rückströmung im Wandbereich auslösen, so daß eine intensive Vermischung des Treibfluids mit der einströmenden Luft rund um jeden einzelnen Sprühstrahl stattfindet. Der  
30 Luftdurchsatz und die Mischungsintensität können durch die Maßnahmen nach Anspruch 7 verbessert werden.

Die Anordnung der Einblasöffnungen für das Treibfluid in einem abgeschirmten Strömungstotraum setzt auch die Schallabstrahlung nach außen in vorteilhafter Weise herab.

Die Ausführungsformen nach Anspruch 4 haben folgende Vorteile:

35 Der Ansaugquerschnitt durch die Eckbereiche des Polygons vergrößert und damit der Durchsatz an Umgebungsluft gesteigert wird, wobei wenigstens eine Einblasöffnung im Bereich der Mitte jedes Rohrschusses vorgesehen sein soll, weil dort die größte Nähe zum Zentrum des Umgebungsluftstromes vorliegt. Hierdurch wird die homogene Beaufschlagung und Vermischung des Treibfluids mit der Luft wesentlich begünstigt. Als Einblasöffnungen für das Treibfluid aus dem Ringrohr dienen im einfachsten Fall und  
40 baulich besonders vorteilhaft zylindrische Bohrungen. Eingesetzte Düsen können den Wirkungsgrad der Sprühstrahlen erhöhen. Durch Verwendung von Laval-Düsen wird eine maximale Umsetzung von Druckenergie des Treibfluids in der Förderung der Luft dienende Bewegungsenergie der Sprühstrahlen erzielt. Bei Anordnung der Einblasöffnungen in mehreren Ebenen wird eine Verbesserung der homogenen Einmischung und Impulsübertragung der Sprühstrahlen auf die Luft erzielt. Entsprechend könnte auf dem  
45 erfindungsgemäßen Ringrohr ein zweites Ringrohr angeordnet sein, wodurch ebenfalls zwei axial beabstandete Ringe von Einblasöffnungen für das Treibfluid zur Verfügung gestellt werden können. Insbesondere bei mehreren übereinander angeordneten Einblasöffnungs-Ebenen kann die Richtung der Achsen der Einblasöffnungen von der Senkrechten zur Tangente an den Querschnitt des Ringrohres am Ort der betreffenden Einblasöffnung mehr in Richtung zur Wand hin abweichen, damit die Sprühstrahlen keinen zu  
50 großen Winkel mit der Mittelachse einschließen.

Durch weitestgehende Vermeidung des Wandkontaktes kann eine Minimierung der Wandreibung der vom Treibfluid erzeugten Sprühstrahlen erzielt werden. In besonders vorteilhafter Weise wird in dem Bereich, wo der Wandkontakt der Sprühstrahlen vermieden wird, im Sinne einer Rückströmung Luft im wesentlichen entgegen der Hauptströmungsrichtung angesaugt und von der Wandseite her vom Treibfluid  
55 aufgenommen.

Bevorzugt ist das Ringrohr auf den Mischbereich des Strömungskanals aufgesetzt, wobei nicht nur eine optimale Durchmischung auf kurzer Strecke, sondern auch eine ungehinderte, verlustarme Ansaugung von Luft aus einem Großteil der Umgebung ermöglicht wird. Bevorzugt ist es allerdings, wenn die vorzugsweise

parallel zur Hauptströmungsrichtung verlaufenden Wände des Mischbereiches unter einem Winkel von  $90^\circ$  auf die Tangente an den Querschnitt des Ringrohres an der Berührungsstelle von Wand und Ringrohr auftreffen.

Besonders bevorzugt sind die Ausführungsformen nach den Patentansprüchen 5 und 6. So soll im  
5 Mischbereich weder durch Konvergenz des Strömungskanals eine Strömungsgeschwindigkeitserhöhung noch durch Divergenz des Strömungskanals eine Strömungsgeschwindigkeitsreduzierung erfolgen. Dadurch wird ein optimaler und besonders verlustarmer Mischeffekt erzielt.

Zur Erhöhung des Durchsatzes an Luft bei konstantem Durchsatz des Treibfluids erweist sich ein dem  
10 Mischbereich nachgeschalteter Diffusorbereich als vorteilhaft. Hierdurch wird weiterhin der Unterdruck im Mischbereich erhöht und die Unempfindlichkeit gegenüber Druckschwankungen der Luft gesteigert. Bei einer Anordnung mit nachgeschaltetem Diffusor sind Verhältnisse des Durchsatzes von Umgebungsluft zu Treibfluid zwischen 10 und 25 möglich.

Von besonderem Vorteil ist weiter die Unterteilung des Diffusorbereichs in mindestens zwei Sektionen mit Hilfe von in Strömungsrichtung angeordneten Leitblechen, da hierdurch die strömungsverzögernde und  
15 druckaufbauende Wirkung des Diffusorbereiches verbessert wird, wodurch insbesondere der Erweiterungswinkel des Diffusors vergrößert und die Diffusorlänge verringert werden kann.

Von besonderem Vorteil ist die Anwendung der Erfindung bei einem Fackelbrenner nach Anspruch 8. Bei dieser Anwendung wird die Seitenwindempfindlichkeit des Fackelbrenners wesentlich herabgesetzt. Ferner erleichtern geringes Gewicht und kleine Abmessungen des erfindungsgemäßen Injektors den Einbau  
20 und reduzieren die angreifenden Windkräfte und Gewichtskräfte im Bereich des in großer Höhe am Ende des kaminartigen Abzugsrohrs angeordneten Verbrennungsraums, in welchem die eigentliche Verbrennung jedoch nur bei Minimallast stattfindet, während beim Abfackeln größerer Fackelgasmengen dort nur eine intensive Vermischung von Fackelgas und Luft/Treibfluid-Gemisch stattfindet, während die Verbrennung oberhalb der Austrittsöffnung erfolgt. Ein Windschild kann die Seitenwindempfindlichkeit besonders im  
25 Teillastbereich noch verbessern. Durch optimierte Ansaugung der Luft aus der Umgebung wird der Durchsatz auch bei Anordnung von sehr vielen Injektoren auf engstem Raum verbessert. Die Lärmemission des Fackelbrenners wird durch die lärmarme Ausführung der Injektoren deutlich reduziert. Außerdem wird die Vollständigkeit der Verbrennung gefördert und somit die Rußbildung reduziert.

Vorteilhafte Ausführungen des erfindungsgemäßen Fackelbrenners sind durch die Ansprüche 9 und 10  
30 gekennzeichnet.

Vorteilhaft ist dabei die Verwendung von Wasserdampf als Treibfluid, weil er z.B. in Ethylen-Anlagen ohnehin zur Verfügung steht und über die Wassergasreaktion noch einen gewissen Einfluß auf den Rußunterdrückungsvorgang hat. Durch die versetzte Anordnung der Injektoren wirken die aus ihnen in den  
35 Verbrennungsraum eintretenden Gemischstrahlen als Sperrgitter für das durch das Abzugsrohr zugeleitete Fackelgas. Sie sind somit Mischungsfördernd, und es erfolgt eine Verbesserung der Verbrennungsvorgänge in bezug auf Rußfreiheit und Ausbrand.

Grundsätzlich können die erfindungsgemäßen Injektoren im zylindrischen Teil des Fackelbrenners angeordnet werden. Bevorzugt ist jedoch ihre Anordnung in einem oben am Abzugsrohr vorgesehenen, sich  
40 konisch erweiternden Verbrennungsraum.

Wenn die Injektoren mindestens senkrecht zur Mantelfläche des konischen Verbrennungsraumes und bis zu einem Winkel von  $30^\circ$  zur Mittelachse des Verbrennungsraums nach oben gerichtet angeordnet sind, trägt dies zur Verbesserung der homogenen Einmischung der Verbrennungsluft in das Fackelgas bei  
geeigneter Einstellung des Injektorwinkels bei.

Die Drallerteilung verbessert die Verbrennung dadurch, daß kalte Fackelgasschichten im Zentrifugalfeld  
45 aufgrund ihrer höheren Dichte in die Randzone nach außen getragen werden, wo sie intensiv mit der dort zugeführten Verbrennungsluft in Kontakt kommen können. Bei wechselsinnigem Drall pro mit Injektoren versehenem Umfang wird die homogene Vermischung der Verbrennungsluft mit dem Fackelgas weiter begünstigt.

Die Erfindung wird im folgenden beispielsweise anhand der Zeichnung beschrieben; in dieser zeigt:

- 50 Fig. 1 eine schematische axiale Schnittansicht durch eine erste Ausführungsform eines Injektors gemäß der Erfindung,  
Fig. 2 eine entsprechende, noch stärker schematisierte Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Injektors,  
Fig. 3 einen stark schematisierten Schnitt nur durch den Mischbereich einer weiteren  
55 Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Injektors,  
Fig. 4 eine schematische Schnittansicht des mit einem polygonalen Ringrohr versehenen Mischbereiches einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Injektors,

- Fig. 5 einen vergrößerten Schnitt nach Linie V-V in Fig.4,  
 Fig. 6 einen Axialschnitt einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Injektors mit zwei Ringanordnungen von Einblasöffnungen,  
 Fig. 7 eine Teildraufsicht des Gegenstandes der Fig. 6 bei teilweise aufgebrochenem Ringrohr,  
 5 Fig. 8 eine Schnittansicht einer weiteren Ausführungsform zur Erläuterung der Wirkungen eines erfindungsgemäßen Injektors, wobei links und rechts der Mittelachse verschiedene Ausführungsformen dargestellt sind, die  
 Fig. 8a, 8b und 8c verschiedene weitere Ausführungsformen für die Ausbildung und Anordnung der Zusatzluftansaugöffnungen, und  
 10 Fig. 9 einen Axialschnitt durch den oberen Bereich eines Fackelbrenners, an welchem Injektoren nach einem der vorangehenden Ausführungsbeispiele angeordnet sind.

Fig. 9 zeigt das obere Ende eines Fackelbrenners 11, durch dessen vertikal im Freien angeordnetes, eine vertikale Mittelachse 34 aufweisendes Abzugsrohr 32 Fackelgas in Richtung der Pfeile 38 aufwärts  
 15 strömt. Im oberen Endbereich des Abzugsrohres 32 ist eine sich nach oben erweiternde kegelstumpfförmige Umfangswand 33 an den darunter kreiszylindrischen Teil angesetzt, deren unterer Querschnitt mit dem angrenzenden oberen Querschnitt des kreiszylindrischen Teils des Abzugsrohres 32 kongruent ist. Im Bereich des größten oberen Querschnitts 39 mündet das Abzugsrohr 32 in die umgebende Atmosphäre 40.

Entlang des Umfanges der Umfangswand 33 sind in zwei im Abstand übereinanderliegenden Horizontalebene  
 20 41, 42 in gleichmäßigen peripheren Abständen erfindungsgemäße Injektoren 12 angeordnet, wie sie im folgenden anhand der Fig. 1 bis 8 im einzelnen beschrieben werden.

Durch Rohrleitungen 43 werden die Injektoren 12 mit Treibdampf beschickt, der beispielsweise einen Druck von 9 bar und eine Temperatur von 450 °C aufweist. Hierdurch saugen die Injektoren in Richtung der gekrümmten Pfeile in Fig. 9 Umgebungsluft an und blasen diese senkrecht zur Umfangswand 33 in das  
 25 Innere des Abzugsrohres 32 ein, wo sie sich mit dem Fackelgas 38 kreuzt. Durch eine nicht dargestellte Zündvorrichtung kann somit das brennbare Gemisch von Fackelgas und durch die Injektoren 12 zugeführter Verbrennungsluft entzündet werden und das Fackelgas in der erwünschten Weise durch die Austritts-Querschnittsfläche 39 hindurch in die Atmosphäre 40 abgefackelt werden.

Das Innere der sich konisch erweiternden Umfangswand 33 stellt somit ab der untersten Ebene 41, wo  
 30 Verbrennungsluft zugeführt wird, einen Verbrennungsraum 13 dar.

In den folgenden Figuren bezeichnen gleiche Bezugszahlen entsprechende Bauelemente wie in Fig. 9.

Nach Fig. 1 umfaßt eine erste Ausführungsform eines Injektors 12 ein Kreisringrohr 21 mit kreisförmigem Querschnitt und Innenraum 49, welches auf die obere kreisringförmige Eingangsstirnseite 29 der  
 35 Wand 26 eines Strömungskanals 16 aufgesetzt und dort beispielsweise durch Schweißen befestigt ist. Die ringförmige Eingangsstirnseite 29 befindet sich etwas radial innerhalb des parallel zur Mittelachse 44 des Injektors 12 verlaufenden Durchmessers 45 des kreisförmigen Querschnitts des Ringrohres 21. Etwa unter einem Winkel von 45° zum Durchmesser 45 bezogen auf die kreisförmige Mittelachse 46 des Ringrohres 21 sind rund um die Mittelachse 44 im Ringrohr 21 Einblasöffnungen 17 vorgesehen, durch welche in Richtung der in den Einblasöffnungen 17 gezeigten Pfeile der durch die Rohrleitung 43 zugeführte  
 40 Treibdampf in den Strömungskanal 16 eingeleitet werden kann.

Ausgehend von der Eingangsstirnseite 29 verjüngt sich die Strömungskanalwand 26 zunächst düsenartig bis schließlich in der Querschnittsebene 47 die Erzeugenden der Wand parallel zur Mittelachse 44  
 45 verlaufen, die gleichzeitig der durch einen Pfeil angedeutete Hauptströmungsrichtung 36 entspricht. So wird ein Bereich mit einer kreiszylindrischen, zur Mittelachse 44 konzentrischen Wand 26' gebildet. Die Wand 26' erstreckt sich in Hauptströmungsrichtung 36 weiter bis zu einer Anschlußstirnseite 37, an die ein Diffusor 48 angesetzt ist. Der sich düsenartig verjüngende Teil könnte auch als Kegelstumpf ausgebildet sein, an den sich die Wand 26' anschließt. Ebenso könnte auch der Diffusorbereich 18 nach Art eines Kegelstumpfes, d.h. mit geradlinigen Erzeugenden ausgebildet sein.

Auf diese Weise schließen sich in Hauptströmungsrichtung 36 an das Ringrohr 21 konzentrisch zur  
 50 Mittelachse 34 ein Mischbereich 19, der aus einem konvex konvergierenden Bereich 19' und einem eine zur Mittelachse 44 parallele Wand 26' aufweisenden Bereich 19'' besteht, und ein Diffusorbereich 18 an. Mit der Austrittsstirnfläche 20 voran wird der Injektor 12 in geeignete Bohrungen 50 in der Umfangswand 33 nach Fig. 9 eingesetzt und dort durch Schweißen befestigt. Die in Fig. 1 obere Horizontalebene des Ringrohres 21 bildet eine Luftansaugöffnung 15, durch die gemäß den gekrümmten Pfeilen in Fig. 9 nach dem Einbau in den Fackelbrenner 11 Umgebungsluft angesaugt wird.  
 55

Nach Fig. 1 erstreckt sich zwischen dem radial äußeren Rand 27 der Einblasöffnungen 17 und der Eingangsstirnseite 29 der Strömungskanalwand 26 noch ein Wandstück 25, dessen Länge in Umfangsrichtung etwas größer als der Durchmesser der Einblasöffnungen 17 sein soll.

Aufgrund der beschriebenen Anordnung entsteht vorzugsweise nach außen anschließend an die Einblasöffnungen 17 ein Strömungstotraum 22, so daß der aus den Einblasöffnungen 17 austretende Treibdampf zunächst in den Totraum 22 und erst von diesem aus in die durch die Luftansaugöffnung 15 von oben in Richtung der Pfeile angedeutete Luftströmung gelangt.

5 Besonders wichtig für eine einwandfreie Übertragung des Impulses des mit hoher Geschwindigkeit durch die Einblasöffnungen 17 eintretenden Treibdampfes ist nicht nur der Strömungstotraum 22, sondern auch der mit parallel zur Mittelachse 44 verlaufenden Wänden 26' versehene Teil 19' des Mischbereiches 19.

10 In den Diffusor 48 sind über den Umfang verteilt vier Leitbleche 30 angeordnet, die mit ihren Ebenen parallel zur Hauptströmungsrichtung 36 verlaufen und rundum radial innen an einem konzentrisch zur Mittelachse 44 angeordneten Stromlinienkörper 31 befestigt sein können.

Die Anfangsgeschwindigkeit der Sprühstrahlen 23 in der Größenordnung von 600 m/s sinkt im Mischbereich 19 auf 200 m/s ab und beträgt an der Austrittsstirnfläche 20 ca. 70 m/s.

Bevorzugte Werte für die in Fig. 1 gezeigten Parameter bzw. deren Verhältnisse sind wie folgt:

15

20

25

$D_0/D_M$	1,7 bis 2,0
$D_1/D_M$	1,2 bis 1,4
$D_2/D_M$	1,7 bis 2,2
$R_0/D_M$	0,12 bis 0,25.
$D_M$ :	100 bis 200 mm;
$R_0$ :	10 bis 20 mm;
d:	3 bis 8 mm;
$L_M$ :	60 bis 180 mm;
Gesamtöffnungswinkel des Diffusorbereiches 18:	4° bis 14°;
Länge des Diffusorbereiches 18:	ca. 100 mm bis 200 mm.

Fig. 2 zeigt eine Ausführungsform, bei der gegenüber Fig.1 ein Mischbereich 19 mit einer durchgehend kreiszylindrischen, zum kreisförmigen Ringrohr 21 und zur Mittelachse 44 konzentrischen Wand 26' angeordnet ist. Nach Fig. 2 stoßen die Wände 26' des bevorzugten Mischbereiches 19 annähernd senkrecht auf die untere Tangente des kreisförmigen Querschnittes des Ringrohres 21.

30 Wichtig bei dieser Ausführungsform ist nicht nur der deutliche Abstand a der Einblasöffnungen 17 von der Wand 26', sondern auch der Winkel  $\delta$ , unter welchem die durch den aus den Einblasöffnungen 17 austretenden Treibdampf erzeugten Sprühstrahlen 23 relativ zur Mittelachse 44 bzw. den Erzeugenden der Wand 26' verlaufen. Beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 2 ist der Winkel  $\delta$  übertrieben groß dargestellt; er hat bevorzugt eine Größe zwischen 5 und 20°.

Ein weiteres wichtiges Merkmal der Ausführungsform nach Fig.2 besteht darin, daß die Mittelachse 44' des Diffusorbereiches 18 nicht mit der Mittelachse 44 des Mischbereiches 19 ausgerichtet ist, sondern um einen kleinen Winkel von 15 bis 20° gegenüber dieser abgewinkelt ist. Um einen möglichst kontinuierlichen Strömungsübergang zu erhalten, ist die Anschlußstirnseite 37 des Mischbereiches 19 nicht senkrecht, sondern etwa unter dem halben Winkel  $\delta$  zur Mittelachse 44 angeordnet. Ebenso weist die entsprechende Eintrittsstirnfläche des Diffusorbereiches 18 den halben Winkel  $\delta$  zu ihrer Mittelachse 44' auf.

Die Abwinklung des Diffusorbereiches 18 nach Fig. 2 hat den Sinn, daß beim Anbau dieses Injektors 12 an einen Fackelbrenner nach Fig. 9 der Mischbereich 19 auch dann annähernd horizontal ausgerichtet sein kann, wenn der Diffusorbereich 18 in eine sich gemäß Fig. 9 konisch erweiternde Umfangswand 33 eingesetzt ist.

Fig. 3 zeigt, daß das Ringrohr 21 auch einen halbkreisförmigen Querschnitt aufweisen kann, welches so auf die parallel zur Mittelachse 44 verlaufende Wand 26' des kreiszylindrischen Mischbereiches 19 aufgesetzt ist, daß der flache Umfangswandbereich 21'' des Ringrohres 21 mit der Wand 26' in der aus Fig. 3 ersichtlichen Weise fluchtet. Bei der Ausführungsform nach Fig. 3 wird also ein radiales Vorstehen des Ringrohres 21 nach außen über den Mischbereich 19 vermieden.

50 Gemäß den Fig. 4 und 5 ist ein mit vollkreisförmigem Querschnitt versehenes Ringrohr 21 aus geradlinigen Rohrschüssen 21' zu einer polygonartigen Anordnung zusammengesetzt. Insgesamt sind acht Rohrschüsse 21' zu einer Achteckanordnung zusammengesetzt. Bei der Ausführungsform nach den Fig. 4 und 5 weist jeder Rohrschuß 21' nur in der Mitte eine Einblasöffnung 17 auf.

55 Der Winkel  $\delta$  dieser Ausführungsform zur Wand 26' bzw. zur Mittelachse 44 liegt auch beim Ausführungsbeispiel nach Fig. 5 zwischen 5 und 20°. Der Abstand a der Mittelachse der Einblasöffnung 17 von der Wand 26' entspricht der Dicke b der Wand 26'.

Bei der Ausführungsform nach den Fig. 6 und 7 besitzen das mit einem kreisförmigen Querschnitt versehene Ringrohr 21, der Mischbereich 19 und der Diffusorbereich 18 die gleiche Mittelachse 44. Im Gegensatz zu den vorangehend beschriebenen Ausführungsbeispielen sind hier jedoch im unteren inneren Quadranten des Kreisringrohres 21 zwei Ringanordnungen von Einblasöffnungen 17 in axial übereinander-

5

liegenden Ebenen 24, 24' vorgesehen, die senkrecht zur Mittelachse 44 verlaufen und somit unter unterschiedlichen Winkeln zur Mittelachse 44 in den Mischbereich 19 eintretende Sprühstrahlen definieren. Die Achsen der Einblasöffnungen 17 können im einfachsten Fall senkrecht zur Tangente an den Querschnitt des Ringrohres 21 an der Stelle, wo sich die betreffende Öffnung befindet, verlaufen. Bevorzugt ist es jedoch, wenn diese Achsen etwas in Richtung der Wand 26 geneigt sind, derart, daß die

10

Sprühstrahlen 23 einen geringeren Winkel zur Mittelachse 44 als bei senkrechtem Austreten aufweisen. Der betreffende Winkel muß jedoch von Null verschieden bleiben. Rechts der Mittelachse 44 ist in Fig.8 eine weitere Ausführungsform veranschaulicht, bei der unmittelbar unter dem Ringrohr 21 in der kreiszylindrischen Wand zur Außenatmosphäre führende Bohrungen 53

15

vorgesehen sind, die über den gesamten Umfang gleichmäßig verteilt sind. Statt dieser Bohrungen können nach den Fig. 8a, 8b bzw. 8, 8c auch Ausnehmungen 53', 53'' bzw. 53''' in der oberen Stirnseite 29 der Strömungskanalwand 26 vorgesehen sein, welche entweder nach Fig. 8a in radialer Ansicht annähernd halbkreisförmig, nach Fig. 8b dreieckförmig oder nach Fig. 8, 8c trapezförmig

20

ausgestaltet sind. Die Wirkungsweise des erfindungsgemäßen Injektors 12 wird im folgenden anhand von Fig. 8 beschrieben.

20

Nach Fig. 8 bildet der beispielsweise durch 13 bis 16 Einblasöffnungen 17 mit einer Geschwindigkeit von beispielsweise 600 m/s einströmende Treibdampf Sprühstrahlen 23, die zunächst in die erfindungsgemäß vorgesehenen Strömungstoträume 22 eintreten und aus diesen in den eigentlichen Mischbereich 19 gelangen. Aufgrund des deutlichen Abstandes der Einblasöffnungen 17 von der Umfangswand 26' des Mischbereiches 19 herrscht im Wandbereich eine leichte Rückströmung, weil der statische Druck der Gesamtströmung in Hauptströmungsrichtung 36 längs des Mischbereiches 19 zum Diffusorbereich 18 hin steigt. Durch hohe turbulente Reibung bei großen Differenzgeschwindigkeiten erfolgt hier bereits eine erste wirkungsvolle Durchmischung von Treibdampf und Luft, und zwar nicht nur an der zur Wand gerichteten Seite der Sprühstrahlen 23, sondern auch auf der zur Mittelachse 44 weisenden Seite der Sprühstrahlen 23.

25

Es werden also die extrem schnellen Dampfstrahlen schnell mit der angesaugten Luft vermischt. Die Luft wird auf höhere Geschwindigkeit in Richtung der Hauptströmung beschleunigt und die Sprüh- bzw. Treibstrahlen 23 infolge der Wechselwirkung entsprechend verzögert. Die Verzögerung durch Impulsabgabe von den Sprühstrahlen auf die Luft gelingt auf der vergleichsweise kurzen Mischstrecke 19.

30

Bei Anordnung von Zusatzluftansaugöffnungen 53, 53', 53'' und/oder 53''' gemäß der Darstellung rechts von der Mittelachse 44 in Fig. 8 (wo eine Ausführungsform der Zusatzluftansaugöffnungen 53 in ausgezogenen Linien und eine weitere Ausführungsform (53') in gestrichelten Linien wiedergegeben ist) bzw. in Fig. 8a, 8b und 8c wird zusätzlich Außenluft angesaugt, die sich mit dem im Strömungskanal 16 rückströmenden Luft-Treibdampf-Gemisch vermischt und den gesamten Luftdurchsatz erhöht.

35

In der Ebene 51 ist schematisch das dort noch nicht ganz ausgeglichene Geschwindigkeitsprofil angedeutet. An der Anschlußstirnseite 37 für den Diffusorbereich 18 liegt dann aber bereits ein weitgehend gleichmäßiges Geschwindigkeitsprofil 52 über dem gesamten Querschnitt des Strömungskanals 16 vor. Im Diffusorbereich 13 wird dann nur noch die Geschwindigkeit des mit Treibdampf vermischten Luftstromes auf einen solchen Wert herabgesetzt, wie er für das Einblasen in den Verbrennungsraum 13 nach Fig. 9 erwünscht ist.

40

Bevorzugte Dimensionierungen der einzelnen Bauelemente sind unter Bezugnahme auf Fig. 8 wie folgt:

45

Innendurchmesser ID des Ringrohres 21:	115 mm
Länge LM des Mischbereiches 19:	150 mm
Länge LD des Diffusorbereiches 18:	150 mm
Durchmesser DM des Mischbereiches:	130 mm
Durchmesser DD der Austrittsstirnfläche 20 des Diffusorbereiches 18:	160 mm.

50

Alle Bauelemente des Injektors 12 mit Ausnahme des abgewinkelten Diffusorbereiches 18 nach Fig. 2 sind konzentrisch zu seiner Mittelachse 44. Das Ringrohr 21 kann kreis- oder polygonförmig sein.

55

Bezugszeichenliste

	11	Fackelbrenner
	12	Injektor
5	13	Verbrennungsraum
	14	Treibfluid (Treibdampf)
	15	Luftansaugöffnung
	16	Strömungskanal
	17	Einblasöffnung
10	18	Diffusorbereich
	19	Mischbereich
	19'	verjüngender Teil
	19''	paralleler Teil
	20	Austrittsstirnfläche
15	21	Ringrohr
	21'	Rohrschuß
	21''	flacher Umfangswandbereich
	22	Strömungstotraum
	23	Sprühstrahlen
20	24	Ebene
	24'	Ebene
	25	Wandstück
	26	Strömungskanalwand
	26'	Wand des Mischbereiches
25	27	Rand
	28	konvex gekrümmtes Wandstück
	29	Eingangsstirnseite
	30	Leitblech
	31	Stromlinienkörper
30	32	Abzugsrohr
	33	Umfangswand
	34	Mittelachse
	35	Richtung
	36	Hauptströmungsrichtung
35	37	Anschlußstirnseite
	38	Pfeile
	39	Querschnitt
	40	Atmosphäre
40	41	horizontale Ebene
	42	horizontale Ebene
	43	Rohrleitung
	44	Mittelachse
	44'	Mittelachse
	45	Durchmesser
45	46	Mittelachse
	47	Querschnittsebene
	48	Diffusor
	49	Innenraum
	50	Bohrung
50	51	Ebene
	52	Geschwindigkeitsprofil
	53	Zusatzluftansaugöffnungen

**Patentansprüche**

55

1. Injektor (12) insbesondere zum Ansaugen von Umgebungsluft und Einblasen in den Verbrennungsraum (13) eines Fackelbrenners (11) mittels eines unter Überdruck stehenden Treibfluids (14), insbesondere Treibdampfes, mit einer Luftansaugöffnung (15), einem an die Luftansaugöffnung (15) anschließenden

Strömungskanal (16) und in Strömungsrichtung nach der Luftansaugöffnung (15) am Umfang des Strömungskanals (16), vorzugsweise über diesen verteilt angeordneten Treibfluid-Einblasöffnungen (17), durch die das Treibfluid (14) im wesentlichen in Strömungsrichtung, jedoch mit einer Bewegungskomponente zum Inneren des Strömungskanals (16) hin in einen sich in Strömungsrichtung erstreckenden Mischbereich (19) geblasen wird, wo es sich mit der angesaugten Luft vermischt, wobei der Strömungskanal (16) in einem Abstand von den Einblasöffnungen (17) in Strömungsrichtung einen sich in Strömungsrichtung erstreckenden Diffusorbereich (18) aufweist, an den eine Austrittsöffnung (20) für das Gemisch aus Luft und Treibfluid anschließt, dadurch gekennzeichnet, daß die Einblasöffnungen (17) so ausgebildet und angeordnet sind, daß sie in einen am Innenumfang des Strömungskanals (16) vorgesehenen Strömungstotraum (22) münden und Sprühstrahlen (23) aus dem Strömungstotraum (22) in den Mischbereich (19) hineingerichtet sind.

2. Injektor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungskanalwand (26, 26') in Strömungsrichtung unmittelbar hinter den Einblasöffnungen (17) um ein kurzes Stück radial nach außen versetzt ist und ab dort vorzugsweise unter einem spitzen Winkel ( $\delta$ ) von vorzugsweise 5 bis 20° zu dem aus den Einblasöffnungen (17) austretenden Treibfluid (14) in Strömungsrichtung verläuft, wobei der Abstand des radial äußeren Randes (27) der Einblasöffnungen (17) von der Strömungskanalwand (26) vorzugsweise größer als der Durchmesser der Einblasöffnungen (17) ist, und/oder daß die Einblasöffnungen (17) sich in einem sich von der Strömungskanalwand (26) in Richtung auf die Luftansaugöffnung (15) erstreckenden konvex gekrümmten Wandstück (25) befinden.

3. Injektor (12) insbesondere zum Ansaugen von Umgebungsluft und Einblasen in den Verbrennungsraum (12) eines Fackelbrenners (11) mittels eines unter Überdruck stehenden Treibfluids (14), insbesondere mittels Treibdampfes, mit einer Luftansaugöffnung (15), einem an die Luftansaugöffnung (15) anschließenden Strömungskanal (16) und in Strömungsrichtung nach der Luftansaugöffnung (15) am Umfang des Strömungskanals (16), vorzugsweise über diesen verteilt angeordneten Treibfluid-Einblasöffnungen (17), durch die das Treibfluid (14) im wesentlichen in Strömungsrichtung, jedoch mit einer Bewegungskomponente zum Inneren des Strömungskanals (16) hin in einen sich in Strömungsrichtung erstreckenden Mischbereich (19) geblasen wird, wo es sich mit der angesaugten Luft vermischt, wobei der Strömungskanal (16) in einem Abstand von den Einblasöffnungen (17) in Strömungsrichtung einen sich in Strömungsrichtung erstreckenden Diffusorbereich (18) aufweist, an den eine Austrittsöffnung (20) für das Gemisch aus Luft und Treibfluid anschließt, insbesondere nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Luftansaugöffnung (15) am Innenraum eines mit dem Treibfluid (14) gespeisten Ringrohres (21) ausgebildet ist, welches auf die Eingangsstirnseite (29) des Mischbereichs (19) des Strömungskanals (16) aufgesetzt ist, und daß die Einblasöffnungen (17) in Strömungsrichtung im Anschluß an den engsten Querschnitt des Innenraums (49) des Ringrohres (21) im bzw. am Ringrohr (21) vorgesehen sind.

4. Injektor nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Ringrohr (21) einen kreisförmigen Querschnitt aufweist und/oder daß das Ringrohr (21) aus mehr als zwei, vorzugsweise wenigstens vier, eine rechteckige bis polygonale Luftansaugöffnung (15) bildenden zylindrischen Rohrschüssen (21') von vorzugsweise kreisrundem Querschnitt zusammengesetzt ist, wobei insbesondere jeder Rohrschuß (21') wenigstens eine in seinem dem Mischbereich (19) zugewandten Bereich angebrachte Einblasöffnung (17) aufweist, und/oder daß die Einblasöffnungen (17) als in der Wandung des Ringrohres (21) angeordnete zylindrische Bohrungen ausgebildet sind und/oder daß die Tangente an dem Querschnitt des sich von der Eintrittsstirnseite (29) des Mischbereichs (19) der Strömungskanalwand (26) zum Innenraum des Strömungskanals (16) erstreckenden Wandstückes (25) im Bereich der Stoßstelle zwischen der Eintrittsstirnseite (29) und des Ringrohres (21) mit der Erzeugenden der Strömungskanalwand (26) einen Winkel von 90 bis 40° einschließt.

5. Injektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet,

daß der Mischbereich (19) aus einem sich von seiner Eingangsstirnseite (29) in Strömungsrichtung konvex verjüngenden Teil (19') und einem in Strömungsrichtung anschließenden Teil (19'') mit parallel zur Hauptströmungsrichtung (36) zur Mittelachse verlaufenden Wänden (26') besteht und daß vorzugsweise das Verhältnis des Durchmessers ( $D_o$ ) der kreisförmig ausgebildeten Luftansaugöffnung (15) des Ringrohres (21) zum kleinsten Durchmesser ( $D_M$ ) des Mischbereiches (19) 1,25 bis 2,5, vorzugsweise 1,7 bis 2,0, und/oder das Verhältnis des Durchmessers ( $D_1$ ) des Mischbereiches (19) an der Eingangsstirnseite (29) zum kleinsten Durchmesser ( $D_M$ ) des Mischbereiches (19) 1,10 bis 2,0, vorzugsweise 1,2 bis 1,4 beträgt und/oder das Verhältnis des größten Durchmessers ( $D_2$ ) des Diffusorbereiches (18) zum kleinsten Durchmesser ( $D_M$ ) des Mischbereiches (19) 1,5 bis 2,7, vorzugsweise 1,7 bis 2,2 beträgt und/oder das Verhältnis des Radius ( $R_o$ ) des Querschnittes des Ringrohres (21) zum kleinsten Durchmesser ( $D_M$ ) des Mischbereiches (19) 0,15 bis 0,45, vorzugsweise 0,12 bis 0,25 beträgt und/oder daß die Erzeugenden der Wände (26') des Mischbereiches (19) in Strömungsrichtung von seiner Eingangsstirnseite (29) bis zur Anschlußstirnseite (37) für den Diffusorbereich (18) parallel zur Strömungsrichtung (36) bzw. Mittelachse verlaufen und daß sich an den Mischbereich (19) in Strömungsrichtung unmittelbar der Diffusorbereich (18) anschließt, wobei insbesondere der Winkel ( $\delta$ ) zwischen den Erzeugenden der Wände (26') des Mischbereiches (19) und der Achse der Einblasöffnungen (17) 5 bis 20° beträgt, und/oder daß der Mischungsbereich (19) und vorzugsweise auch der Diffusorbereich (18) kreisförmige Querschnitte aufweisen.

20 **6.** Injektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Diffusorbereich (18) durch in Strömungsrichtung gerichtete, vorzugsweise in Radialebenen verlaufende Leitbleche (30) in Sektionen unterteilt ist, wobei vorzugsweise vier sich kreuzende, vorzugsweise auf einem Stromlinienkörper (31) angebrachte Leitbleche (30) vorgesehen sind, die das Innere des Diffusorbereiches (18) in vier gleiche Strömungsquerschnitte aufteilen, wobei die Leitbleche (30) sich insbesondere von der Diffusor-Anschlußstirnseite (37) mindestens bis zur halben Diffusorlänge erstrecken, und/oder daß der Diffusorbereich (18) winklig, und zwar vorzugsweise unter einem kleinen Winkel an den Mischbereich (19) anschließt und/oder daß das Durchsatzverhältnis von Umgebungsluft zu Treibfluid zwischen 10 und 25 liegt.

30 **7.** Injektor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß unmittelbar unterhalb der Einblasöffnungen (17) bzw. des Ringrohres (21) in der Strömungskanalwand (26) rundum die Mittelachse (44) herum Zusatzluftansaugöffnungen (53, 53', 53'', 53''') vorgesehen sind, welche vorzugsweise axial mit den Einblasöffnungen (17) ausgerichtet sind.

**8.** Fackelbrenner (11) mit einem kaminartigen Abzugsrohr (32), welches an seinem oberen Ende einen sich vorzugsweise insbesondere konisch erweiternden Verbrennungsraum (13) aufweist, in dessen Umfangswand (33) seitlich Injektoren (12) nach einem der vorhergehenden Ansprüche angeordnet sind.

40 **9.** Fackelbrenner nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest eine Gruppe von Injektoren (12) in einer Horizontalebene (41; 42) über einen Umfang gleichmäßig verteilt und vorzugsweise mehrere Gruppen von Injektoren (12) in mehreren vertikal beabstandeten Horizontalebene (41, 42) über mehrere axial versetzte Umfänge gleichmäßig verteilt vorgesehen sind und/oder daß die Injektoren (12) mindestens senkrecht zur Mantelfläche der konischen Umfangswand (33) des Verbrennungsraumes bis maximal 30° zur Mittelachse (34) nach oben gerichtet angeordnet sind und/oder daß die Achsen der Injektoren (12) in einer Radialebene des Abzugsrohres (32) liegen oder eine periphere Komponente aufweisen, so daß ein gewisser Drall des Fackelgases und der Verbrennungsluft erzeugt wird, wobei insbesondere der erzeugte Drall in aufeinanderfolgenden Horizontalebene (41, 42) mit Injektoren (12) wechselsinnig ist, so daß am Austritt des Verbrennungsraumes (13) nahezu kein Gesamtdrall übrigbleibt.

55 **10.** Fackelbrenner nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Erweiterungswinkel des konischen Verbrennungsraumes (13) so gewählt ist, daß die mit der Kontinuitätsgleichung berechnete Strömungsgeschwindigkeit des Gesamtgemisches aus Fackelgas, Verbrennungsluft und Treibfluid unter der Annahme einer homogenen Mischung in jedem Querschnitt

## EP 0 684 428 A2

des konischen Verbrennungsraumes (13) nahezu konstant ist und/oder daß als Treibfluid gesättigter oder überhitzter Dampf verwendet wird, der vorzugsweise im Temperaturbereich von 130 ° C bis 300 ° C und im Druckbereich von 2 bar bis 30 bar zur Anwendung kommt.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig. 1

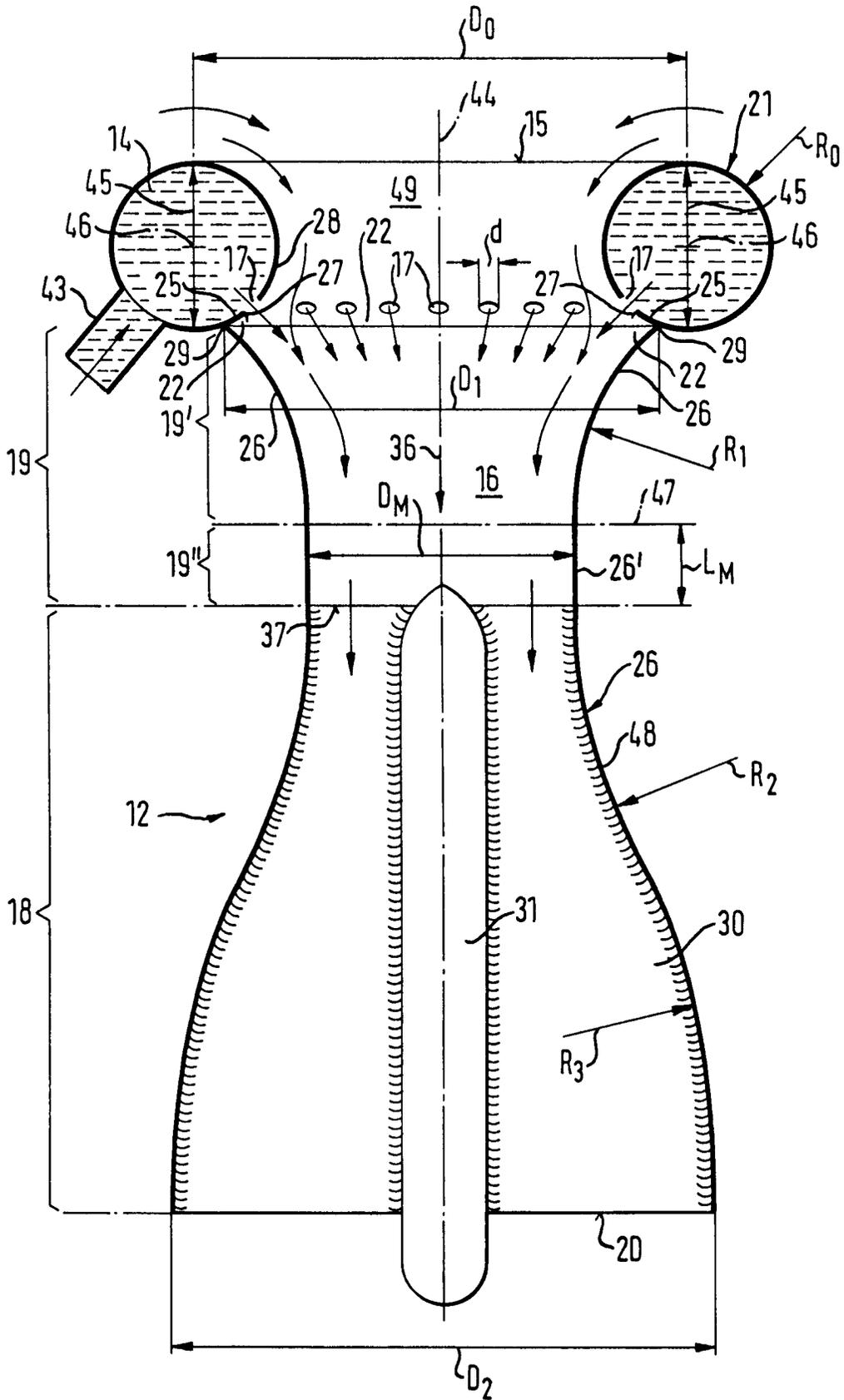


Fig. 2

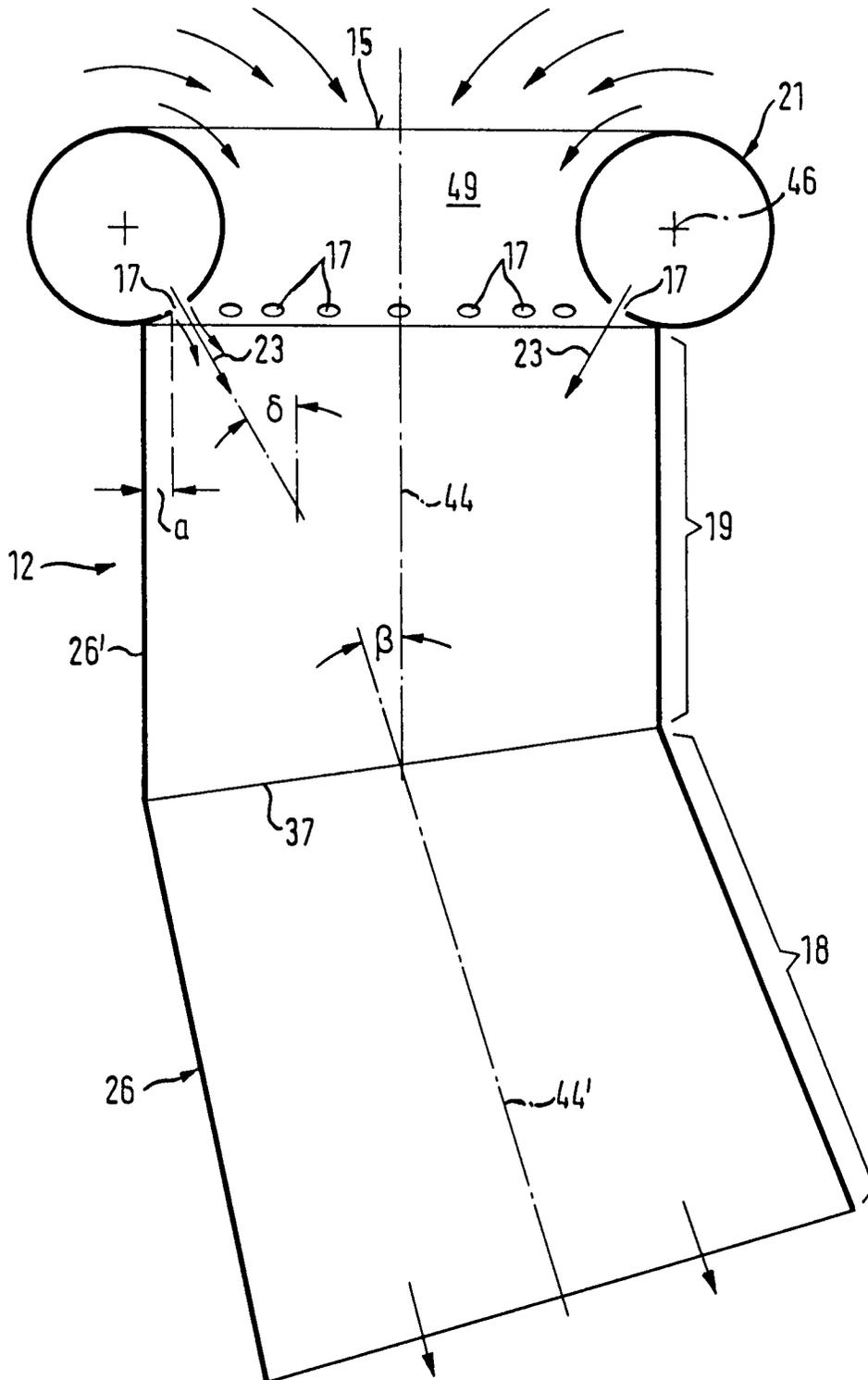


Fig. 3

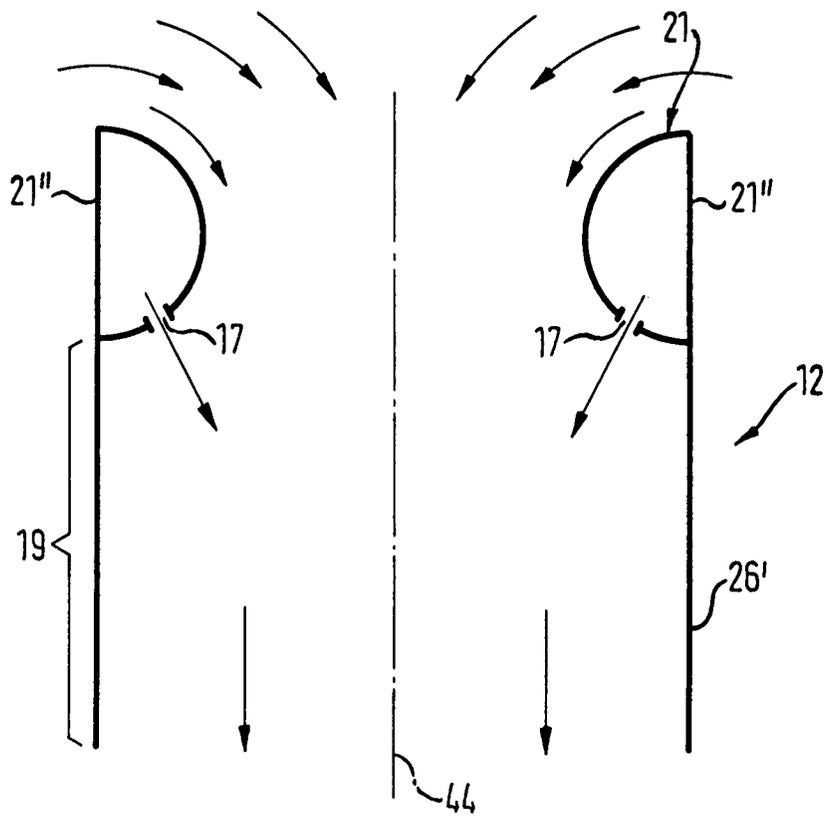


Fig. 4

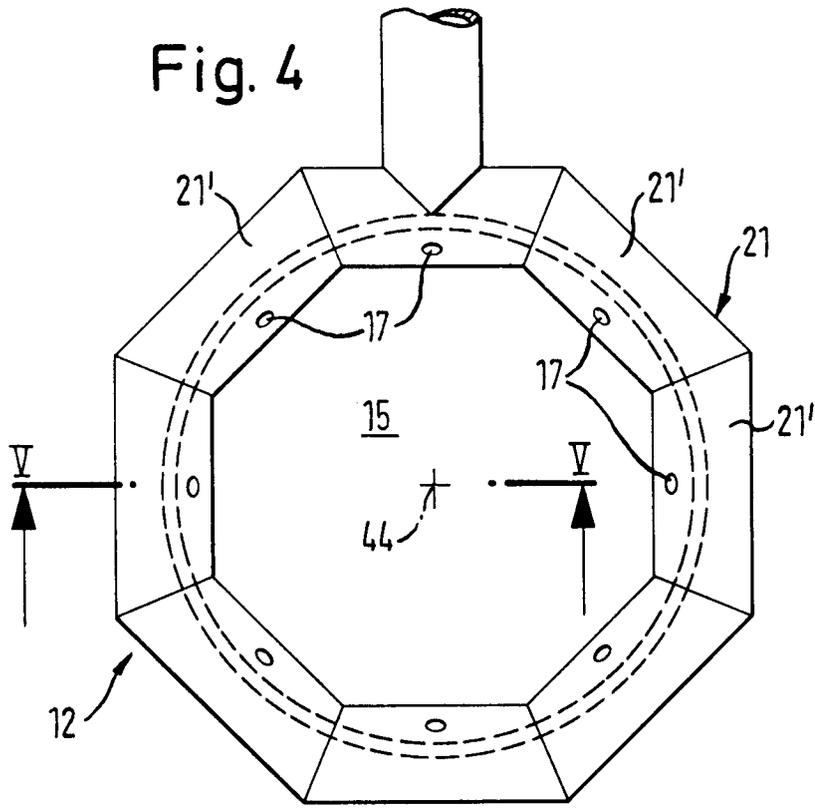
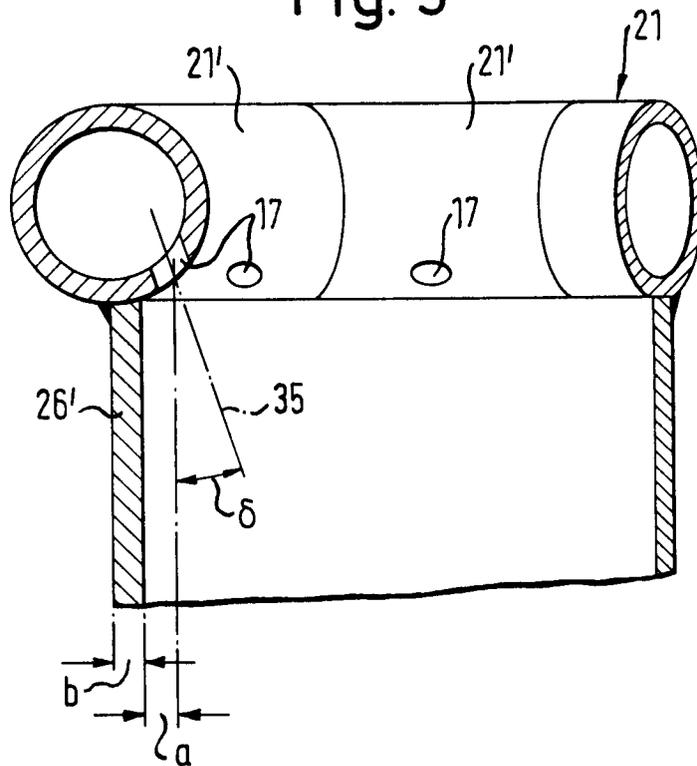


Fig. 5



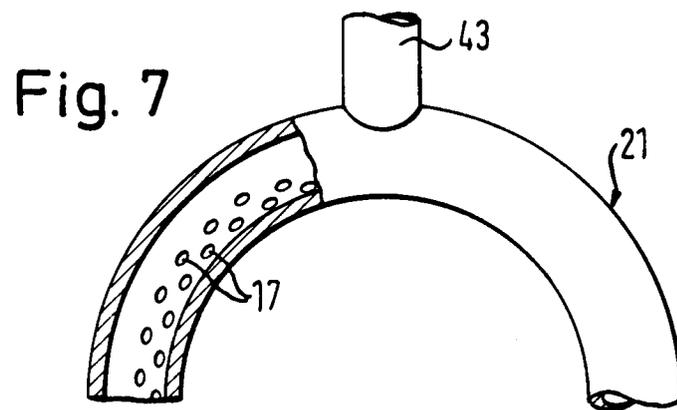
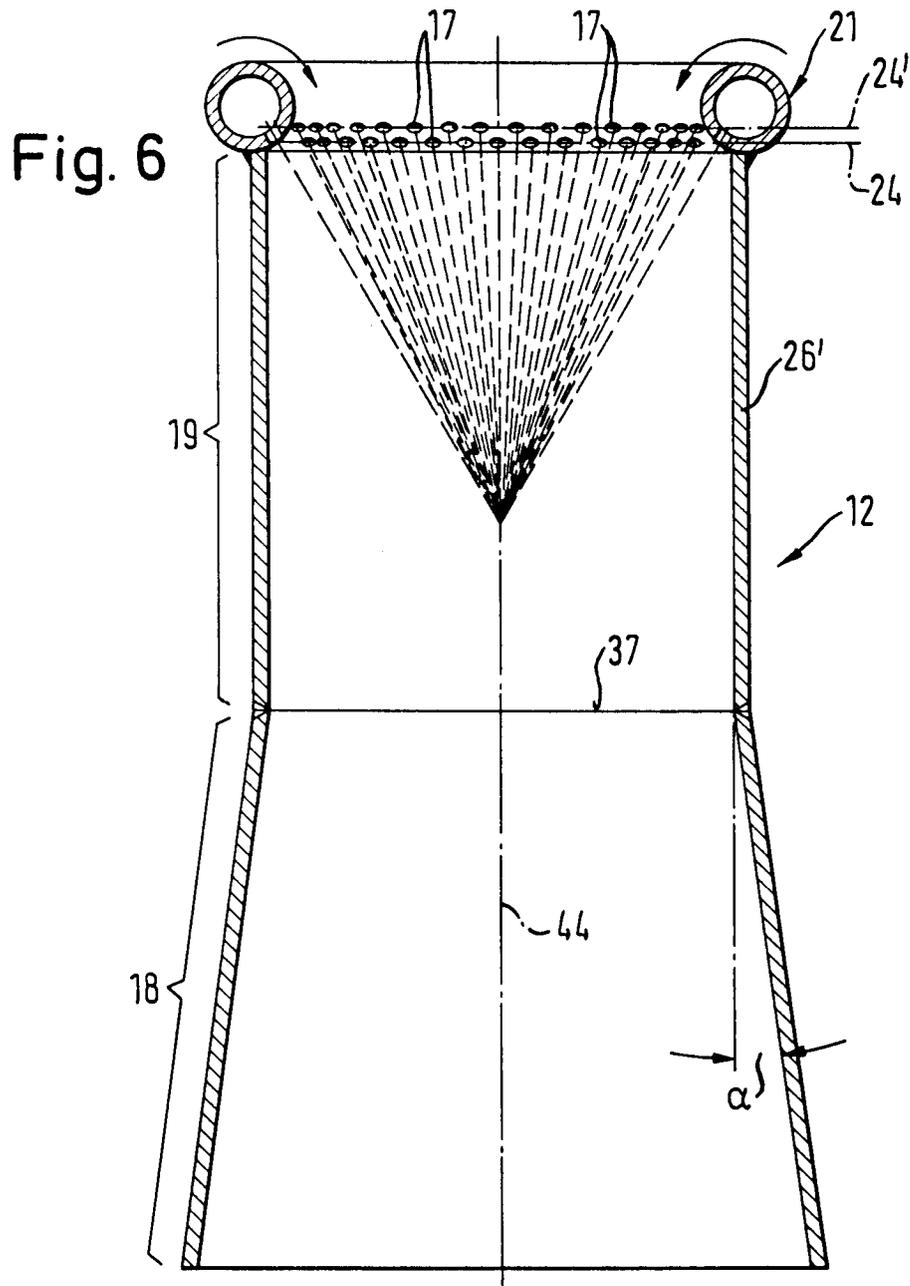


Fig. 8

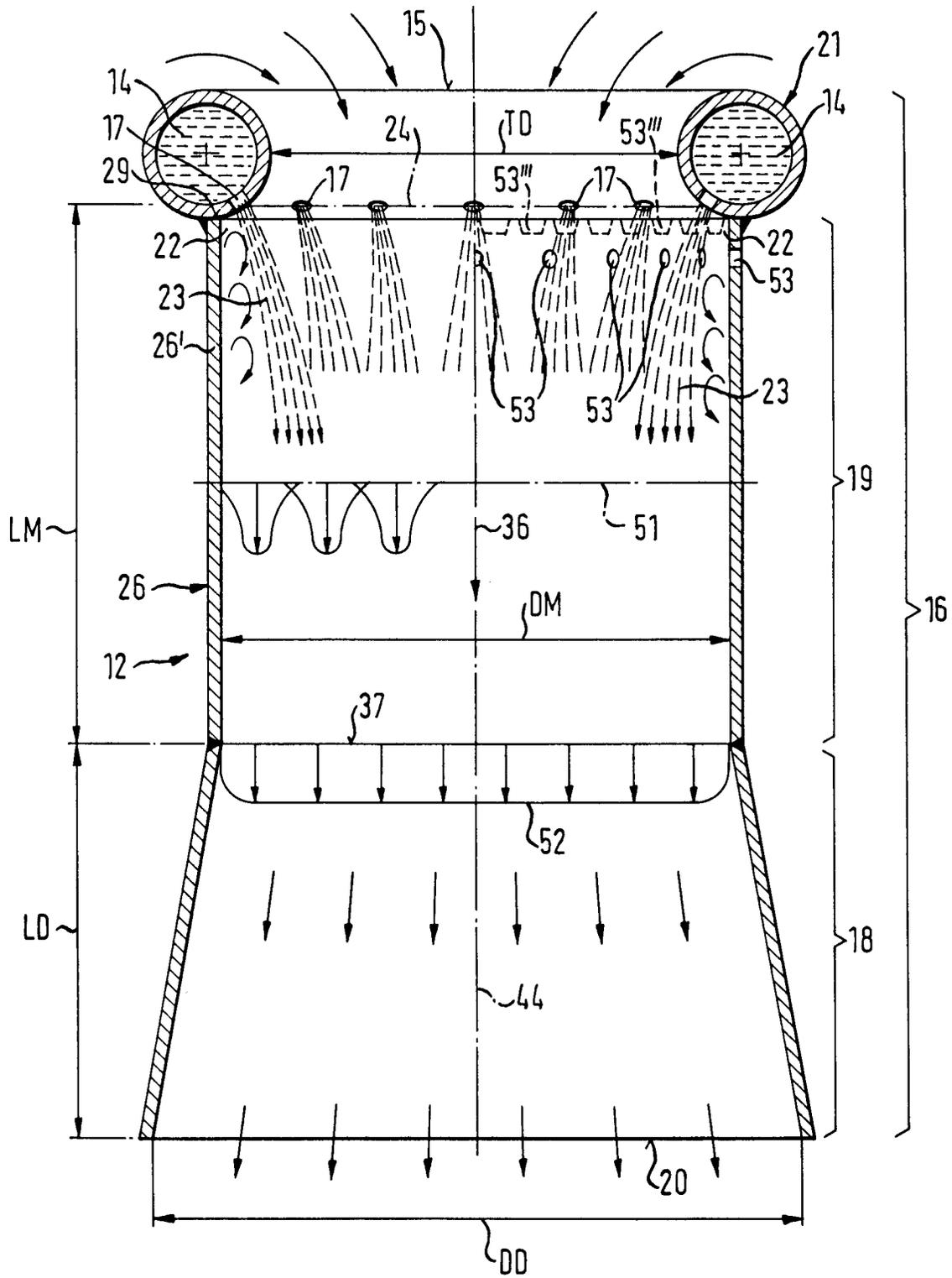


Fig. 8a

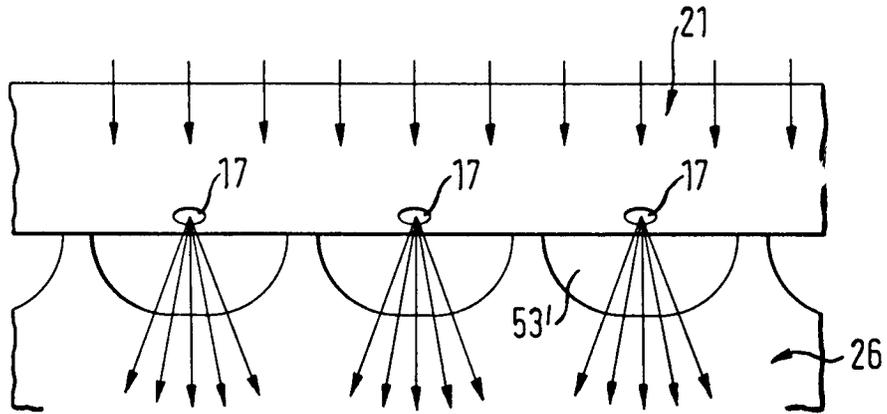


Fig. 8b

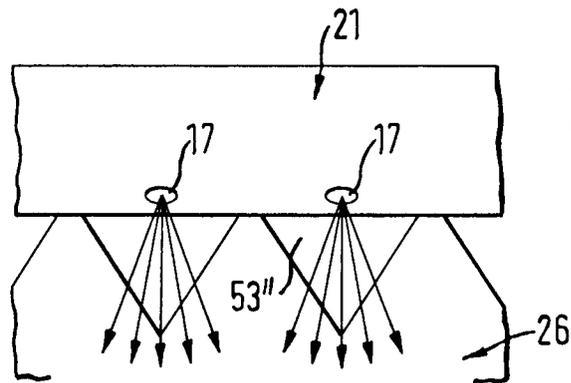


Fig. 8c

