

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 794 383 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
10.09.1997 Patentblatt 1997/37

(51) Int Cl.⁶: **F23D 11/26**, F23C 7/00

(21) Anmeldenummer: **97810083.2**

(22) Anmeldetag: **20.02.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **05.03.1996 DE 19608349**

(71) Anmelder: **ABB RESEARCH LTD.**
8050 Zürich (CH)

(72) Erfinder:
• **Döbbling, Klaus, Dr.**
5200 Windisch (CH)

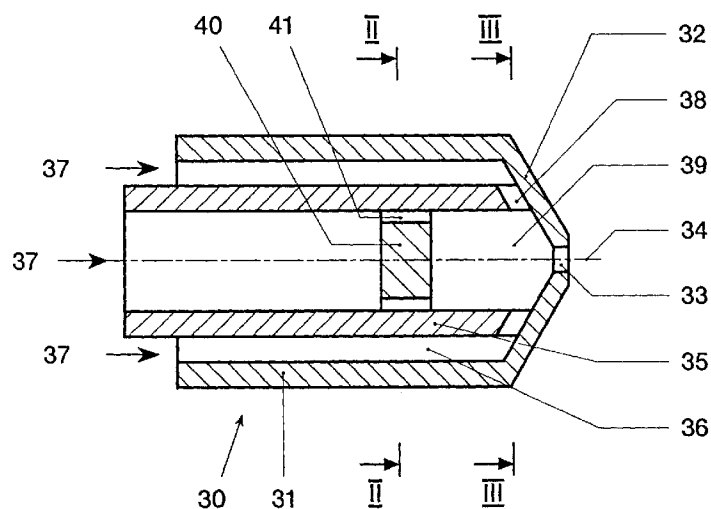
- **Jansohn, Peter, Dr.**
79790 Kadelburg (DE)
- **Knöpfel, Hans Peter**
5627 Besenbüren (CH)
- **Steinbach, Christian Dr.**
5432 Neuenhof (CH)

(74) Vertreter: **Pöpper, Evamaria, Dr. et al**
Asea Brown Boveri AG
Immaterialgüterrecht (TEI)
Haselstrasse 16/699 I
5401 Baden (CH)

(54) Druckzerstäuberdüse

(57) Bei einer Druckzerstäuberdüse, umfassend einen Düsenkörper (30), in welchem eine Turbulenz- und/oder Drallkammer (39) ausgebildet ist, welche über eine Düsenbohrung (33) mit einem Aussenraum in Verbindung steht und mindestens einen ersten Zufuhrkanal (41, 41a) für die zu zerstäubende Flüssigkeit (37, 12) aufweist, durch welchen besagte Flüssigkeit (37) unter Druck zuführbar ist, mündet in die Kammer (39) minde-

stens ein weiterer Zufuhrkanal (38) für einen Teil der zu zerstäubenden Flüssigkeit (37) oder eine zweite zu zerstäubende Flüssigkeit (37'), durch welchen besagter Teil der Flüssigkeit (37) bzw. die zweite Flüssigkeit (37') unter Druck und mit Drall zuführbar ist. Die zweistufige Druckzerstäuberdüse ermöglicht beispielsweise eine einfache Anpassung des Brennstoffspraykegelwinkels (ϕ) an die jeweiligen Betriebsbedingungen eines Gasturbinenbrenners.

FIG. 1**EP 0 794 383 A2**

Beschreibung

Technisches Gebiet

Die Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Verbrennungstechnik. Sie betrifft eine Druckzerstäuberdüse, umfassend einen Düsenkörper, in welchem eine Turbulenz- oder Drallkammer ausgebildet ist, welche über eine Düsenbohrung mit einem Aussenraum in Verbindung steht und mindestens einen Zufuhrkanal für die zu zerstäubende Flüssigkeit aufweist, durch welchen besagte Flüssigkeit unter Druck zuführbar ist, sowie ein Verfahren zum Betrieb dieser Druckzerstäuberdüse.

Stand der Technik

Bekannt sind Zerstäuberbrenner, in denen das zur Verbrennung gelangende Öl mechanisch fein verteilt wird. Es wird in feine Tröpfchen von ca. 10 bis 400 µm Durchmesser (Önebel) zerlegt, die unter Mischung mit der Verbrennungsluft in der Flamme verdampfen und verbrennen. In Druckzerstäubern (siehe Lueger - Lexikon der Technik, Deutsche Verlags-Anstalt Stuttgart, 1965, Band 7, S.600) wird durch eine Ölpumpe das Öl unter hohem Druck einer Zerstäuberdüse zugeführt. Über im wesentlichen tangential verlaufende Schlitze gelangt das Öl in eine Wirbelkammer und verlässt die Düse über eine Düsenbohrung. Dadurch wird erreicht, dass die Ölteilchen zwei Bewegungskomponenten, eine axiale und eine radiale, erhalten. Der als rotierender Hohlzylinder aus der Düsenbohrung austretende Ölfilm weitet sich aufgrund der Fliehkraft zu einem Hohlkegel aus, dessen Ränder in instabile Schwingungen geraten und zu kleinen Öltröpfchen zerreißen. Das zerstäubte Öl bildet einen Kegel mehr oder weniger grossen Öffnungswinkels.

Bei der schadstoffarmen Verbrennung von mineralischen Brennstoffen in modernen Brennern, beispielsweise in Vormischbrennern der Doppelkegelbauart, die in ihrem prinzipiellen Aufbau in EP 0 321 809 B1, beschrieben sind, werden aber besondere Anforderungen an die Zerstäubung des flüssigen Brennstoffes gestellt. Diese sind vor allem folgende:

1. Die Tröpfchengrösse muss gering sein, damit die Öltröpfchen vor der Verbrennung vollständig verdampfen können.
2. Der Öffnungswinkel (Ausbreitungswinkel) des Önebels soll insbesondere bei der Verbrennung unter erhöhtem Druck klein sein.
3. Die Tropfen müssen eine hohe Geschwindigkeit und einen hohen Impuls haben, um weit genug in den verdichteten Verbrennungsluftmassenstrom eindringen zu können, damit sich der Brennstoffdampf vollständig mit der Verbrennungsluft vor Erreichen der Flammenfront vormischen kann.

Dralldüsen (Druckzerstäuber) und luftunterstützte

Zerstäuber der bekannten Bauarten mit einem Druck bis zu ca. 100 bar sind dafür kaum geeignet, weil sie keinen kleinen Ausbreitungswinkel erlauben, die Zerstäubungsqualität eingeschränkt ist und der Impuls des Tropfensprays gering ist.

Als Folge dieser ungenügenden Verdampfung und Vormischung des Brennstoffes ist deshalb eine Wasserzugabe zum lokalen Absenken der Flammentemperatur und damit der NO_x-Bildung notwendig. Da das zugeführte Wasser oftmals auch Flammenzonen stört, die zwar an sich wenig NO_x erzeugen, aber für die Flammenstabilität sehr wichtig sind, treten häufig Instabilitäten, wie Flammenpulsation und/oder schlechter Ausbrand auf, was zum Anstieg des CO-Ausstosses führt.

Eine Verbesserung ist mit der aus EP 0 496 016 B1 bekannten Hochdruckzerstäuberdüse zu erreichen. Diese besteht aus einem Düsenkörper, in welchem eine Turbulenzkammer ausgebildet ist, welche über mindestens eine Düsenbohrung mit einem Aussenraum in Verbindung steht, und welche mindestens einen Zufuhrkanal für die unter Druck zuführbare zu zerstäubende Flüssigkeit aufweist. Sie ist dadurch gekennzeichnet, dass die Querschnittsfläche des in die Turbulenzkammer mündenden Zufuhrkanales um den Faktor 2 bis 10 grösser ist als die Querschnittsfläche der Düsenbohrung. Durch diese Anordnung gelingt es, in der Turbulenzkammer ein hohes Turbulenzniveau zu erzeugen, das auf dem Weg bis zum Austritt aus der Düse nicht abklingt. Der Flüssigkeitsstrahl wird durch die vor der Düsenbohrung erzeugte Turbulenz im Aussenraum, also nach Verlassen der Düsenbohrung zum raschen Zerfall gebracht, wobei sich niedrige Ausbreitungswinkel von 20° und weniger ergeben. Die Tröpfchengrösse ist ebenfalls sehr niedrig.

Beim Betrieb von Gasturbinenbrennern mit flüssigem Brennstoff ist man bestrebt, möglichst über den gesamten Lastbereich der Gasturbine (ca. 10% bis 120% Brennstoffmassenstrom bezogen auf Nennlastbedingungen) ein Tropfenspray zu erzeugen, das im gesamten Bereich eine schadstoffarme und stabile Verbrennung in einem vorgegebenen Luftströmungsfeld ermöglicht.

Der Einsatz einer oben beschriebenen Hochdruckzerstäuberdüse zum Zerstäuben von flüssigem Brennstoff in Gasturbinenbrennern führt bei Vollast und Überlast (100-120%) wünschgemäss zwar zu einem nicht zu hohen Druck (100 bar) und einer geringen Tröpfchengrösse, wobei aufgrund des engen Spraywinkels unerwünschte Wandbenetzung und Verkokung vermieden werden.

Bei Teillast sinkt jedoch der Brennstoffvordruck aufgrund des fallenden Gesamtbrennstoffmassenstromes ab. Die zur Zerstäubung erforderliche Energie für Druckzerstäuber ist aber über den Brennstoffvordruck gegeben, so dass sich in diesem Lastbereich die Zerstäubungsgüte verschlechtert und die Eindringtiefe des Brennstoffsprays in die Luftströmung durch den niedrigen Brennstoffvordruck geringer wird.

Darstellung der Erfindung

Die Erfindung versucht, alle diese Nachteile zu vermeiden. Ihr liegt die Aufgabe zugrunde, eine Druckzerstäuberdüse zu entwickeln, die eine einfache Bauart aufweist, nur einen geringen Bauraum benötigt und einen an die jeweiligen Betriebsbedingungen angepassten Spraywinkel der zu zerstäubenden Flüssigkeit ermöglicht. Beim Einsatz dieser Druckzerstäuberdüse in einem Gasturbinenbrenner soll schon bei kleinen Brennstoffmassenströmen (ca. 25% bezogen auf Nennlastbedingungen) ein hinreichend grosser Düsenvordruck erzeugt werden, während die Düse bei grossen Brennstoffmassenströmen (ca. 100-120% bezogen auf Nennlastbedingungen) einen nicht zu hohen Düsenvordruck benötigen soll. Mit dem so erzeugten Tropfenspray soll über den gesamten Lastbereich der Gasturbine eine schadstoffarme und stabile Verbrennung ermöglicht werden.

Erfindungsgemäss wird das bei einer Druckzerstäuberdüse, umfassend einen Düsenkörper, in welchem eine Turbulenz- und/oder Drallkammer ausgebildet ist, welche über eine Düsenbohrung mit einem Aussenraum in Verbindung steht und mindestens einen ersten Zufuhrkanal für die zu zerstäubende Flüssigkeit aufweist, durch welchen besagte Flüssigkeit unter Druck zuführbar ist, dadurch erreicht, dass in die Kammer mindestens ein weiterer Zufuhrkanal für einen Teil der zu zerstäubenden Flüssigkeit bzw. für eine zweite zu zerstäubende Flüssigkeit mündet, durch welchen besagter Teil der Flüssigkeit bzw. die zweite Flüssigkeit unter Druck und mit Drall zuführbar ist.

Die Vorteile der Erfindung bestehen unter anderem darin, dass durch diese zweistufige Druckzerstäuberdüse eine Anpassung des Topfensprays (Zerstäubungsgüte, Tropfengrösse, Spraywinkel) an die jeweiligen Lastbedingungen ermöglicht wird. Weiterhin zeichnet sich die Düse durch eine einfache Bauart aus, welche nur wenig Platz benötigt.

Es ist besonders zweckmässig, wenn die Druckzerstäuberdüse so ausgebildet ist, dass die zu zerstäubende Flüssigkeit drallfrei über den/die ersten Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle in die Kammer zuführbar ist. Die Hauptzerstäuberstufe besteht somit aus einer drallfreien turbulenzunterstützten Druckzerstäuberdüse, die bei hohen Düsenvordrücken, z.B. 100 bar, eine sehr feine Zerstäubung mit extrem kleinen Spraywinkeln liefert. Durch die Kombination dieser Turbulenzzerstäuberstufe mit der oben beschriebenen Drallstufe, bei der bei kleinen Durchsätzen kleine Tropfen erzeugt werden, kann eine gute Anpassung der Zerstäubung an die jeweiligen Betriebsbedingungen erfolgen. Der durch die Drallkanäle in die Kammer gebrachte Teil der zu zerstäubenden Flüssigkeit rotiert in der Kammer. Durch die rotierende Bewegung wird am Düsenloch eine Hohlkegelströmung erzeugt, so dass die Flüssigkeit ab einem gewissen Massenanteil, der durch die Drallstufe zugeführt wird, nur noch als Film aus der Düse austritt. Wird nun der

Massenanteil der Drallstufe mit fallendem Gesamtflüssigkeitsmassenstrom vergrössert, kann der Flüssigkeitsvordruck auf hohem Niveau gehalten werden, so dass auch bei niedrigem Massenstrom eine feine Zerstäubung beibehalten werden kann. Der Flüssigkeitsspraykegelwinkel ist bei niedriger Last grösser, dies kompensiert die geringere Eindringtiefe des Flüssigkeitssprays in die Luftströmung. Da bei Vollast und Überlast ein sehr kleiner Spraykegelwinkel erwünscht ist, wird in diesen Fällen der durch die Drallkanäle zuströmende zu zerstäubende Flüssigkeitsmassenstrom reduziert oder vollständig abgeschaltet.

Ferner ist es vorteilhaft, wenn bei der erfindungsgemässen Druckzerstäuberdüse die zu zerstäubende Flüssigkeit drallbehaftet über den/die ersten Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle in die Kammer zuführbar ist. Dadurch wird eine zweistufige Druckdrallzerstäuberdüse gebildet, bei der beide Stufen in einer gemeinsamen Kammer, die hier eine Drallkammer ist, zusammengeführt werden. Wenn die zu zerstäubende Flüssigkeit nun mit geringem Drall in die Hauptdrallstufe geführt wird, wird ein enger Spraywinkel der zu zerstäubenden Flüssigkeit erreicht.

Wird die Druckzerstäuberdüse bei Voll- und Überlastbetrieb über eine Druckdrallhauptstufe mit geringem Drall betrieben, indem die gesamte zu zerstäubende Flüssigkeit über mindestens einen ersten Zufuhrkanal der Drallkammer verdrallt zugeführt wird, wobei dort eine verdrallte Strömung erzeugt wird, welche anschliessend durch die Düsenbohrung in den Aussenraum gelangt, und wird sie bei Teil- und Niedriglastbetrieb zusätzlich über eine weitere Druckdrallstufe mit grösserem Drall betrieben, indem ein Teil der zu zerstäubenden Flüssigkeit oder eine zweite zu zerstäubende Flüssigkeit über den mindestens einen weiteren Zufuhrkanal stärker verdrallt der Kammer zugeführt wird und dort eine stark verdrallte Strömung erzeugt wird, welche anschliessend durch die Düsenbohrung in den Aussenraum gelangt, wobei der Anteil der über die weitere Drallstufe zugeführten stärker verdrallten Flüssigkeit mit fallendem Gesamtflüssigkeitsmassenstrom vergrössert wird, so kann auf diese Weise eine hervorragende Anpassung der Zerstäubung an den jeweiligen Lastbereich erfolgen.

Vorteilhaft ist ein gleitendes Umschalten zwischen den beiden Stufen, sowie je nach Lastbedingungen der Betrieb der Düse mit nur einer der beiden Stufen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemässen Druckzerstäuberdüse sind in den Unteransprüchen beschrieben.

Schliesslich wird mit Vorteil die erfindungsgemässe Düse in einem Vormischbrenner der Doppelkegelbauart oder einem Vierschlitzbrenner eingesetzt, wobei im Düsenbereich ein Teil der Verbrennungsluft (ca. 3 bis 7%) im Mantelstrom um die Düse geführt wird. Dadurch werden lokale Ablöse- und Rezirkulationsgebiete vermieden. Es wird verhindert, dass die Rezirkulationszone in das Innere des Brenners verschoben wird.

Kurze Beschreibung der Zeichnung

In der Zeichnung sind mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung dargestellt.

Es zeigen:

- Fig. 1 einen Teillängsschnitt einer Druckzerstäuberdüse mit Turbulenzstufe und Drallstufe;
- Fig. 2 einen Querschnitt der Druckzerstäuberdüse nach Fig. 1 im Bereich der Turbulenzstufe entlang der Linie II-II;
- Fig. 3 einen Querschnitt der Druckzerstäuberdüse nach Fig. 1 im Bereich der Drallstufe entlang der Linie III-III;
- Fig. 4 einen Teillängsschnitt einer Druckzerstäuberdüse mit zwei Drallstufen;
- Fig. 5 einen Querschnitt der Druckzerstäuberdüse nach Fig. 4 im Bereich der Dralhauptstufe entlang der Linie V-V;
- Fig. 6 einen Querschnitt der Druckzerstäuberdüse nach Fig. 4 im Bereich der weiteren Drallstufe entlang der Linie VI-VI;
- Fig. 7 einen Teillängsschnitt einer Druckzerstäuberdüse wie in Fig. 1 in einer anderen Ausführungsvariante;
- Fig. 8 eine schematische Darstellung des Flüssigkeitszufuhrsystems zur zweistufigen Druckzerstäuberdüse, wobei in beiden Stufen Öl zerstäubt wird;
- Fig. 9 eine schematische Darstellung des Flüssigkeitszufuhrsystems zur zweistufigen Druckzerstäuberdüse, wobei in beiden Stufen jeweils unterschiedliche Flüssigkeiten (Öl, Wasser) zerstäubt werden;
- Fig. 10 eine schematische Darstellung der Massenstromverteilung für eine Düse gemäss Fig. 1;
- Fig. 11 eine schematische Darstellung der Massenstromverteilung für eine Düse gemäss Fig. 4;
- Fig. 12 einen Vormischbrenner der Doppelkegelbauart in perspektivischer Darstellung
- Fig. 13 einen vereinfacht dargestellten Schnitt in der Ebene XIII-XIII gemäss Fig. 12;
- Fig. 14 einen vereinfacht dargestellten Schnitt in der

Ebene XIV-XIV gemäss Fig. 12;

Fig. 15 einen vereinfacht dargestellten Schnitt in der Ebene XV-XV gemäss Fig. 12;

Fig. 16 eine schematische Ansicht eines Doppelkegelbrenners mit Mantelluftstromführung im Düsenabereich;

Fig. 17 eine schematische Ansicht eines Vierschlitzbrenners mit Mantelluftstromführung im Düsenabereich.

Es sind nur die für das Verständnis der Erfindung wesentlichen Elemente gezeigt. Gleiche Elemente sind in den verschiedenen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Strömungsrichtung der Medien ist mit Pfeilen bezeichnet.

20 Weg zur Ausführung der Erfindung

Nachfolgend wird die Erfindung anhand von mehreren Ausführungsbeispielen und der Figuren 1 bis 16 näher erläutert.

Fig. 1 bis 3 zeigen ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei Fig. 1 die Druckzerstäuberdüse in einem Teillängsschnitt darstellt und die Fig. 2 und 3 zwei Querschnitte in unterschiedlichen Ebenen zeigen.

Die Druckzerstäuberdüse umfasst einen Düsenkörper 30, bestehend aus einem ersten Rohr 31, das an seinem in Strömungsrichtung gesehenen Ende durch einen kegeligen Deckel 32 verschlossen ist. In der Mitte des Deckels 32 ist eine Düsenbohrung 33 angeordnet, deren Längsachse mit 34 bezeichnet ist. In das Rohr 31 ist ein zweites, einen kleineren Aussendurchmesser als der Innendurchmesser des ersten Rohres 31 aufweisendes Rohr 35 eingesetzt, das bis an den Deckel 32 heranreicht und auf diesem aufliegt. Der Ringraum 36 zwischen den beiden Rohren 31 und 35 dient der Zufuhr der bzw. eines Teiles der zu zerstäubenden Flüssigkeit 37. Das auf dem Deckel 32 aufliegende Ende des Rohres 35 ist mit vier tangential angestellten Schlitzen 38 versehen, die eine Verbindung des Ringraumes 36 mit einer Kammer 39 herstellen, welche als Drallkammer für die durch die Schlitze 38 einströmende zu zerstäubende Flüssigkeit 37 dient. Die Kammer 39 wird begrenzt durch die Innenwände des Deckels 32 und des zweiten Rohres 35, sowie durch ein Füllstück 40, welches im Inneren des zweiten Rohres 35 eingeschoben und darin befestigt ist. Dieses Füllstück 40 ist von der Oberkante der Schlitze 38 beabstandet, es kann sich aber bei einer anderen Ausführungsvariante auch auf gleicher Höhe befinden. Im Füllstück 40 sind vier Zufuhrkanäle 41 für die zu zerstäubende Flüssigkeit 37 angeordnet, die eine drallfreie Zuströmung der Flüssigkeit 37 in die Kammer 39 ermöglichen, so dass die Kammer 39 in diesem Falle als Turbulenzkammer dient. Die erfindungsgemässe Druckzerstäuberdüse weist somit zwei Stufen auf - eine

Turbulenz erzeugerstufe (s. Fig. 2) und eine Druckdrallstufe (s. Fig. 3).

Abweichend vom dargestellten Ausführungsbeispiel kann die Druckzerstäuberdüse auch mit mehr oder weniger Schlitzen 38 bzw. Zufuhrkanälen 41 versehen sein. Beispielsweise kann sich der Zufuhrkanal 41 über den gesamten Umfang des Füllstückes 40 erstrecken, so dass sich ein Ringspalt als Zufuhrkanal in die Turbulenzkammer 39 ergibt. Ebenso ist auch eine andere Verteilung der Kanäle über den Umfang möglich.

Fig. 4 bis 6 zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei Fig. 4 die erfindungsgemässe Druckzerstäuberdüse in einem Teillängsschnitt darstellt und die Fig. 5 und 6 zwei Querschnitte in unterschiedlichen Ebenen zeigen.

Der Aufbau der Düse unterscheidet sich vom oben beschriebenen Ausführungsbeispiel nur dadurch, dass anstelle der Turbulenz erzeugerstufe eine Drallhauptstufe in der Düse vorhanden ist. Dazu sind die Zufuhrkanäle 41a im Gegensatz zu den Zufuhrkanälen 41 in Fig. 1 hier nicht axial ausgerichtet im Füllstück 40 angeordnet, sondern sie sind tangential angestellt, so dass die zu zerstäubende Flüssigkeit 37 sowohl über die Kanäle 38 als auch über die Kanäle 41a verdrallt in die Kammer 39 gelangt. Dabei ist wichtig, dass die zu zerstäubende Flüssigkeit 37 nur einen geringen Drall, der zu einem engen Spraykegelwinkel ϕ führt, erhält, wenn sie die Kanäle 41a durchströmt hat, während der Drall der Flüssigkeit 37 nach Durchströmen der Kanäle 38 grösser ist und damit ein grösserer Spraykegelwinkel ϕ erreichbar ist. Im Ausführungsbeispiel gemäss Fig. 4 ist dargestellt, dass die Düse von zwei zu zerstäubenden Flüssigkeiten 37 und 37' beaufschlagt wird. Beide Flüssigkeiten 37, 37' werden der Kammer 39, die in diesem Falle eine reine Drallkammer ist, verdrallt zugeführt, wobei die Flüssigkeit 37 weniger verdrallt ist als die Flüssigkeit 37'. Durch die unterschiedliche Verdrallung kann der Spraykegelwinkel ϕ und damit die Verteilung des Flüssigkeitsmassenstromes nach der Düse beeinflusst werden.

Fig. 7 zeigt eine weitere Ausführungsvariante einer erfindungsgemässen zweistufigen Druckzerstäuberdüse mit einer Turbulenz erzeugerstufe und einer Drallstufe. Die Druckzerstäuberdüse umfasst einen Düsenkörper 30, bestehend aus einem ersten Rohr 31, das an seinem in Strömungsrichtung gesehenen Ende durch einen kegelförmigen Deckel 32 verschlossen ist. Im Deckel 32 ist wiederum die Düsenbohrung 33 angeordnet. Im ersten Rohr 31 ist ein zweites Rohr 35, welches einen kleineren Aussendurchmesser aufweist als der Innendurchmesser des ersten Rohres 31, eingesetzt, so dass sich zwischen den Rohren 31 und 35 ein Ringkanal 36 ausbildet, der gemäss Fig. 7 wegen verschiedener Einsätze eine unterschiedliche Höhe aufweisen kann. Dieser Ringkanal 36 dient als Zuleitung für eine Drallstufe. Das zweite Rohr 35 wird von einem Füllstück 40 grösseren Durchmessers begrenzt, welches mit dem Deckel 32 des ersten Rohres 31 die Kammer 39 umschliesst.

Im Füllstück 40 ist mindestens ein tangential angestellter Drallkanal 38 zur Verbindung des Ringkanales 36 mit der Kammer 39 angeordnet. Vorteilhaft sind beispielsweise 6 Kanäle 38. Im zweiten Rohr 35 und im Füllstück 40 ist ausserdem mindestens ein Zufuhrkanal 41 als Turbulenzkanal für die zu zerstäubende Flüssigkeit achsparallel angeordnet, wobei der/die Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle 41 in den/die Drallkanal/Drallkanäle 38 einmünden.

Selbstverständlich ist es auch möglich, die Kanäle 38 und 41 so anzuordnen, dass beispielsweise die Drallkanäle 38 in die Kanäle 41 einmünden, so dass die zu zerstäubende Flüssigkeit nur über die Kanäle 41 in die Kammer 39 gelangt.

Fig. 8 zeigt in einer schematischen Darstellung ein mögliches Flüssigkeitszufuhrsystem zur Druckzerstäuberdüse. Über eine Pumpe 42 wird die zu zerstäubende Flüssigkeit, in diesem Falle flüssiger Brennstoff (Öl) 12, in einen Druckbehälter 43 gepumpt. Ein Rücklaufventil 49 dient der Einstellung des Pumpenvordruckes. Zwischen der Pumpe 42 und dem Druckbehälter 43 ist in der Brennstoffleitung ein Absperrventil 50 angeordnet. Vom Druckbehälter 43 gehen zwei Leitungen 44, 45 ab, wobei die Leitung 44 den Ringraum 36 (und damit die Drallzerstäuberstufe) speist und die Leitung 45 mit den Zufuhrkanälen 41 (Turbulenz erzeugerstufe) bzw. 41a (Drallzerstäuberstufe) in Verbindung steht. In den Leitungen 44 und 45 ist jeweils ein Steuerventil 46 bzw. 47 angeordnet, welche eine Regulierung der jeweiligen zugeführten Flüssigkeitsmenge gestatten. Je nach Bedarf kann auch eines der beiden Ventile 46, 47 völlig geschlossen sein, so dass in diesem Falle nur eine der beiden Zerstäuberstufen der Düse in Betrieb ist. Zwischen beiden Stufen ist ein gleitendes Umschalten möglich. Wie in Fig. 8 angedeutet ist, sollen über dieses Brennstoffzufuhrsystem mehrere Brenner beispielsweise einer Gasturbinenbrennkammer mit Brennstoff versorgt werden. Die gezeigte Schaltung hat den Vorteil, dass zur Regelung der zwei Zerstäuberstufen nur die beiden Ventile 46, 47, d.h. nur ein Steuerventil pro Stufe, notwendig sind.

In Fig. 9 ist eine andere Ausführungsvariante analog zu Fig. 8 dargestellt. Die Druckzerstäuberdüse wird in diesem Falle über eine Zufuhrleitung 44 mit Wasser 51 und eine Zufuhrleitung 45 mit Öl 12 gespeist. In den Leitungen 44 und 45 ist jeweils eine Pumpe 42 und stromabwärts ein Absperrventil 50 angeordnet, mit dem wahlweise die Leitungen 44 und 45 geschlossen werden können. Die Menge der zu zerstäubenden Flüssigkeiten 12, 51 wird mittels der Steuerventile 46, 47 geregelt. Werden, wie in Fig. 9 angedeutet, über dieses Flüssigkeitszufuhrsystem mehrere Brenner beispielsweise einer Gasturbinenbrennkammer mit flüssigem Brennstoff 12 bzw. Wasser 51 versorgt, so kann beim Start bzw. bei Teillast die Düse betrieben werden, indem nur Öl 12 über die Drallhauptstufe fein zerstäubt wird. Die Drallstufe kann dabei für Maximaldruck bei maximalem Brennstoffmassenstrom $\dot{m}_{BS}$ ausgelegt werden. Bei hö-

herer Last bzw. Vollast erfolgt dann über die Leitung 44 eine Zufuhr von Wasser 51. Wasser 51 und Öl 12 vermischen sich in der Kammer 39 und bilden eine Emulsion, welche beim Austritt aus der Düse zerstäubt wird. Dies führt zur Senkung der NOx-Emissionen. Auch hier ergibt sich als Vorteil, dass nur ein Steuerventil pro Zerstäuberstufe notwendig ist, dass für den Gasturbinenbetrieb nur eine Ölleitung notwendig ist und dass die Drallstufe für reinen Ölbetrieb ausgelegt werden kann, da die Zufuhr von Wasser 51 durch die Leitung 44 zu einer Erhöhung des Gesamtmassenstromes bei gleichem Druck führt.

Fig. 10 zeigt die Verteilung des Brennstoffmassenstromes $\dot{m}_{BS}$ in Abhängigkeit vom Radius R des Sprays bei einer Druckzerstäuberdüse gemäss der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsvariante in einem gewissen Abstand von der Düse. Wird nur die turbulenz erzeugende Stufe betrieben, so wird ein sehr enger Spraykegelwinkel ϕ erreicht. Wird dagegen nur die Drallerzeugerstufe betrieben, so wirkt sich dies in einem grösseren Spraykegelwinkel ϕ aus. Beim kombinierten Betrieb beider Stufen kann stufenlos die Massenverteilung zwischen beiden Stufen variiert werden.

Fig. 11 zeigt die Verteilung des Brennstoffmassenstromes $\dot{m}_{BS}$ in Abhängigkeit vom Radius R des Sprays bei einer Druckzerstäuberdüse gemäss der in Fig. 4 dargestellten Ausführungsvariante in einem gewissen Abstand von der Düse. Beim kombinierten Betrieb der beiden mit unterschiedlichen Spraykegelwinkeln ϕ arbeitenden Drallstufen kann ebenfalls die Massenstromverteilung zwischen beiden Stufen variiert werden.

Die erfindungsgemässe Druckzerstäuberdüse kann beispielsweise in einen Gasturbinenbrenner eingebaut und folgendermassen betrieben werden:

Zunächst soll eine Druckzerstäuberdüse in einer Ausführungsvariante nach Fig. 1 verwendet werden. Da für Vollast und Überlast ein sehr enger Spraykegelwinkel ϕ erwünscht ist, wird nur die turbulenzunterstützte Zerstäuberstufe benutzt. Dazu wird der gesamte zu zerstäubende Brennstoffmassenstrom über mindestens einen Zufuhrkanal 41 (nach Fig. 1 vier Zufuhrkanäle 41) der Turbulenzkammer 39 unverdrallt zugeführt, wobei dort eine hochturbulente Strömung erzeugt wird, welche anschliessend durch die Düsenbohrung 33 in den Brenner gelangt. Diese Hauptstufe liefert bei Düsen vordrücken von ca. 100 bar eine sehr feine Zerstäubung mit einem extrem engen Spraykegelwinkel ϕ (ca. 20°). Bei Teil- und Niedriglastbetrieb wird diese turbulenzunterstützte Druckzerstäuberstufe mit einer Drallstufe zur Erzeugung kleiner Tropfen bei kleinen Durchsätzen kombiniert. Dazu wird ein Teil des zu zerstäubenden Brennstoffes über mindestens einen weiteren Zufuhrkanal 38 (nach Fig. 1 vier Zufuhrkanäle 38) verdrallt der Kammer 30 zugeführt, so dass die Turbulenzkammer 30 zusätzlich als Drallkammer benutzt wird. Durch die rotierende Bewegung wird an der Düsenbohrung 33 eine Hohlkegelströmung erzeugt. Der Brennstoff tritt ab einem gewissen Massenanteil, der durch die Drallstufe geführt

wird, nur noch als Film aus der Düse aus. Wird nun der Anteil des durch die Drallstufe geführten Brennstoffmassenstromes mit fallendem Gesamtbrennstoffmassenstrom vergrössert, kann der Brennstoffvordruck auf einem hohen Niveau (>10 bar) gehalten werden und somit eine feine Zerstäubung auch bei niedrigem Massenstrom beibehalten werden. Zusätzlich wird bei niedriger Last dadurch der Spraykegelwinkel ϕ vergrössert. Da bei niedriger Last die Eindringtiefe des Brennstoffsprays in die Luftströmung geringer ist als bei Vollast, wird dies durch den grösseren Spraykegelwinkel ϕ kompensiert. Für Vollast und Überlast ist ein sehr enger Spraykegelwinkel ϕ erwünscht. Dazu muss der durch die Drallkanäle 38 zuströmende Brennstoffmassenstrom vollständig abgeschaltet werden, so dass das Verhalten einer reinen turbulenzunterstützten Druckzerstäuberdüse erreicht wird.

Wird eine Druckzerstäuberdüse gemäss Fig. 4 verwendet, so wird bei Voll- und Überlastbetrieb der Gasturbine der gesamte zu zerstäubende Brennstoff über mindestens einen ersten Zufuhrkanal 41a (nach Fig. 4 vier Zufuhrkanäle 41a) der Drallkammer 39 mit geringem Drall zugeführt, wobei dort eine verdrallte Strömung erzeugt wird, welche anschliessend durch die Düsenbohrung 33 in den Aussenraum gelangt. Durch den geringen Drall wird ein enger Spraykegelwinkel ϕ realisiert, der bei hohen Drücken zu einer feinen Zerstäubung des Brennstoffes führt. Bei Teil- und Niedriglastbetrieb wird zusätzlich ein Teil des zu zerstäubenden Brennstoffes über den mindestens einen weiteren Zufuhrkanal 38 (nach Fig. 4 vier Zufuhrkanäle 38) stärker verdrallt der Kammer 39 zugeführt. In der Kammer 39 wird dadurch eine stärker verdrallte Strömung erzeugt, welche anschliessend durch die Düsenbohrung 33 in den Aussenraum gelangt, wobei der Anteil des über die weitere Drallstufe zugeführten stärker verdrallten Brennstoffmassenstromes mit fallendem Gesamtbrennstoffmassenstrom vergrössert wird. Die starke Verdrallung führt hierbei zu einem grösseren Spraykegelwinkel ϕ , welcher wiederum die niedrigere Eindringtiefe des Brennstoffsprays in die Luftströmung kompensiert. Durch die variable Gestaltung des Spraykegelwinkels ϕ kann eine optimale Anpassung der Zerstäubung des Brennstoffes an die jeweiligen Betriebsbedingungen der Gasturbine erfolgen. Im Gegensatz zu üblichen zweistufigen Dralldüsen werden bei der erfindungsgemässen Ausführung beide Stufen in einer gemeinsamen Drallkammer zusammengeführt. Ausserdem ist es möglich, je nach Lastbereich verschiedene Flüssigkeiten, z.B. Öl 12 und Wasser 51, in den beiden Stufen zu zerstäuben.

Die erfindungsgemässe Druckzerstäuberdüse kann beispielsweise in einem Vormischbrenner der Doppelkegelbauart, dessen prinzipieller Aufbau in EP 0 321 809 B1 beschrieben ist, eingebaut werden.

Fig. 12 zeigt in perspektivischer Darstellung den Doppelkegelbrenner mit integrierter Vormischzone. Die beiden Teilkegelkörper 1, 2 sind bezüglich ihrer Längs-

symmetrieachsen 1b, 2b radial versetzt zueinander angeordnet. Dadurch entstehen auf beiden Seiten der Teilkegelkörper 1, 2 in entgegengesetzter Einstromungsanordnung jeweils tangentiale Lufteintrittsschlitze 19, 20, durch welche die Verbrennungsluft 15 in den Innenraum 14 des Brenners, d.h. in den von den beiden Teilkegelkörpern 1, 2 gebildeten Kegelhohlraum strömt. Die Teilkegelkörper 1, 2 erweitern sich geradlinig in Strömungsrichtung, d.h. sie weisen einen konstanten Winkel α mit der Brennerachse 5 auf. Die beiden Teilkegelkörper 1, 2 haben je einen zylindrischen Anfangsteil 1a, 2a, welche ebenfalls versetzt verlaufen. In diesem zylindrischen Anfangsteil 1a, 2a befindet sich die erfindungsgemässe Druckzerstäubungsdüse 3, welche etwa im engsten Querschnitt des kegelförmigen Innenraums 14 des Brenners angeordnet ist. Selbstverständlich kann der Brenner auch ohne zylindrischen Anfangsteil, also rein kegelig ausgeführt sein. Der flüssige Brennstoff 12 wird mittels der Düse 3 in oben beschriebener Art und Weise zerstäubt. In Abhängigkeit von den jeweiligen Betriebsbedingungen ergeben sich unterschiedliche Spraykegelwinkel ϕ . Der Brennstoffspray 4 wird im Innenraum 14 des Brenners von dem durch die Lufteintrittsschlitze 19, 20 tangential in den Brenner einströmenden Verbrennungsluftstrom 15 umschlossen, die Zündung des Gemisches erfolgt erst am Ausgang des Brenners, wobei im Bereich der Brennermündung die Flamme durch eine Rückströmzone 6 stabilisiert wird.

Die beiden Teilkegelkörper 1, 2 weisen längs der Lufteintrittsschlitze 19, 20 je eine Brennstoffzuleitung 8, 9 auf, welche längsseitig mit Öffnungen 17 versehen sind, durch welche ein weiterer Brennstoff 13 (gasförmig oder flüssig) strömen kann. Dieser Brennstoff 13 wird der durch die tangentialen Lufteintrittsschlitze 19, 20 in den Brennerinnenraum strömenden Verbrennungsluft 15 zugemischt, was durch die Pfeile 16 dargestellt wird. Ein Mischbetrieb des Brenners über die Düse 3 und die Brennstoffzuführungen 8, 9 ist möglich.

Brennraumseitig ist eine Frontplatte 10 angeordnet mit Öffnungen 11, durch welche bei Bedarf Verdünnungsluft oder Kühlluft dem Brennraum 22 zugeführt werden. Darüber hinaus sorgt diese Luftzuführung dafür, dass eine Flammenstabilisierung am Ausgang des Brenners stattfindet. Dort stellt sich eine stabile Flammenfront 7 mit einer Rückströmzone 6 ein.

Aus den Fig. 13 bis 15 ist die Anordnung von Leitblechen 21a, 21b zu entnehmen. Diese können beispielsweise um einen Drehpunkt 23 geöffnet oder geschlossen werden, so dass dadurch die ursprüngliche Spaltgrösse der tangentialen Lufteintrittsschlitze 19, 20 verändert wird. Selbstverständlich kann der Brenner auch ohne diese Leitbleche 21a, 21b betrieben werden.

Da bei diesen Brennern die Gefahr besteht, dass sich im Düsennahbereich Ablöse- und Rezirkulationsgebiete bilden, wird dies gemäss Fig. 16 verhindert, indem um die Düse 3 ein Kanal 24 angeordnet wird, durch den ein Mantelluftstrom 15a als Spülluft strömt. Der Mantelluftstrom 15a beträgt etwa 3 bis 7% des Verbren-

nungsluftstromes 15.

Selbstverständlich kann mit dem eben beschriebenen Verfahren auch ein Brenner (s. Fig. 17) betrieben werden, im wesentlichen bestehend aus einem Drallerzeuger 100 für einen Verbrennungsluftstrom 15 und aus Mitteln zur Eindüsung eines Brennstoffes, bei dem stromab des Drallerzeugers 100 eine Mischstrecke 220 angeordnet ist und diese innerhalb eines ersten Streckenteiles 200 in Strömungsrichtung verlaufende Übergangskanäle 201 zur Überführung einer im Drallerzeuger 100 gebildeten Strömung in den stromab der Übergangskanäle 201 nachgeschalteten Durchflussquerschnitt 18 der Mischstrecke 220 aufweist, wobei das Mittel zur Eindüsung des Brennstoffes eine erfindungsgemässe Druckzerstäuberdüse ist, welche nach einem der oben beschriebenen Verfahren betrieben wird. Der Drallerzeuger 100 ist bevorzugt ein kegelförmiges Gebilde, das tangential mehrfach (z.B. über vier Schlitze) vom tangential einströmenden Verbrennungsluftstrom 15 beaufschlagt wird. Dieser Verbrennungsluftstrom 15 legt sich um den Brennstofftropfenspray 4, der zuvor durch Zerstäubung des flüssigen Brennstoffes 12 in der zweistufigen Druckzerstäuberdüse 3 gebildet wurde. Die sich bildende Strömung wird anhand einer stromab des Drallerzeugers 100 vorgesehenen Übergangsgeometrie (Übergangskanäle 201) nahtlos in ein Übergangsstück 200 übergeleitet, welches durch ein Rohr 18 verlängert ist. Beide Teile bilden die Mischstrecke 220, an die sich abströmseitig die eigentliche, hier nicht dargestellte Brennkammer anschliesst. Die Mischstrecke erlaubt eine sehr gute Vormischung des Brennstoffes mit der Verbrennungsluft, ermöglicht eine verlustarme Strömungsführung und verhindert durch ein Maximum an Axialgeschwindigkeit auf der Achse eine Rückzündung der Flamme aus der Brennkammer. Da die Axialgeschwindigkeit zur Wand hin abfällt, sind in der Wand des Rohres 18 Bohrungen 48 vorgesehen, durch die Verbrennungsluft 15 einströmt, welche entlang der Wand eine Geschwindigkeitserhöhung hervorruft. Erst stromab des Mischrohres 220 bildet sich eine zentrale Rückströmzone 6, welche die Eigenschaften eines Flammenhalters aufweist. Auch hier ist es von Vorteil, wenn 3 bis 7% des Verbrennungsluftstromes 15 als Mantelluftstrom 15a um die Druckzerstäuberdüse geführt werden. Auf diese Weise werden wiederum Ablöse- und Rezirkulationsgebiete im Düsennahbereich verhindert.

Bezugszeichenliste

1, 2	Teilkegelkörper
1a, 2a	zylindrischer Anfangsteil
1b, 2b	Mittelachse der Teilkegelkörper
3	Zerstäuberdüse
4	Brennstofftropfenspray
5	Brennerachse
6	Rückströmzone (vortex breakdown)
7	Flammenfront

8, 9	Brennstoffzuleitung		
10	Frontplatte		
11	Öffnungen in der Frontplatte		
12	flüssiger Brennstoff		
13	weiterer Brennstoff (flüssig oder gasförmig)	5	
14	Innenraum des Brenners		
15	Verbrennungsluftstrom		
15a	Mantelluftstrom (Teil von Pos. 15)		
16	Eindüsung Brennstoff		
17	Öffnungen	10	
18	Rohr		
19, 20	tangentialer Lufteintrittsschlitz		
21a, 21b	Leitblech		
22	Brennraum abströmseitig des Brenners		
23	Drehpunkt	15	
30	Düsenkörper		
31	erstes Rohr		
32	Deckel von Pos. 31		
33	Düsenbohrung		
34	Längsachse der Düse	20	
35	zweites Rohr		
36	Ringraum zwischen Pos. 31 und 35		
37	zu zerstäubende Flüssigkeit		
37'	zweite zu zerstäubende Flüssigkeit		
38	tangential angestellter Schlitz	25	
39	Turbulenz- und/oder Drallkammer		
40	Füllstück		
41	Zufuhrkanal (axial ausgerichtet)		
41a	Zufuhrkanal (tangential angestellt)	30	
42	Pumpe		
43	Druckbehälter		
44	Leitung		
45	Leitung		
46	Ventil in Pos. 44		
47	Ventil in Pos. 45	35	
48	Bohrungen in Pos. 18		
49	Rücklaufventil		
50	Absperrventil		
51	Wasser		
100	Drallerzeuger	40	
200	Übergangsstück		
201	Übergangskanal		
220	Mischrohr		
α	Kegelhalbwinkel	45	
ϕ	Spraykegelwinkel		
R	Radius des Sprays		
$\dot{m}_{BS}$	Brennstoffmassenstrom	50	

Patentansprüche

1. Druckzerstäuberdüse, umfassend einen Düsenkörper (30), in welchem eine Turbulenz- und/oder Drallkammer (39) ausgebildet ist, welche über eine Düsenbohrung (33) mit einem Aussenraum in Verbindung steht und mindestens einen ersten Zufuhrkanal (41, 41a) für die zu zerstäubende Flüssigkeit (37) aufweist, durch welchen besagte Flüssigkeit (37) unter Druck zuführbar ist, dadurch gekennzeichnet, dass in die Kammer (39) mindestens ein weiterer Zufuhrkanal (38) für einen Teil der zu zerstäubenden Flüssigkeit (37) oder für eine zweite zu zerstäubende Flüssigkeit (37') mündet, durch welchen besagter Teil der Flüssigkeit (37) oder die zweite Flüssigkeit (37') unter Druck und mit Drall zuführbar ist.
2. Druckzerstäuberdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zu zerstäubende Flüssigkeit (37) drallfrei über den/die ersten Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle (41) in die Kammer (39) zuführbar ist.
3. Druckzerstäuberdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die zu zerstäubende Flüssigkeit (37) drallbehaftet über den/die ersten Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle (41a) in die Kammer (39) zuführbar ist.
4. Druckzerstäuberdüse nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenbohrung (33) im Deckel (32) eines ersten Rohres (31) angeordnet ist, in welchem ein zweites Rohr (35) kleineren Aussendurchmessers eingesetzt ist, das bis zum besagten Deckel (32) reicht, und im deckelseitigen Ende des zweiten Rohres (35) mindestens ein Schlitz (38) vorgesehen ist, welcher tangential angestellt ist und einen Drallkanal bildet und den Ringraum (36) zwischen dem ersten (31) und dem zweiten Rohr (35) mit der Kammer (39) verbindet, von welcher die Düsenbohrung (33) in den Aussenraum führt, wobei die Kammer (39) im wesentlichen durch den Deckel (32), die Innenwände des zweiten Rohres (35) und ein Füllstück (40) im zweiten Rohr (35) begrenzt ist, und der/die erste(n) Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle (41) achsparallel im Füllstück (40) angeordnet ist/sind.
5. Druckzerstäuberdüse nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenbohrung (33) im Deckel (32) eines ersten Rohres (31) angeordnet ist, in welchem ein zweites Rohr (35) kleineren Aussendurchmessers eingesetzt ist, das bis zum besagten Deckel (32) reicht, und im deckelseitigen Ende des zweiten Rohres (35) mindestens ein Schlitz (38) vorgesehen ist, welcher tangential angestellt ist und einen Drallkanal bildet und den Ringraum (36) zwischen dem ersten (31) und dem zweiten Rohr (35) mit der Kammer (39) verbindet, von welcher die Düsenbohrung (33) in den Aussenraum führt, wobei die Kammer (39) im wesentlichen durch den Deckel (32), die Innenwände des zweiten Rohres (35) und ein Füllstück (40) im zweiten Rohr (35) begrenzt ist, und der erste Zufuhrkanal (41) als Ringspalt zwischen dem Füllstück (40) und den Innenwänden des zweiten Rohres (35) angeordnet

ist.

6. Druckzerstäuberdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenbohrung (33) im Deckel (32) eines ersten Rohres (31) angeordnet ist, in welchem ein zweites Rohr (35) kleineren Aussendurchmessers eingesetzt ist, wobei der sich zwischen den Rohren (31) und (35) ausbildende Ringkanal (36) als Zuleitung für eine Drallstufe vorgesehen ist und das zweite Rohr (35) von einem Füllstück (40) begrenzt ist, welches mit dem Dekkel (32) des ersten Rohres (31) die Kammer (39) bildet, wobei im Füllstück (40) mindestens ein tangential angestellter Drallkanal (38) zur Verbindung des Ringkanales (36) mit der Kammer (39) angeordnet ist und im zweiten Rohr (35) und dem Füllstück (40) mindestens ein Zufuhrkanal (41) als Turbulenzkanal für die zu zerstäubende Flüssigkeit achsparallel angeordnet ist und der/die Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle (41) in den/die Drallkanal/Drallkanäle (38) münden. 5 10 15 20
7. Druckzerstäuberdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenbohrung (33) im Deckel (32) eines ersten Rohres (31) angeordnet ist, in welchem ein zweites Rohr (35) kleineren Aussendurchmessers eingesetzt ist, wobei der sich zwischen den Rohren (31) und (35) ausbildende Ringkanal (36) als Zuleitung für eine Drallstufe vorgesehen ist und das zweite Rohr (35) von einem Füllstück (40) begrenzt ist, welches mit dem Dekkel (32) des ersten Rohres (31) die Kammer (39) bildet, wobei im Füllstück (40) mindestens ein tangential angestellter Drallkanal (38) zur Verbindung des Ringkanales (36) mit der Kammer (39) angeordnet ist und im zweiten Rohr (35) und dem Füllstück (40) mindestens ein Zufuhrkanal (41) als Turbulenzkanal für die zu zerstäubende Flüssigkeit achsparallel angeordnet ist und der/die Drallkanal/Drallkanäle (38) in den/die Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle (41) münden. 25 30 35 40
8. Druckzerstäuberdüse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Drallstufen einen unterschiedlichen Spraykegelwinkel (ϕ) aufweisen. 45
9. Druckzerstäuberdüse nach Anspruch 3 und 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenbohrung (33) im Deckel (32) eines ersten Rohres (31) angeordnet ist, in welchem ein zweites Rohr (35) kleineren Aussendurchmessers eingesetzt ist, das bis zum besagten Deckel (32) reicht, und im deckelseitigen Ende des zweiten Rohres (35) mindestens ein Schlitz (38) vorgesehen ist, welcher tangential angestellt ist und einen Drallkanal bildet und den Ringraum (36) zwischen dem ersten (31) und dem zweiten Rohr (35) mit der Kammer (39) verbindet, von welcher die Düsenbohrung (33) in den Aussenraum führt, wobei die Kammer (39) im wesentlichen durch den Deckel (32), die Innenwände des zweiten Rohres (31) und ein Füllstück (40) im zweiten Rohr (35) begrenzt ist, und der/die erste(n) Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle (41a) tangential als Drallkanal/Drallkanäle im Füllstück (40) angeordnet ist/sind. 50 55
10. Druckzerstäuberdüse nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zu zerstäubende Flüssigkeit (37) durch den/die ersten Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle (41a) geringer verdrahlbar ist als die durch den/die weiteren Zufuhrkanal/Zufuhrkanäle (38) verdrahlbaren Teil der Flüssigkeit (37) oder die zweite Flüssigkeit(37').
11. Verfahren zum Betrieb einer Druckzerstäuberdüse nach einem der Ansprüche 1, 2, 4, 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckzerstäuberdüse bei Voll- und Überlastbetrieb über eine drallfreie Turbulenzerzeugerhauptstufe betrieben wird, indem die gesamte zu zerstäubende Flüssigkeit (37) über mindestens einen Zufuhrkanal (41) der Turbulenzkammer (39) unverdrallt zugeführt wird, wobei dort eine hochturbulente Strömung erzeugt wird, welche anschliessend durch die Düsenbohrung (33) in den Aussenraum gelangt, und dass die Druckzerstäuberdüse bei Teil- und Niedriglastbetrieb zusätzlich über eine Druckdrallstufe betrieben wird, indem ein Teil der zu zerstäubenden Flüssigkeit (37) oder die zweite zu zerstäubende Flüssigkeit (37') über den mindestens einen weiteren Zufuhrkanal (38) verdrahlte der Kammer (39) zugeführt und dort eine stark verdrahlte Strömung erzeugt wird, welche anschliessend durch die mindestens eine Düsenbohrung (33) in den Aussenraum gelangt, wobei der Anteil der über die Drallstufe zugeführten Flüssigkeit (37, 37') mit fallendem Gesamtflüssigkeitsmassenstrom vergrössert wird.
12. Verfahren zum Betrieb einer Druckzerstäuberdüse nach einem der Ansprüche 1, 3, 8, 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Druckzerstäuberdüse bei Voll- und Überlastbetrieb über eine Druckdrallhauptstufe mit geringem Drall betrieben wird, indem die gesamte zu zerstäubende Flüssigkeit (37) über mindestens einen ersten Zufuhrkanal (41a) der Drallkammer (39) verdrahlte zugeführt wird, wobei dort eine verdrahlte Strömung erzeugt wird, welche anschliessend durch die mindestens eine Düsenbohrung (33) in den Aussenraum gelangt, und dass die Druckzerstäuberdüse bei Teil- und Niedriglastbetrieb zusätzlich über eine weitere Druckdrallstufe mit grösserem Drall betrieben wird, indem ein Teil der zu zerstäubenden Flüssigkeit (37) oder die zweite zu zerstäubende Flüssigkeit (37') über den mindestens einen weiteren Zufuhrkanal (38) stärker verdrahlte der Kammer (39) zugeführt wird und dort eine stark verdrahlte Strömung

erzeugt wird, welche anschliessend durch die mindestens eine Düsenbohrung (33) in den Aussenraum gelangt, wobei der Anteil der über die weitere Drallstufe zugeführten stärker verdrahten Flüssigkeit (37, 37') mit fallendem Gesamtflüssigkeitsmassenstrom vergrössert wird.

5

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den beiden Stufen gleitend umgeschaltet wird.

10

14. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass beide Stufen gleichzeitig und im Durchsatz variierbar betrieben werden.

15

15. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass nur eine der beiden Stufen betrieben wird.

16. Verfahren zur Verbrennung von flüssigem Brennstoff (12) in einem Brenner ohne Vormischstrecke, wobei im Innenraum (14) des Brenners durch Zerstäubung des Brennstoffes (12) in einer Düse (3) eine in Strömungsrichtung sich ausbreitende, die Wände des Innenraumes (14) nicht benetzende kegelförmige Flüssigbrennstoffsäule (Brennstofftropfenspray 4) gebildet wird, welche von einem tangential in den Brenner einströmenden Verbrennungsluftstrom (15) umschlossen wird, wobei die Zündung des Gemisches am Ausgang des Brenners stattfindet und die Flamme im Bereich der Brennermündung durch eine Rückströmzone stabilisiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (3) eine Druckzerstäuberdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ist, welche mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15 betrieben wird, und dass 3 bis 7% des Verbrennungsluftstromes (15) als Mantelluftstrom (15a) um die Düse (3) geführt werden.

20

25

30

35

40

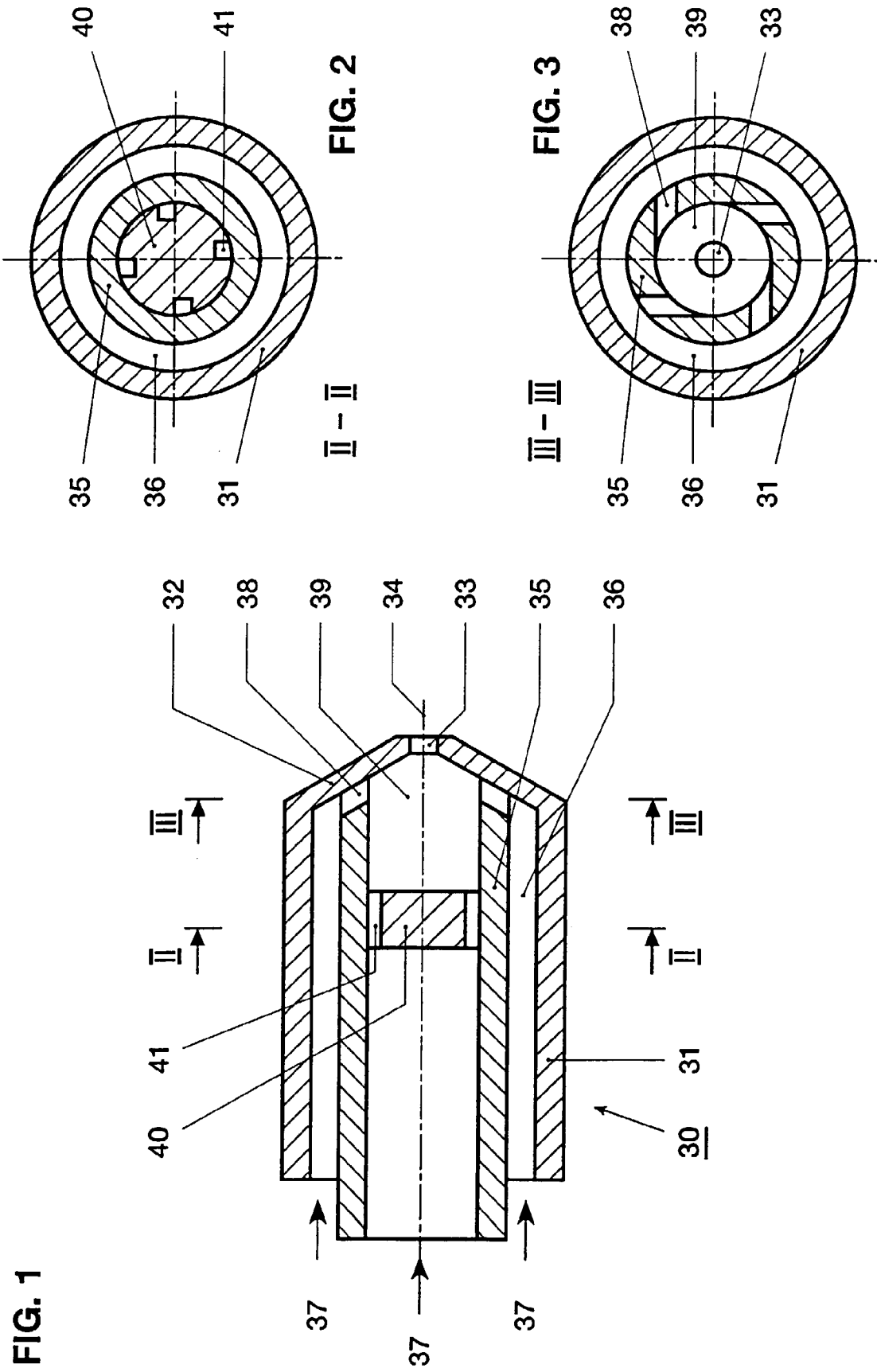
17. Verfahren zur Verbrennung von flüssigem Brennstoff (12) in einem Brenner mit Vormischstrecke, wobei im Innenraum (14) des Brenners durch Zerstäubung des Brennstoffes (12) in einer Düse (3) eine in Strömungsrichtung sich ausbreitende, die Wände des Innenraumes (14) nicht benetzende kegelförmige Flüssigbrennstoffsäule (Brennstofftropfenspray 4) gebildet wird, welche von einem tangential in den Brenner einströmenden Verbrennungsluftstrom (15) umschlossen und dadurch eine verdrahlte Strömung erzeugt wird, welche stromabwärts über in Strömungsrichtung verlaufende Übergangskanäle (201) in eine Mischstrecke (220) gelangt, und die Zündung des Gemisches erst am Ausgang des Brenners stattfindet, wobei die Flamme im Bereich der Brennermündung durch eine Rückströmzone stabilisiert wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Düse (3) eine Druckzerstäuber-

45

50

55

düse nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ist, welche mit einem Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15 betrieben wird, und dass 3 bis 7% des Verbrennungsluftstromes (15) als Mantelluftstrom (15a) um die Düse (3) geführt werden.



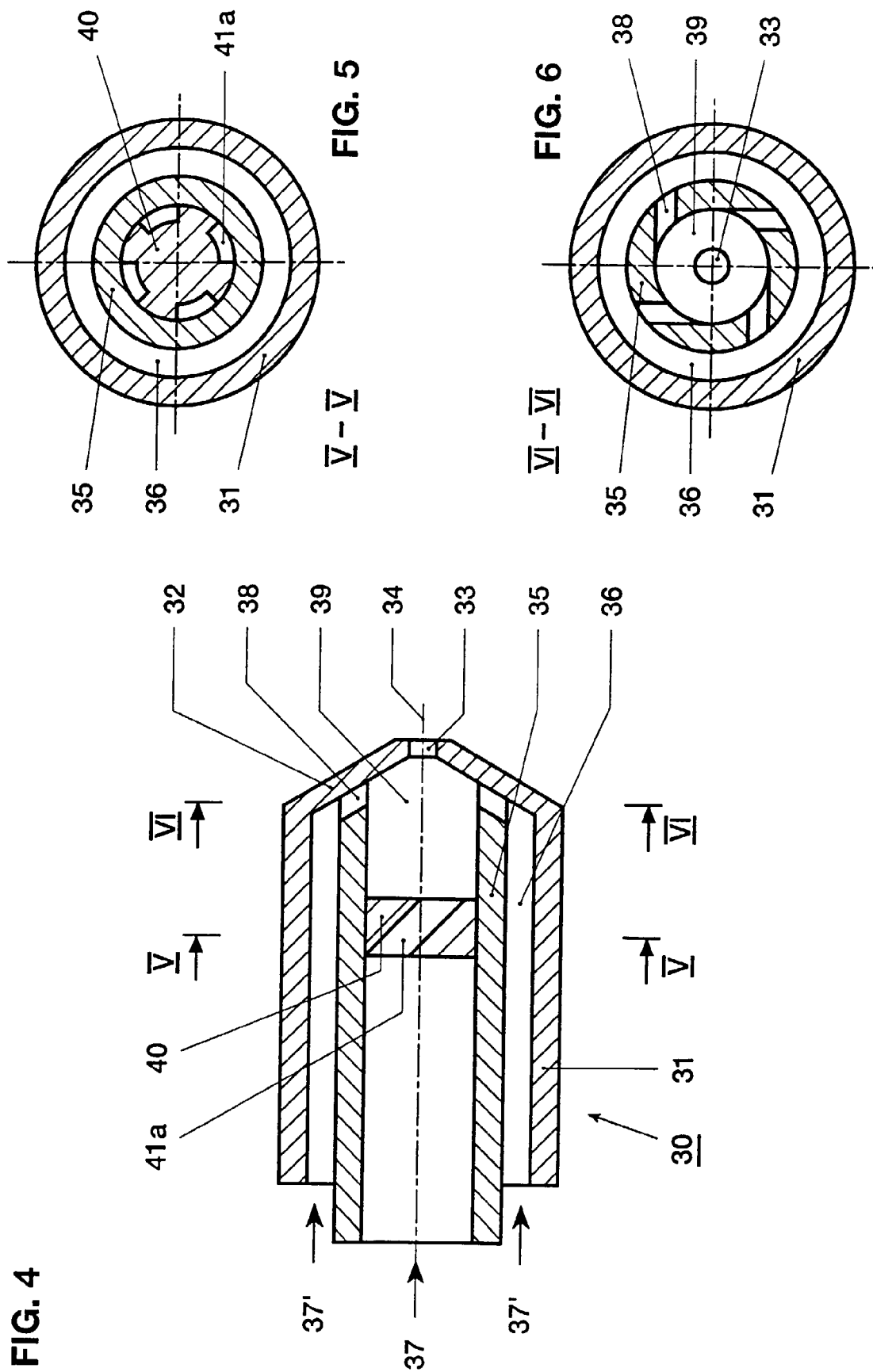
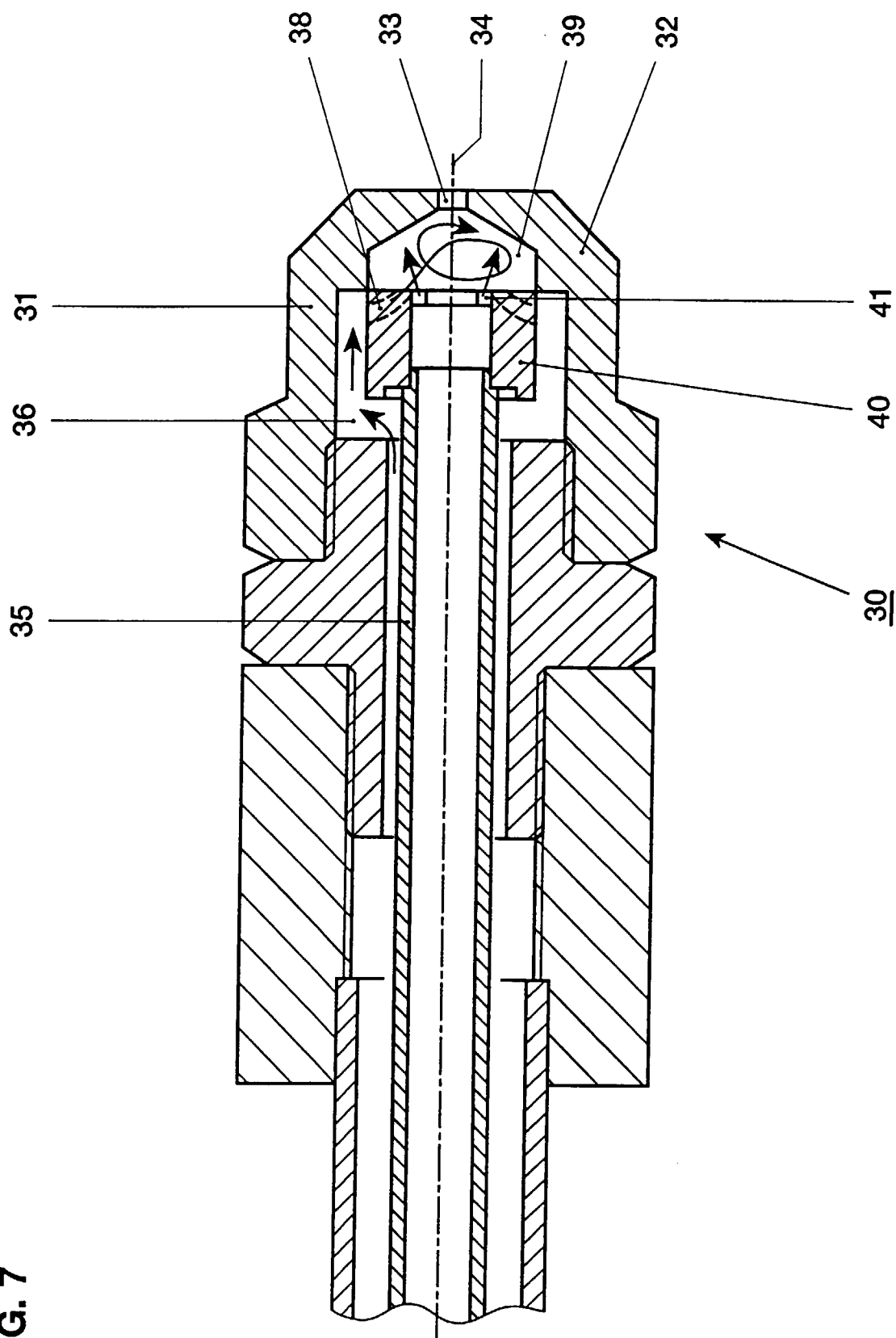
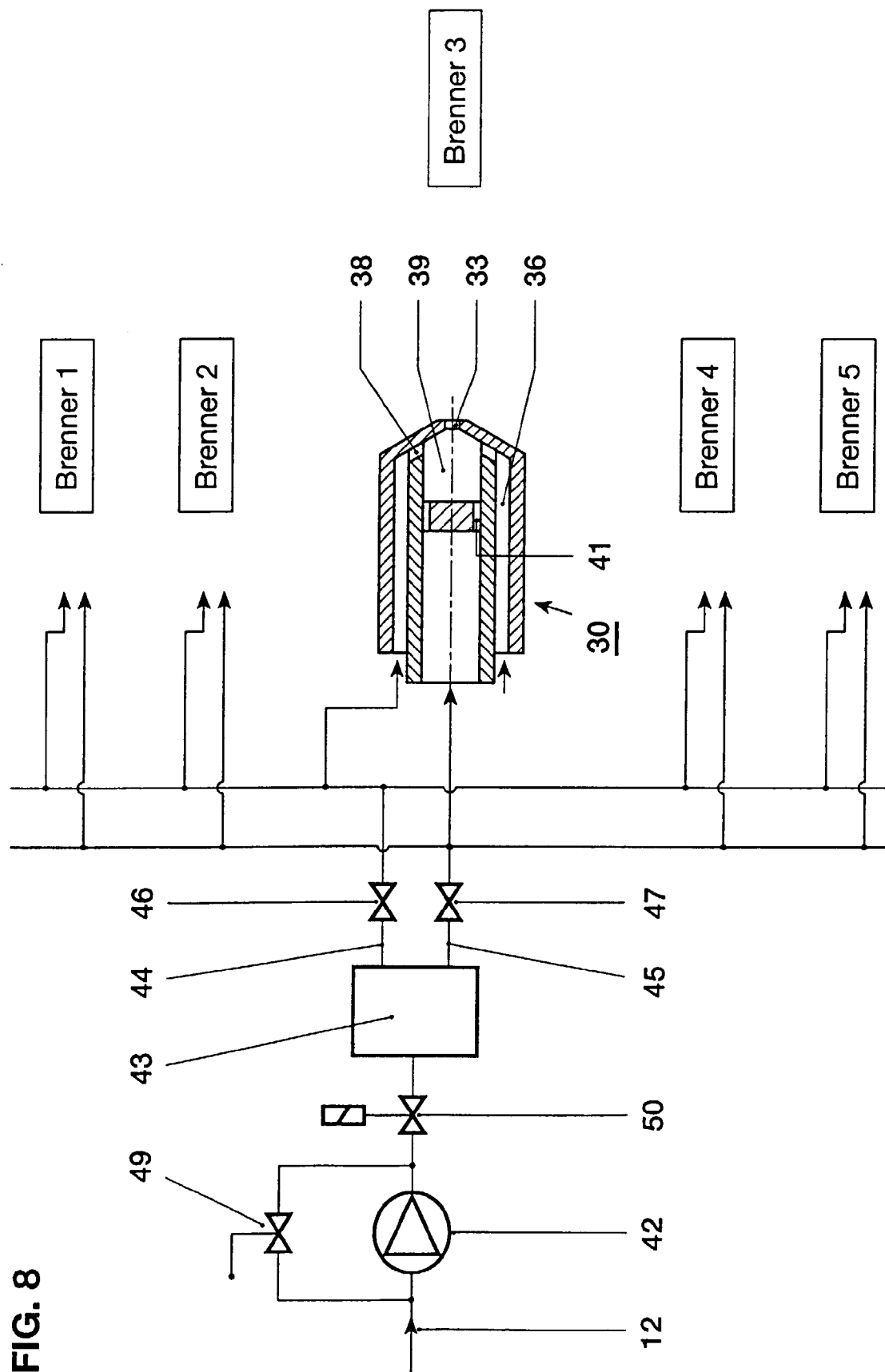


FIG. 7





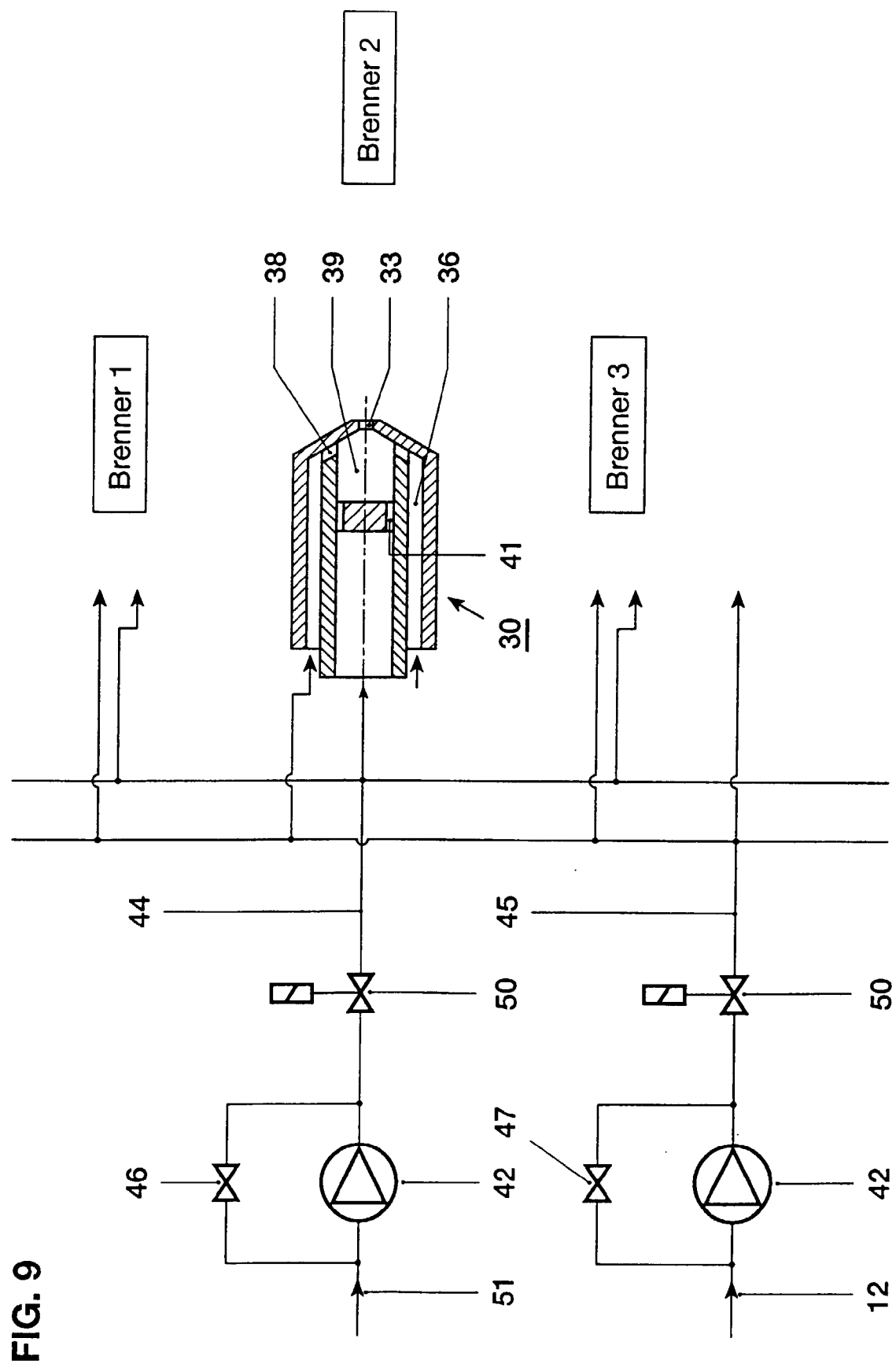
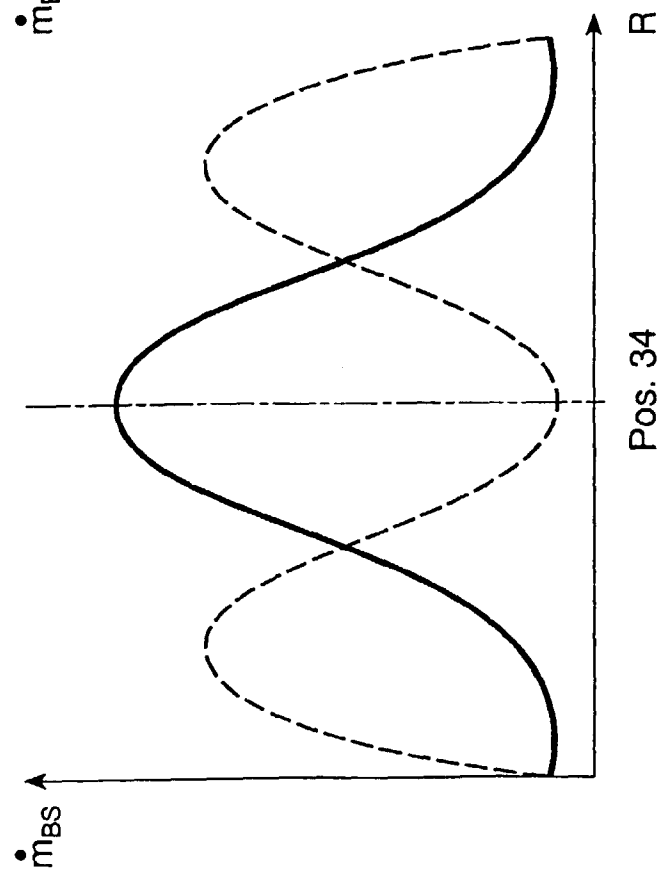
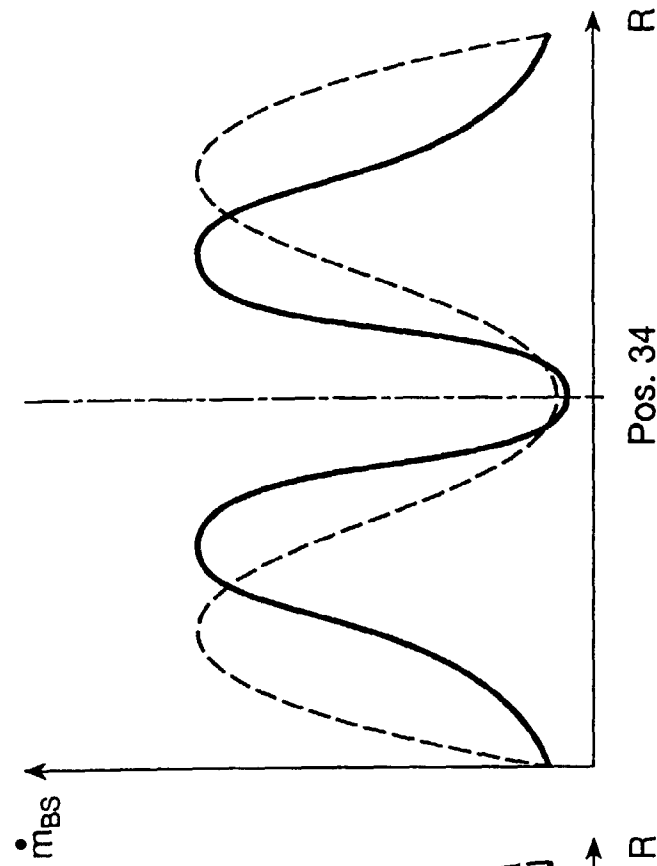


FIG. 10



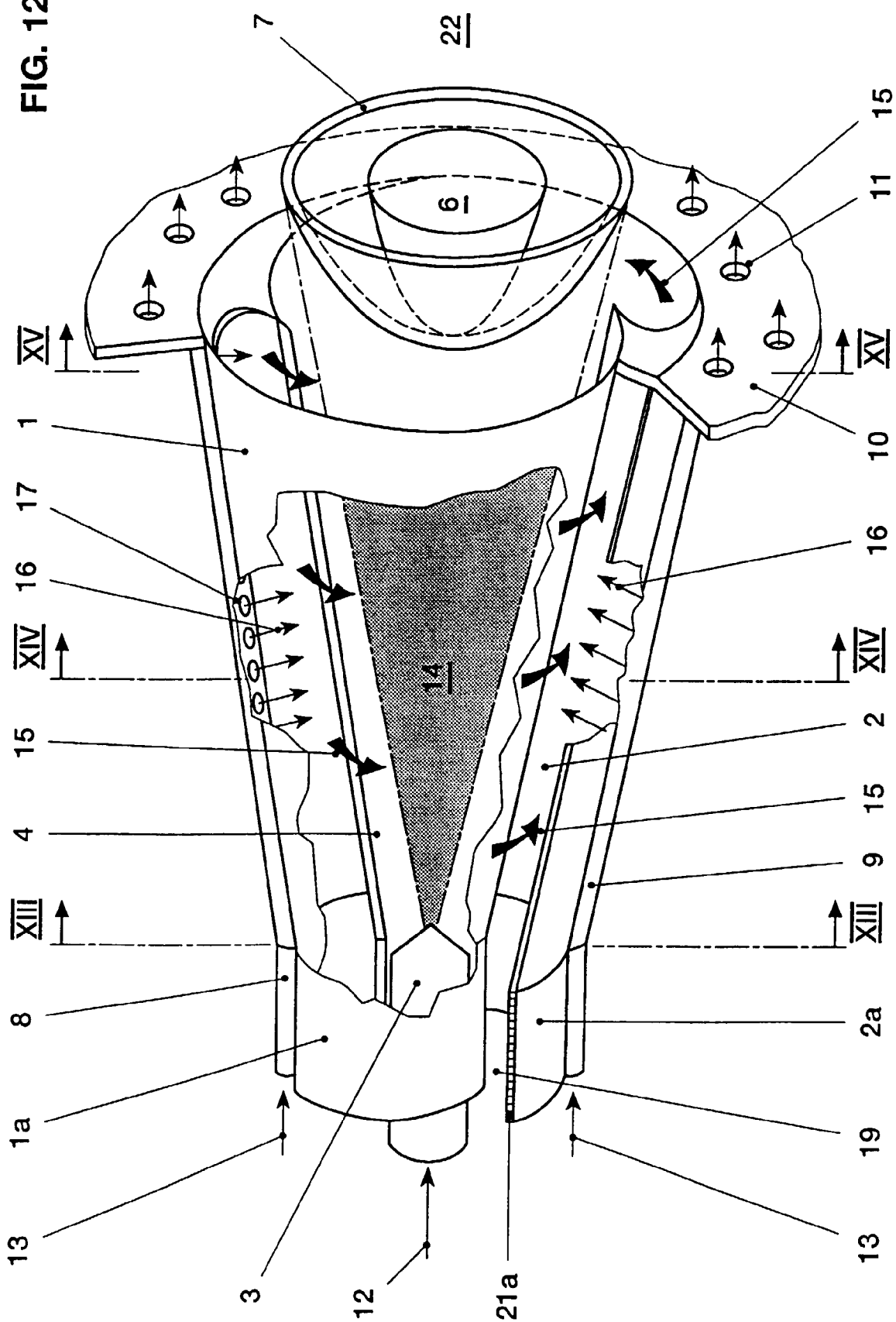
— turbulenzunterstützte Düse
 --- Dralldüse

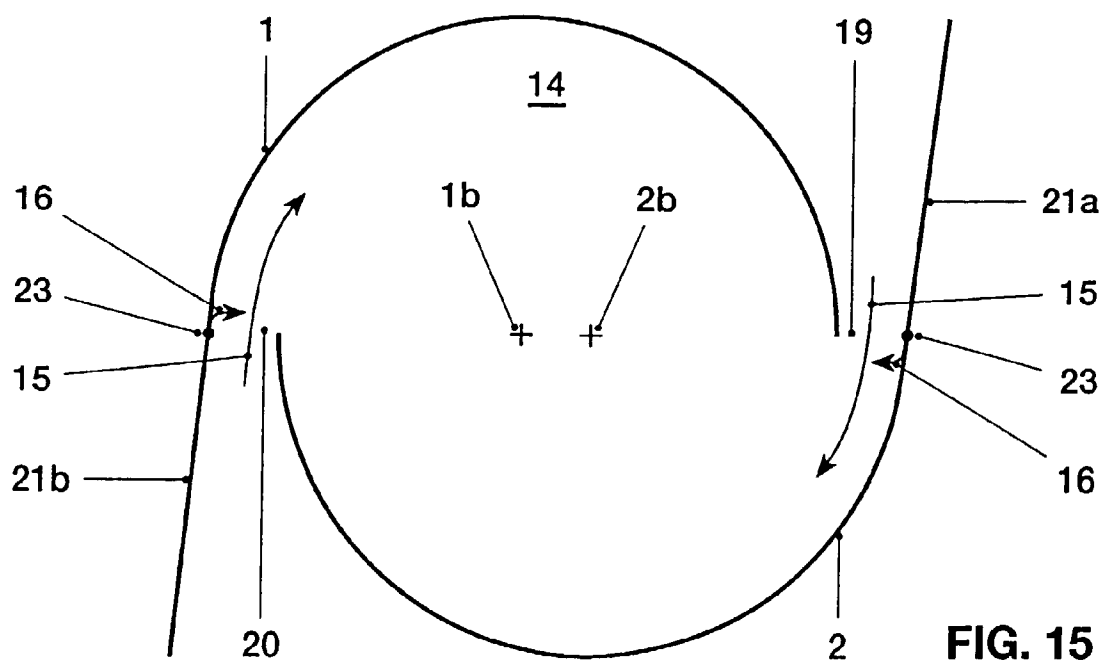
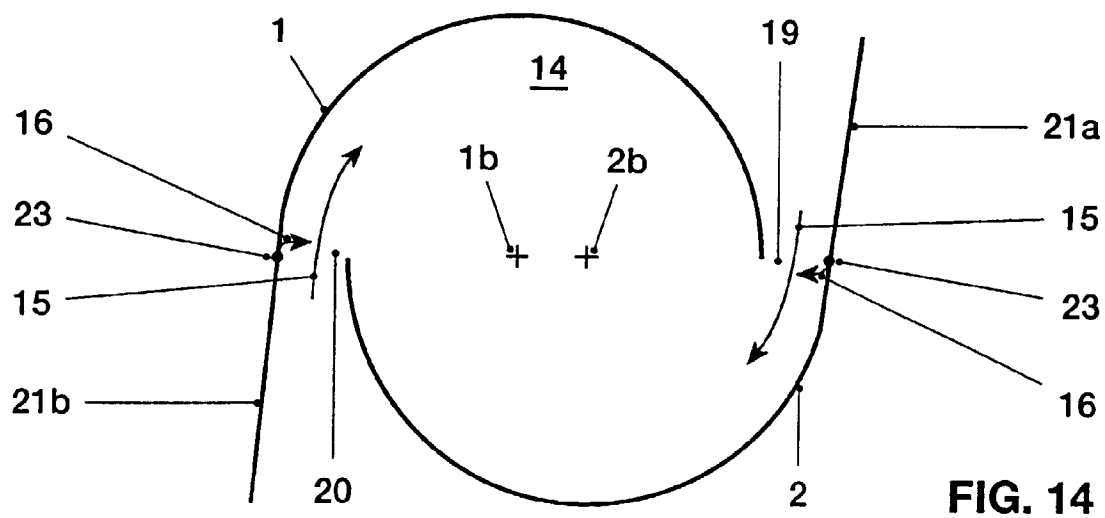
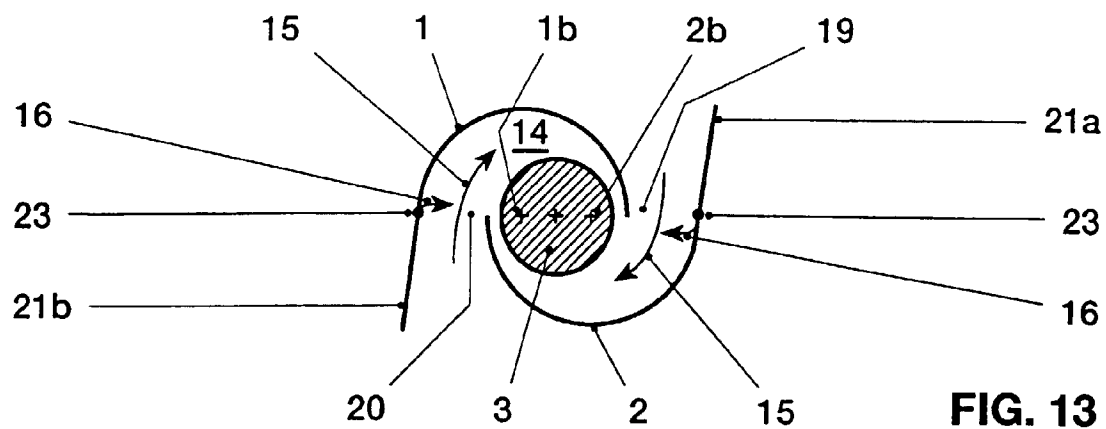
FIG. 11



— Dralldüse mit engem Spraykegelwinkel
 --- Dralldüse mit weitem Spraykegelwinkel

FIG. 12





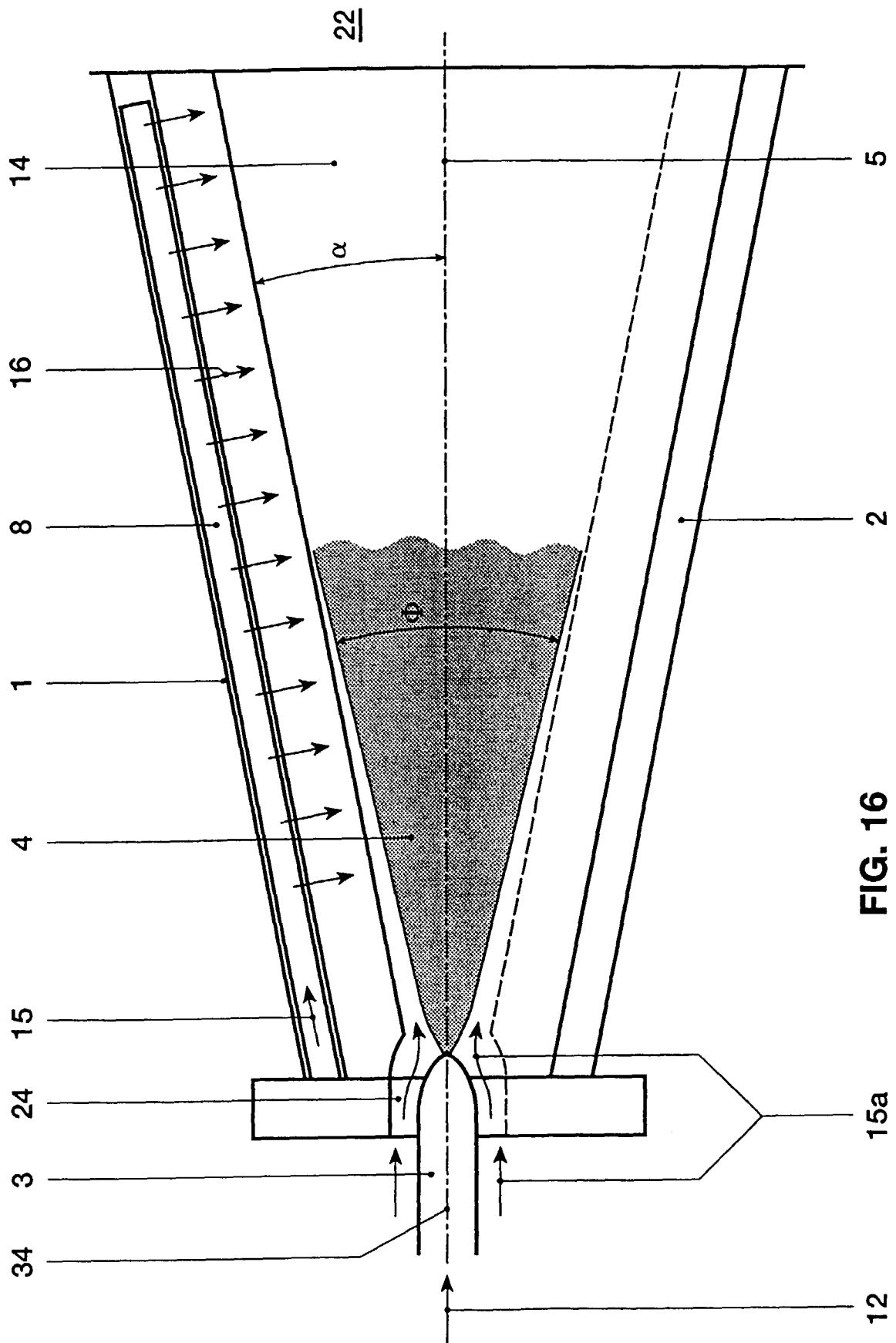


FIG. 17

