

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verringerung von selbstinduzierten Flammenschwingungen und einen Brenner, mit dem dieses Verfahren durchgeführt werden kann.

[0002] Selbstinduzierte Flammenschwingungen treten vielfach in Brennkammern auf und werden in diesem Zusammenhang auch als Brennkammerbrummen bezeichnet. Für die Ausbildung von Brennkammerschwingungen sind eine Rückkopplung zwischen Druckänderungen in der Brennkammer und Massenstromschwankungen von Brennstoff und Luft verantwortlich. Die Brennkammerschwingungen stellen einen unerwünschten Nebeneffekt des Verbrennungsvorganges dar, da sie eine erhöhte mechanische und thermische Belastung der Brennerbauteile und der Brennkammerbauteile bewirken. Zudem verursacht das Brennkammerbrummen eine erhöhte Lärmbelastung in der Umgebung der jeweiligen Brennkammer.

[0003] Eine Verringerung des Brennkammerbrummens beziehungsweise eine Minimierung von selbstinduzierten Flammenschwingungen wird bisher teilweise mithilfe von Helmholtz-Resonatoren erreicht. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, dem verwendeten Brenner eine erhöhte Pilotgasmenge zuzuführen. Pilotgas beziehungsweise Pilotbrennstoff wird üblicherweise zur Stabilisierung der Flamme eingesetzt. Eine erhöhte Zuführung von Pilotgas führt allerdings auch zu erhöhten NO_x -Emissionen.

[0004] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein vorteilhaftes Verfahren zur Verringerung von selbstinduzierten Flammenschwingungen zur Verfügung zu stellen. Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen vorteilhaften Brenner zur Verfügung zu stellen.

[0005] Die erste Aufgabe wird durch ein Verfahren nach Anspruch 1 gelöst. Die zweite Aufgabe wird durch einen Brenner nach Anspruch 9 gelöst. Die abhängigen Ansprüche beinhalten weitere, vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung.

[0006] In dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Verringerung von selbstinduzierten Flammenschwingungen wird in einen ersten Fluidmassenstrom, der eine Strahldüse von einer Fluideinlassöffnung zu einer Fluidauslassöffnung durchströmt, an mindestens einer in Bezug auf die Fluideinlassöffnung stromabwärts gelegenen axialen Position der Strahldüse ein zweiter Fluidmassenstrom eingedüst. Dabei umfasst einer der beiden Fluidmassenströme Luft. Der andere Fluidmassenstrom umfasst einen Brennstoff. Indem der Brennstoff und/oder die Luft an mehreren axialen Positionen in einen die Strahldüse durchströmenden Hauptfluidmassenstrom eingedüst wird, wird das Antwortverhalten zum Beispiel des Brennstoffmassenstroms so verschmiert, dass sich eine Resonanz nur noch für einen geringen Anteil des Massenstroms einstellen kann. Durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine Verschmierung der Verzögerungs-

zeit zwischen Eindüsung und Verbrennung erreicht. Das erfindungsgemäße Verfahren kann insbesondere bei dem Betrieb eines Strahlbrenners umgesetzt werden, wobei die positiven Eigenschaften eines Strahlbrenners erhalten bleiben.

[0007] Vorzugsweise kann der zweite Fluidmassenstrom an mehreren Positionen des Umfangs der Strahldüse in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst werden. Insbesondere kann der zweite Fluidmassenstrom an mehreren in axialer Richtung zueinander versetzt angeordneten Positionen des Umfangs der Strahldüse in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst werden. Dies bewirkt, dass die Strömung in der Strahldüse nicht immer an der gleichen Umfangsposition geschwächt wird.

[0008] Bei dem einen Brennstoff umfassenden Fluidmassenstrom kann es sich beispielsweise um ein Luft-Brennstoff-Gemisch handeln. Bei dem verwendeten Brennstoff kann es sich insbesondere um gasförmigen Brennstoff, beispielsweise um Erdgas oder um ein Synthesegas, handeln. Da für Erdgas die Brennstoffmassenströme deutlich geringer sind als die Luftmassenströme, ist auch im Falle einer Eindüsung senkrecht zur Strömungsrichtung der Luft nicht mit einer signifikanten Erhöhung des Druckverlustes zu rechnen. Des Weiteren kann das Verfahren auch auf flüssige Brennstoffe angewandt werden.

[0009] Zusätzlich zu dem zweiten Fluidmassenstrom kann ein dritter Fluidmassenstrom in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst werden. Beispielsweise kann der zweite Fluidmassenstrom einen Brennstoff umfassen und der erste Fluidmassenstrom Luft umfassen. Der dritte Fluidmassenstrom kann ebenfalls Luft, Dampf oder ein anderes Gas, beispielsweise ein Inertgas, umfassen. Vorzugsweise können der zweite und/oder der dritte Fluidmassenstrom in einem Winkel zwischen 0° und 90° in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst werden. Zum Beispiel kann der zweite Fluidmassenstrom in einem Winkel von 90° in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst werden und der dritte Fluidmassenstrom in einem Winkel von 45° in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst werden. Dabei kann es sich beispielsweise bei dem ersten und dem dritten Fluidmassenstrom um einen Luftmassenstrom handeln und bei dem zweiten Fluidmassenstrom um einen Brennstoffmassenstrom handeln. Der Vorteil der Strahl-in-Querströmungseindüsung ist ein Beitrag zu einer erhöhten Mischung des Luft-Brennstoff-Gemisches, während eine Wandfilmbildung vor allem eine Maßnahme gegen Flammenrückschlag ist.

[0010] Der erfindungsgemäße Brenner umfasst mindestens eine Strahldüse mit einer Fluidhaupteinlassöffnung und einer Fluidauslassöffnung, wobei die Fluidhaupteinlassöffnung mit einer Fluidzuleitung verbunden ist. Der erfindungsgemäße Brenner ist dadurch gekennzeichnet, dass an mindestens einer in Bezug auf die Fluidhaupteinlassöffnung stromabwärts gelegenen axialen Position der Strahldüse mindestens eine Fluidneben-einlassöffnung, die mit einer Fluidzuleitung verbunden ist, angeordnet ist.

[0011] Die mit der Fluidhaupteinlassöffnung verbundene Fluidzuleitung kann beispielsweise als Brennstoffzuleitung, als Luftzuleitung oder als Brennstoff-Luft-Gemischzuleitung ausgestaltet sein. Vorzugsweise ist die Fluidhaupteinlassöffnung mit einer Luftzuleitung verbunden. Die mit mindestens einer Fluidnebeneinlassöffnung verbundene Fluidzuleitung kann vorzugsweise als Brennstoffzuleitung ausgestaltet sein. Sie kann jedoch auch als Luftzuleitung, als Dampfzuleitung, als Stickstoffzuleitung oder als Brennstoff-Luft-Gemischzuleitung ausgestaltet sein.

[0012] Es ist grundsätzlich vorteilhaft, wenn die Fluidnebeneinlassöffnungen an mehreren axialen Positionen der Strahldüse angeordnet sind. Bei den Fluidnebeneinlassöffnungen, die an verschiedenen axialen Positionen angeordnet sein können, kann es sich insbesondere um Lufteinlassöffnungen handeln. Zudem können Fluidnebeneinlassöffnungen an mehreren Positionen entlang des Umfanges der Strahldüse angeordnet sein. In diesem Fall ist es vorteilhaft, wenn Fluidnebeneinlassöffnungen an mehreren in axialer Richtung zueinander versetzt angeordneten Positionen entlang des Umfanges der Strahldüse angeordnet sind. Dies bewirkt, dass die Strömung in der Strahldüse nicht immer an der gleichen Umfangsposition geschwächt wird.

[0013] Vorzugsweise kann die Fluidhaupteinlassöffnung mit einer Luftzuleitung verbunden sein und ein Teil der Fluidnebeneinlassöffnungen mit einer Brennstoffzuleitung verbunden sein. Insbesondere kann ein erster Teil der Fluidnebeneinlassöffnungen mit einer Brennstoffzuleitung verbunden sein und ein zweiter Teil der Fluidnebeneinlassöffnungen mit einer Luftzuleitung verbunden sein.

[0014] Weiterhin können die Fluidnebeneinlassöffnungen und die Fluidhaupteinlassöffnung jeweils eine Mittelachse aufweisen. Dabei können die Mittelachsen der Fluidnebeneinlassöffnungen einen Winkel zwischen 0° und 90° zu der Mittelachse der Fluidhaupteinlassöffnung und/oder zu der Mittelachse der Strahldüse aufweisen. Vorteilhafterweise können die Mittelachsen eines ersten Teiles der Fluidnebeneinlassöffnungen einen Winkel von 90° zu der Mittelachse der Fluidhaupteinlassöffnung und/oder zu der Mittelachse der Strahldüse aufweisen und die Mittelachsen eines zweiten Teiles der Fluidnebeneinlassöffnungen einen Winkel von 45° zu der Mittelachse der Fluidhaupteinlassöffnung und/oder zu der Mittelachse der Strahldüse aufweisen. Der Vorteil der Strahl-in-Querströmungseindüsung ist ein Beitrag zu einer erhöhten Mischung des Luft-Brennstoff-Gemisches, während eine Wandfilmbildung vor allem eine Maßnahme gegen Flammenrückschlag ist.

[0015] Die Fluidnebeneinlassöffnungen und die Fluidhaupteinlassöffnung können jeweils eine Mittelachse aufweisen und die Mittelachsen der Fluidnebeneinlassöffnungen können einen Winkel zwischen 0° und 90° zu einer radialen Richtung in Bezug auf die Mittelachse der Fluidhaupteinlassöffnung aufweisen. Dadurch kann tangential entlang des Umfanges der Strahldüse eingedüst

und auf diese Weise ein Wandfilm an der inneren Oberfläche der Strahldüse erzeugt werden. Ein Eindüsen entlang des Umfanges der Strahldüse kann auch zur Erzeugung von Wirbeln in der Strahldüse genutzt werden.

[0016] Mehrere mit Fluidnebeneinlassöffnungen verbundene Fluidzuleitungen können über einen entlang des Umfanges der Strahldüse angeordneten Ringverteiler mit einander verbunden sein.

[0017] Zudem kann eine Brennstoffdüse in der Fluidhaupteinlassöffnung oder unmittelbar vor der Fluidhaupteinlassöffnung angeordnet sein. Die Brennstoffdüse kann einen Brennstoffverteiler umfassen, der in oder unmittelbar vor der Fluidhaupteinlassöffnung angeordnet ist.

[0018] Mindestens eine Fluidnebeneinlassöffnung kann als entlang des Umfanges der Strahldüse verlaufender Ringspalt ausgestaltet sein. In diesem Fall kann der erfindungsgemäße Brenner mehrere Strahldüsen umfassen, wobei die Ringspalte der verschiedenen Strahldüsen an jeweils unterschiedlichen axialen Positionen angeordnet sind. Durch die Variation der axialen Positionen der Ringspalte wird ein zusätzlicher Designparameter gegen thermoakustische Flammenschwingungen gewonnen.

[0019] Der erfindungsgemäße Brenner kann mehrere, beispielsweise ringförmig in Bezug auf die Mittelachse des Brenners angeordnete, Strahldüsen umfassen. Er kann einen weiterhin einen oder mehrere Pilotbrenner umfassen.

[0020] Weitere Merkmale, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren näher beschrieben.

Fig. 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Strahlbrenner quer zu dessen Längsrichtung.

Fig. 2 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen weiteren Strahlbrenner quer zu dessen Längsrichtung.

Fig. 3 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Teil eines Strahlbrenners in Längsrichtung.

Fig. 4 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Teil eines weiteren Strahlbrenners in Längsrichtung.

Fig. 5 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Teil eines alternativen Strahlbrenners in Längsrichtung.

Fig. 6 zeigt schematisch einen Schnitt in Längsrichtung durch einen weiteren Strahlbrenner.

Fig. 7 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Teil eines Strahlbrenners in Längsrichtung.

Fig. 8 zeigt schematisch einen Strahlbrenner in Längsrichtung, der einen Ringspalt aufweist.

Fig. 9 zeigt schematisch eine alternative Anordnung des Ringspaltes des in der Figur 8 gezeigten Strahlbrenners.

[0021] Im Folgenden wird ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung anhand der Figuren 1 bis 4 näher erläutert. Die Figur 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Strahlbrenner 1 senkrecht zu einer Mittelachse 4 des Brenners 1. Der Brenner 1 umfasst ein Gehäuse 6, welches einen kreisförmigen Querschnitt aufweist. Innerhalb des Gehäuses 6 ist eine bestimmte Anzahl an Strahldüsen 2 im Wesentlichen ringförmig angeordnet. Jede Strahldüse 2 weist dabei einen kreisförmigen Querschnitt auf. Außerdem kann der Brenner 1 einen Pilotbrenner umfassen.

[0022] Die Figur 2 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Strahlbrenner 101, wobei der Schnitt senkrecht zur Mittelachse des Brenners 101 verläuft. Der Brenner 101 weist ebenfalls ein Gehäuse 6 auf, welches einen kreisförmigen Querschnitt besitzt und in welchem eine Anzahl innerer und äußerer Strahldüsen 2, 3 angeordnet ist. Die Strahldüsen 2, 3 weisen jeweils einen kreisförmigen Querschnitt auf, wobei die äußeren Strahldüsen 2 eine gleich große oder größere Querschnittsfläche besitzen als die inneren Strahldüsen 3. Die äußeren Strahldüsen 2 sind im Wesentlichen ringförmig innerhalb des Gehäuses 6 angeordnet und bilden einen äußeren Ring. Die inneren Strahldüsen 3 sind ebenfalls innerhalb des Gehäuses 6 ringförmig angeordnet. Die inneren Strahldüsen 3 bilden einen inneren Ring, der konzentrisch zu dem äußeren Strahldüsenring angeordnet ist.

[0023] Die Figuren 1 und 2 zeigen lediglich Beispiele für die Anordnung von Strahldüsen 2, 3 innerhalb eines Strahlbrenners 1, 101. Selbstverständlich sind alternative Anordnungen, ebenso wie die Verwendung einer anderen Anzahl an Strahldüsen 2, 3 möglich.

[0024] Die Figur 3 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Teil eines erfindungsgemäßen Strahlbrenners 1 in Längsrichtung, also entlang der Mittelachse 4 des Brenners 1. Der Brenner 1 weist mindestens eine in einem Gehäuse 6 angeordnete Strahldüse 2 auf. Die Mittelachse der Strahldüse 2 ist durch die Bezugsziffer 5 gekennzeichnet. Die Strahldüse 2 umfasst eine Fluidhaupteinlassöffnung 8 und eine Fluidauslassöffnung 9. An die Fluidauslassöffnung 9 schließt sich die Brennkammer 18 an. Zudem ist die Strahldüse 2 so in dem Gehäuse 6 angeordnet, dass die Fluidhaupteinlassöffnung 8 der Rückwand 24 des Brenners 1 zugewandt ist. Das Gehäuse 6 umfasst weiterhin einen radial in Bezug auf die Mittelachse 4 des Brenners 1 äußeren Gehäuseteil 27.

[0025] Die Strahldüse 2 ist strömungstechnisch mit einem Kompressor verbunden. Die von dem Kompressor kommende Druckluft wird über einen Ringspalt 22 zur Fluidhaupteinlassöffnung 8 geleitet und/oder über eine

Luftreinlassöffnung 23 radial in Bezug auf die Mittelachse 5 der Strahldüse 2 zur Fluidhaupteinlassöffnung 8 geleitet. In dem Fall, dass die Druckluft durch den Ringspalt 22 der Strahldüse 2 zugeführt wird, strömt die komprimierte Luft durch den Ringspalt 22 in Richtung des mit der Bezugsziffer 15 gekennzeichneten Pfeils, also parallel zur Mittelachse 5 der Strahldüse 2. Die in Richtung des Pfeils 15 strömende Luft wird dann an der Rückwand 24 des Brenners 1 um 180° umgelenkt und strömt anschließend durch die Fluidhaupteinlassöffnung 8 in die Strahldüse 2. Die Strömungsrichtung der Luft innerhalb der Strahldüse 2 ist durch einen Pfeil 10 gekennzeichnet.

[0026] Zusätzlich oder alternativ zu einer Zufuhr der Druckluft durch den Ringspalt 22 kann die von dem Kompressor kommende Druckluft auch durch eine Öffnung 23, die in dem Gehäuse 6 des Brenners 1 radial in Bezug auf die Mittelachse 5 der Strahldüse 2 angeordnet ist, zugeleitet werden. Die Strömungsrichtung der durch die Öffnung 23 strömenden Druckluft ist durch einen Pfeil 26 gekennzeichnet. In diesem Fall wird die Druckluft anschließend um 90° umgelenkt und strömt dann durch die Fluidhaupteinlassöffnung 8 in die Strahldüse 2.

[0027] Der erfindungsgemäße Brenner 1 kann grundsätzlich auch ohne den äußeren Gehäuseteil 27 beziehungsweise ohne äußeres Gehäuse 27 ausgestaltet sein. In diesem Fall kann die Druckluft direkt in das "Plenum", also den Bereich zwischen der Rückwand 24 und der Fluidhaupteinlassöffnung 8, strömen. Der erfindungsgemäße Brenner 1 kann weiterhin auch ohne die Rückwand 24 ausgestaltet sein.

[0028] Die Strahldüse 2 ist radial von einem Ringverteiler 7 umgeben, der über eine Brennstoffzuleitung 13 mit Brennstoff 12 versorgt wird. Der Ringverteiler 7 weist eine Anzahl an Fluidnebeneinlassöffnungen 14 auf, durch welche Brennstoff in den durch die Strahldüse 2 strömenden Luftmassenstrom eingedüst werden kann. Die Strömungsrichtung des durch die Fluidnebeneinlassöffnungen 14 in die Strahldüse 2 eingedüsten Brennstoffes 12 ist durch Pfeile 17 gekennzeichnet. Die Strömungsrichtung 17 des eingedüsten Brennstoffes 12 verläuft dabei senkrecht zur Mittelachse 5 der Strahldüse 2 und damit auch senkrecht zur Hauptströmungsrichtung 10 der durch die Strahldüse 2 strömenden Druckluft 11.

[0029] In der Figur 3 sind an drei verschiedenen axialen Positionen Fluidnebeneinlassöffnungen 14 angeordnet, wobei an jeder axialen Position jeweils zwei Fluidnebeneinlassöffnungen 14 einander gegenüberliegend angeordnet sind. Vorteilhafterweise sind eine Anzahl an Fluidnebeneinlassöffnungen 14 entlang des Umfanges der Strahldüse 2 angeordnet. Diese können insbesondere auch axial versetzt zueinander angeordnet sein. Grundsätzlich können Fluidnebeneinlassöffnungen 14 an lediglich einer oder an noch weiteren axialen Positionen entlang des Umfanges der Strahldüse 2 angeordnet sein.

[0030] Im Inneren der Strahldüse 2 bildet sich durch das Eindüsen des Brennstoffes 12 in die durch die Strahldüse 2 strömende Druckluft 11 ein Brennstoff-Luft-Ge-

misch aus, welches die Strahldüse 2 durch die Fluidauslassöffnung 9 in Richtung der Brennkammer 18 verlässt.

[0031] Die Figur 4 zeigt schematisch einen Schnitt durch einen Brenner 201, der eine Weiterentwicklung des in der Figur 3 gezeigten Brenners 1 darstellt. Die von einem Kompressor kommende Druckluft 11 kann der Strahldüse 2 wiederum entweder über einen Ringspalt 22 zugeführt werden oder, wie in der Figur 3 gezeigt ist, über eine Lufteinlassöffnung senkrecht zur Mittelachse 5 der Strahldüse eingedüst werden. Vorzugsweise wird in dieser Ausführungsvariante die Druckluft 11 über einen Ringspalt 22 der Strahldüse 2 zugeführt. Das Eindüsen senkrecht zur Mittelachse 5 ist daher lediglich durch einen gestrichelten Pfeil 26 angedeutet.

[0032] Zusätzlich zu den im Zusammenhang mit der Figur 3 bereits beschriebenen Merkmalen weist der in der Figur 4 gezeigte Brenner 201 neben den Fluidnebeneinlassöffnungen 14, durch die Brennstoff in die Strahldüse 2 eingedüst wird, weitere Fluidnebeneinlassöffnungen 25 auf, durch die zusätzliche Druckluft in der durch Pfeile 16 gekennzeichneten Strömungsrichtung in die Strahldüse 2 eingedüst wird. Diese zusätzlichen Fluidnebeneinlassöffnungen 25 sind mit dem Ringspalt 22 verbunden. Das bedeutet, dass ein Teil der vom Kompressor kommenden Druckluft 11 durch den Ringspalt 22 zur Rückwand 24 des Brenners geleitet wird, dort um 180° umgelenkt wird und anschließend durch die Fluidhaupteinlassöffnung 8 in die Strahldüse 2 gelangt. Dieser Luftmassenstrom durchströmt die Strahldüse 2 in Richtung der durch einen Pfeil 10 gekennzeichneten Richtung. Ein anderer Teil der vom Kompressor kommenden Druckluft wird von dem Ringspalt 22 durch die Fluidnebeneinlassöffnungen 25 in Richtung der durch die Pfeile 16 gekennzeichneten Strömungsrichtung in die Strahldüse 2 eingedüst. Die Fluidnebeneinlassöffnungen 25 können dabei an verschiedenen axialen Positionen der Strahldüse 2 angeordnet sein. In der Figur 4 sind die Fluidnebeneinlassöffnungen 25, durch welche Druckluft in die Strahldüse 2 eingedüst wird, so angeordnet, dass jeweils in Strömungsrichtung 10 stromabwärts hinter einer Fluidnebeneinlassöffnung 14, durch die Brennstoff 12 in die Strahldüse 2 eingedüst wird, eine Fluidnebeneinlassöffnung 25 angeordnet ist. Beliebige andere Anordnungen sind selbstverständlich möglich. Es ist allerdings vorteilhaft, wenn die Fluidnebeneinlassöffnungen 25 entlang des Umfanges der Strahldüse 2 radial versetzt angeordnet sind. Auf diese Weise wird die Strömung nicht immer an der gleichen Umfangsposition geschwächt.

[0033] In der Figur 4 sind die Fluidnebeneinlassöffnungen 14 und 25 so angeordnet, dass der Brennstoff 12 durch die Fluidnebeneinlassöffnungen 14 senkrecht zur Strömungsrichtung 10 der durch die Fluidhaupteinlassöffnung 8 in die Strahldüse 2 strömenden Druckluft 11 eingedüst wird. Weitere Druckluft wird durch die Fluidnebeneinlassöffnungen 25 in einem Winkel von etwa 45° zur Hauptströmungsrichtung 10 in die Strahldüse 2 eingedüst. Sowohl der Brennstoff 12 als auch die zusätzli-

che Druckluft können in einem beliebigen anderen Winkel zwischen 0° und 90° zur Hauptströmungsrichtung 10 an verschiedenen axialen Positionen in die Strahldüse 2 eingedüst werden. Da beispielsweise für Erdgas die Brennstoffmassenströme deutlich geringer sind als die Luftmassenströme, ist auch im Falle einer senkrechten Brennstoffeindüstung nicht mit einer signifikanten Erhöhung des Druckverlustes zu rechnen. Der Brennstoff 12 kann auch entgegen der Luftströmungsrichtung 10 eingedüst werden.

[0034] Grundsätzlich kann der Brennstoff über ein oder mehrere Brennstoffzuleitungen 13 zugeführt und über einen Ringverteiler 7 zu den einzelnen Strahldüsen 2 transportiert werden. Im Falle des Vorliegens mehrerer Brennstoffzuleitungen 13 können diese vorteilhafterweise entlang des Umfanges des Brenners angeordnet werden. Es ist weiterhin vorteilhaft, wenn die Eindüstung des Brennstoffes in den Luftstrahl an mehr als einer axialen Position des Strahlrohres 2 vollzogen wird. Zudem kann für eine bessere Durchmischung an mehreren Umfangspositionen des Strahlrohres 2 eingedüst werden.

[0035] Im Folgenden wird ein zweites Ausführungsbeispiel anhand der Figuren 5 bis 7 näher beschrieben. Elemente, die Elementen entsprechen, die bereits im ersten Ausführungsbeispiel beschrieben wurden, sind mit denselben Bezugsziffern versehen und werden nicht erneut im Detail beschrieben.

[0036] Die Figuren 5 bis 7 zeigen jeweils Schnitte durch einen Teil eines Brenners 301 entlang der Mittelachse 4 des Brenners 301. Der Brenner 301 weist mindestens eine, vorteilhafterweise jedoch mehrere, im Wesentlichen ringförmig um die Mittelachse 4 angeordnete Strahldüsen 2 auf. In Bezug auf mögliche Anordnungen der Strahldüsen 2, 3 wird auf die Figuren 1 und 2 und die in diesem Zusammenhang gemachten Ausführungen verwiesen.

[0037] Im Bereich der Fluidhaupteinlassöffnung 8 der Strahldüse 2 ist in den Figuren 5 bis 7 eine Brennstoffdüse 19 angeordnet. Durch die Brennstoffdüse 19 wird Brennstoff 12 in die Strahldüse 2 eingedüst. Vorzugsweise wird der Brennstoff 12 in einem Winkel von etwa 45° zur Strömungsrichtung 10 der durch die Fluidhaupteinlassöffnung 8 in die Strahldüse einströmende Druckluft 11 eingedüst. Die Strömungsrichtung des durch die Brennstoffdüse 19 eingedüsten Brennstoffes 12 ist durch Pfeile 17 gekennzeichnet. Der Brennstoff 12 kann ebenso in einem anderen Winkel zwischen 0° und 90° zur Strömungsrichtung 10 der Druckluft 11 in die Strahldüse 2 eingedüst werden.

[0038] An verschiedenen axialen Positionen der Strahldüse 2 sind weitere Fluidnebeneinlassöffnungen 25 angeordnet, durch die Druckluft in die Strahldüse 2 eingedüst werden kann. Die Druckluft wird dabei über einen Ringspalt 22 zu den Fluidnebeneinlassöffnungen 25 geleitet. In den Figuren 5 und 6 wird die Druckluft durch die Fluidnebeneinlassöffnungen 25 senkrecht zur Mittelachse 5 der Strahldüse in die Strahldüse 2 eingedüst. Dabei strömt in der Figur 5 die von einem Kompres-

sor kommende Druckluft in Richtung des Pfeils 15 durch den Ringspalt 22.

[0039] In der Figur 6 wird die von einem Kompressor kommende Druckluft durch eine Lufteinlassöffnung 23 senkrecht zur Mittelachse 5 der Strahldüse 2 in den Brenner 301 eingedüst. Die Strömungsrichtung der die Öffnung 23 passierenden Druckluft 11 ist durch einen Pfeil 26 gekennzeichnet. Die Druckluft 11 strömt nun durch den Ringspalt 22 zu den Fluidnebeneinlassöffnungen 25 und gelangt über diese in die Strahldüse 2. Der Hauptanteil der Druckluft 11 wird jedoch durch die Fluidhaupteinlassöffnung 8 in Strömungsrichtung 10 in die Strahldüse 2 eingeleitet.

[0040] Die Figur 7 zeigt eine alternative Ausgestaltung des in der Figur 5 gezeigten Brenners 301. Im Unterschied zu der Figur 5 sind in der Figur 7 die Fluidnebeneinlassöffnungen 25 so angeordnet, dass die durch die Fluidnebeneinlassöffnungen 25 in die Strahldüse 2 eingedüste Druckluft in einem Winkel von etwa 45° zur Mittelachse 5 des Strahlrohres 2 in dieses eingedüst wird. Grundsätzlich ist auch ein anderer Eindüswinkel zwischen 0° und 90° möglich und sinnvoll.

[0041] Die für die axial gestufte Lufteinindüsung des vorliegenden Ausführungsbeispiels verwendete Luft kann entweder aus dem Ringspalt 22 oder direkt aus einem den Brenner 301 umgebenden Plenum entnommen werden und in das Brennstoff-Luft-Gemisch in der Strahldüse eingedüst werden. Die Luft kann dabei als Strahl in die Querströmung oder als Wandfilm eingebracht werden. Der Vorteil einer Strahl-in-Querströmungseindüsung ist ein Beitrag zu einer erhöhten Mischung des Brennstoff-Luft-Gemisches, während eine Wandfilmbildung vor allem eine Maßnahme gegen einen möglichen Flammenrückschlag ist. Weiterhin kann die Luft tangential in Bezug auf den Umfang der Strahldüse 2 in diese eingedüst werden. Dabei kann auf der kompletten inneren Oberfläche der Strahldüse 2 ein Wandfilm erzeugt werden. Ein tangentiales Eindüsen kann zudem zur Wirbelerzeugung in der Strahldüse 2 genutzt werden.

[0042] Denkbar ist auch eine Strahl-in-Querströmungseindüsung mit einer Wandfilmeindüsung zu kombinieren, indem die Düsen sehr kurz hintereinander angeordnet sind. Die Strahl-in-Querströmungseindüsung sorgt für eine verbesserte Mischung, vor allem auch im Kernbereich des Strahls, und der Film der zweiten Düse stärkt die Strömungsgrenzschicht und verhindert somit einen Flammenrückschlag. Diese Ausgestaltung ist insbesondere vorteilhaft für eine zentrale Co-Flow-Eindüsung in der Hauptbrennstoffeindüsung, zum Beispiel für Synthesegas. Bei einem hohen Luftanteil in der axialen Stufung ist es möglich, die Düsendurchmesser der Strahldüse so anzupassen, dass die Strömungsgeschwindigkeit in der Düse im Wesentlichen gleich bleibt.

[0043] Im Folgenden wird ein drittes Ausführungsbeispiel anhand der Figuren 8 und 9 näher beschrieben. Elemente, die Elementen der ersten Ausführungsbeispiele entsprechen, sind mit denselben Bezugsziffern versehen und werden nicht erneut im Detail beschrieben.

[0044] Die Figuren 8 und 9 zeigen schematisch verschiedene Varianten eines Brenners 401 in Längsrichtung entlang der Mittelachse 4 des Brenners 401. Der Brenner 401 weist eine Anzahl Strahldüsen 2 auf, die im Wesentlichen ringförmig um die Mittelachse 4 des Brenners 401 angeordnet sind. In Bezug auf mögliche Anordnungen der Strahldüsen 2, 3 wird auf die Figuren 1 und 2 und die in diesem Zusammenhang gemachten Ausführungen verwiesen.

[0045] Jede Strahldüse 2 umfasst eine Fluidhaupteinlassöffnung 8 und eine Fluidauslassöffnung 9. Die Fluidauslassöffnung 9 mündet in die Brennkammer 18. In der Fluidhaupteinlassöffnung 8 ist eine Brennstoffdüse 19 angeordnet. Die Brennstoffdüse 19 umfasst einen Brennstoffverteiler 20, mit dessen Hilfe an verschiedenen radialen Positionen und verschiedenen Umfangspositionen der Fluidhaupteinlassöffnung 8 Brennstoff 12 in die Strahldüse 2 eingedüst werden kann. Die Strömungsrichtung des eingedüsten Brennstoffes 12 ist durch Pfeile 17 gekennzeichnet.

[0046] An einer weiteren stromabwärts in Bezug auf die Strömungsrichtungen 10 und 17 gelegenen axialen Position der Strahldüse 2 ist ein Ringspalt 21 angeordnet. Durch den Ringspalt 21 wird Luft in die Strahldüse 2 eingedüst. Die Strömungsrichtung der eingedüsten Luft ist durch Pfeile 16 gekennzeichnet. Die Luft wird dabei nahezu parallel zu der Mittelachse 5 der Strahldüse 2 in diese eingedüst. Im Unterschied zu der in der Figur 8 gezeigten Variante ist in der Figur 9 der Ringspalt 21 an einer stromabwärts von der Fluidhaupteinlassöffnung 8 weiter entfernt gelegenen Position angeordnet. In beiden in den Figuren 8 und 9 gezeigten Varianten kann die verwendete Druckluft von einem Kompressor entweder durch einen Ringspalt 22 in Strömungsrichtung 15 zur Fluidhaupteinlassöffnung 8 der Strahldüse 2 geleitet werden und/oder senkrecht zur Mittelachse 5 in Strömungsrichtung 26 eingedüst werden.

[0047] Die in den Figuren 8 und 9 gezeigten Ausführungsvarianten beinhalten die Möglichkeit, den stromabwärts in Bezug auf die Strömungsrichtung 15 der vom Kompressor kommenden Druckluft gelegenen Düsenteil, an dem auch die Brennstoffverteilung hängt, von der Rückwand 24 des Brenners aus in den Brenner 401 zu stecken und diesen durch den vorderen, brennkammerseitigen Teil zu positionieren, zum Beispiel durch Abstandhalter in dem Ringraum. Im Extremfall sitzt der stromabwärts gelegene Düsenteil direkt im Flammrohrboden.

[0048] Der erfindungsgemäße Brenner 1, 101, 201, 301, 401 kann in allen Ausführungsbeispielen und Ausführungsvarianten auch ohne den äußeren Gehäuseteil 27 beziehungsweise ohne äußeres Gehäuse 27 ausgestaltet sein. In diesem Fall kann die Druckluft direkt in das "Plenum", also den Bereich zwischen der Rückwand 24 und der Fluidhaupteinlassöffnung 8, strömen. Der erfindungsgemäße Brenner 1, 101, 201, 301, 401 kann weiterhin auch ohne die Rückwand 24 ausgestaltet sein.

[0049] Durch eine Variation der axialen Positionen der

Ringspalte 21 wird ein zusätzlicher Designparameter gegen thermoakustische Flammenschwingungen gewonnen. Außerdem besteht die Möglichkeit, die unterschiedlichen Strahldüsen 2 eines Brenners 401 mit Ringspalten 21 an unterschiedlichen axialen Positionen zu versehen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verringerung von selbstinduzierten Flammenschwingungen, worin in einen ersten Fluidmassenstrom, der eine Strahldüse (2, 3) von einer Fluideinlassöffnung (8) zu einer Fluidauslassöffnung (9) durchströmt, an mindestens einer in Bezug auf die Fluideinlassöffnung (8) stromabwärts gelegenen axialen Position der Strahldüse (2, 3) ein zweiter Fluidmassenstrom eingedüst wird, wobei einer der beiden Fluidmassenströme Luft (11) umfasst und der andere Fluidmassenstrom einen Brennstoff (12) umfasst.
2. Verfahren nach Anspruch 1, worin der zweite Fluidmassenstrom an mehreren Positionen des Umfanges der Strahldüse (2, 3) in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, worin der zweite Fluidmassenstrom an mehreren in axialer Richtung zueinander versetzt angeordneten Positionen des Umfanges der Strahldüse (2, 3) in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, worin der einen Brennstoff umfassende Fluidmassenstrom ein Luft-Brennstoff-Gemisch ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, worin der erste Fluidmassenstrom Luft (11) umfasst, der zweite Fluidmassenstrom einen Brennstoff (12) umfasst und zusätzlich ein dritter Fluidmassenstrom in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, worin der dritte Fluidmassenstrom Luft (11), Dampf, Stickstoff oder ein Brennstoff-Luft-Gemisch umfasst.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, worin der zweite und/oder der dritte Fluidmassenstrom in einem Winkel zwischen 0° und 90° in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst wird.
8. Verfahren nach Anspruch 7, worin der zweite Fluidmassenstrom in einem Winkel von 90° in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst

wird und der dritte Fluidmassenstrom in einem Winkel von 45° in den ersten Fluidmassenstrom eingedüst wird.

9. Brenner (1, 101, 201, 301, 401), der mindestens eine Strahldüse (2, 3) mit einer Fluidhaupteinlassöffnung (8) und einer Fluidauslassöffnung (9) umfasst, wobei die Fluidhaupteinlassöffnung (8) mit einer Fluidzuleitung (22) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** an mindestens einer in Bezug auf die Fluidhaupteinlassöffnung (8) stromabwärts gelegenen axialen Position der Strahldüse (2, 3) mindestens eine Fluidnebeneinlassöffnung (14, 21, 25), die mit einer Fluidzuleitung (7, 13, 22) verbunden ist, angeordnet ist.
10. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit der Fluidhaupteinlassöffnung (8) verbundene Fluidzuleitung (22) als Brennstoffzuleitung, als Luftzuleitung oder als Brennstoff-Luft-Gemischzuleitung ausgestaltet ist.
11. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach Anspruch 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mit mindestens einer Fluidnebeneinlassöffnung (14, 21, 25) verbundene Fluidzuleitung (7, 13, 22) als Brennstoffzuleitung, als Luftzuleitung, als Dampfzuleitung, als Stickstoffzuleitung oder als Brennstoff-Luft-Gemischzuleitung ausgestaltet ist.
12. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach einem der Ansprüche 9 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) an mehreren Positionen entlang des Umfanges der Strahldüse (2, 3) angeordnet sind.
13. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) an mehreren in axialer Richtung zueinander versetzt angeordneten Positionen entlang des Umfanges der Strahldüse (2, 3) angeordnet sind.
14. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach einem der Ansprüche 9 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Fluidhaupteinlassöffnung (8) mit einer Luftzuleitung verbunden ist und ein Teil der Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) mit einer Brennstoffzuleitung (7, 13, 19) verbunden ist.
15. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, dass**

ein erster Teil der Fluidnebeneinlassöffnungen (14) mit einer Brennstoffzuleitung (7, 13, 19) verbunden ist und ein zweiter Teil der Fluidnebeneinlassöffnungen (25) mit einer Luftzuleitung (22) verbunden ist.

16. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach einem der Ansprüche 9 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) und die Fluidhaupteinlassöffnung (8) jeweils eine Mittelachse aufweisen und die Mittelachsen der Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) einen Winkel zwischen 0° und 90° zu der Mittelachse der Fluidhaupteinlassöffnung (8) und/oder zu der Mittelachse (5) der Strahldüse (2, 3) aufweisen. 10
17. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Mittelachsen eines ersten Teiles der Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) einen Winkel von 90° zu der Mittelachse der Fluidhaupteinlassöffnung (8) und/oder zu der Mittelachse (5) der Strahldüse (2, 3) aufweisen und
 die Mittelachsen eines zweiten Teiles der Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) einen Winkel von 45° zu der Mittelachse der Fluidhaupteinlassöffnung und/oder zu der Mittelachse (5) der Strahldüse (2, 3) aufweisen. 20 25
18. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach einem der Ansprüche 9 bis 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) und die Fluidhaupteinlassöffnung (8) jeweils eine Mittelachse aufweisen und die Mittelachsen der Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) einen Winkel zwischen 0° und 90° zu einer radialen Richtung in Bezug auf die Mittelachse der Fluidhaupteinlassöffnung (8) aufweisen. 30 35 40
19. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach einem der Ansprüche 9 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
 mehrere mit Fluidnebeneinlassöffnungen (14, 21, 25) verbundene Fluidzuleitungen (14, 25) über einen entlang des Umfanges der Strahldüse (2, 3) angeordneten Ringverteiler (7) miteinander verbunden sind. 45
20. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach einem der Ansprüche 9 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, dass
 eine Brennstoffdüse (19) in oder unmittelbar vor der Fluidhaupteinlassöffnung (8) angeordnet ist. 50 55
21. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach Anspruch 20,
dadurch gekennzeichnet, dass
 die Brennstoffdüse (19) einen Brennstoffverteiler

(20) umfasst, der in oder unmittelbar vor der Fluidhaupteinlassöffnung (8) angeordnet ist.

22. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach einem der Ansprüche 9 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, dass
 mindestens eine Fluidnebeneinlassöffnung (14, 21, 25) als entlang des Umfanges der Strahldüse (2, 3) verlaufender Ringspalt (21) ausgestaltet ist.
23. Brenner (1, 101, 201, 301, 401) nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet, dass
 der Brenner (1, 101, 201, 301, 401) als Strahlbrenner ausgebildet ist und mehrere Strahldüsen (2, 3) umfasst und
 die Ringspalte (21) der verschiedenen Strahldüsen (2, 3) an jeweils unterschiedlichen axialen Positionen angeordnet sind.

FIG 1

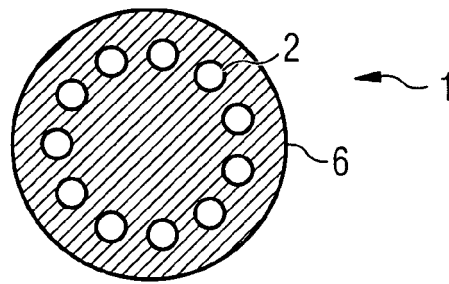


FIG 2

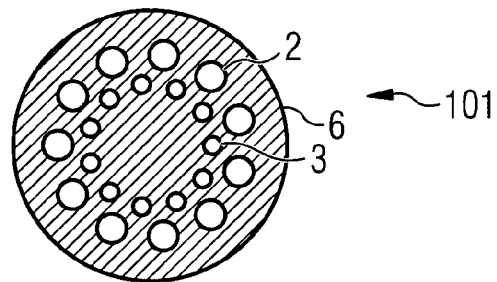


FIG 3

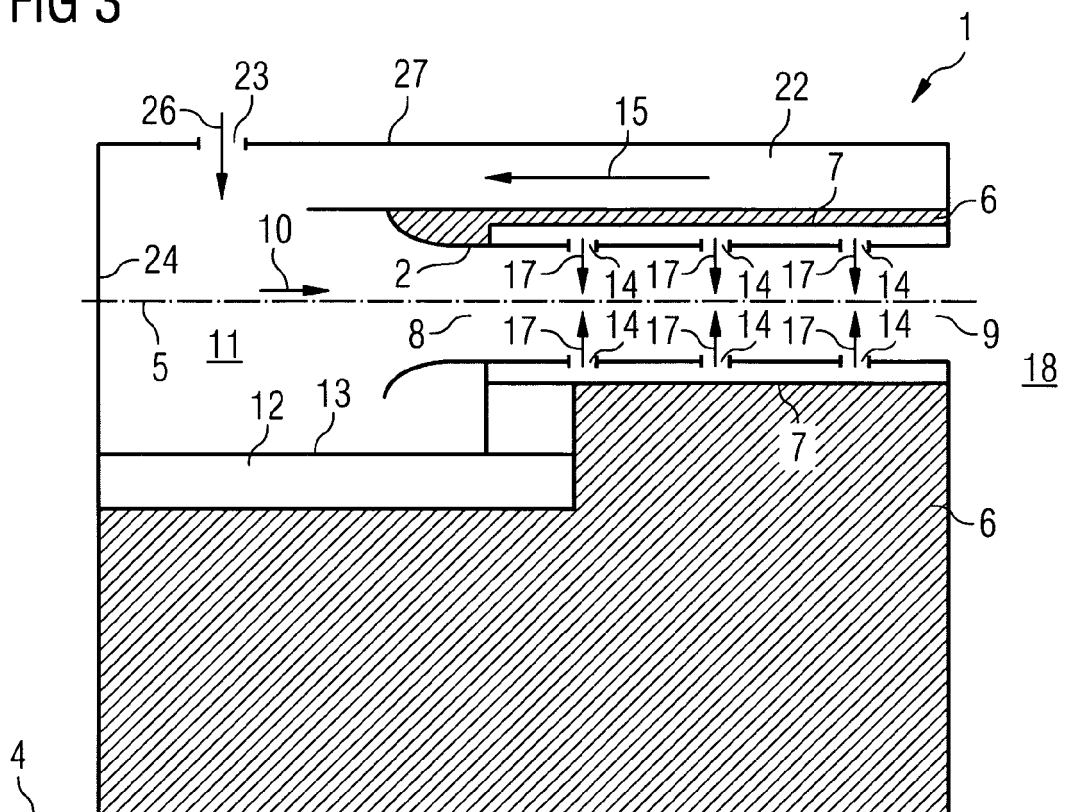


FIG 4

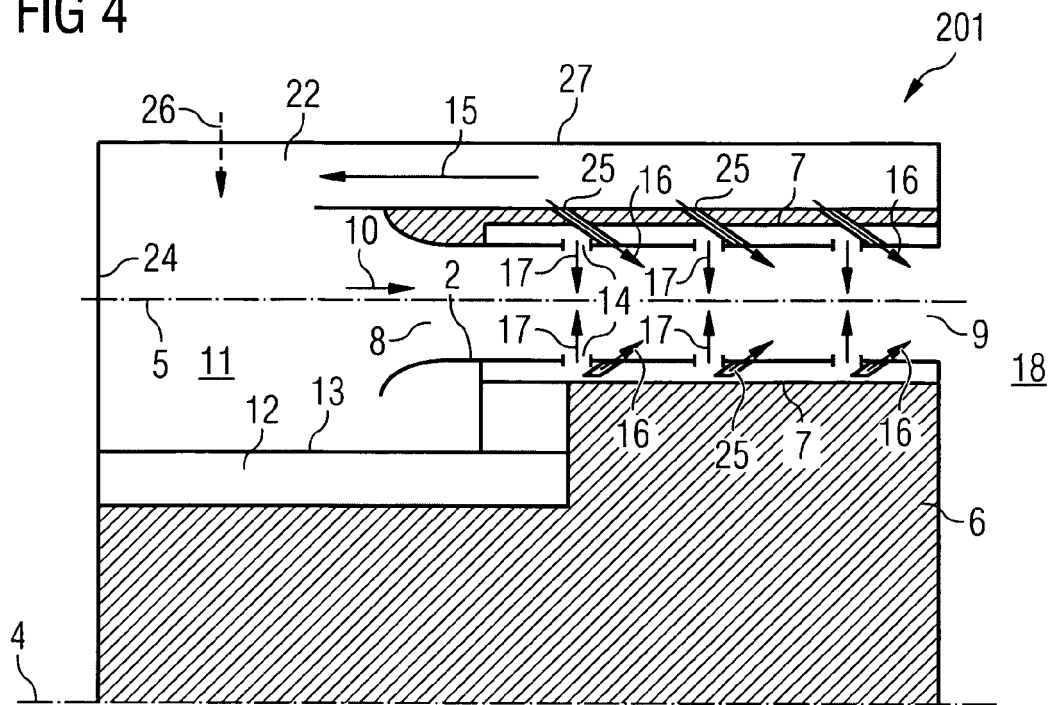


FIG 5

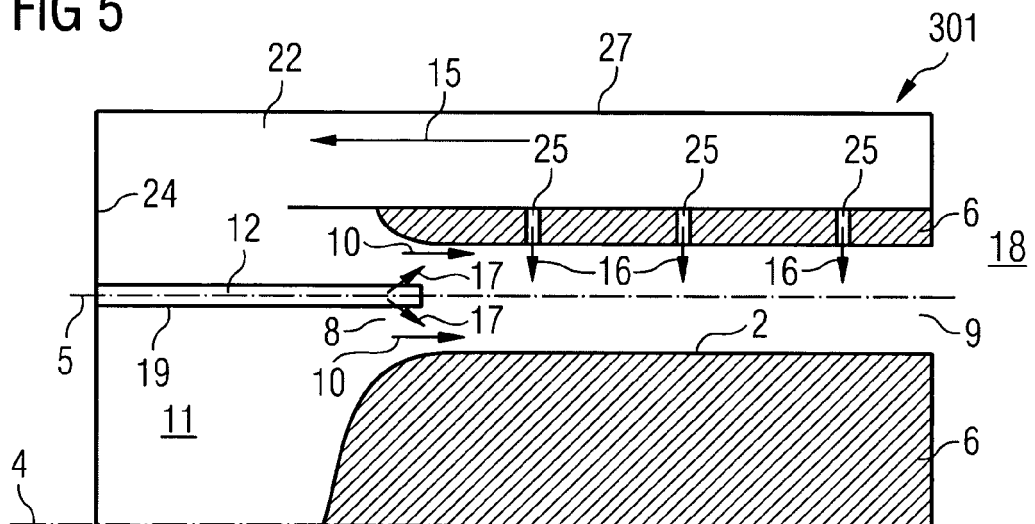


FIG 6

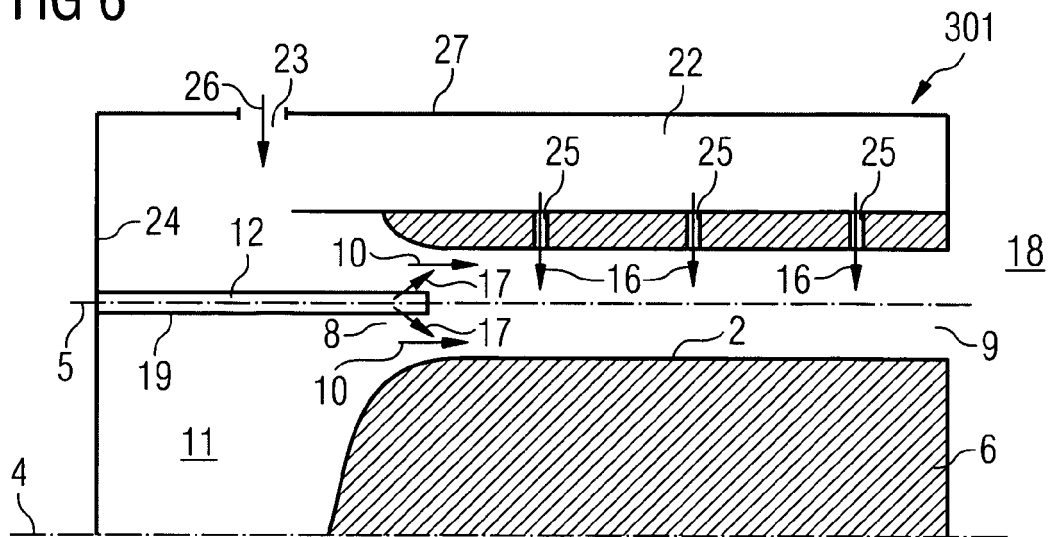


FIG 7

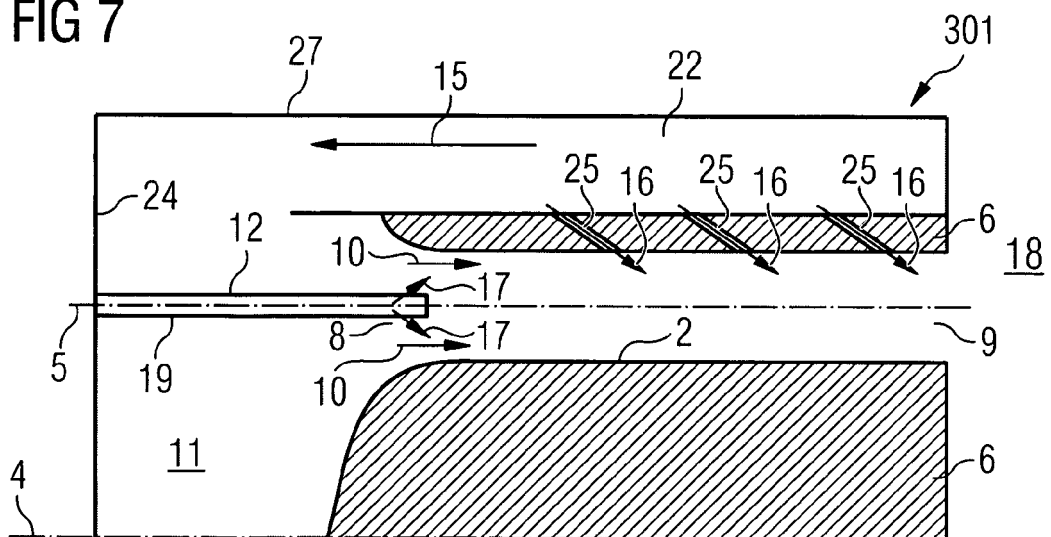


FIG 8

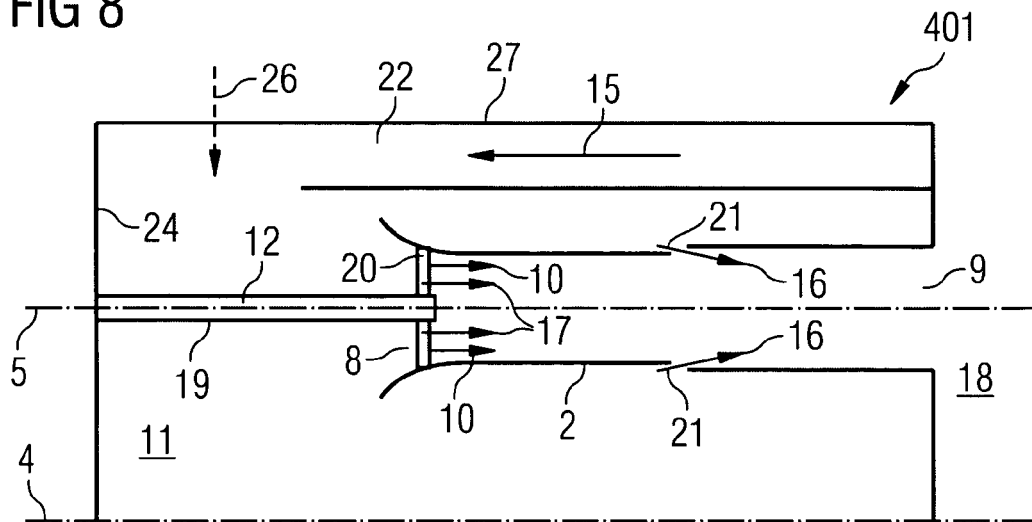
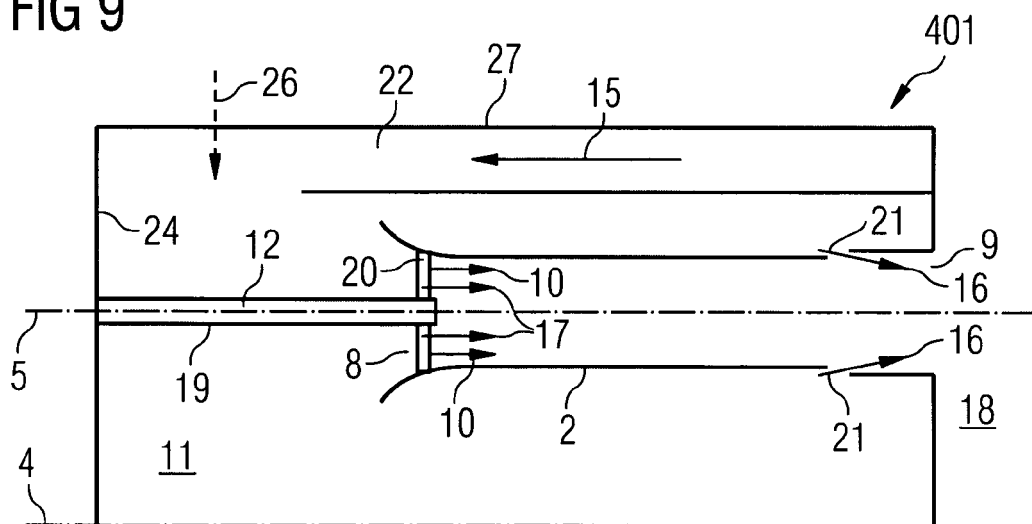


FIG 9





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 08 00 0497

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 5 339 635 A (IWAI YASUO [JP] ET AL) 23. August 1994 (1994-08-23) * Spalte 3, Zeile 29 - Spalte 4, Zeile 68; Abbildungen 1-3 *	1,9-11, 14,20,21	INV. F23R3/28
X	US 2004/231586 A1 (DUGUE JACQUES [FR] ET AL) 25. November 2004 (2004-11-25) * Absatz [0001] - Absatz [0026]; Abbildung 1 *	1-3,5-7, 9-14,16, 18	
X	DE 28 56 399 A1 (SECR DEFENCE BRIT) 12. Juli 1979 (1979-07-12) * Seite 5, Absatz 1 - Seite 13, Absatz 2; Abbildungen 1-6 *	1,2,4-7, 9-12, 14-16	
X	EP 1 172 610 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD [JP]) 16. Januar 2002 (2002-01-16) * Absatz [0086] - Absatz [0099]; Abbildungen 9,10 *	1,7, 9-11,14, 16,20,21	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
X	DE 23 50 227 A1 (HANDSCHACK & CO HEINZ) 17. April 1975 (1975-04-17) * Seite 4, Absatz 1 - Seite 6, Absatz 2; Abbildung 1 *	1,2,7, 9-12,14, 16,22	F23R F23D
X	WO 2006/069861 A (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]; KNOEPFEL HANS PETER [CH]) 6. Juli 2006 (2006-07-06) * Seite 9, Zeile 4 - Seite 12, Zeile 2; Abbildungen 1-4 *	1-7, 9-16,18	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 29. Mai 2008	Prüfer Theis, Gilbert
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 08 00 0497

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

29-05-2008

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5339635 A	23-08-1994	KEINE	
US 2004231586 A1	25-11-2004	EP 1432501 A1	30-06-2004
		FR 2829707 A1	21-03-2003
		WO 03024580 A1	27-03-2003
		JP 2005503254 T	03-02-2005
DE 2856399 A1	12-07-1979	FR 2414126 A1	03-08-1979
		GB 2012415 A	25-07-1979
EP 1172610 A	16-01-2002	CA 2352811 A1	13-01-2002
		JP 2002031343 A	31-01-2002
		US 2002014078 A1	07-02-2002
DE 2350227 A1	17-04-1975	IT 1020233 B	20-12-1977
WO 2006069861 A	06-07-2006	EP 1828684 A1	05-09-2007
		US 2007259296 A1	08-11-2007

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82