(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 087 323 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
21.08.2019 Patentblatt 2019/34

(21) Anmeldenummer: **15741750.2**

(22) Anmeldetag: **20.03.2015**

(51) Int Cl.:
F23R 3/36 *(2006.01)* ***F23R 3/28*** *(2006.01)*
F23D 17/00 *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/055881

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/150114 (08.10.2015 Gazette 2015/40)

(54) **BRENNSTOFFDÜSE, BRENNER MIT EINER SOLCHEN BRENNSTOFFDÜSE, UND GASTURBINE MIT EINEM SOLCHEN BRENNER**

FUEL NOZZLE, BURNER HAVING SUCH A FUEL NOZZLE, AND GAS TURBINE HAVING SUCH A BURNER

INJECTEUR DE COMBUSTIBLE, BRÛLEUR AVEC UN TEL INJECTEUR DE COMBUSTIBLE, ET TURBINE À GAZ MUNIE DUDIT BRÛLEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **03.04.2014 DE 102014206446**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.11.2016 Patentblatt 2016/44

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

(72) Erfinder:
- **BECK, Christian**
  45131 Essen (DE)
- **DEDERICHS, Stefan**
  40477 Düsseldorf (DE)
- **DEISS, Olga**
  40627 Düsseldorf (DE)
- **KÖSTLIN, Berthold**
  47057 Duisburg (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 604 919
US-A- 5 435 126
US-A1- 2002 014 078
US-A1- 2005 037 305

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

EP 3 087 323 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Brenner mit einer Vormischkammer und mit einer Brennstoffdüse für zwei Brennstoffe. Des Weiteren betrifft die Erfindung eine Gasturbine mit einem solchen Brenner. Weiterhin betrifft die Erfindung eine Brennstoffdüse für zwei Brennstoffe.

[0002] In Gasturbinen ist typischerweise ein Brenner mit einer Vormischkammer vorgesehen, in der ein insbesondere gasförmiger Brennstoff mit Luft vermischt wird, um das resultierende Gemisch anschließend zu verbrennen. Die Effizienz der Gasturbine und auch die Bildung von unerwünschten Emissionsprodukten, insbesondere Stickoxiden sind dabei wesentlich von der Vermischung des Brennstoffes mit der Luft abhängig.

[0003] Insbesondere bei einer mit Erdgas betriebenen Gasturbine wird das Erdgas häufig in radialer Richtung, das heißt senkrecht zur Strömungsrichtung der Luft eingedüst (sogenannte Jet-in-Crossflow-Methode). Hierdurch kann eine geeignete Vermischung von Erdgas und Luft erzielt werden.

[0004] Zur Vermischung sind desweiteren beispielsweise aus der DE 44 26 351 A1 sogenannte Wirbel-Generatoren bekannt. Dort wird eine Brennkammer offenbart, welche im Wesentlichen aus einer ersten und einer in Strömungsrichtung nachgeschalteten zweiten Stufe besteht. Dabei weist die erste Stufe kopfseitig einen Mischer zur Bildung eines Brennstoff/Luft-Gemisches auf und abströmungsseitig des Mischers sind Wirbel-Generatoren vorhanden. Diese dienen insbesondere zur Verdrallung von Heißluft die anschließend in eine Vormischzone zur Vermischung mit Brennstoff und anschließend in eine Verbrennungszone der zweiten Stufe geführt wird.

[0005] Die US 2002/014078 offenbart beispielsweise einen Brenner mit einer Brennstofflanze mit radial ausgerichteten Brennstofföffnungen und tangential, d.h. in Umfangsrichtung ausgerichteten Austrittsöffnungen, zwischen denen eine Dralleinrichtung zur gerichteten Verdrallung der Strömung angeordnet ist.

[0006] Auch die US 5,435 126 A offenbart einen Brenner mit radialer und tangentialer Brennstoffeindüsung.

[0007] Zusätzlich ist es bekannt, Gasturbinen mit mehreren Brennstoffen zu betreiben, beispielsweise mit Erdgas und Wasserstoff. Der Betrieb kann dabei entweder gleichzeitig mit mehreren Brennstoffen erfolgen oder lediglich mit einem der Brennstoffe. Dadurch ist insbesondere die Flexibilität der Gasturbine erhöht, da Brennstoffe je nach Verfügbarkeit eingesetzt werden können. Es entstehen jedoch durch die verschiedenen Betriebsmodi auch zusätzliche Anforderungen an die Gasturbine und deren Brenner.

[0008] Bei der Verwendung oder Beimengung von Wasserstoff besteht jedoch ein gegenüber der bloßen Verwendung von Erdgas erhöhtes Risiko von Flammenrückschlag und Selbstzündung. Zur Verringerung dieses Risikos ist es möglich, dem Wasserstoff ein weniger reaktives Gas zuzusetzen zur Bildung eines wasserstoffhaltigen Brenngases, das häufig jedoch nachteilig eine geringere Energiedichte aufweist als Erdgas. Dadurch ist es insbesondere notwendig, in einem geeigneten Eindüsungskonzept verschiedene Volumenströme für die verschiedenen Brennstoffe zugrunde zu legen.

[0009] Zur weiteren Verminderung des Risikos von Flammenrückschlag und Selbstzündung ist es bekannt, das wasserstoffhaltige Brenngas in koaxialer Richtung, das heißt in Strömungsrichtung der Luft einzudüsen. Dadurch wird insbesondere auch ein luftseitiger Druckverlust reduziert, der bei der Verwendung von wasserstoffhaltigem Brenngas aufgrund des größeren Volumenstromes größer ist als bei Verwendung von Erdgas.

[0010] Aus der EP 2 604 919 A1 ist beispielsweise eine Brennstoffdüse für zwei Brennstoffe bekannt, mit einem Innenrohr mit radial ausgerichteten Austrittsöffnungen für einen ersten Brennstoff und mit einem das Innenrohr umgebenden Außenrohr mit axial ausgerichteten Austrittsöffnungen für einen zweiten Brennstoff. Mittels einer solchen Düse ist es beispielsweise möglich, über die axialen Austrittsöffnungen ein wasserstoffhaltiges Brenngas in Strömungsrichtung der Luft einzudüsen. Um die Vermischung des Brenngases mit der Luft zu verbessern ist zusätzlich ein sogenannter Lobe-Mixer vorgesehen. Der zweite Brennstoff, beispielsweise Erdgas wird dann über die radialen Austrittsöffnungen eingedüst. Nachteilig ist hierbei, dass keine weitere Optimierungsmöglichkeiten bezüglich der Vermischung insbesondere des Erdgases und der Luft besteht.

[0011] Aufgabe der Erfindung ist es, einen verbesserten Brenner anzugeben, der insbesondere zum Betrieb mit mehreren Brennstoffen geeignet ist. Weiterhin soll eine Gemischbildung im Brenner verbessert werden. Desweiteren soll eine Gasturbine mit einem solchen Brenner angegeben werden. Zusätzlich soll eine verbesserte Brennstoffdüse angegeben werden, die insbesondere für mehrere Brennstoffe geeignet ist.

[0012] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Brennerdüse mit den Merkmalen des Anspruchs 1, einen Brenner mit den Merkmalen des Anspruches 2 und eine Gasturbine mit den Merkmalen des Anspruches 11. Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Varianten sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0013] Hierzu ist vorgesehen, dass ein Brenner eine Mehrzahl von Vormischkammern mit jeweils einer Brennstoffdüse für zwei Brennstoffe umfasst, wobei die Brennstoffdüse eine sich in einer Strömungsrichtung erstreckende Brennstofflanze aufweist, in die eine Anzahl von ersten Austrittsöffnungen für einen ersten Brennstoff eingebracht ist, und die Brennstofflanze von einem Außenrohr umgeben ist, mit wenigstens einer zweiten Austrittsöffnung für einen zweiten Brennstoff, wobei die ersten Austrittsöffnungen radial und die zweite Austrittsöffnung axial ausgerichtet sind, wobei zwischen Brennstofflanze und Innenseite der Vormischkammer ein Strömungsquerschnitt gebildet ist und wobei eine Anzahl von Wirbelerzeugern auf der Brennstofflanze angeordnet ist,

die einen quer zur Strömungsrichtung orientierten Strömungsquerschnitt reduzieren, wobei wenigstens ein Wirbelerzeuger stromauf der ersten Austrittsöffnungen und stromab der zweiten Austrittsöffnung angeordnet ist und die Vormischkammer einen Querschnitt und ein Ende aufweist und der Abstand der ersten Austrittsöffnungen vom Ende der Vormischkammer mindestens dreimal so groß ist, wie der Querschnitt der Vormischkammer. Insbesondere weist die Vormischkammer einen Lufteinströmkanal auf, in dem die Brennstoffdüse angeordnet ist. Vorteilhafterweise strömt in Strömungsrichtung Luft ein, zur Vermischung mit dem ersten und/oder zweiten Brennstoff.

[0014] Die Luft, der erste Brennstoff und der zweite Brennstoff werden im Folgenden allgemein als Gase bezeichnet. Die Anwendung ist prinzipiell aber nicht auf gasförmige Medien beschränkt. Desweiteren ist die Anwendung nicht auf die im Folgenden genannten Gase, nämlich Erdgas, Wasserstoff und Luft beschränkt.

[0015] Die Brennstofflanze dient vorteilhafterweise zur Eindüsung von Erdgas, welches mittels der radialen Austrittsöffnungen zur Vermischung bereitgestellt wird. Unter radial wird hierbei verstanden, dass die Brennstofflanze sich in Strömungsrichtung, das heißt axial erstreckt und radial dazu eine Mantelfläche aufweist, in die geeignete, beispielsweise runde Öffnungen eingebracht sind. Hierdurch ist insbesondere eine sogenannte Jet-in-Crossflow-Mischung realisiert, bei der der Brennstoff im Wesentlichen senkrecht zur Luft eingeströmt wird.

[0016] Die Austrittsöffnungen sind bevorzugterweise auf einer gemeinsamen Position in axialer Richtung und gleichmäßig in Umfangsrichtung der Brennstofflanze verteilt. Alternativ ist jedoch eine andere geeignete Anordnung gewählt. Beispielsweise sind Austrittsöffnungen an mehreren Positionen in axialer Richtung hintereinander angeordnet.

[0017] Ebenfalls in Strömungsrichtung, das heißt in axialer Richtung erstreckt sich das Außenrohr, das die Brennstofflanze umgibt. Dabei umgibt das Außenrohr die Brennstofflanze in axialer Richtung bevorzugt lediglich teilweise, das heißt, die Brennstofflanze steht in Strömungsrichtung vor. Hierdurch ist es insbesondere möglich, die radialen Austrittsöffnungen außerhalb eines von dem Außenrohr überdeckten Bereiches der Brennstofflanze anzuordnen, wodurch insbesondere das Vermischen mit Luft verbessert ist. Alternativ sind die radialen Austrittsöffnungen jedoch von dem Außenrohr überdeckt oder es sind sowohl überdeckte, wie nicht überdeckte Austrittsöffnungen vorhanden.

[0018] Das Außenrohr dient vorzugsweise zur axialen Eindüsung des zweiten Brennstoffes, beispielsweise Wasserstoff oder eines wasserstoffhaltigen Brenngases. Durch die axiale Eindüsung ist es insbesondere möglich, einen Brennstoff mittels eines im Vergleich zu Erdgas größeren Volumenstromes einzudüsen. Vorteilhafterweise ist weiterhin ein luftseitiger Druckverlust, wie dieser möglicherweise bei einer radialen Eindüsung vorliegt, reduzierbar oder gänzlich vermeidbar.

[0019] Zur Verbesserung einer Vermischung zweier der oder aller Gase miteinander ist wenigstens ein Wirbelerzeuger vorgesehen, das heißt in dem Brenner angeordnet. Mittels des Wirbelerzeugers ist die Vermischung insbesondere dadurch erreichbar, dass ein Strömungsquerschnitt wenigstens eines der Gase an wenigstens einer Position entlang der Strömungsrichtung verringert ist.

[0020] Beispielsweise durchströmt die Luft in Strömungsrichtung an einer ersten Position eine erste Fläche, die quer, das heißt im Wesentlichen senkrecht zur Strömungsrichtung orientiert ist. Die erste Fläche entspricht dabei dem Strömungsquerschnitt an der ersten Position. Beispielsweise ist nun an einer zweiten Position stromab der ersten Position ein Wirbelerzeuger angeordnet, welcher der Luft eine zusätzliche Blockierungsfläche entgegensetzt, wodurch die von der Luft an der zweiten Position durchströmte zweite Fläche kleiner ist, als die erste Fläche. Mit anderen Worten: der Strömungsquerschnitt ist an der zweiten Position geringer, als an der ersten Position. Beispielsweise ist der Wirbelerzeuger eine bezüglich der Strömungsrichtung angestellte Fläche. Dabei weist der Wirbelerzeuger geeigneterweise eine Kontur auf, vorzugsweise wenigstens eine Kante, zur Erzeugung von Turbulenzen. Diese dienen insbesondere der Vermischung des nun verwirbelten Gases mit einem zweiten Gas. Zweckmäßigerweise ist hierdurch die Vermischung des ersten und/oder des zweiten Brennstoffes mit der Luft und/oder die Vermischung der Brennstoffe miteinander verbessert. Insgesamt ist daher durch die Anordnung der Wirbelerzeuger bei einer Mehrstoff-Brennstoffdüse eine effiziente Vermischung der Gase im Betrieb aufgrund der erzeugten Turbulenzen erreicht, unabhängig von der jeweiligen Betriebsart, welches Gas also aktuell als Brennstoff eingesetzt ist.

[0021] Beim erfindungsgemäßen Brenner ist wenigstens ein Wirbelerzeuger auf der Brennstofflanze angebracht. Insbesondere bei Verwendung des Wirbelerzeugers zur Verwirbelung des mittels der Brennstofflanze eingedüsten ersten Brennstoffes ist vorteilhafterweise der Wirbelerzeuger auf die Anforderungen dieses Brennstoffes angepasst. Bei Austausch des ersten Brennstoffes und somit möglicherweise veränderten Anforderungen an die Vermischung mit Luft ist es dadurch insbesondere möglich, durch Austauschen der Brennstofflanze gleichzeitig auch den Wirbelerzeuger auszutauschen.

[0022] Ferner ist beim erfindungsgemäßen Brenner wenigstens ein Wirbelerzeuger stromauf der radialen Austrittsöffnungen und stromab der axialen Austrittsöffnung angeordnet. Hierdurch lässt sich insbesondere eine Verwirbelung der Luft und/oder des zweiten Brennstoffes erzielen ohne dass der Wirbelerzeuger die Strömung des ersten Brennstoffes direkt beeinflusst. Dabei wird unter direkter Beeinflussung verstanden, dass der betreffende Wirbelerzeuger von dem durch diesen beeinflussten Gas angeströmt wird.

[0023] Schließlich weist die Vormischkammer des erfindungsgemäßen Brenners einen Querschnitt und ein

Ende auf, wobei im Hinblick auf eine gute Durchmischung von Brennstoff und Luft der Abstand der ersten Austrittsöffnungen vom Ende der Vormischkammer mindestens dreimal so groß ist, wie der Querschnitt der Vormischkammer. Hierdurch ist sichergestellt, dass die Länge der Strecke, auf der Brennstoff und Luft sich mischen können, ausreichend groß ist.

[0024] In einer bevorzugten Ausgestaltung sind die Brennstofflanze und das Außenrohr konzentrisch angeordnet. Insbesondere sind die Brennstofflanze und das Außenrohr im Wesentlichen zylinderförmig ausgeführt und weisen eine gemeinsame Längsachse auf. Das Außenrohr ist dabei bevorzugt als Rohr mit einem quer zur Längsachse ringförmigen Profil ausgebildet. Zweckmäßigerweise erstreckt sich die Längsachse in Strömungsrichtung. Insbesondere strömen der zweite Brennstoff und die Luft jeweils in Strömungsrichtung. Mit anderen Worten, die Luft und der zweite Brennstoff werden axial eingeströmt oder eingedüst. Dagegen wird der erste Brennstoff bevorzugt radial eingedüst.

[0025] In einer geeigneten Ausführungsform ist wenigstens ein Wirbelerzeuger keilförmig ausgestaltet. Dabei wird unter keilförmig verstanden, dass der Wirbelerzeuger eine Fläche aufweist, die sich schräg zur axialen Richtung und insbesondere schräg zur Strömungsrichtung erstreckt. Beispielsweise ist die Fläche rechteckig ausgebildet. Alternativ ist die Fläche dreieckig ausgebildet, wobei eine Seite des Dreiecks quer zur Strömungsrichtung verläuft. Die beiden verbleibenden Seiten laufen entweder in oder entgegen der Strömungsrichtung auf eine Spitze des Dreiecks zu. Insbesondere wird unter keilförmig auch tetraederförmig verstanden.

[0026] Anstelle einer keilförmigen Ausgestaltung sind weiterhin andere geometrische Formen geeignet. Auch ist der Wirbelerzeuger möglicherweise als massiver Körper oder aus verschiedenen Flächenelementen zusammengesetzt oder auch mehrteilig ausgebildet. Wesentlich dabei ist, dass mittels des Wirbelerzeugers der Strömungsquerschnitt in Strömungsrichtung einstellbar ist, insbesondere um Turbulenzen im Strömungsverlauf des den Wirbelerzeuger anströmenden Gases zu erzeugen. Dabei wird unter einstellbar insbesondere verstanden, dass die genaue Ausgestaltung und Ausrichtung des Wirbelträgers bei dessen Herstellung und Montage festgelegt wird.

[0027] In einer vorteilhaften Ausgestaltung ist wenigstens ein Wirbelerzeuger an dem Außenrohr angebracht. Dabei ist der Wirbelerzeuger entweder außenseitig auf dem Außenrohr angebracht, insbesondere zur Verwirbelung der geeigneterweise dort entlang strömenden Luft, oder innenseitig in dem Außenrohr, zur Verwirbelung des vorzugsweise dort entlang strömenden zweiten Brennstoffes.

[0028] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung umfasst die Vormischkammer eine Innenwand, auf der wenigstens ein Wirbelerzeuger angebracht ist. Dadurch lässt sich insbesondere eine von der Brennstoffdüse im Wesentlichen unabhängige Verwirbelung erzielen.

[0029] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung ist wenigstens ein Wirbelerzeuger stromab der radialen Austrittsöffnungen angeordnet. Mit anderen Worten: wenigstens ein Wirbelerzeuger ist stromab jeglicher Austrittsöffnungen angeordnet, wodurch dieser Wirbelerzeuger insbesondere jedes der eingeströmten Gase beeinflusst, das heißt insbesondere verwirbelt.

[0030] Mehrere oder alle der oben genannten Ausgestaltungen bezüglich der Positionierung der Wirbelerzeuger sind in einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung kombiniert. Dadurch sind insbesondere auch die entsprechend genannten Vorteile kombiniert. Beispielsweise ist wenigstens ein Wirbelerzeuger stromab der axialen Austrittsöffnung und stromauf der radialen Austrittsöffnungen sowie auf der Brennstofflanze angeordnet. Alternativ oder zusätzlich sind beispielsweise mehrere Wirbelerzeuger in axialer Richtung an verschiedenen Positionen auf der Brennstofflanze angeordnet.

[0031] Desweiteren ist es möglich, mehrere Wirbelerzeuger vorteilhaft in Gruppen anzuordnen, beispielsweise in Reihe, in axialer Richtung hintereinander oder versetzt; oder in einer Ebene, das heißt insbesondere sowohl nebeneinander (beispielsweise in Umfangsrichtung) als auch hintereinander. Auch ist es möglich, dass mehrere Wirbelerzeuger vorteilhaft unterschiedliche Geometrien und/oder Abmessungen aufweisen.

[0032] Bevorzugterweise sind mehrere Wirbelerzeuger an etwa gleicher Position in axialer Richtung und entlang einer Umlaufrichtung bezüglich der Längsachse angeordnet. Beispielsweise sind mehrere Wirbelerzeuger auf dem Umfang des Außenrohres derart angeordnet, dass alle in Umlaufrichtung zwischen benachbarten Wirbelerzeugern liegenden Abstände gleich groß sind.

[0033] Insbesondere ist es möglich, die paarweise Verwirbelung der verschiedenen Gase durch geeignete Kombination von mehreren, insbesondere verschiedenen Wirbelerzeugern vorteilhaft zu beeinflussen. Beispielsweise ist auf dem Außenrohr eine Anzahl von Wirbelerzeugern angebracht zur Verwirbelung der Luft und zur verbesserten Vermischung mit stromab davon axial eingedüstem Wasserstoff. Um weiterhin die Verwirbelung von Erdgas mit Luft zu optimieren, sind beispielsweise zusätzlich Wirbelerzeuger stromab der radialen Austrittsöffnungen angebracht.

[0034] In einer vorteilhaften Weiterbildung weist das Außenrohr einen Endbereich auf, der als Lobe-Mixer ausgestaltet ist und eine Anzahl von Lamellen umfasst. Diese erstrecken sich insbesondere in Strömungsrichtung und als radial ausgebildete Falten. Dadurch ergibt sich quer zur Längsachse ein insbesondere sternförmiger Querschnitt (oder auch ein sternförmiges Profil). In Umfangsrichtung ist dabei zwischen jeweils zwei Lamellen ein Zwischenraum ausgebildet, durch die insbesondere der Strömungsquerschnitt der Luft stromab vorteilhaft vergrößert ist.

[0035] Die Lamellen weisen in radialer Richtung jeweils einen Scheitel auf, der sich im Wesentlichen in axialer Richtung erstreckt. Das heißt insbesondere, dass

der radiale Abstand zwischen Scheitel und Längsachse in Strömungsrichtung im Wesentlichen konstant ist. Insbesondere weist das Außenrohr einen Außenmantel auf und die Scheitel der Lamellen fluchten im Wesentlichen mit dem Außenmantel. Dabei ist es möglich, dass eine geringe Neigung oder Steigung in axialer Richtung vorgesehen ist.

[0036] Eine Vermischung des zweiten Brennstoffes mit Luft ist vorteilhaft dadurch erzielt, dass diese einer Strömung in Strömungsrichtung folgt, die am Ende des Endbereiches abreißt. Insbesondere weist der sternförmige Querschnitt des Endbereiches am Ende eine gegenüber dem Außenrohr verlängerte (und entsprechend sternförmige) Konturlinie auf. Hierdurch ist vorteilhafterweise eine im Vergleich zum Umfang des Außenrohres größere Kante zum Strömungsabriss bereitgestellt.

[0037] In einer geeigneten Weiterbildung ist der Endbereich derart verdreht oder verdrillt, dass die Lamellen und somit auch die Scheitel spiralförmig um die Längsachse herum verlaufen. Hierdurch ist es möglich, die an den Lamellen entlang strömende Luft zusätzlich zu verdrallen und somit eine verbesserte Vermischung zu erzielen.

[0038] In einer weiteren geeigneten Weiterbildung ist eine Anzahl der Lamellen zusätzlich als Wirbelerzeuger ausgestaltet. Dazu sind diese Lamellen insbesondere derart ausgeformt, dass deren Scheitel als in axialer Richtung schräg verlaufende Flächen ausgebildet sind. Mit anderen Worten: der Abstand von dem Scheitel einer Lamelle zur Längsachse verändert sich in Strömungsrichtung. Vorzugsweise ist der Abstand in Strömungsrichtung kontinuierlich vergrößert. Dadurch wird insbesondere eine angestellte Fläche mit einer Kante derart geschaffen, dass mittels dieser eine Verwirbelung nach Art eines Wirbelerzeugers erzielbar ist.

[0039] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist wenigstens ein Wirbelerzeuger in einem Zwischenraum zwischen zwei Lamellen angeordnet. Der hier genannte Zwischenraum entspricht dabei dem bereits oben genannten Zwischenraum zwischen zwei in Umlaufrichtung des Außenrohres benachbarten Lamellen. Insbesondere ist es durch diese Anordnung möglich, Wirbelerzeuger mit vergleichsweise großen Seitenflächen zu erzeugen, das heißt im Vergleich zu beispielsweise auf einem ringförmigen Rohr ohne Lobe-Mixer angeordneten Wirbelerzeugern. Hierdurch ist die Verwirbelung vorteilhaft beeinflussbar.

[0040] Zweckmäßigerweise ermöglicht eine Kombination der oben genannten Wirbelerzeuger mit einem der oben genannten Konzepte zur Eindüsung des zweiten Brennstoffes eine verbesserte Mischung der beteiligten Gase. Vorteilhafterweise ist die Mischung sowohl bei gleichzeitiger Eindüsung von erstem und zweitem Brennstoff (beispielsweise Erdgas und Wasserstoff) als auch bei einem Einzelbetrieb, das heißt bei Eindüsung nur eines Brennstoffes (beispielsweise Erdgas oder Wasserstoff) jeweils verbessert.

[0041] Vorzugsweise umfasst eine Gasturbine einen Brenner mit einem oder mehreren der oben genannten Merkmale, wodurch sich die oben entsprechend genannten Vorteile ergeben. Eine solche Gasturbine ist zudem insbesondere effizienter und weist vorteilhafterweise eine geringere Schadstoffemission auf.

[0042] Eine erfindungsgemäße Brennstoffdüse für zwei Brennstoffe weist eine sich in einer Strömungsrichtung erstreckende Brennstofflanze auf. In diese ist eine Anzahl von ersten Austrittsöffnungen für einen ersten Brennstoff eingebracht. Dabei ist die Brennstofflanze von einem Außenrohr umgeben mit wenigstens einer zweiten Austrittsöffnung für einen zweiten Brennstoff, wobei die ersten Austrittsöffnungen radial und die zweite Austrittsöffnung axial ausgerichtet sind, wobei eine Anzahl von Wirbelerzeugern auf der Brennstofflanze angeordnet ist. Wenigstens ein Wirbelerzeuger ist stromauf der ersten Austrittsöffnungen und stromab der zweiten Austrittsöffnung angeordnet.

[0043] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

FIG 1	in einer Seitenansicht einen Brenner mit einer Brennstoffdüse für zwei Brennstoffe und mehreren auf der Brennstoffdüse angebrachten Wirbelerzeugern,
FIG 2	den Brenner gemäß FIG 1 mit einer alternativen Brennstoffdüse und einer Vormischkammer, an der innenwändig mehrere Wirbelerzeuger angebracht sind,
FIG 3 bis 17	weitere Ausführungsbeispiele der Brennstoffdüse gemäß FIG 1, wobei die Brennstoffdüse in den Figuren 3, 6, 9, 12 und 15 jeweils in Seitenansicht dargestellt ist, in den Figuren 4, 7, 10, 13 und 16 jeweils in Vorderansicht und in den Figuren 5, 8, 11, 14 und 17 jeweils in einer perspektivischen Ansicht, und
FIG 18 bis 23	jeweils ein Ausführungsbeispiel eines Wirbelgenerators in einer perspektivischen Ansicht.

[0044] Eine schematische Darstellung eines Brenners 2, insbesondere für eine Gasturbine 4, zeigen jeweils die FIG 1 und 2. Der Brenner 2 umfasst dabei eine Vormischkammer 6, der in Strömungsrichtung S eine Brennkammer 8 nachgeschaltet ist. In dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel werden in die Vormischkammer 6 im Betrieb zwei Brennstoffe sowie Luft eingedüst. Zur Eindüsung der Brennstoffe dient eine Brennstoffdüse 10, die sich in Strömungsrichtung S erstreckt. Die Luft wird über einen die Brennstoffdüse 10 umgebenden Lufteinlass-

kanal 12 in Strömungsrichtung S eingeströmt.

[0045] Die Brennstoffdüse 10 umfasst eine Brennstofflanze 14 und ein diese umgebendes Außenrohr 16, wobei die Brennstofflanze 14 in Strömungsrichtung S und bezüglich des Außenrohres 16 vorsteht. Die Brennstofflanze 14 und das Außenrohr 16 sind in der hier gezeigten Ausführungsform im Wesentlichen zylinderförmig ausgestaltet, das heißt, diese weisen quer zur Strömungsrichtung S einen kreis- oder ringförmigen Querschnitt auf. Insbesondere sind die Brennstofflanze 14 und das Außenrohr 16 konzentrisch angeordnet und weisen entsprechend eine gemeinsame Längsachse L auf, die in Strömungsrichtung S verläuft.

[0046] Die Brennstofflanze 14 weist eine Anzahl von radialen Austrittsöffnungen 18 auf. Diese sind in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel kreisförmig ausgeführt und auf einer gemeinsamen Position in axialer Richtung, das heißt in Strömungsrichtung S angeordnet. Dabei sind die Austrittsöffnungen 18 in einer Umfangsrichtung U und insbesondere gleichmäßig verteilt. Die radialen Austrittsöffnungen 18 dienen insbesondere der Eindüsung des ersten Brennstoffes, beispielsweise Erdgas.

[0047] Das Außenrohr 16 weist einen größeren Durchmesser auf, als die Brennstofflanze 14, wodurch in axialer Richtung eine insbesondere ringförmige, axiale Austrittsöffnung 20 realisiert ist. Mittels dieser wird der zweite Brennstoff in die Vormischkammer 6 eingedüst. Das heißt, der zweite Brennstoff umströmt insbesondere auch die Brennstofflanze 14.

[0048] In FIG 1 ist auf der Brennstofflanze 14 eine Anzahl von Wirbelerzeugern 22 befestigt. Dabei sind diese stromab der axialen Austrittsöffnung 20 und stromauf der radialen Austrittsöffnungen 18 angeordnet. Die Wirbelerzeuger 22 sind in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel tetraederförmig ausgeführt (vgl. hierzu insbesondere auch FIG 20).

[0049] FIG 1 zeigt ferner, dass die Vormischkammer 6 einen Querschnitt 50 und ein Ende 52 aufweist und der Abstand der ersten Austrittsöffnungen 18 vom Ende 52 der Vormischkammer 6 mindestens dreimal so groß ist, wie der Querschnitt 50 der Vormischkammer 6.

[0050] In einer alternativen bzw. ergänzenden Ausgestaltung gemäß FIG 2 sind die Wirbelerzeuger 22 gemäß FIG 1 innenwändig an der Vormischkammer 6 befestigt. Dabei sind die Wirbelerzeuger 22 an einer Position stromab der radialen Austrittsöffnungen angeordnet.

[0051] In beiden in den FIG 1 und 2 dargestellten Ausführungsbeispielen weisen die Wirbelerzeuger 22 jeweils eine bezüglich der Strömungsrichtung S angestellte Fläche 24 auf, die hier dreieckig ist und entgegen der Strömungsrichtung S auf die Längsachse L zuläuft. Diese Anordnung wird auch als vorwärts gerichtet bezeichnet. In einer alternativen, hier nicht gezeigten Ausführungsform sind die Wirbelerzeuger 22 dagegen rückwärts gerichtet, das heißt um 180° derart gedreht, dass die Fläche 24 in Strömungsrichtung S auf die Längsachse L zuläuft.

[0052] Durch die Fläche 24 werden hier insbesondere jeweils zwei Kanten 26 gebildet, an denen im Betrieb insbesondere eine Verwirbelung erzeugt wird. Zudem ist insbesondere durch die Vormischkammer 6 und die darin angeordneten Elemente sowie quer zur Strömungsrichtung S ein Strömungsquerschnitt Q definiert, der durch die Wirbelerzeuger 22 in Strömungsrichtung S verändert ist. Beispielsweise ist in FIG 1 der Strömungsquerschnitt Q an einer ersten Position P1 durch die Vormischkammer 6 und die Brennstofflanze 14 definiert. An dieser ersten Position P1 ist der Strömungsquerschnitt Q insbesondere größer als an einer zweiten Position P2, an der in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel die Wirbelerzeuger 22 angeordnet sind. Vorteilhaferweise ist es möglich, durch geeignete Ausgestaltung der Wirbelerzeuger 22 den Strömungsquerschnitt Q einzustellen und damit insbesondere die Vermischung der Gase geeignet zu beeinflussen.

[0053] Die FIG 3 bis 17 zeigen schematisch weitere Ausführungsbeispiele einer Brennstoffdüse 14. Dabei zeigen die FIG 3, 6, 9, 12 und 15 jeweils die Brennstoffdüse 14 in einer Seitenansicht und zu jedem der Gase eine durch Pfeile verdeutlichte Einströmrichtung 28, 30, 32. Dabei wird der erste Brennstoff in der Einströmrichtung 28 radial eingeströmt und der zweite Brennstoff sowie die Luft werden in den Einströmrichtungen 30, 32 axial eingeströmt. Durch die axiale Einströmung wird in der Vormischkammer 6 insbesondere die generelle Strömungsrichtung S vorgegeben, der auch der erste Brennstoff in hinreichendem Abstand zu den radialen Austrittsöffnungen 18 im Wesentlichen folgt.

[0054] Die FIG 4, 7, 10, 13 und 16 zeigen jeweils die entsprechende Brennstofflanze 14 in Vorderansicht, die FIG 5, 8, 11, 14 und 17 zeigen jeweils die entsprechende Brennstofflanze 14 in einer perspektivischen Ansicht.

[0055] Die in den FIG 3 bis 5 dargestellte Ausführungsform der Brennstoffdüse 10 umfasst eine Anzahl von vorwärts orientierten, tetraederförmigen Wirbelerzeugern 22, die stromab der axialen Austrittsöffnung 20 und stromauf der radialen Austrittsöffnungen 18 auf der Brennstofflanze 14 angebracht sind. Dabei weisen die Wirbelerzeuger 22 jeweils eine Höhe H auf, die hier derart gewählt ist, dass sich der Wirbelerzeuger 22 in radialer Richtung weiter erstreckt, als das Außenrohr 16. Dies ist besonders deutlich in FIG 4 gezeigt. Hierdurch ist es insbesondere möglich, die Wirbelerzeuger 22 direkt mit Luft anzuströmen und diese zu verwirbeln.

[0056] Die FIG 6 bis 8 zeigen die Brennstoffdüse 10 mit auf dem Außenrohr 16 angebrachten Wirbelerzeugern 22. Diese sind hier vorwärts orientiert und werden von der um das Außenrohr 16 eingeströmten Luft angeströmt. Die Brennstofflanze 14 weist dagegen keine Wirbelerzeuger 22 auf.

[0057] Die FIG 9 bis 11 zeigen die Brennstoffdüse 10 mit einem als Lobe-Mixer ausgebildeten Endbereich 34. Dazu ist im Endbereich 34 eine Anzahl von hier sechs Lamellen 36 ausgeformt. Diese ergeben einen sternförmigen Querschnitt, wie beispielsweise aus FIG 10 deutlich wird. FIG 10 zeigt weiterhin, dass die Lamellen 36 in radialer Richtung das Außenrohr 16 im Wesentlichen

nicht überragen.

[0058] Die Lamellen 36 weisen jeweils einen sich in axialer Richtung erstreckenden Scheitel 38 auf und sind in Umlaufrichtung U durch Zwischenräume 40 insbesondere gleichmäßig beabstandet. Am Ende 42 des Außenrohres 16 bilden die Lamellen 36 eine hier sternförmige Kontur 44, durch die insbesondere auch eine Anzahl von Austrittskanälen 46 realisiert ist. Die axiale Austrittsöffnung 20 umfasst daher in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel sechs Austrittskanäle 46.

[0059] Wie die FIG 10 und 11 zeigen, können die stromab auf der Brennstofflanze 14 angebrachten Wirbelerzeuger 22 entweder in Strömungsrichtung S auf einen der Austrittskanäle 46 folgen oder versetzt dazu angeordnet sein. Von den hier vorhandenen vier Wirbelerzeugern 22 sind beispielsweise zwei Wirbelerzeuger 22A in einer gedachten Verlängerung von Austrittskanälen 46 angeordnet und zwei Wirbelerzeuger 22B in einer gedachten Verlängerung von Zwischenräumen 40 angeordnet. Durch eine insbesondere derart gestaltete gemischte Anordnung ist es möglich, den jeweiligen Wirbelerzeuger 22 entweder vorrangig zur Verwirbelung der durch einen Zwischenraum 40 strömenden Luft oder vorrangig zur Verwirbelung des durch einen Austrittskanal 46 strömenden zweiten Brennstoffes zu verwenden.

[0060] Die FIG 12 bis 14 zeigen ein Ausführungsbeispiel, bei dem das Außenrohr 16 der Brennstoffdüse 10 im Endbereich 34 eine Anzahl von hier vier Lamellen 36 aufweist, die gleichzeitig als Wirbelerzeuger 22 ausgeführt sind. Der jeweilige Scheitel 38 einer Lamelle 36 ist als angestellte Fläche 24 ausgebildet und weist zwei die im Wesentlichen dreieckige Fläche 24 begrenzende Kanten 26 auf. Diese erstrecken sich stromab von der Längsachse L weg. Der Endbereich 34 weist eine der Anzahl an Wirbelerzeugern 22 entsprechende Anzahl von Austrittskanälen 46 für den zweiten Brennstoff auf.

[0061] Weiterhin sind in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel die radialen Austrittsöffnungen 18 im Wesentlichen direkt stromab des Außenrohres 16 angeordnet. Eine jeweilige radiale Austrittsöffnung 18 ist dabei entweder in einer gedachten Verlängerung eines Zwischenraumes 40 oder in einer gedachten Verlängerung eines Austrittskanales 46 angeordnet.

[0062] Eine alternative Ausführungsform mit sowohl Wirbelerzeugern 22 als auch Lamellen 36 im Endbereich 34 des Außenrohres 16 ist in den FIG 15 bis 17 dargestellt. Dabei ist jeweils ein Wirbelerzeuger 22 im Zwischenraum 40 zwischen zwei benachbarten Lamellen 36 angeordnet. Die Wirbelerzeuger 22 sind in dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel bis zum Ende 42 des Außenrohres 16 ausgebildet, das heißt insbesondere die Wirbelerzeuger 22 fluchten in radialer Richtung mit dem Ende 42 des Außenrohres 16. Entgegen den in den FIG 12 bis 14 gezeigten Wirbelerzeugern 22 weisen die in den FIG 15 bis 17 gezeigten Wirbelerzeuger 22 endseitig keine Austrittskanäle 46 auf.

[0063] Die FIG 18 bis 23 zeigen jeweils ein Ausführungsbeispiel für einen Wirbelerzeuger 22. Dabei ist die tatsächliche Ausführung nicht auf die hier gezeigten Ausführungsbeispiele beschränkt.

[0064] Die FIG 18 und 19 zeigen jeweils eine bezüglich einer Strömungsrichtung S angestellte dreieckige beziehungsweise rechteckige Fläche 24. Die FIG 20 und 21 zeigen ähnlich ausgestaltete Wirbelerzeuger 22, diese sind hier jedoch als Vollkörper ausgebildet und weisen entsprechende Seitenflächen 48 auf. Dagegen umfassen die in den FIG 22 und 23 gezeigten Wirbelerzeuger 22 jeweils zwei, insbesondere separat gefertigte Seitenflächen 48, die bezüglich der Strömungsrichtung S angestellt sind. In den FIG 18 bis 23 sind die Wirbelerzeuger 22 bezüglich der Strömungsrichtung S jeweils vorwärts orientiert. Alternativ sind die Wirbelerzeuger 22 jedoch rückwärts orientiert, das heißt bezüglich der Strömungsrichtung S um 180° gedreht (der die Strömungsrichtung S anzeigende Pfeil in den FIG 18 bis 23 weist dann in die entgegengesetzte Richtung) .

Patentansprüche

1. Brennerdüse (10) für zwei Brennstoffe, wobei die Brennstoffdüse (10) eine sich in einer Strömungsrichtung (S) erstreckende Brennstofflanze (14) aufweist, in die eine Anzahl von ersten Austrittsöffnungen (18) für einen ersten Brennstoff eingebracht ist, und die Brennstofflanze (14) von einem Außenrohr (16) umgeben ist mit wenigstens einer zweiten Austrittsöffnung (20) für einen zweiten Brennstoff, wobei die ersten Austrittsöffnungen (18) radial und die zweite Austrittsöffnung (20) axial ausgerichtet sind, wobei eine Anzahl von Wirbelerzeugern (22) auf der Brennstofflanze (14) angeordnet ist,
   dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Wirbelerzeuger (22) stromauf der ersten Austrittsöffnungen (18) und stromab der zweiten Austrittsöffnung (20) angeordnet ist.

2. Brenner (2) mit einer Mehrzahl von Vormischkammern (6) mit jeweils einer Brennstoffdüse (10) nach Anspruch 1, wobei zwischen Brennstofflanze (14) und Innenseite der Vormischkammer (6) ein Strömungsquerschnitt (Q) gebildet ist und wobei die auf der Brennstofflanze (14) angeordneten Wirbelerzeuger (22) den quer zur Strömungsrichtung (S) orientierten Strömungsquerschnitt (Q) reduzieren,
   dadurch gekennzeichnet, dass die Vormischkammer (6) einen Querschnitt (50) und ein Ende (52) aufweist und der Abstand der ersten Austrittsöffnungen (18) vom Ende (52) der Vormischkammer (6) mindestens dreimal so groß ist, wie der Querschnitt (50) der Vormischkammer (6).

3. Brenner (2) nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennstofflanze (14) und das Außenrohr (16) konzentrisch angeordnet sind.

4. Brenner (2) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wirbelerzeuger (22) keilförmig ausgestaltet ist.

5. Brenner (2) nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wirbelerzeuger (22) an dem Außenrohr (16) angebracht ist.

6. Brenner (2) nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** wenigstens ein Wirbelerzeuger (22) stromab der radialen Austrittsöffnungen (18) angeordnet ist.

7. Brenner (2) nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** an der Vormischkammer (6) innenwändig wenigstens ein Wirbelerzeuger (22) angebracht ist.

8. Brenner (2) nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Außenrohr (16) einen Endbereich (34) aufweist, der als Lobe-Mixer ausgestaltet ist und eine Anzahl von Lamellen (36) umfasst.

9. Brenner (2) nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Anzahl der Lamellen (36) als Wirbelerzeuger (22) ausgestaltet ist.

10. Brenner (2) nach einem der beiden vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Wirbelerzeuger (22) in einem Zwischenraum (40) zwischen zwei Lamellen (36) angeordnet ist.

11. Gasturbine (4) mit einem Brenner (2) nach einem der Ansprüche 2 bis 10.

Claims

1. Burner nozzle (10) for two fuels, wherein the fuel nozzle (10) has a fuel lance (14) extending in a direction of flow (S) into which a number of first outlet orifices (18) for a first fuel are introduced, and the fuel lance (14) is surrounded by an outer pipe (16) with at least one second outlet orifice (20) for a second fuel, wherein the first outlet orifices (18) are oriented radially and the second outlet orifice (20) is oriented axially, wherein a number of vortex generators (22) are arranged on the fuel lance (14),
characterized in that at least one vortex generator (22) is arranged upstream of the first outlet orifices (18) and downstream of the second outlet orifice (20).

2. Burner (2) having a plurality of premixing chambers (6) each with a fuel nozzle (10) according to Claim 1, wherein a flow cross section (Q) is formed between the fuel lance (14) and the inside of the premixing chamber (6) and wherein the vortex generators (22) arranged on the fuel lance (14) reduce the flow cross section (Q) oriented transversely of the direction of flow (S),
characterized in that the premixing chamber (6) has a cross section (50) and an end (52) and the distance between the first outlet orifices (18) and the end (52) of the premixing chamber (6) is at least three times as great as the cross section (50) of the premixing chamber (6).

3. Burner (2) according to Claim 2,
characterized in that the fuel lance (14) and the outer pipe (16) are arranged concentrically.

4. Burner (2) according to one Claims 2 and 3,
characterized in that at least one vortex generator (22) is of wedge-shaped configuration.

5. Burner (2) according to one of Claims 2 to 4,
characterized in that at least one vortex generator (22) is mounted on the outer pipe (16).

6. Burner (2) according to one of Claims 2 to 5,
characterized in that at least one vortex generator (22) is arranged downstream of the radial outlet orifices (18).

7. Burner (2) according to one of Claims 2 to 6,
characterized in that at least one vortex generator (22) is mounted on the internal walls of the premixing chamber (6).

8. Burner (2) according to one of Claims 2 to 7,
characterized in that the outer pipe (16) comprises an end region (34) which is configured as a lobe mixer and comprises a number of lobes (36).

9. Burner (2) according to the preceding claim,
characterized in that a number of lobes (36) are configured as vortex generators (22).

10. Burner (2) according to one of the two preceding claims,
characterized in that at least one vortex generator (22) is arranged in an interspace (40) between two lobes (36).

11. Gas turbine (4) having a burner (2) according to one of Claims 2 to 10.

Revendications

1. Buse (10) de brûleur pour deux combustibles, la bu-

se (10) de brûleur ayant une lance (14) à combustible, qui s'étend dans une direction (S) d'écoulement, et dans laquelle sont ménagées un certain nombre de premières ouvertures (18) de sortie d'un premier combustible et la lance (14) à combustible est entourée d'un tuyau (16) extérieur, ayant au moins une deuxième ouverture (20) de sortie d'un deuxième combustible, les premières ouvertures (18) de sortie étant dirigées radialement et la deuxième ouverture (20) de sortie, axialement, un certain nombre de producteurs (22) de tourbillon étant montés sur la lance (14) à combustible,
caractérisée en ce qu'au moins un producteur (22) de tourbillon est monté en amont des premières ouvertures (18) de sortie et en aval de la deuxième ouverture (20) de sortie.

2. Brûleur (2), ayant une pluralité de chambres (6) de prémélange, ayant chacune une buse (10) à combustible suivant la revendication 1, dans lequel une section (Q) transversale d'écoulement est formée entre une lance (14) à combustible et une face intérieure de la chambre (6) de prémélange, et dans lequel le producteur (22) de tourbillon, monté sur la lance (14) à combustible, réduit la section (Q) transversale d'écoulement orientée transversalement à la direction (S) d'écoulement,
caractérisé en ce que la chambre (6) de prémélange a une section (50) transversale et une extrémité (52) et la distance des premières ouvertures (18) de sortie à l'extrémité (52) de la chambre (6) de prémélange est au moins trois fois aussi grande que la section (50) transversale de la chambre (6) de prémélange.

3. Brûleur (2) suivant la revendication 2,
caractérisé en ce que la lance (14) à combustible et le tuyau (16) extérieur sont disposés concentriquement.

4. Brûleur (2) suivant l'une des revendications 2 ou 3,
caractérisé en ce qu'au moins un producteur (22) de tourbillon est cunéiforme.

5. Brûleur (2) suivant l'une des revendications 2 à 4,
caractérisé en ce qu'au moins un producteur (22) de tourbillon est mis sur le tuyau (16) extérieur.

6. Brûleur (2) suivant l'une des revendications 2 à 5,
caractérisé en ce qu'au moins un producteur (22) de tourbillon est monté en aval des ouvertures (18) de sortie radiales.

7. Brûleur (2) suivant l'une des revendications 2 à 6,
caractérisé en ce qu'au moins un producteur (22) de tourbillon est mis sur la paroi intérieure de la chambre (6) de prémélange.

8. Brûleur (2) suivant l'une des revendications 2 à 7,
caractérisé en ce que le tuyau (16) extérieur a une partie (34) d'extrémité, qui est conformée en mélangeur à lobe et qui comprend un certain nombre de lamelles (36).

9. Brûleur (2) suivant la revendication précédente,
caractérisé en ce qu'un certain nombre des lamelles (36) est conformé en producteur (22) de tourbillon.

10. Brûleur (2) suivant l'une des deux revendications précédentes,
caractérisé en ce qu'au moins un producteur (22) de tourbillon est disposé dans un espace (40) intermédiaire entre deux lamelles (36).

11. Turbine (4) à gaz, ayant un brûleur (2) suivant l'une des revendications 2 à 10.

FIG 1

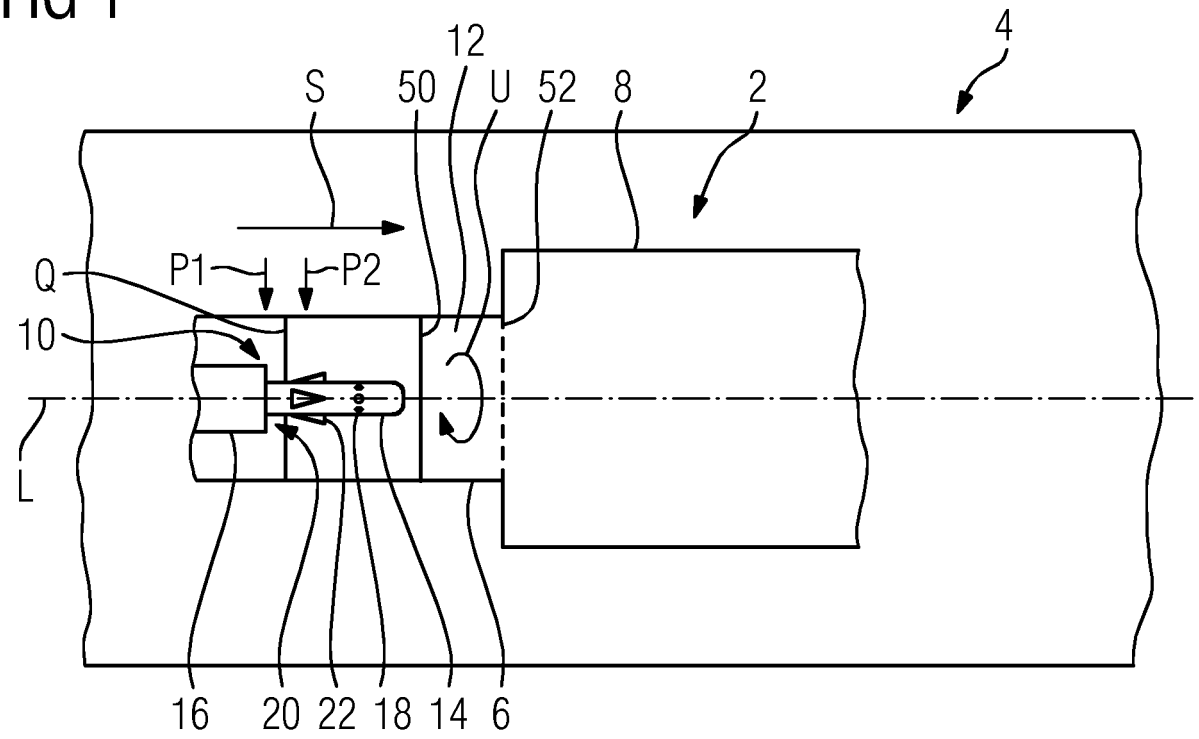

12
4
S
50
U
52
8
2
Q
P1
P2
10
L
16
20
22
18
14
6

FIG 2

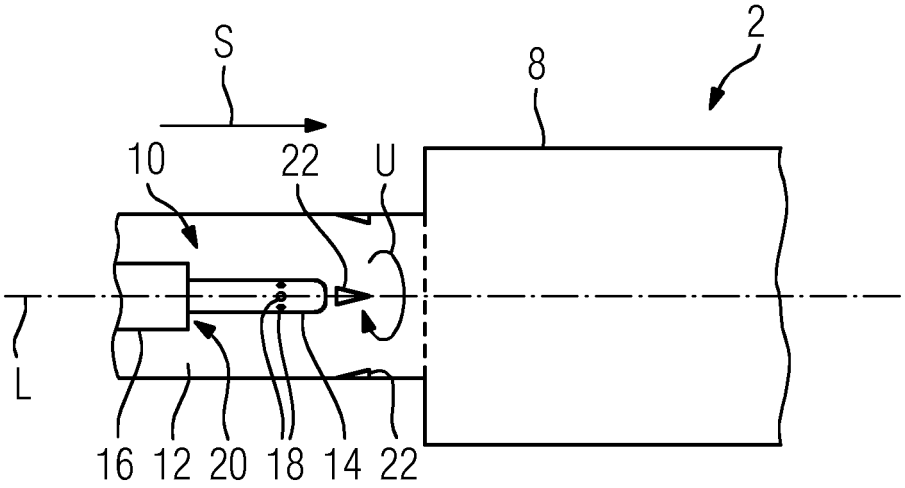

S
2
8
10
22
U
L
16
12
20
18
14
22

FIG 3

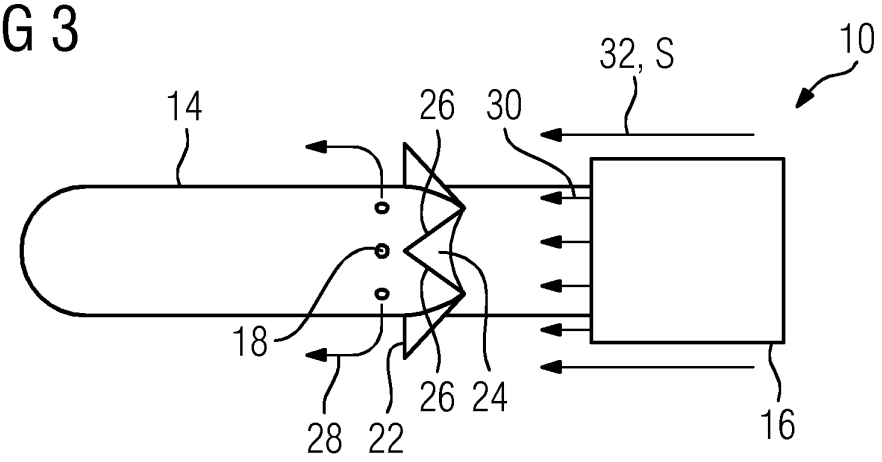


FIG 4

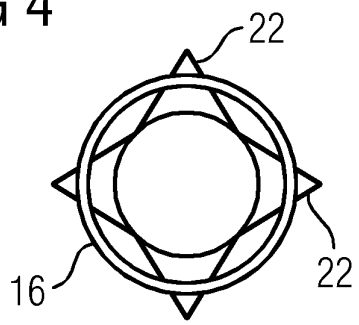


FIG 5

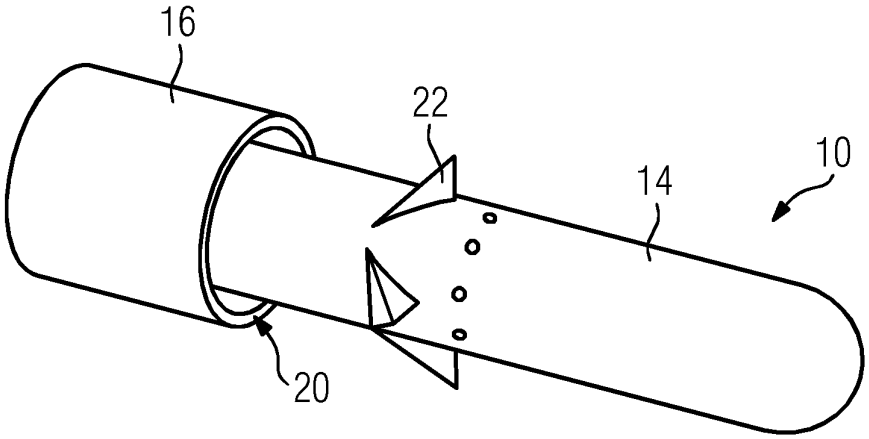


FIG 6

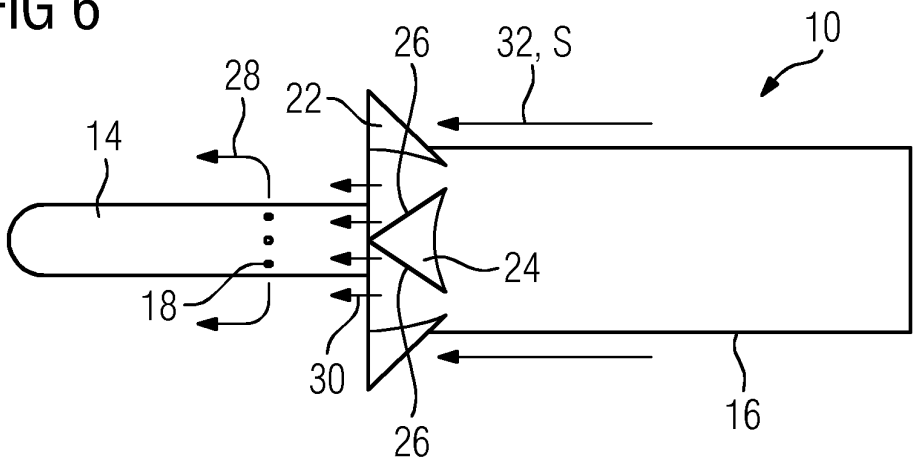


FIG 7

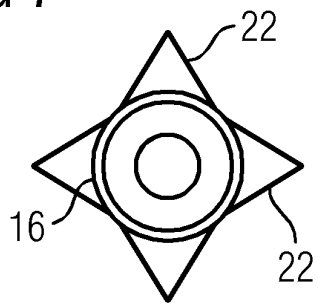


FIG 8

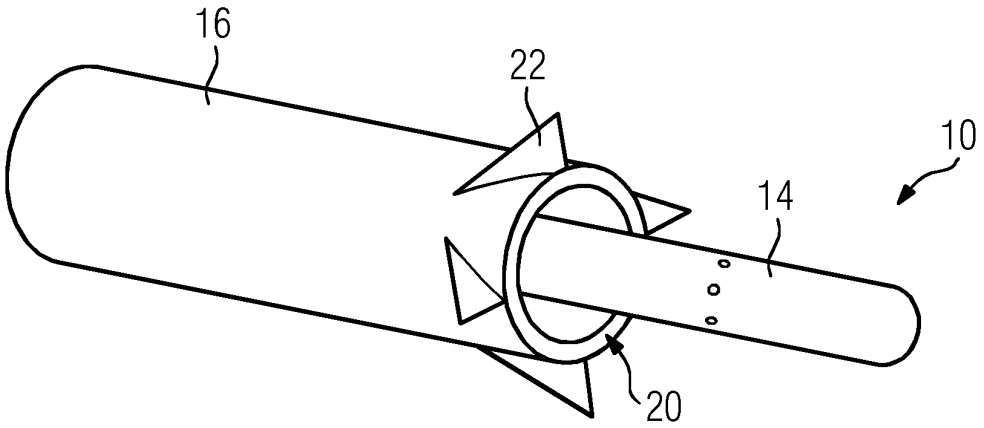


FIG 9

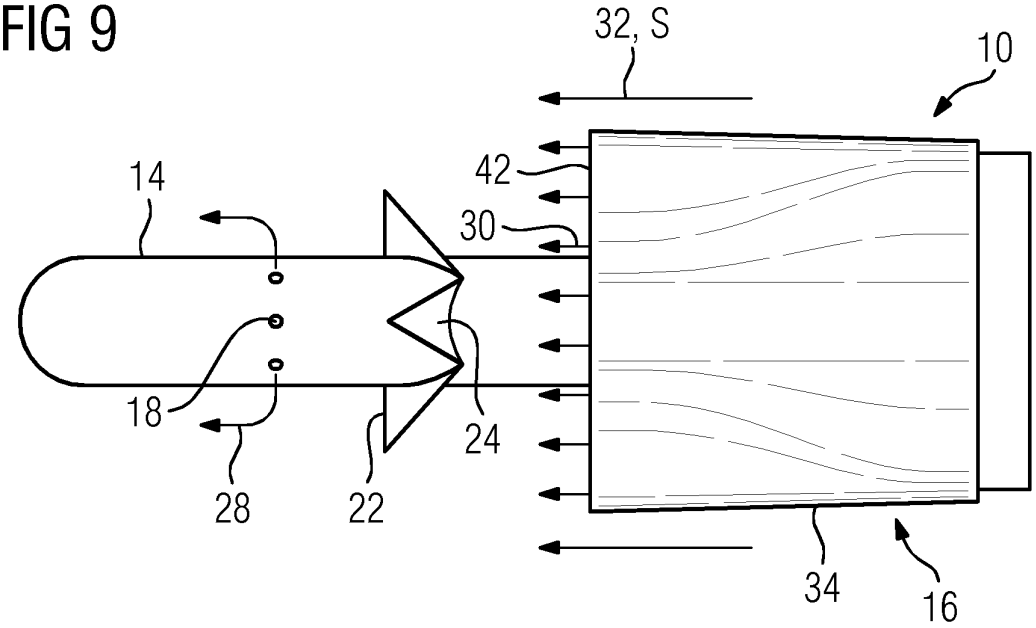


FIG 10

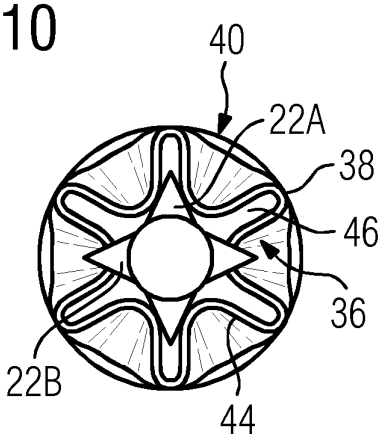


FIG 11

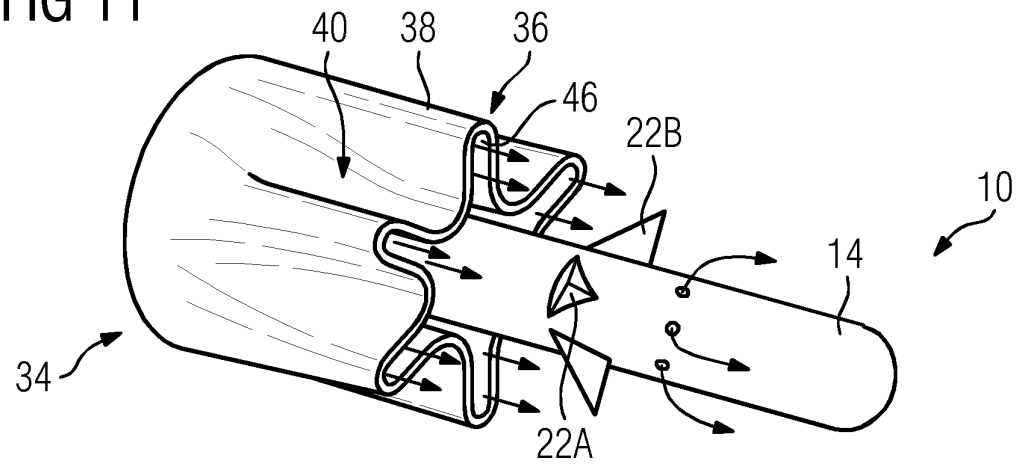


FIG 12

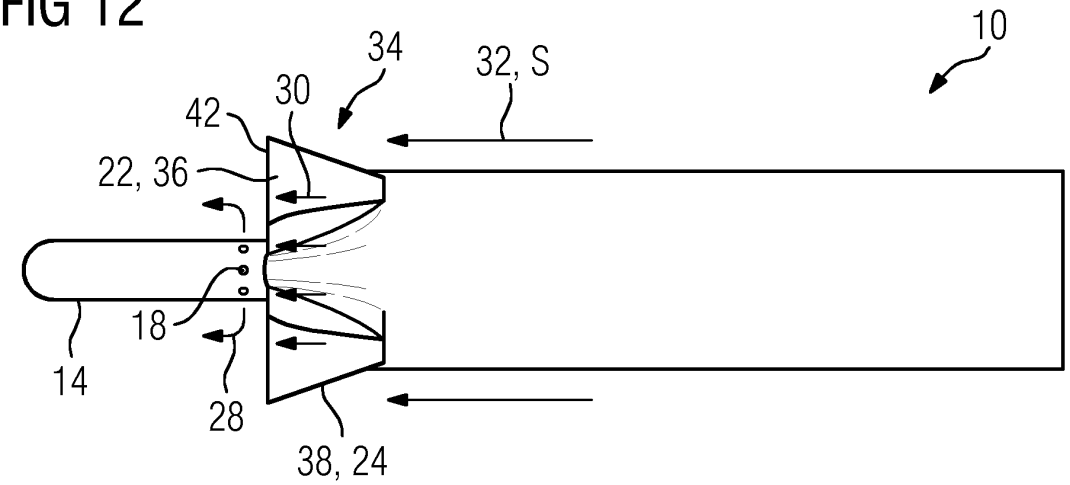


FIG 13

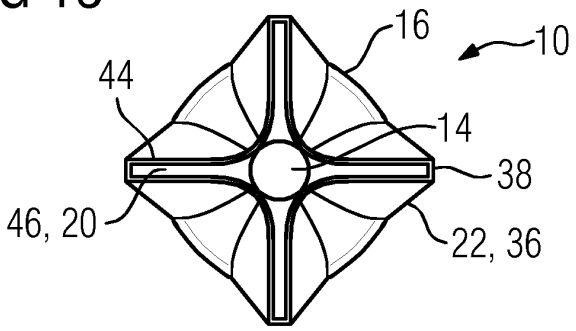


FIG 14

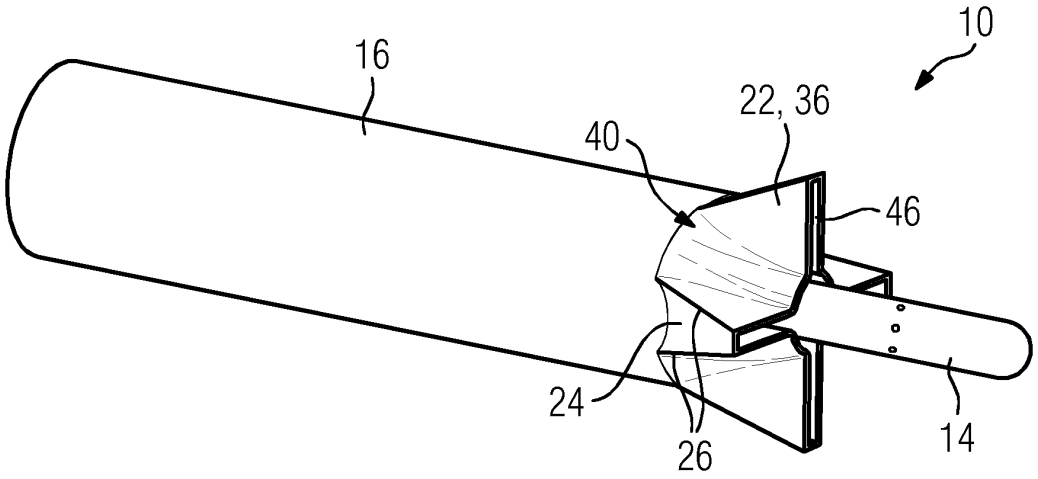


FIG 15

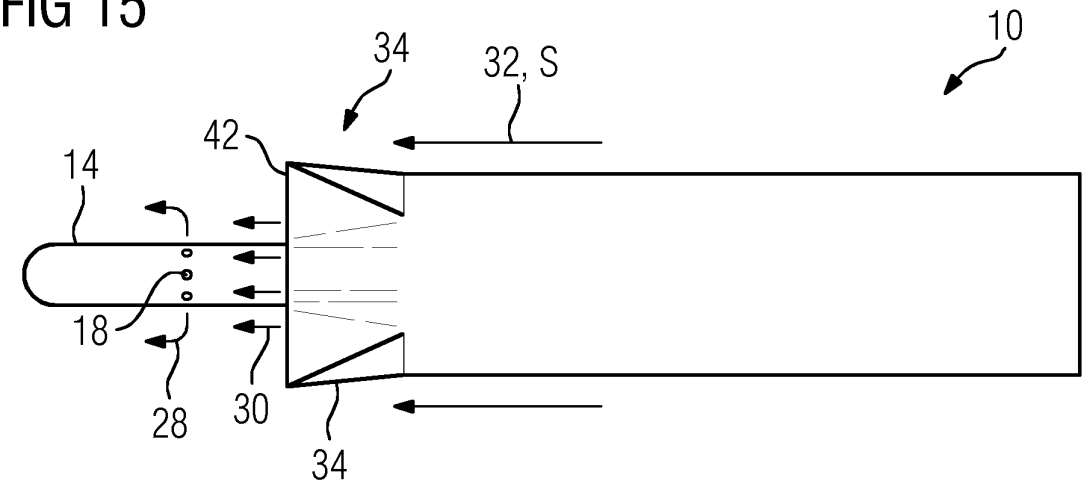


FIG 16

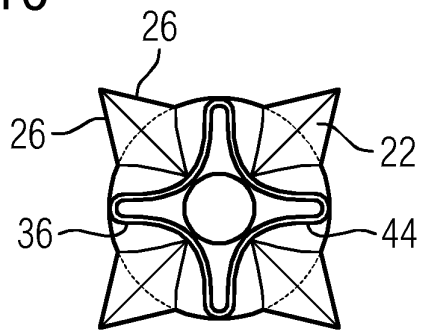


FIG 17

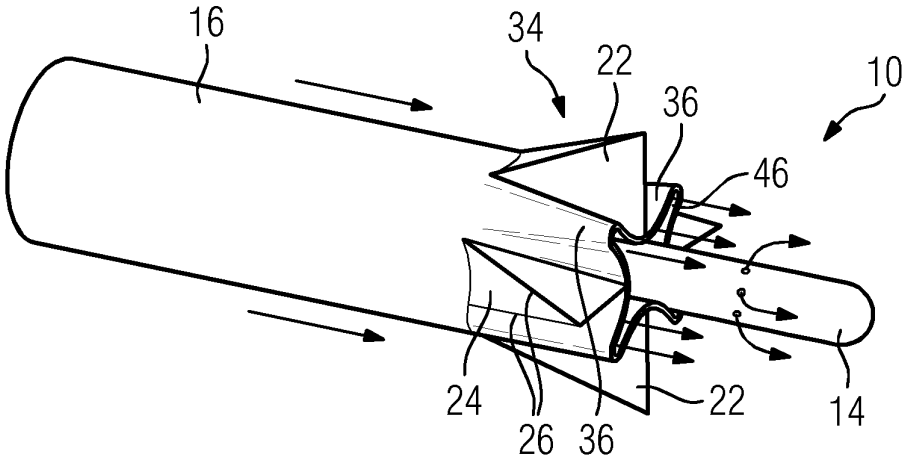


FIG 18

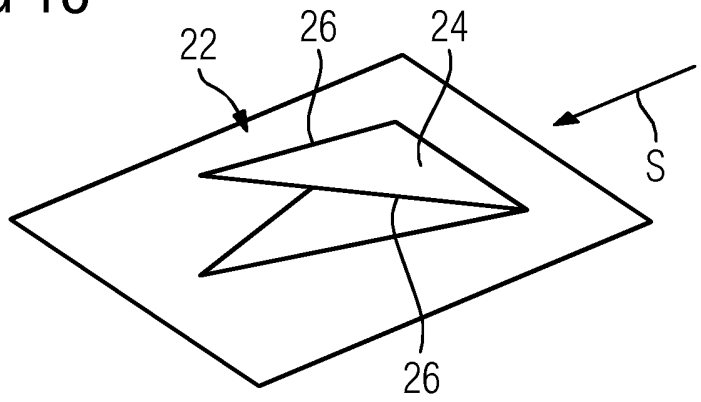


FIG 19

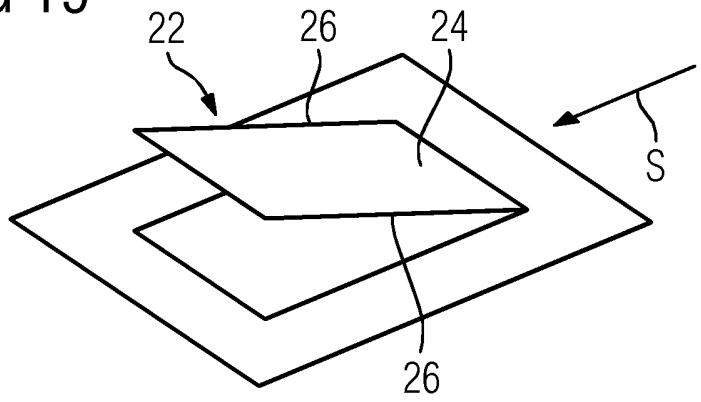


FIG 20

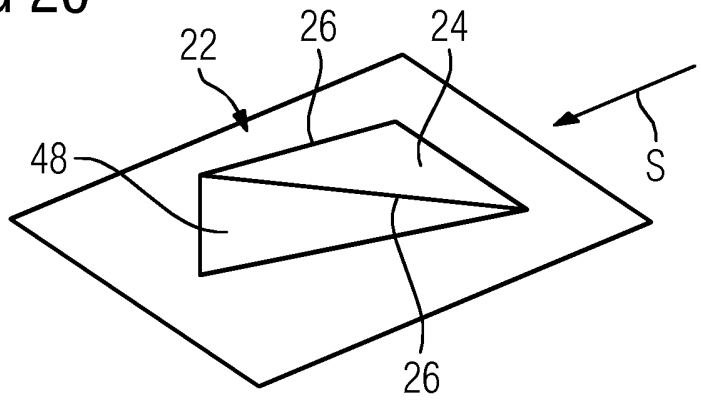


FIG 21

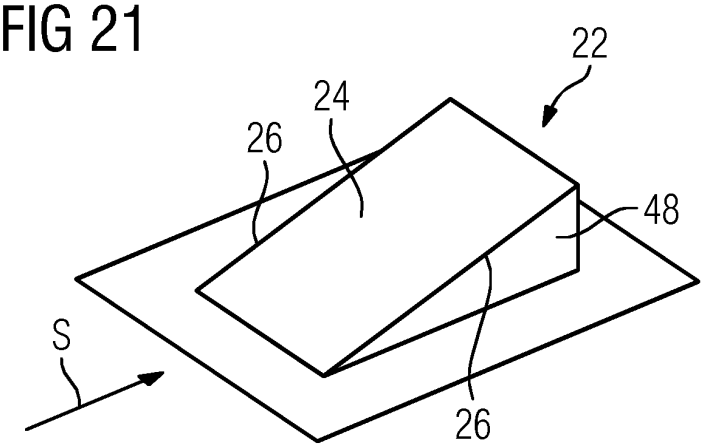


FIG 22

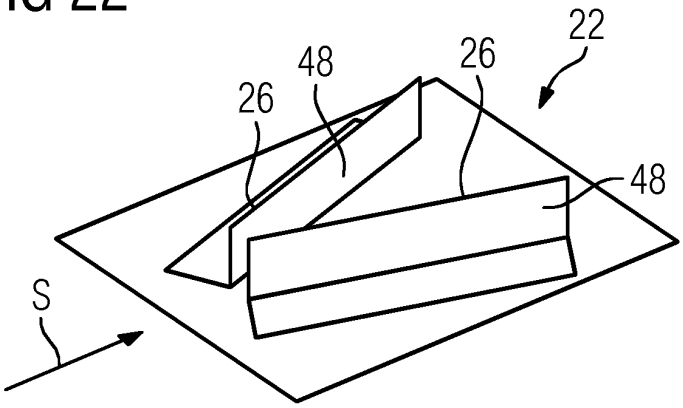
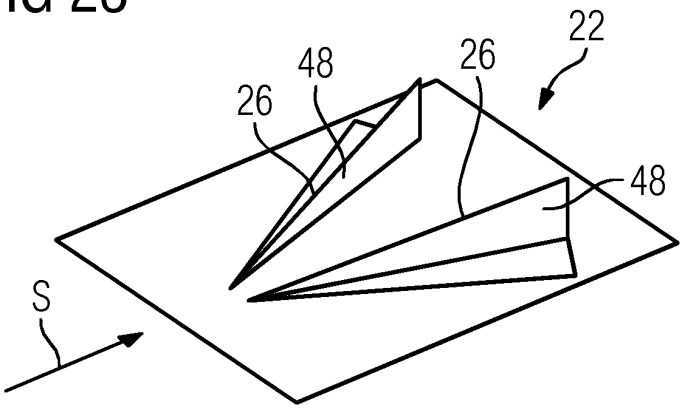


FIG 23



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 4426351 A1 **[0004]**
- US 2002014078 A **[0005]**
- US 5435126 A **[0006]**
- EP 2604919 A1 **[0010]**