



(11) EP 4 083 511 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
02.11.2022 Patentblatt 2022/44

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
F23R 3/28 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: 22168065.5

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
F23R 3/286; F23R 3/283; F23R 2900/00002

(22) Anmeldetag: 13.04.2022

(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
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
KH MA MD TN

(30) Priorität: 26.04.2021 DE 102021110616

(71) Anmelder: Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG
15827 Blankenfelde-Mahlow (DE)

(72) Erfinder: CLEMEN, Carsten
15749 Mittenwalde (DE)

(54) **KRAFTSTOFFDÜSE MIT UNTERSCHIEDLICHEN ERSTEN UND ZWEITEN AUSSTRÖMÖFFNUNGEN FÜR DIE BEREITSTELLUNG EINES WASSERSTOFF-LUFT-GEMISCHES**

(57) Die vorgeschlagene Lösung betrifft eine Kraftstoffdüse für das Eindüsen von Wasserstoff in eine Brennkammer (207) eines Triebwerks (103), wobei die Kraftstoffdüse (7) zur Bereitstellung eines Wasserstoff-Luft-Gemisches einen Düsenkopf (71) mit Ausströmöffnungen (19, 21) an einer Stirnseite (710) des Düsenkopfes (71) umfasst. An der Stirnseite sind mehrere erste Ausströmöffnungen (21) für einzudüsenden Wasserstoff und mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) für einzudüsende Luft für die Bereitstellung des Wasserstoff-Luft-Gemisches vorhanden, wobei die mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) einen mehrreckigen Querschnitt aufweist und die mehreren ersten Ausströmöffnungen (21) an der Stirnseite (710) um die mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) verteilt angeordnet sind.

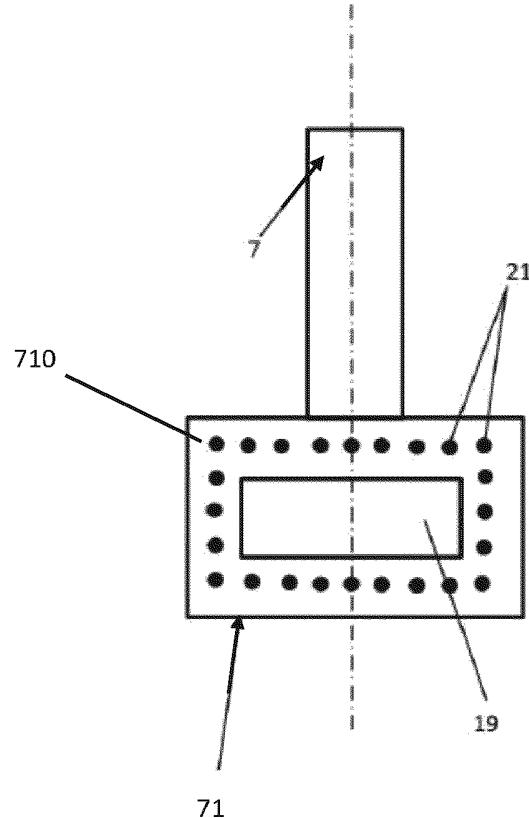


FIG. 2

Beschreibung

[0001] Die vorgeschlagene Lösung betrifft eine Kraftstoffdüse für ein Triebwerk, insbesondere für ein mit Wasserstoff betriebenes Triebwerk.

5 **[0002]** Bei bisher in der Praxis üblichen, mit zum Beispiel Kerosin als Kraftstoff betriebenen Triebwerken werden an einer Brennkammer der Kraftstoff und Luft über mindestens eine Kraftstoffdüse in einen Brennraum der Brennkammer eingedüst, um ein entzündliches Kraftstoff-Luft-Gemisch bereitzustellen. Die Kraftstoffdüse umfasst zur Bereitstellung des Kraftstoff-Luft-Gemisches einen Düsenkopf mit Ausströmöffnungen an einer Stirnseite des Düsenkopfes. Diese Stirnseite ist dabei im bestimmungsgemäß eingebauten Zustand der Kraftstoffdüse einem Brennraum der Brennkammer 10 zugewandt. Typischerweise wird der Kraftstoff hierbei über eine an der Stirnseite kreisringförmig erscheinende erste Ausströmöffnung eingedüst. Die erste Ausströmöffnung für den Kraftstoff ist somit nach Art eines Ringspalts ausgestaltet. Auch eine, bezogen auf einer Hauptströmungsrichtung des einzudüsenden Kraftstoffes, radial innenliegende zweite Ausströmöffnung für einzudüsende Luft weist an der Stirnseite typischerweise einen kreisringförmigen Verlauf auf. Gleiches gilt für wenigstens eine zusätzliche, dritte Ausströmöffnung an der Stirnseite des Düsenkopfes oder an einer 15 den Düsenkopf aufnehmenden Durchgangsöffnung in einem Hitzeschild der Brennkammer. Die mehreren unterschiedlichen Ausströmöffnung für Kraftstoff und Luft sind somit typischerweise jeweils im Querschnitt kreisringförmig nach Art von Ringspalten ausgebildet. Damit geht dann auch regelmäßig eine kreiszylindrische Ausbildung des Düsenkopfes der Kraftstoffdüse einher.

20 **[0003]** Während sich die vorstehend beschriebene Gestaltung eines Düsenkopfes einer Kraftstoffdüse für einzudüsenden flüssigen Kraftstoff, zum Beispiel Kerosin, bewährt hat, besteht mit Blick auf mit einem gasförmigen Kraftstoff, z.B. Wasserstoff, betriebene Triebwerke und damit gasförmig einzudüsenden Kraftstoff weiterer Verbesserungsbedarf für Kraftstoffdüsen zur Nutzung an einem Triebwerk.

[0004] In dieser Hinsicht schafft die vorgeschlagene Kraftstoffdüse Abhilfe.

25 **[0005]** So sieht eine vorgeschlagene Kraftstoffdüse an einer Stirnseite ihres Düsenkopfes mehrere erste Ausströmöffnungen für einzudüsenden Wasserstoff und mindestens eine zweite Ausströmöffnung für einzudüsende Luft für die Bereitstellung eines Wasserstoff-Luft-Gemisches vor. Die mindestens eine zweite Ausströmöffnung weist hierbei einen mehreckigen Querschnitt auf und die mehreren ersten Ausströmöffnungen für den Wasserstoff sind an der Stirnseite um die mindestens eine zweite Ausströmöffnung verteilt angeordnet.

30 **[0006]** Über die vorgeschlagene Lösung lässt sich erreichen, dass an der Stirnseite des Düsenkopfes eine Mehrzahl von Wasserstoffeindüsströmungen in Richtung des Brennraumes bereitgestellt werden können, die an Stirnseite des Düsenkopfes verteilt austreten. Dies schließt insbesondere ein, dass die ersten Ausströmöffnungen für den einzubringenden Wasserstoff jeweils eine erste Querschnittsfläche respektive einen ersten Strömungsquerschnitt aufweisen, der nur ein Bruchteil einer zweiten Querschnittsfläche respektive eines zweiten Strömungsquerschnitts beträgt, den die mindestens eine zweite Ausströmöffnung für die einzudüsende Luft aufweist. Derart sind dann beispielsweise in Relation 35 zu der mindestens einen zweiten Ausströmöffnung die ersten Ausströmöffnungen für den einzudüsenden Wasserstoff nahezu punktförmig und stellen folglich in einer Vorderansicht auf die Stirnseite eine Mehr- oder Vielzahl punktförmig erscheinender, diskreter Austrittslöcher und damit Quellen für eine Mehr- oder Vielzahl von Wasserstoffeinströmungen in den Brennraum bereit. Die Anordnung der ersten Ausströmöffnungen verteilt um die mindestens eine zweite Ausströmöffnung herum erlaubt dabei für einen einzudüsenden gasförmigen Kraftstoff (und damit insbesondere für die 40 Bereitstellung eines entzündlichen Wasserstoff-Luft-Gemisches) eine vorteilhafte Gemischbildung als bei bisher üblichen Kraftstoffdüsen mit einer vergleichsweise großflächigen, kreisringförmig umlaufenden ersten Ausströmöffnung für den einzudüsenden Kraftstoff.

45 **[0007]** Eine vorteilhafte Gemischbildung, z.B. für ein entzündliches Wasserstoff-Luft-Gemisch, wird dabei auch durch den mehreckigen Querschnitt der mindestens einen zweiten für einzudüsende Luft vorgesehenen Ausströmöffnung unterstützt. So kann hiermit eine geometrisch vergleichsweise scharf abgegrenzte, an der Stirnseite des Düsenkopfes austretende Luftströmung bereitgestellt werden, um die herum eine Mehrzahl von diskreten Wasserstoffströmungen aus den ersten Ausströmöffnungen erzeugt wird.

50 **[0008]** Für die Gestaltung der mindestens einen zweiten Ausströmöffnung für die einzudüsende Luft hat sich insbesondere ein viereckiger Querschnitt als vorteilhaft erwiesen. Insbesondere kann die zweite Ausströmöffnung an der Stirnseite des Düsenkopfes einen rechteckförmigen, insbesondere rechteckigen, oder trapezförmigen Querschnitt aufweisen.

55 **[0009]** Alternativ oder ergänzend kann vorgesehen sein, dass die mindestens eine zweite Ausströmöffnung und/oder zumindest ein in die mindestens eine zweite Ausströmöffnung mündender Strömungskanal des Düsenkopfes wenigstens ein Luftleitelement zur Verdrallung ausströmender Luft aufweist. An der mindestens einen zweiten Ausströmöffnung und/oder stromauf der mindestens einen zweiten Ausströmöffnung in einem Strömungskanal des Düsenkopfes wird somit die einzudüsende Luft über wenigstens ein Luftleitelement mit einem Drall versehen. Die an der mindestens einen zweiten Ausströmöffnung austretende Luftströmung weist somit eine Rotationsbewegungskomponente auf, die für eine möglichst homogene Gemischbildung stromab des Düsenkopfes förderlich ist.

[0010] In einer Ausführungsvariante sind zwei oder mehr zweite Ausströmöffnungen an der Stirnseite vorgesehen, um die jeweils mehrere erste Ausströmöffnungen für einzudüsenden Wasserstoff verteilt angeordnet sind. In einer derartigen Ausführungsvariante ist somit an der Stirnseite des Düsenkopfes beispielsweise nicht nur eine einzelne (zentrale) zweite Ausströmöffnung für einzudüsende Luft vorgesehen. Vielmehr sind hier mehrere (mindestens zwei)

5 zweite Ausströmöffnungen an der Stirnseite vorhanden. Um jede dieser zweiten Ausströmöffnungen sind dann mehrere erste Ausströmöffnungen für einzudüsenden Wasserstoff angeordnet. Auf diese Weise lässt sich erreichen, dass jede Luftströmung aus einer zweiten Ausströmöffnung von mehreren Wasserstoffströmungen aus ersten Ausströmöffnungen umgeben ist.

[0011] In einer Ausführungsvariante sind die zwei oder mehr zweiten Ausströmöffnungen an der Stirnseite entlang 10 einer Umfangsrichtung aufeinanderfolgend angeordnet. Die zweiten Ausströmöffnungen für einzudüsende Luft liegen somit an der Stirnseite nebeneinander vor. Hierbei legen die zweiten Ausströmöffnungen beispielsweise entlang einer gekrümmten oder geradlinig verlaufenden Verlaufslinie nebeneinander vor, sodass beispielsweise eine Reihe von zweiten Ausströmöffnungen an der Stirnseite bereitgestellt ist, wobei jede einzelne zweite Ausströmöffnung für sich betrachtet 15 an der Stirnseite von einer Mehrzahl erster Ausströmöffnungen für einzudüsenden Wasserstoff umgeben ist.

[0012] In einer Ausführungsvariante weisen die mehreren ersten Ausströmöffnungen beispielsweise jeweils einen 20 kreisförmigen, rautenförmigen oder hexagonalen Querschnitt auf. Wie bereits vorstehend erläutert, kann insbesondere ein derartiger kreisförmiger, rautenförmiger oder hexagonaler Querschnitt respektive eine damit an der ersten Stirnseite definierte Querschnittsfläche einer ersten Ausströmöffnung deutlich kleiner sein als ein Querschnitt respektive eine Querschnittsfläche einer zweiten Ausströmöffnung für einzudüsende Luft. Eine Querschnittsfläche einer zweiten Ausströmöffnung ist beispielsweise um ein Vielfaches größer als eine Querschnittsfläche einer ersten Ausströmöffnung. 25 Insbesondere kann in diesem Zusammenhang vorgesehen sein, dass die Querschnittsfläche einer zweiten Ausströmöffnung wenigstens um das Fünffache größer ist als eine Querschnittsfläche jeder ersten Ausströmöffnung.

[0013] In einer Ausführungsvariante der vorgeschlagenen Lösung ist die Stirnseite in Abkehr von bisher in der Praxis 25 üblichen Gestaltungen nicht kreisförmig und damit der Düsenkopf nicht zwingend kreiszylindrisch ausgebildet. Vielmehr ist die Stirnseite des Düsenkopfes in einer Ausführungsvariante viereckig, insbesondere rechteckig ausgebildet. Dementsprechend ist dann auch endseitiger Querschnitt des Düsenkopfes viereckig, insbesondere rechteckig.

[0014] Alternativ oder ergänzend kann die Stirnseite des Düsenkopfes im Wesentlichen parallel zueinander verlaufende 30 Haupränder, die sich jeweils entlang eines Kreisbogens erstrecken, und zwei die Haupränder miteinander verbindende Seitenränder aufweisen. Eine Außenkontur der Stirnseite ist hierbei folglich durch die zwei Haupränder und die zwei Seitenränder definiert, wobei die zwei Haupränder jeweils einem Kreisbogenabschnitt folgen und im Wesentlichen parallel zueinander verlaufen. Insbesondere kann die Stirnseite einer derartigen Ausführungsvariante auch viereckig und/oder bezogen auf eine Umfangsrichtung länglich ausgebildet sein. Im eingebauten Zustand der Kraftstoffdüse 35 weist beispielsweise eine solche Umfangsrichtung um eine Mittelachse des Triebwerks herum, entlang der axial unterschiedliche Komponenten des Triebwerks, beispielsweise Verdichter, Brennkammer und Turbine des Kerntriebwerks, hintereinander angeordnet sind und die zu einer Hauptströmungsrichtung parallel verläuft, entlang der Luft durch das Triebwerk hindurchströmt.

[0015] Die vorgeschlagene Lösung umfasst ferner eine Brennkammerbaugruppe mit einer Brennkammer für ein Triebwerk, an der mindestens eine Ausführungsvariante einer vorgeschlagenen Kraftstoffdüse zum Eindüsen eines Wasserstoff-Luft-Gemisches vorgesehen ist.

[0016] Eine Brennkammer einer solchen Brennkammerbaugruppe kann beispielsweise im Bereich eines Brennkammerkopfes einen Hitzeschild mit einer Durchgangsöffnung aufweisen, in der der Düsenkopf der Kraftstoffdüse aufgenommen ist. Der Hitzeschild ist hierbei üblicherweise mit einer Innenseite dem Brennraum der Brennkammer zugewandt. Um über den Düsenkopf hinweg zusätzlich Luft in dem Brennraum zur Verfügung zu stellen, kann zwischen dem Düsenkopf und einem Rand der hitzeschildseitigen Durchgangsöffnung mindestens eine zusätzliche Ausströmöffnung 45 gebildet sein. Über diese mindestens eine zusätzliche Ausströmöffnung gelangt außerhalb des Düsenkopfes vorbeiströmende Luft im Betrieb des Triebwerks ebenfalls in den Brennraum.

[0017] Insbesondere zur Verbesserung der Gemischbildung und Gemischführung beim Eindüsen von gasförmigem Kraftstoff wie Wasserstoff und damit dem Betrieb eines Triebwerks mit einem solchen Kraftstoff ist in einer Ausführungsvariante die mindestens eine zusätzliche Ausströmöffnung durch einen Spalt gebildet, der mit Blick auf die Stirnseite 50 des Düsenkopfes längserstreckt ausgebildet ist und an einem Abschnitt des äußeren Umfangs des Düsenkopfes entlang verläuft.

[0018] In einer ersten möglichen Weiterbildung sind dann beispielsweise mindestens zwei räumlich voneinander separierte zusätzliche Ausströmöffnungen zwischen dem Düsenkopf und dem Rand der Durchgangsöffnung gebildet. Es gibt somit lokale, räumlich voneinander separierte zusätzliche (dritte) Ausströmöffnungen für zusätzliche Luftströmungen durch die hitzeschildseitige Durchgangsöffnung. Entsprechende Spalte können somit beispielsweise bei einer Ringbrennkammer, die sich um eine Mittelachse des Triebwerks erstreckt, einerseits radial innen und andererseits radial außen am äußeren Umfang des Düsenkopfes vorgesehen sein.

[0019] In einer alternativen Ausgestaltung ist eine um den Düsenkopf umfangsseitig vollständig umlaufende zusätzliche

(dritte) Ausströmöffnung zwischen dem Düsenkopf und dem Rand der Durchgangsöffnung gebildet. In einer derartigen Ausgestaltung sind dann beispielsweise keine einzelnen lokal voneinander separierten zusätzlichen Ausströmöffnungen vorgesehen. Vielmehr ist in einer Vorderansicht auf die Stirnseite des Düsenkopfes beispielsweise ein umfangsseitig um den Düsenkopf umlaufender Spalt ersichtlich. Ein derartiger Spalt ist in einer Weiterbildung im Übrigen nicht kreisringförmig. Vielmehr kann die den Düsenkopf umfangsseitig vollständig umlaufende zusätzliche Ausströmöffnung eine Rechteckkontur aufweisen.

[0020] Teil der vorgeschlagenen Lösung ist ferner ein Triebwerk mit einer Ausführungsvariante einer vorgeschlagenen Brennkammerbaugruppe. Beispielsweise ist ein wasserstoffbetriebenes Triebwerk vorgesehen, das somit an einem Brennkammerkopf einer Brennkammer der Brennkammerbaugruppe wenigstens eine Ausführungsvariante einer vorgeschlagenen Kraftstoffdüse für die effektive Bereitstellung eines Wasserstoff-Luft-Gemisches vorsieht.

[0021] Die beigefügten Figuren veranschaulichen exemplarisch mögliche Ausführungsvarianten der vorgeschlagenen Lösung.

[0022] Hierbei zeigen:

- 15 Figur 1 in Seitenansicht eine Ausführungsvariante einer vorgeschlagenen Kraftstoffdüse;
- Figur 2 eine Draufsicht auf eine Stirnseite eines Düsenkopfes der Kraftstoffdüse der Figur 1;
- 20 Figuren 2A-2C exemplarisch unterschiedliche Querschnitte für erste Austrittsöffnungen für Wasserstoff an der Kraftstoffdüse der Figuren 1 und 2;
- Figur 3 ausschnittsweise und mit Blick auf die Stirnseite des Düsenkopfes der Kraftstoffdüse der Figuren 1 und 2 in einem bestimmungsgemäß eingebauten Zustand, in dem der Düsenkopf in einer Durchgangsöffnung eines Hitzeschildes der Brennkammer aufgenommen ist;
- 25 Figur 4 in mit der Figur 3 übereinstimmender Ansicht ein alternativ ausgestalteter Düsenkopf;
- Figur 5 in mit der Figur 2 übereinstimmender Ansicht eine alternativ ausgestaltete Kraftstoffdüse, bei der an der Stirnseite des Düsenkopfes mehrere nebeneinanderliegende zweite Ausströmöffnungen für Luft vorgesehen sind;
- 30 Figur 6 in mit den Figuren 3 und 4 übereinstimmender Ansicht der Düsenkopf der Kraftstoffdüse der Figur 5 in einem bestimmungsgemäß eingebauten Zustand;
- Figur 7A in mit der Figur 6 übereinstimmender Ansicht eine mögliche Weiterbildung des Düsenkopfes der Figur 6 mit an den zweiten Ausströmöffnungen vorgesehenen Luftleitelementen;
- 35 Figur 7B eine Schnittdarstellung entsprechend der in der Figur 7A dargestellten Schnittlinie;
- Figur 8A-8B in mit den Figuren 8A und 8B übereinstimmenden Ansichten eine alternative Ausgestaltung des Düsenkopfes mit Luftleitelementen innerhalb von in die zweiten Ausströmöffnungen mündenden Strömungskanälen des Düsenkopfes;
- 40 Figur 9 in Draufsicht und schematisch ein Flugzeug mit zwei Triebwerken, die jeweils mindestens eine Kraftstoffdüse der vorgeschlagenen Lösung aufweisen;
- Figur 10 schematisch den Aufbau eines der Triebwerke des Flugzeugs der Figur 9, die jeweils mit Wasserstoff betrieben werden;
- 45 Figur 11 eine aus dem Stand der Technik bekannte Brennkammerbaugruppe, bei der eine konventionelle Kraftstoffdüse für das Eindüsen von Kerosin in eine Brennkammer vorgesehen ist;
- Figur 12A in teilweise geschnittener und vergrößerter Darstellung eine aus dem Stand der Technik bekannte Kraftstoffdüse entsprechend der Figur 11;
- 50 Figur 12B eine Schnittansicht der Kraftstoffdüse der Figur 12A;
- Figur 12C mit Blick auf eine Stirnseite eines Düsenkopfes der Kraftstoffdüse der Figuren 12A die eingebaute

Kraftstoffdüse mit dem in einer Durchgangsöffnung eines Hitzeschildes aufgenommenen Düsenkopf.

[0023] Die Figur 9 zeigt in Draufsicht ein Flugzeug 101, beispielsweise ein Passagierflugzeug. Das Flugzeug 101 weist einen Rumpf 102 mit zwei Tragflächen auf, an denen jeweils ein Triebwerk 103, beispielsweise ein Turbofan-Triebwerk, vorgesehen ist. Im Rumpf 102 des Flugzeugs 101 ist ein Wasserstoffspeichertank 104 untergebracht. In diesem Wasserstoffspeichertank 104 wird Wasserstoff als Kraftstoff für die Triebwerke 103 vorgehalten, beispielsweise in flüssiger Form. Der Wasserstoff aus dem Wasserstoffspeichertank 104 wird über ein Kraftstoffzuführsystem 201 (vgl. Figur 10) den Triebwerken 103 zur Verfügung gestellt und hier zur Verbrennung in einem jeweiligen Kerntriebwerk 105 genutzt, um einen Fan des jeweiligen Triebwerks 103 anzutreiben.

[0024] Das Blockdiagramm der Figur 10 veranschaulicht den Aufbau des Kerntriebwerks 105 eines Triebwerks 103 näher. Gemäß der Figur 10 wird aus dem Wasserstoffspeichertank 104 über das Kraftstoffzuführsystem 201 dem jeweiligen Kerntriebwerk 105 Wasserstoff als Kraftstoff zur Verfügung gestellt. Das Kerntriebwerk 105 weist dabei entlang einer Hauptströmungsrichtung s, die mit einer Mittelachse des Triebwerks 103 zusammenfällt, axial aufeinanderfolgend einen Niederdruckverdichter 202, einen Hochdruckverdichter 204, einen Diffusor 205, ein Kraftstofffeinspritzsystem 206, eine Brennkammer 207, eine Hochdruckturbine 208, eine Niederdruckturbine 209 und eine Auslassdüse 210 auf. Der Niederdruckverdichter 202 und der Hochdruckverdichter 204 sind im Blockdiagramm der Figur 10 über einen Verbindungskanal 203 miteinander verbunden. Der Hochdruckverdichter 204 wird von der Hochdruckturbine 208 über eine erste Welle 211 angetrieben, während der Niederdruckverdichter 203 von der Niederdruckturbine 209 über eine zweite Welle 212 angetrieben wird. Anstelle der in der Figur 10 ersichtlichen zweiwelligen Ausführung für die Kopplung kann selbstverständlich aber auch eine dreiwellige Ausführung vorgesehen sein.

[0025] Im Betrieb des Triebwerks 103 treibt die Niederdruckturbine 209 einen Fan 213 des Triebwerks 103 über eine (Untersetzung-) Getriebeeinheit 214 an. Die Getriebeeinheit 214 ist antriebsseitig mit der zweiten Welle 212 verbunden und ist abtriebsseitig über eine Fanwelle 215 mit dem Fan 213 gekoppelt. Beispielsweise weist die Getriebeeinheit 214 ein epizyklistisches Untersetzungsgetriebe auf. Alternativ oder ergänzend kann ein Planetengetriebe Teil der Getriebeeinheit 214 sein, wobei aber selbstverständlich auch alternative Getriebeausführungen möglich sind. Grundsätzlich kann auch eine Getriebeeinheit 214 ausgespart werden, sodass die von der Niederdruckturbine angetriebene zweite Welle 212 unmittelbar mit dem Fan 213 gekoppelt ist.

[0026] Die Figur 11 zeigt eine aus dem Stand der Technik bekannte Konfiguration einer Brennkammerbaugruppe mit dem Kraftstofffeinspritzsystem 206 und der Brennkammer 207, über die die Turbinenstufen der Hochdruckturbine 208 und der Niederdruckturbine 209 antreibbar sind. Die Brennkammer 207 definiert einen durch eine Brennkammerwand 1 berandenden Brennraum. Das bei der Verbrennung in dem Brennraum entstehende Abgas wird in Hauptströmungsrichtung s über ein Turbinenleitrad, insbesondere ein sogenanntes Turbinenvorleitrad 8 zu der Hochdruckturbine 208 geführt. Stromauf weist die Brennkammer 207 einen Brennkammerkopf 11 und sich hieran stromab anschließend ein Hitzeschild 12 auf, in dem ein Düsenkopf einer Kraftstoffdüse 7 des Kraftstofffeinspritzsystems 206 aufgenommen ist. Das Hitzeschild 12 und der Brennkammerkopf 11 sind in der Praxis häufig als Schweißkonstruktion miteinander gefügt. Die Brennkammer 207 ist ferner zwischen einem (radial) äußeren Gehäuse 2 und einem (radial) inneren Gehäuse 3 der Brennkammerbaugruppe angeordnet.

[0027] Von dem Hochdruckverdichter 205 wird eine Luftströmung durch den Diffusor 205 und zuletzt durch Pre-Diffusor 6 in einen die Brennkammer 207 aufnehmenden Gehäuseraum geführt. Die aus dem Pre-Diffusor 6 kommende Luftströmung wird hier aufgeteilt. Ein Teil der Luftströmung wird über den Brennkammerkopf 11, in dem Hitzeschild 12 vorgesehene Kühlluftbohrungen 10 und den Düsenkopf der Kraftstoffdüse 7 in den Brennraum geleitet, um dort ein entzündliche Kraftstoff-Luft-Gemisch bereitzustellen. Ein weiterer Teil der Luft aus dem Pre-Diffusor 6 strömt in zwei (äußere und innere) Strömungsräume 4 und 5, die zwischen einer äußeren Mantelfläche der Brennkammerwand 1 und den Gehäusen 2 und 3 gebildet sind. Ein Teil der Luftströmung strömt dabei in den (äußeren) Strömungsraum 4 zwischen der Brennkammerwand 1 und dem äußeren Gehäuse 2, in dem die Brennkammer 207 vollständig aufgenommen ist. Ein weiterer Teil Luftströmung strömt in den (inneren) Strömungsraum 5 zwischen der Brennkammerwand 1 und dem radial innenliegenden Gehäuse 3. Die in die inneren und äußeren Strömungsräume 4 und 5 gelangende Luft dient der Kühlung der Brennkammerwand 1. So kann beispielsweise insbesondere (Kühl-) Luft durch Kühlluftbohrungen 10 zur effizienteren Kühlung der Brennkammerwand 1 und insbesondere hieran brennraumseitig vorgesehener Brennkamferschindeln von außen in den Brennraum geführt werden. Darüber hinaus weist die Brennkammerwand 1 zusätzliche Zumischluftlöcher 9 auf, um einen Teil der Luft aus den Strömungsräumen 4 und 5 in den Brennraum als Zumischluft zu leiten. Darüber hinaus kann Luft aus den Strömungsräumen 4 und 5 stromab der Brennkammer 207 auch zur Kühlung des Turbinenleitads 8 genutzt werden.

[0028] Für die Bereitstellung des entzündlichen Kraftstoff-Luft-Gemisches wird der durch das Kraftstofffeinspritzsystem 206 bereitgestellte Kraftstoff in der Kraftstoffdüse 7 im Bereich des Hitzeschildes 12 mit Luft gemischt. Ein Düsenkopf der Kraftstoffdüse 7 ist hierfür dementsprechend am Brennkammerkopf 11 der Brennkammer 207 angeordnet. Der Düsenkopf der Kraftstoffdüse 7 ist hierbei an einem radial nach innen ragendem Ende eines Düsenstamms 70 der Kraftstoffdüse 7 vorgesehen, der an dem äußeren Gehäuse 2 respektive einer Gehäusewandung dieses äußeren Ge-

häuses 2 fixiert ist. Hierbei ragt der Düsenstamm 70 durch ein Durchführloch 13 in der Gehäusewandung des (äußeren) Gehäuses 2 und ist über einen Befestigungsflansch 14 an der Gehäusewandung des Gehäuses 2 dichtend befestigt. In der Figur 11 ist der Befestigungsflansch 14 exemplarisch über Schrauben 16 mit dem Gehäuse 2 verbunden. Über eine Dichtung 15 an dem Befestigungsflansch 14 ist das Durchführloch 13 an der Gehäusewandung des Gehäuses 2 abgedichtet.

[0029] Eine aus dem Stand der Technik bekannte Kraftstoffdüse 7 ist in den Figuren 12A, 12B und 12C in vergrößertem Maßstab und unterschiedlichen Ansichten in ihrem eingebauten Zustand an der Brennkammer 207 näher veranschaulicht.

[0030] Die Kraftstoffdüse 7 weist im Inneren des Düsenstamms 70 eine interne Kraftstoffzuleitung 17 auf, über die Kraftstoff einem Düsenkopf 71 der Kraftstoffdüse 7 zugeführt wird. Der Düsenkopf 71 ist in einer Durchgangsöffnung des Hitzeschildes 12 aufgenommen, um über an einer Stirnseite 710 des Düsenkopfes 71 vorgesehene Ausströmöffnungen 19' und 21' für Luft und Kraftstoff stromab des Düsenkopfes 71 in dem Brennraum der Brennkammer 207 ein entzündliches Kraftstoff-Luft-Gemisch bereitzustellen. In dem Düsenkopf 71 gelangt der Kraftstoff aus der Kraftstoffzuleitung 17 in einen Verteiler 20, über den der Kraftstoff stromab über eine im Querschnitt kreisringförmige erste Ausströmöffnung 21' ausströmen kann. Die erste Ausströmöffnung 21' für den Kraftstoff ist dabei an dem Düsenkopf 71 im Querschnitt nach Art eines Ringspaltes ausgebildet. Dies ist auch in der Querschnittsansicht der Figur 12B ersichtlich, die darüber hinaus die kreiszylindrische Form des Düsenkopfes 71 veranschaulicht.

[0031] An der Stirnseite 710 des Düsenkopfes 71 wird eine (erste) Luftströmung über eine zentrale zweite Ausströmöffnung 19', die bezogen auf die erste kreisringförmige Ausströmöffnung 21' für den Kraftstoff radial weiter innen liegt, erzeugt. Zusätzliche Luftströmungen werden über zusätzliche, radial weiter außen liegende Ausströmöffnungen 23' bereitgestellt. Diese zusätzlichen, dritten Ausströmöffnungen 23' können an dem Düsenkopf 71 selbst vorgesehen sein, liegen aber radial weiter außen und sind nicht an einem Kern des Düsenkopfes 71 ausgebildet, in dem der Verteiler 20 für den Kraftstoff gebildet ist.

[0032] In einem Strömungskanal, der in der zentralen zweiten Ausströmöffnung 19' mündet, sowie in Strömungskanälen, die jeweils in einem der zusätzlichen, dritten Ausströmöffnungen 23' münden, können Luftröhrelemente 22 zum Verdrallen der jeweiligen Luftströmung vorgesehen sein. Derartige Luftröhrelemente 22 (auch Verdralllemente genannt) lassen somit die Luft mit einem zusätzlichen Moment ausströmen, wodurch die Gemischbildung verbessert wird.

[0033] Anhand der in der Figur 12 C ersichtlichen Ansicht auf die Stirnseite 710 des Düsenkopfes 71 und damit eine dem Brennraum der Brennkammer 207 zugewandte Innenseite des Hitzeschildes 12 ist nochmals die übliche kreiszylindrische Gestaltung des Düsenkopfes 71 einer Kraftstoffdüse 7 gemäß dem Stand der Technik veranschaulicht. Hieraus sind auch die konzentrisch zueinander liegenden, jeweils kreisringförmigen Ausströmöffnungen 19', 21' und 23' ersichtlich.

[0034] Während die Ausbildung einer Kraftstoffdüse entsprechend den Figuren 12A, 12B und 12C für die Einspritzung eines Kraftstoff-Luft-Gemisches bei flüssigem Kraftstoff durchaus Vorteile bietet, hat sich bei einem wasserstoffbetriebenen Triebwerk 103, bei dem als Kraftstoff gasförmiger Wasserstoff in die Brennkammer 207 einzudüsen ist, eine solche Kraftstoffdüse als nachteilig herausgestellt. Hier stellt eine vorgeschlagene Kraftstoffdüse eine erhebliche Verbesserung dar, zu der mit den Figuren 1 bis 8B exemplarisch unterschiedliche mögliche Ausführungsvarianten dargestellt sind.

[0035] Hierbei sieht jeder der Ausführungsvarianten an der Stirnseite 710 des Düsenkopfes 71 der Kraftstoffdüse 7 mehrere erste Ausströmöffnungen 21 für einzudüsenden Wasserstoff und mindestens eine zweite Ausströmöffnung 19 für einzudüsende Luft vor. Die mindestens eine zweite Ausströmöffnung 19 ist dabei mit einem mehrreckigen Querschnitt respektive einer mehrreckigen, durchströmten Querschnittsfläche ausgebildet und mehrere erste Ausströmöffnungen 21 für den Wasserstoff sind an der Stirnseite jeweils um die mindestens eine zweite Ausströmöffnung 19 verteilt angeordnet.

[0036] Hierbei ist jeweils, z.B. entsprechend der geschnittenen Seitenansicht der Figur 1, vorgesehen, dass der Kraftstoff - hier Wasserstoff - über die im Düsenstamm 70 vorgesehene interne Kraftstoffzuleitung 17 an den Düsenkopf 71 geführt wird. Am Düsenkopf 71 wird dann der Wasserstoff an der Stirnseite 71 über diskrete erste Ausströmöffnungen 21 eingedüst. Aus der Kraftstoffzuleitung 17 wird den ersten Ausströmöffnungen 21 der Wasserstoff dabei über einen düsenkopfseitigen Verteiler 20 zur Verfügung gestellt.

[0037] Bei der Ausführungsvariante der Figuren 1 und 2 ist der Düsenkopf 71 mit einem rechteckigen Querschnitt ausgebildet und weist eine einzelne, zentrale zweite Ausströmöffnung 19 mit einem ebenfalls rechteckigen Querschnitt für einzudüsende Luft auf. Um diese zentrale zweite Ausströmöffnung 19 ist eine Mehrzahl von ersten Ausströmöffnungen 21 für Wasserstoff angeordnet. Die ersten Ausströmöffnungen 21 für einzudüsenden Wasserstoff weisen dabei eine zu durchströmende Querschnittsfläche auf, der nur einen Bruchteil der zu durchströmenden Querschnittsfläche der zentralen zweiten Ausströmöffnung 19 für Luft beträgt. Im Vergleich zu der Querschnittsfläche der zentralen zweiten Ausströmöffnung 19 sind die ersten Ausströmöffnungen 21 in Vorderansicht auf die Stirnseite punktförmig, sodass der Wasserstoff über eine Mehr- oder Vielzahl kleiner Eindüsquellen an der vergleichsweise großflächigen Stirnseite 710 austritt.

[0038] Die Querschnitte der ersten Einströmöffnungen 21 können beispielsweise entsprechend den Figuren 2A, 2B und 2C rund, insbesondere kreisförmig ausgebildet sein (Figur 2A), aber auch mehreckig, insbesondere viereckig und damit beispielsweise rautenförmig (Figur 2B) oder hexagonal (Figur 2C).

[0039] Der Düsenkopf 71 der Kraftstoffdüse 7 der Figuren 1 und 2 ist im bestimmungsgemäß eingebauten Zustand ebenfalls in einer Durchgangsöffnung eines brennkammerseitigen Hitzeschildes 12 aufgenommen. Wie hierbei in der Ansicht der Figur 3 auf die Stirnseite 710 ersichtlich ist, kann hierbei zwischen einem Rand der hitzeschildseitigen Durchgangsöffnung und einem Rand der rechteckigen Stirnseite 710 ein umfangsseitig vollständig umlaufender Spalt gebildet sein. In der Ausführungsvariante der Figur 3 erstreckt sich dieser Spalt entlang einer Rechteckkontur. Der umlaufende Spalt stellt eine zusätzliche Ausströmöffnung 23 für Luft zur Verfügung. Über die zusätzliche Ausströmöffnung 23 kann somit eine Luftströmung an dem Düsenkopf 71 vorbei in Richtung des Brennraumes der Brennkammer 207 für das zu erzeugende Wasserstoff-Luft-Gemisch bereitgestellt werden.

[0040] Bei der Ausführungsvariante der Figur 4 ist der Düsenkopf 7 ebenfalls an der Stirnseite 710 im Querschnitt viereckig ausgebildet. Hierbei entspricht die Form des Düsenkopfes 71 jedoch stärker einem Kreissegmentabschnitts des um eine Mittelachse des Triebwerkes 103 erstreckten Brennkammerkopfes 11 und des zugehörigen Hitzeschildes 12. So ist bei der Ausführungsvariante der Figur 4 der Düsenkopf 71 im Querschnitt durch zwei im Wesentlichen zueinander parallel verlaufende Hauptränder und zwei diese Hauptränder miteinander verbindende (und z.B. im Wesentlichen radial verlaufende) Seitenränder -

in der Figur 4 rechts und links dargestellt - berandet. Die radial außen und radial innen liegenden Hauptränder des Düsenkopfes 71 erstrecken sich dabei jeweils entlang eines Kreisbogens entlang einer Umfangsrichtung u (vergleiche auch Figur 5 und 6).

[0041] Eine zentrale zweite Auslassöffnung 19 für einzudüsende Luft ist bei der Ausführungsvariante der Figur 4 gegenüber der Ausführungsvariante der Figuren 2 und 3 in Umfangsrichtung u stärker längserstreckt ausgebildet, gleichfalls sind aber über den gesamten Umfang der zentralen zweiten Ausströmöffnung 19 verteilt erste Ausströmöffnungen 21 mit deutlich kleinerem Querschnitt für einzudüsenden Wasserstoff vorgesehen.

[0042] An einem radial außen liegenden Rand des Düsenkopfes 71 und einem radial außenliegenden Rand der Durchgangsöffnung in dem Hitzeschild 12 ist ein schmaler, sich in Umfangsrichtung u erstreckende Spalt als eine von zwei zusätzlichen dritten Ausströmöffnungen 23.1 und 23.2 für eine zusätzliche Luftströmung vorgesehen. Radial hierzu beabstandet, an einem radial innenliegenden Rand des Düsenkopfes 71 ist dementsprechend ein zweiter Spalt für eine zusätzliche Ausströmöffnung 23.2 im Zusammenspiel mit der hitzeschildseitigen Durchgangsöffnung gebildet.

[0043] Bei der Ausführungsvariante der Figur 5 weist die Stirnseite 710 des Düsenkopfes 71 der Kraftstoffdüse 7 mehrere entlang der Umfangsrichtung u nebeneinanderliegende zweite Ausströmöffnungen 21 für einzudüsende Luft auf. Die einzelnen zweiten Ausströmöffnungen 19 weisen dabei jeweils einen trapezförmigen Querschnitt auf und sind jeweils von einer Mehrzahl von ersten Ausströmöffnungen 19 für den einzudüsenden Wasserstoff umgeben. So sind an der Stirnseite 71 dann insbesondere zwischen zwei aufeinanderfolgenden zweiten Ausströmöffnungen 21 stets mehrere (mindestens zwei) erste Ausströmöffnungen 19 vorgesehen. Gegebenenfalls kann hier aber auch lediglich genau eine erste Ausströmöffnung 19 zwischen zwei aufeinanderfolgenden zweiten Ausströmöffnungen 19 vorgesehen sein.

[0044] Im verbauten Zustand der Kraftstoffdüse 7 der Figur 5 wird dann ebenfalls analog zu der Ausführungsvariante der Figur 4 kein umfangsseitig vollständig umlaufender Spalt als eine zusätzliche Ausströmöffnung für einzudüsende Luft gebildet (gleichwohl dies selbstverständlich auch hier möglich wäre). Analog zu der Ausführungsvariante der Figur 4 sind stattdessen vielmehr erneut zwei räumlich separierte längserstreckte zusätzliche Ausströmöffnungen 23.1, 23.2 einerseits radial außen liegend und andererseits radial innen liegend zwischen einem jeweiligen Rand des Düsenkopfes 71 und einem jeweiligen Rand der hitzeschildseitigen Durchgangsöffnung gebildet, in der der Düsenkopf 71 aufgenommen ist.

[0045] Bei einer möglichen Weiterbildung entsprechend den Figuren 7A und 7B sind in den zweiten Ausströmöffnungen 19 für einzudüsende Luft und in zu den zweiten Ausströmöffnungen 19 führenden Strömungskanälen 18 innerhalb des Düsenkopfes 71 jeweils Luftleitelemente 22 vorgesehen. Über diese unter einem Winkel zur Umfangsrichtung u verlaufenden Luftleitelemente (vergleiche insbesondere die Schnittdarstellung der Figur 7B) wird einer bereitgestellten Luftströmung im Betrieb des Triebwerks 103 jeweils ein Drall verliehen, der für die Gemischbildung vorteilhaft ist.

[0046] Bei der alternativen Ausführungsvariante der Figuren 8A und 8B sind etwaige zur Verdrallung einer Luftströmung vorgesehene Luftleitelemente 22 nicht an den Ausströmöffnungen 19 selbst vorgesehen. Vielmehr sind hier Luftleitelemente 22 lediglich innerhalb der jeweiligen in zugehörigen zweiten Ausströmöffnungen 19 mündenden Strömungskanälen 18 vorgesehen. So weist dann beispielsweise ein jeweiliger Strömungskanal 18 innerhalb des Düsenkopfes 71 vor seinem in eine zweite Ausströmöffnung 19 mündenden Ende und damit stromab ein entsprechendes Luftleitelement 22, beispielsweise in Form eines Leitblechs, oder eine zu Umfangsrichtung u geneigte Kanalwandung auf, um der erzeugten Luftströmung einen Drall zu verleihen.

[0047] Gleichwohl vorstehend eine vorgeschlagene Kraftstoffdüse insbesondere als geeignet für das Eindüsen von Wasserstoff beschrieben ist, eignet sich eine vorgeschlagene Kraftstoffdüse selbstverständlich auch für das Eindüsen

anderer flüssiger oder gasförmiger Kraftstoffe, z.B. für das Eindüsen von Methan. Die mehreren ersten Ausströmöffnungen 21 können somit auch für einen anderen einzudüsenden Kraftstoff vorgesehen sein und hierbei dann jeweils um mindestens eine zweite Ausströmöffnung 19 für einzudüsende Luft verteilt angeordnet sein.

5 **Bezugszeichenliste**

[0048]

10	1	Brennkammerwand
	2	Äußeres Gehäuse
	3	Innenes Gehäuse
	4	Äußerer Strömungsraum
	5	Innerer Strömungsraum
	6	Pre-Diffusor
15	7	Kraftstoffdüse
	70	Düsenstamm
	71	Düsenkopf
	710	Stirnseite
	8	Turbinenleitrad
20	9	Zumischluftloch
	10	Kühlluftbohrung
	11	Brennkammerkopf
	12	Hitzeschild
	13	Durchführloch
25	14	Befestigungsflansch
	15	Dichtung
	16	Schraube
	17	Kraftstoffzuleitung
	18	Strömungskanal
30	19, 19'	Zweite Ausströmöffnung (für Luft)
	20	Verteiler
	21	Erste Ausströmöffnung (für Wasserstoff)
	21'	Erste Ausströmöffnung (für Kerosin)
	22	Luftleitelement
35	23, 23', 23.1, 23.2	Zusätzliche Ausströmöffnung
	101	Flugzeug
	102	Rumpf
	103	(Turbofan-)Triebwerk
	104	Wasserstoffspeichertank
40	105	Kerntriebwerk
	201	Kraftstoffzuführsystem
	202	Niederdruckverdichter
	203	Verbindungskanal
	204	Hochdruckverdichter
45	205	Diffusor
	206	Kraftstoffeinspritzsystem
	207	Brennkammer
	208	Hochdrukturbine
	209	Niederdrukturbine
50	210	Auslassdüse
	211	Erste Welle
	212	Zweite Welle
	213	Fan
	214	(Untersetzungs-) Getriebeeinheit
55	215	Fanwelle
	s	Hauptströmungsrichtung
	u	Umfangsrichtung

Patentansprüche

1. Kraftstoffdüse für das Eindüsen von Wasserstoff in eine Brennkammer (207) eines Triebwerks (103), wobei die Kraftstoffdüse (7) zur Bereitstellung eines Wasserstoff-Luft-Gemisches einen Düsenkopf (71) mit Ausströmöffnungen (19, 21) an einer Stirnseite (710) des Düsenkopfes (71) umfasst,
dadurch gekennzeichnet, dass
 an der Stirnseite mehrere erste Ausströmöffnungen (21) für einzudüsenden Wasserstoff und mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) für einzudüsende Luft für die Bereitstellung des Wasserstoff-Luft-Gemisches vorhanden sind, wobei die mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) einen mehreckigen Querschnitt aufweist und die mehreren ersten Ausströmöffnungen (21) an der Stirnseite (710) um die mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) verteilt angeordnet sind.
2. Kraftstoffdüse nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) einen viereckigen Querschnitt aufweist.
3. Kraftstoffdüse nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) einen rechteckförmigen oder trapezförmigen Querschnitt aufweist.
4. Kraftstoffdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) und/oder zumindest ein in die mindestens einer zweiten Ausströmöffnung (19) mündender Strömungskanal (18) des Düsenkopfes (71) wenigstens ein Luftleitelement (22) zu Verdrallung über die mindestens eine zweite Ausströmöffnung (19) ausströmender Luft aufweist.
5. Kraftstoffdüse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwei oder mehr zweite Ausströmöffnungen (19) an der Stirnseite (710) vorgesehen sind, um die jeweils mehrere erste Ausströmöffnungen (21) für das Eindüsen von Wasserstoff verteilt angeordnet sind.
6. Kraftstoffdüse nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die zwei oder mehr zweiten Ausströmöffnungen (19) an der Stirnseite (710) entlang einer Umfangsrichtung (u) aufeinanderfolgend angeordnet sind.
7. Kraftstoffdüse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mehreren ersten Ausströmöffnungen (21) jeweils einen kreisförmigen, rautenförmigen oder hexagonalen Querschnitt aufweisen.
8. Kraftstoffdüse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stirnseite (710) der Düsenkopfes (71) viereckig, insbesondere rechteckig ist.
9. Kraftstoffdüse nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stirnseite (710) der Düsenkopfes (71) zwei Wesentlichen parallel zueinander verlaufende Hauptränder, die sich jeweils entlang eines Kreisbogens erstrecken, und zwei die Hauptränder miteinander verbindende Seitenränder aufweist.
10. Brennkammerbaugruppe mit einer Brennkammer (207) für ein Triebwerk (104), an der mindestens eine Kraftstoffdüse (7) nach einem der vorhergehenden Ansprüche zum Eindüsen eines Wasserstoff-Luft-Gemischs vorgesehen ist.
11. Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Brennkammer (207) ein Hitze schild (12) mit einer Durchgangsöffnung aufweist, in der der Düsenkopf (71) der Kraftstoffdüse (7) aufgenommen ist.
12. Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen dem Düsenkopf (71) und einem Rand der Durchgangsöffnung mindestens eine zusätzliche Ausströmöffnung (23, 23.1, 23.2) gebildet ist, über die Luft an dem Düsenkopf (71) vorbei in einen Brennraum der Brennkammer (207) strömen kann.
13. Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die mindestens eine zusätzliche Ausströmöffnung (23, 23.1, 23.2) durch einen Spalt gebildet ist, der mit Blick auf die Stirnseite (710) des Düsenkopfes (71) längerstreckt ausgebildet ist und an einem Abschnitt des äußeren Umfangs des Düsenkopfes (71) entlang verläuft.
14. Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens zwei räumlich voneinander separierte zusätzliche Ausströmöffnungen (23.1, 23.2) zwischen dem Düsenkopf (71) und dem Rand

der Durchgangsöffnung gebildet sind.

- 5 15. Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine um den Düsenkopf (71) umfangsseitig vollständig umlaufende zusätzliche Ausströmöffnung (23) zwischen dem Düsenkopf (71) und dem Rand der Durchgangsöffnung gebildet ist.
- 10 16. Brennkammerbaugruppe nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die um den Düsenkopf (71) umfangsseitig vollständig umlaufende zusätzliche Ausströmöffnung (23) eine Rechteckkontur aufweist.
17. Triebwerk mit einer Brennkammerbaugruppe nach einem der Ansprüche 10 bis 16.

15

20

25

30

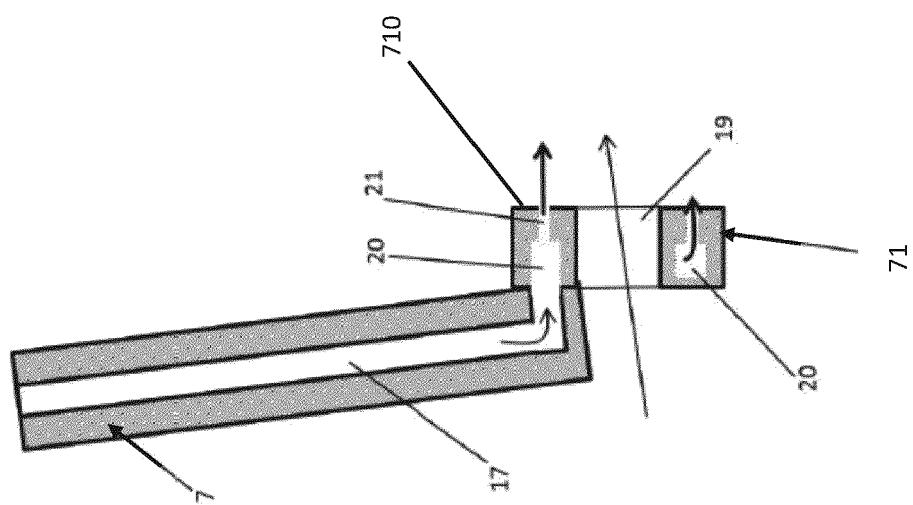
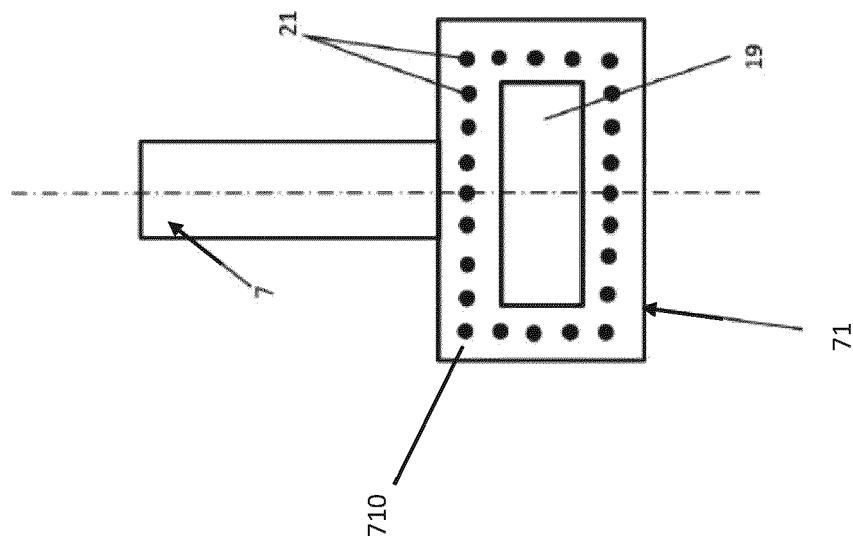
35

40

45

50

55



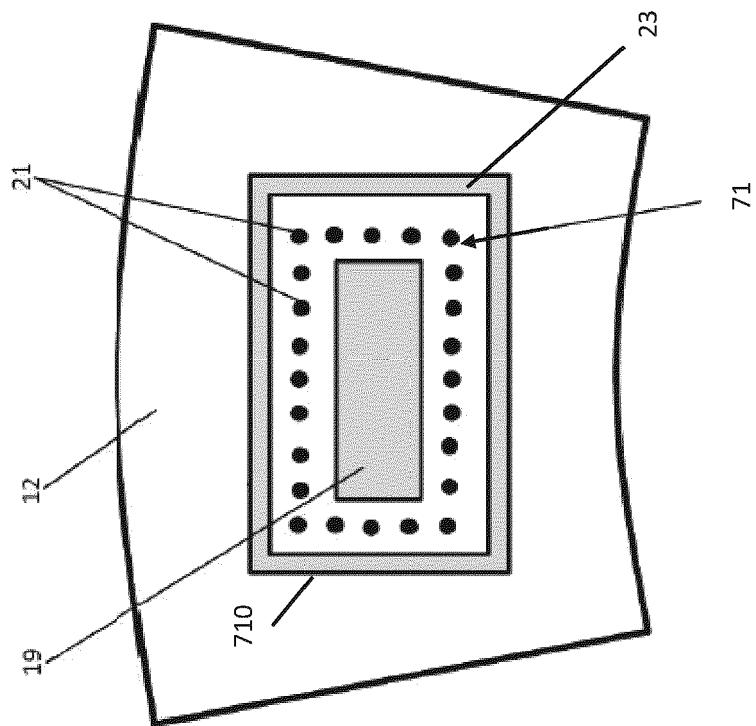


FIG. 3

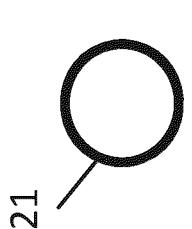


FIG. 2A

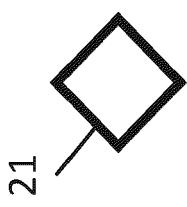


FIG. 2B

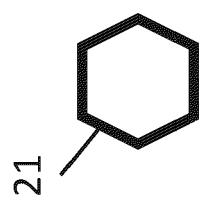


FIG. 2C

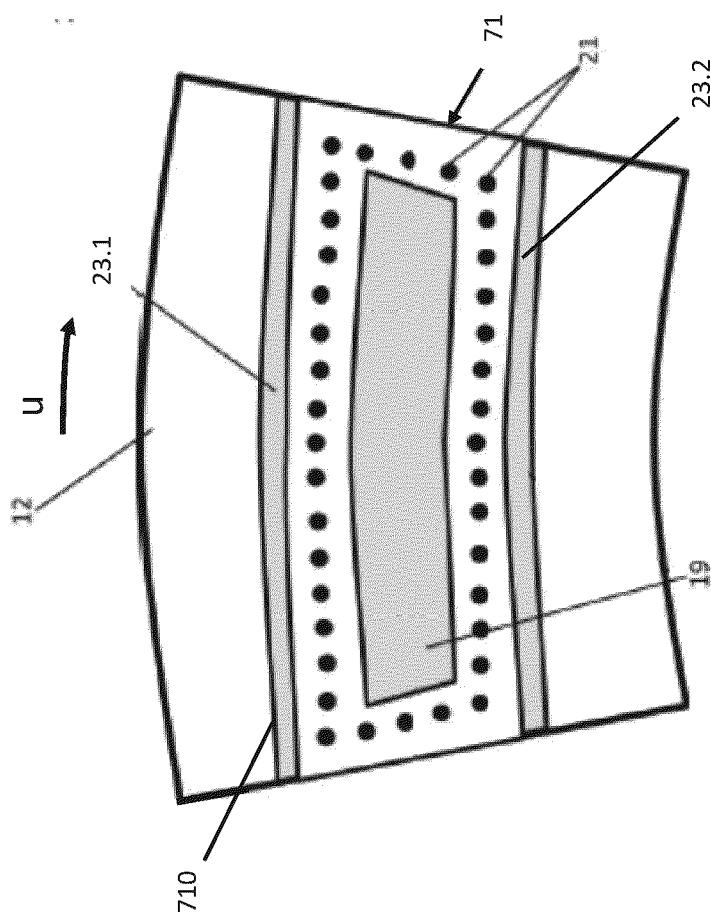


FIG. 4

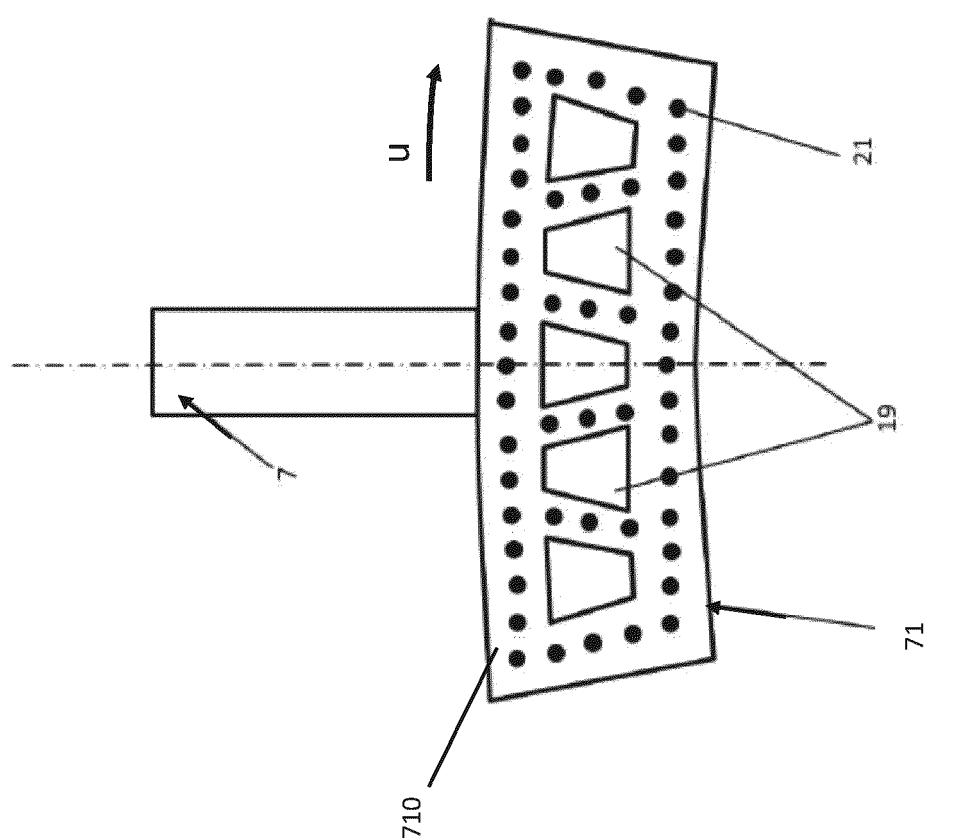


FIG. 5

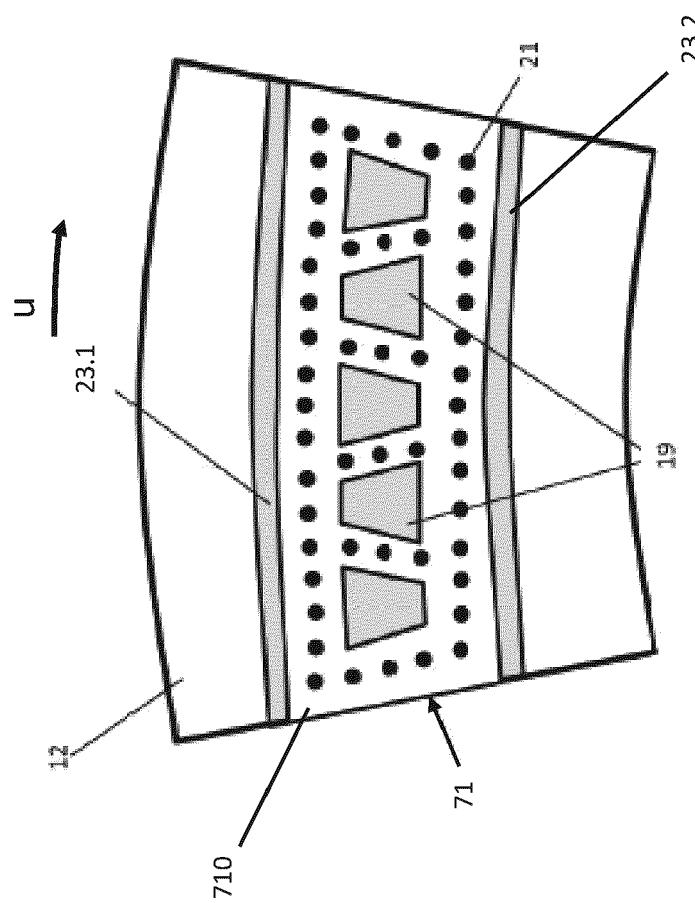


FIG. 6

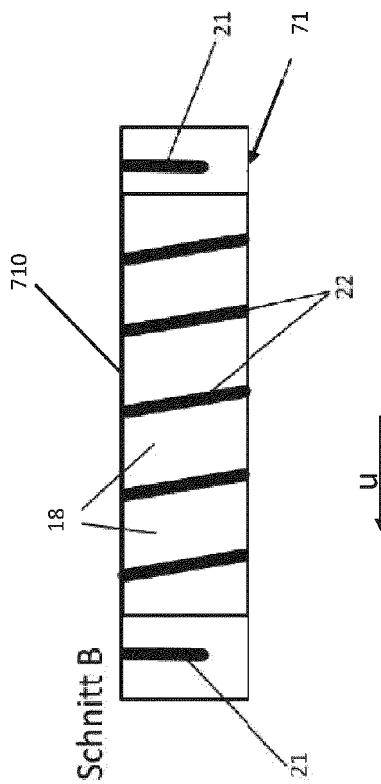


FIG. 7B

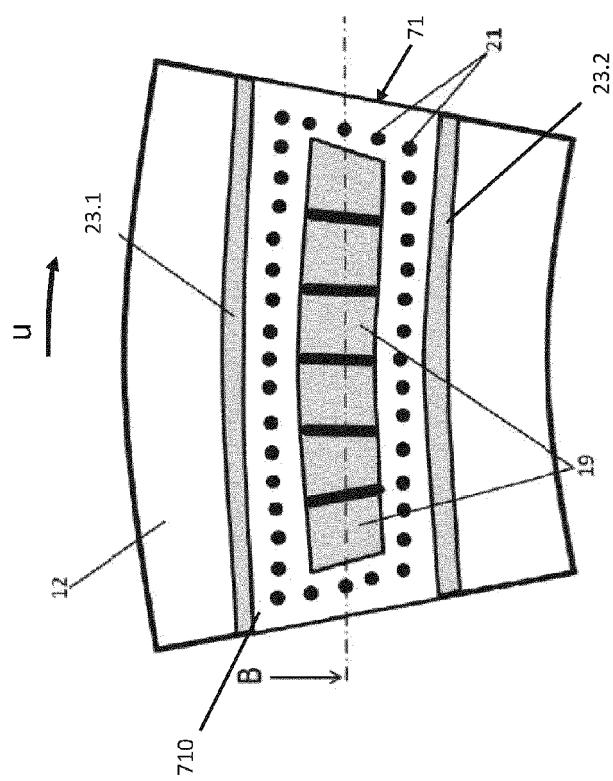


FIG. 7A

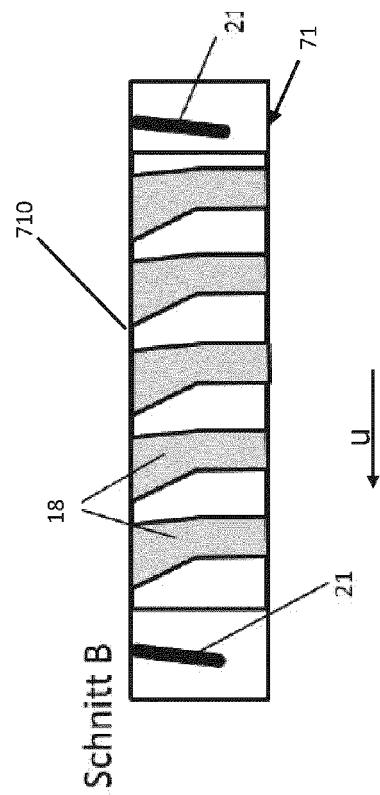


FIG. 8B

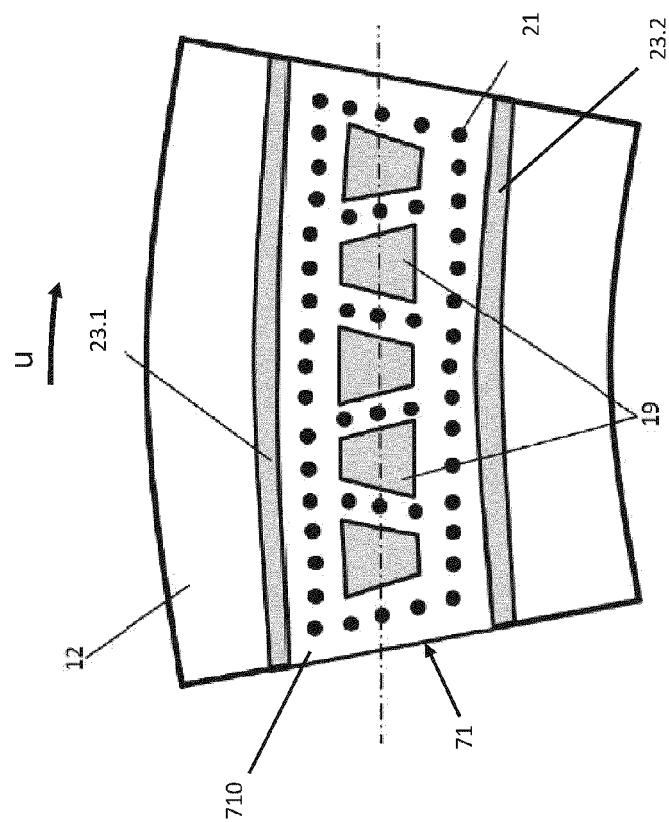


FIG. 8A

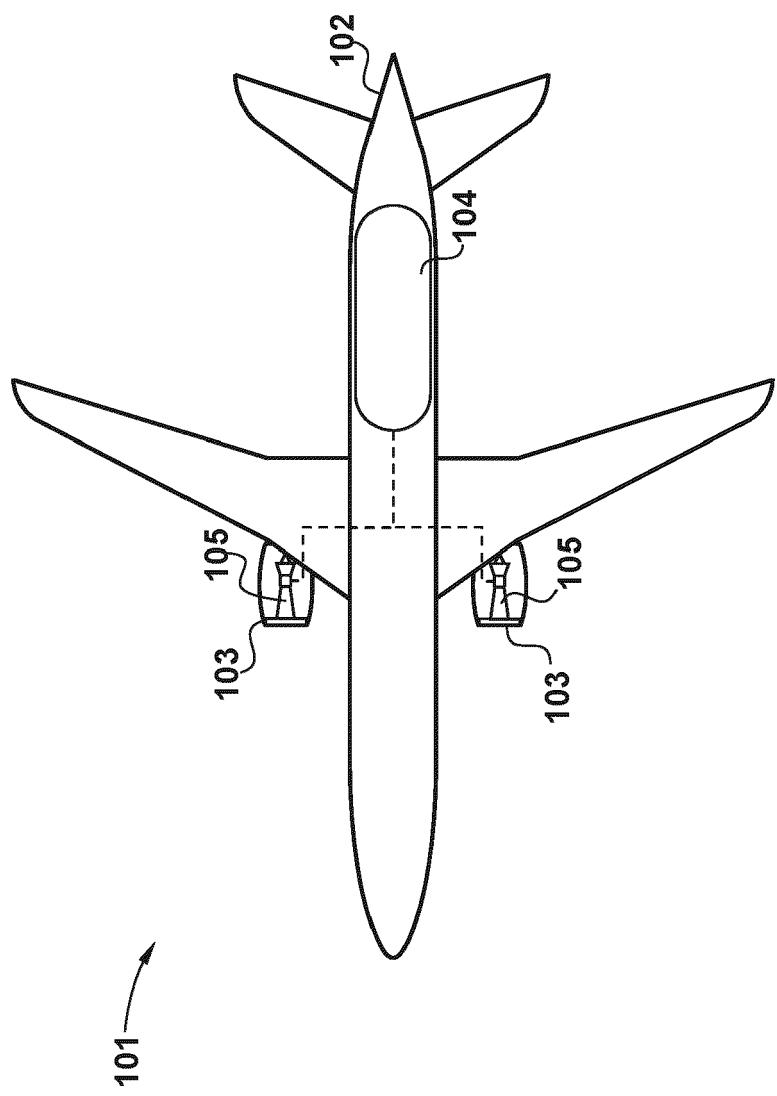


FIG. 9

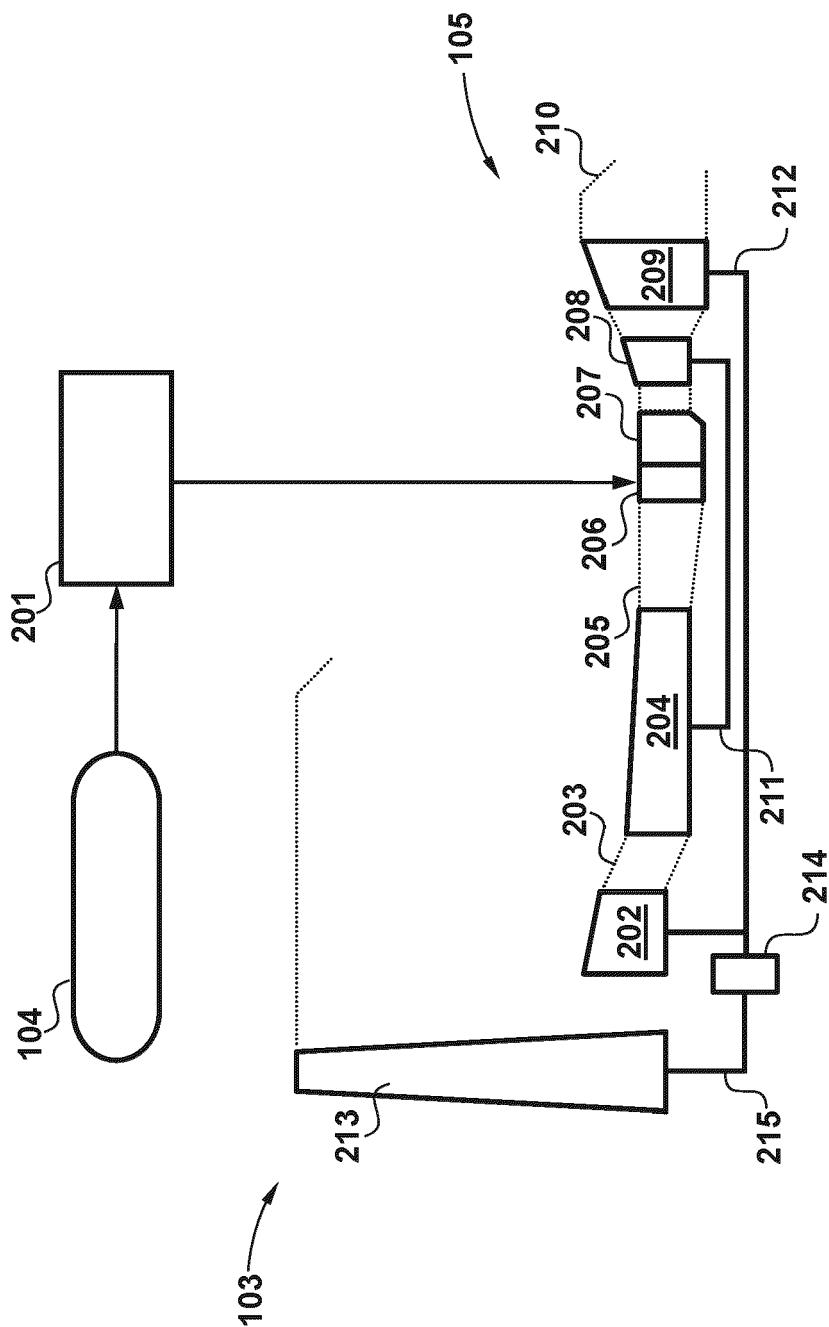


FIG. 10

Stand der
Technik

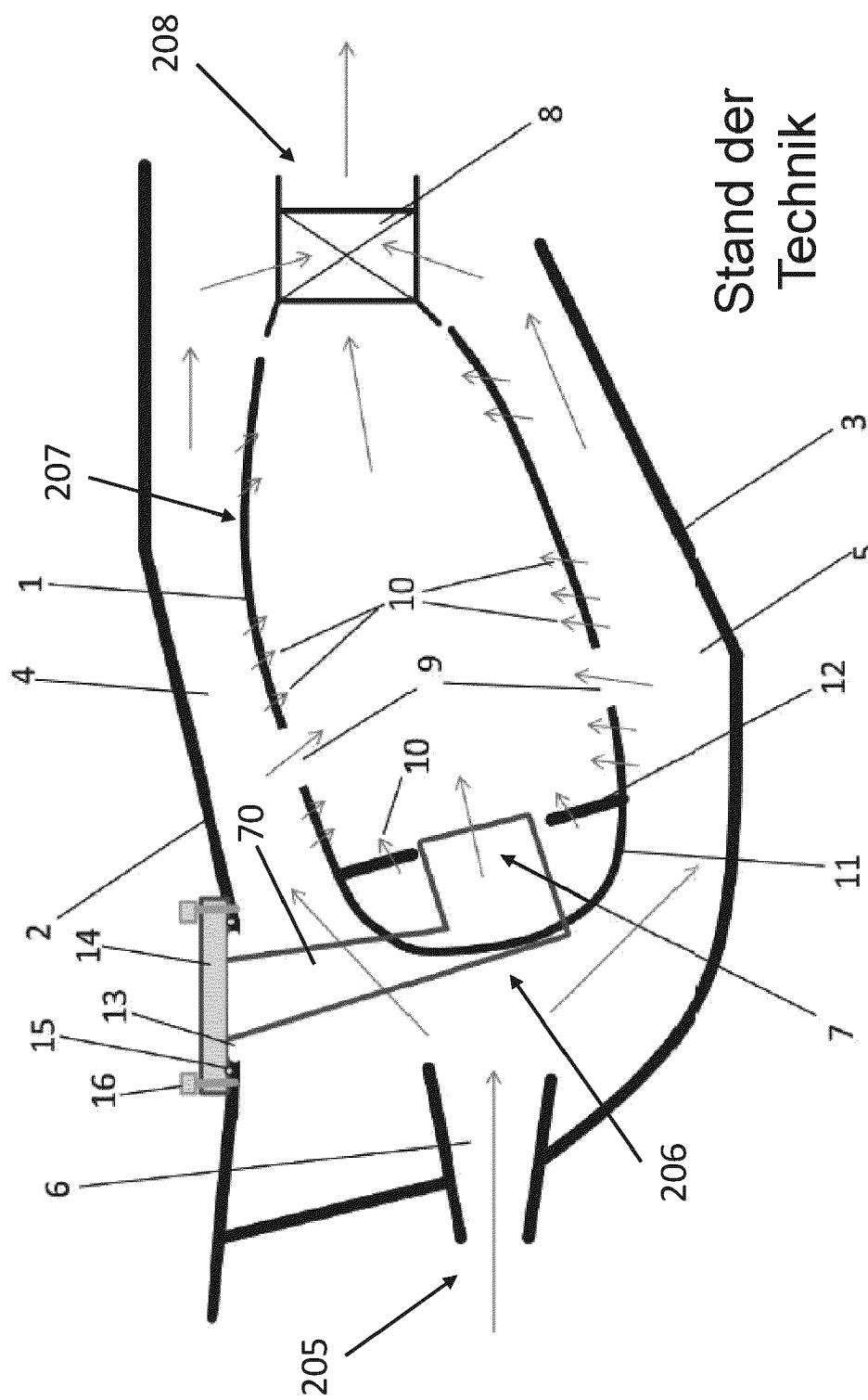


FIG. 11

Stand der
Technik

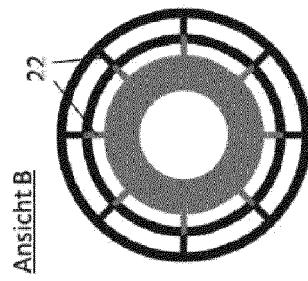


FIG. 12B

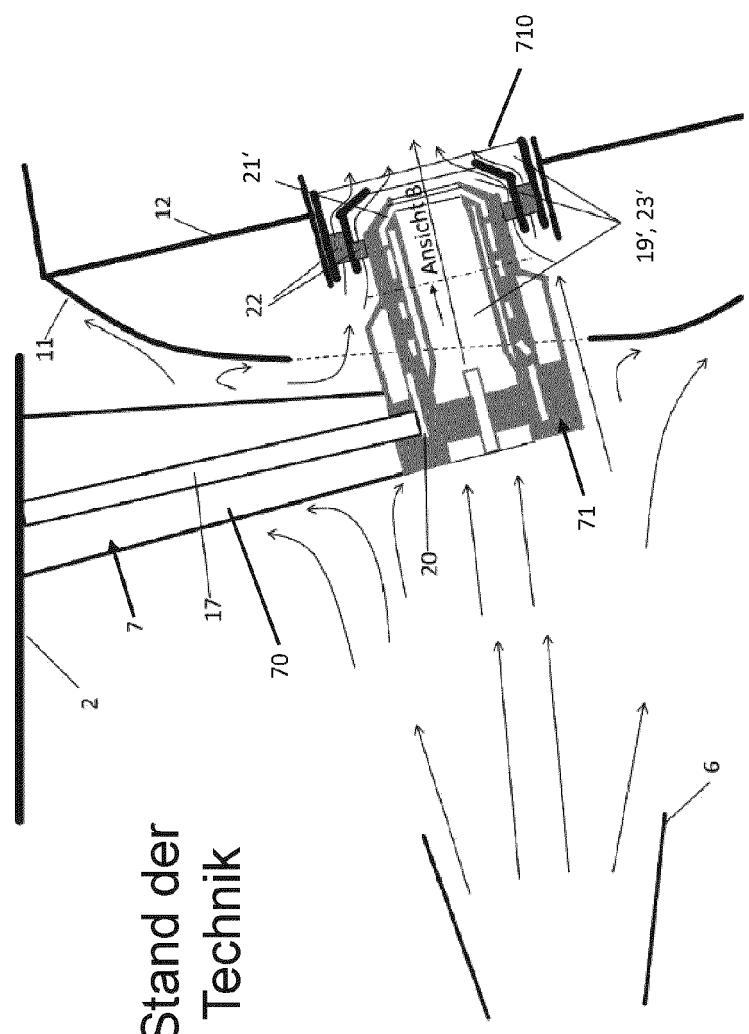


FIG. 12A

Stand der
Technik

Stand der
Technik

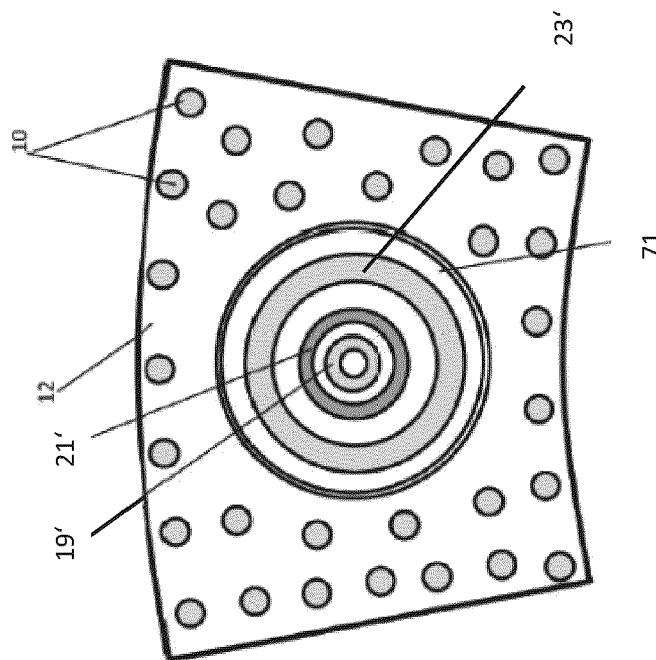


FIG. 12C



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 22 16 8065

5

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE				
	Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betreift Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
10	X	US 2005/282097 A1 (CARREA ELISABETTA [CH] ET AL) 22. Dezember 2005 (2005-12-22) * Absätze [0062], [0063]; Abbildungen 7-10 *	1-4, 7, 8, 10, 11, 17	INV. F23R3/28
15	Y	----- US 2016/209040 A1 (TAMURA ISSEI [JP] ET AL) 21. Juli 2016 (2016-07-21) * Abbildung 2 *	9	
20	Y	----- US 2021/079847 A1 (KAWAKAMI TOMO [JP] ET AL) 18. März 2021 (2021-03-18) * Absätze [0003], [0024], [0074] - Absatz [0078]; Abbildungen 2,4A-C *	11, 12, 15	
25	X	----- US 2013/219903 A1 (KOIZUMI HIROMI [JP] ET AL) 29. August 2013 (2013-08-29) * Absätze [0005], [0038] - Absatz [0041]; Abbildungen 2-4 *	1-7, 10, 17	
30	X	----- DATABASE WPI Week 199952 Thomson Scientific, London, GB; AN 1999-605537 XP002807456, & JP H11 264542 A (DENRYOKU CHUO KENKYUSHO) 28. September 1999 (1999-09-28) * Zusammenfassung * * Absatz [0032] - Absatz [0034]; Abbildung 2 * * Absatz [0050] - Absatz [0058]; Abbildungen 5-14 *	1-6, 10-12, 15, 17	RECHERCHIERTE SACHGEBiete (IPC)
35		-----		F23R
40	X	----- DE 10 2009 003603 A1 (GEN ELECTRIC [US]) 17. September 2009 (2009-09-17) * Absatz [0024]; Abbildungen 4B, C *	1-3, 5-7, 10	
45		-----		
50	2	Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt		
	Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
	Den Haag	8. September 2022	Mootz, Frank	
	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 Anmelde datum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument			
	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument			
55	EPO FORM 1503 03/82 (P04C03)			

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

EP 22 16 8065

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente 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.

08-09-2022

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
15	US 2005282097 A1	22-12-2005	AU 2003300249 A1		30-06-2004
			DE 10257704 A1		15-07-2004
			EP 1570211 A1		07-09-2005
20			US 2005282097 A1		22-12-2005
			WO 2004053395 A1		24-06-2004
25	US 2016209040 A1	21-07-2016	CN 105473944 A		06-04-2016
			DE 112014004482 T5		14-07-2016
			JP 5984770 B2		06-09-2016
			JP 2015068538 A		13-04-2015
30			KR 20160034996 A		30-03-2016
			US 2016209040 A1		21-07-2016
			WO 2015046097 A1		02-04-2015
35	US 2021079847 A1	18-03-2021	CN 112204309 A		08-01-2021
			DE 112019002077 T5		14-01-2021
			JP 7023036 B2		21-02-2022
			JP 2019215125 A		19-12-2019
40			KR 20210002704 A		08-01-2021
			US 2021079847 A1		18-03-2021
			WO 2019240116 A1		19-12-2019
45	US 2013219903 A1	29-08-2013	CN 103292355 A		11-09-2013
			EP 2634486 A1		04-09-2013
			JP 5486619 B2		07-05-2014
			JP 2013177989 A		09-09-2013
50			US 2013219903 A1		29-08-2013
55	JP H11264542 A	28-09-1999	JP 3742722 B2		08-02-2006
			JP H11264542 A		28-09-1999
	DE 102009003603 A1	17-09-2009	CN 101532679 A		16-09-2009
			DE 102009003603 A1		17-09-2009
			FR 3054645 A1		02-02-2018
			JP 5536354 B2		02-07-2014
			JP 2009216377 A		24-09-2009
			US 2009229269 A1		17-09-2009

EPO FORM P0461

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