



(10) **DE 11 2011 103 722 B4** 2024.08.14

(12)

Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2011 103 722.8**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/IB2011/003030**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2012/063133**
(86) PCT-Anmeldetag: **03.11.2011**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **18.05.2012**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **29.08.2013**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **14.08.2024**

(51) Int Cl.: **F23R 3/00 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:

12/926,321 **09.11.2010** **US**

(73) Patentinhaber:

OPRA TECHNOLOGIES B.V., Hengelo, NL

(74) Vertreter:

df-mp Dörries Frank-Molnia & Pohlman
Patentanwälte Rechtsanwälte PartG mbB, 80333
München, DE

(72) Erfinder:

Beran, Martin, Hengelo, NL; Koranek, Michal,
Hengelo, NL; Axelsson, Axel Lars-uno, Eugen,
Hengelo, NL

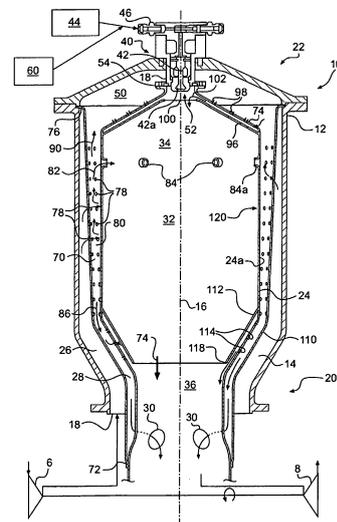
(56) Ermittelte Stand der Technik:

siehe Folgeseiten

(54) Bezeichnung: **Brennkammer für Gasturbine für niederkalorischen Treibstoff**

(57) Hauptanspruch: Einzelbrennkammer (10) zum Verbrennen von Treibstoffen mit niedrigen Brennwerten, wobei die Brennkammer (10) folgendes umfasst: ein im Allgemeinen zylindrisches Gehäuse (12) mit einem Innenraum (14), einer Längsachse (16), einem ringförmigen Einlass (18) zur Aufnahme von Druckluft an einem Gehäuse-Längsende (20), wobei das andere Gehäuse-Längsende (22) geschlossen ist, einen im Allgemeinen zylindrischen Brennkammereinsatz (24), der koaxial im Gehäuse-Innenraum (14) angeordnet ist, wobei der Einsatz (24) und das Gehäuse (12) eine im Allgemeinen ringförmige Strömungspassage (26) für die Druckluft definieren, die durch den Gehäuseeinlass (18) aufgenommen wird, wobei ein Innenraum des Einsatzes (24) eine Verbrennungszone (32) im Anschluss an das geschlossene Gehäuseende (22) und eine Verdünnungszone (36) entfernt von dem geschlossenen Gehäuseende (22) definiert, einen Treibstoffdüsenaufbau (40), der am geschlossenen Ende (22) angeordnet ist, wobei der Düsenaufbau (40) aus einer Quelle (44) mit einem Brennwert von weniger als etwa 25 MJ/kg gespeist wird; eine in der Druckluftpassage (26) angeordnete Prallkühlungsmanschette (70), die den Einsatzteil (24), der die Verbrennungszone definiert, umgibt, wobei die Manschette (70) eine Vielzahl von Öffnungen (78) aufweist, die zur Prallkühlung einer Außenfläche (24a) des Einsatzteils

(24) bemessen und konfiguriert sind, wobei im Wesentlichen die gesamte am Gehäuseeinlass (18) aufgenommene Druckluft durch die Manschette (70) strömt; eine Vielzahl von Primärlöchern (84), die umlaufend in dem Einsatz (24) angeordnet sind, zum Einbringen eines ersten Teils der Druckluft von einem Bereich flussabwärts ...



(56) Ermittelte Stand der Technik:

US	6 405 536	B1
US	7 617 684	B2
US	2005 / 0 081 526	A1
US	5 687 572	A
EP	0 732 546	B1
EP	0 239 020	A2
JP	H09- 145 057	A

Beschreibung

[0001] Die Anmeldung beansprucht die Priorität der U.S. Patentanmeldung Nr. 12/926,321, eingereicht am 9. November 2010.

Gebiet der Erfindung

[0002] Die vorliegende Erfindung betrifft Einzelbrennkammern für Gasturbinen. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung mit niederkalorischem flüssigem und gasförmigem Treibstoff befeuerte, prallgekühlte Einzelbrennkammern für Gasturbinentriebwerke.

Hintergrund der Erfindung

[0003] Ein Hauptproblem bei Treibstoffen mit einem relativ niedrigen Brennwert, z. B. 25 MJ/kg, oder weniger besteht in der geringeren Flammgeschwindigkeit, die die vollständige Verbrennung beeinträchtigen kann, insbesondere für ungleiche Treibstoff-/Luftgemische, wodurch das lokale Treibstoff-Luft-Verhältnis in der Brennkammer beeinträchtigt wird. Dieses Problem ist im Falle von Flüssigtreibstoffen besonders deutlich, wobei die Treibstoff/Luft-Gemische große Treibstoffteilchengrößen (Tröpfchen) aufweisen können, die die Zeit verlängern, die erforderlich ist, um die Teilchen zu verdampfen und zu verbrennen.

[0004] Die Errungenschaft niedriger Konzentrationen von Oxiden von Stickstoff in Brennkammern hängt eng mit der Flammtemperatur und ihrer Schwankung über die frühen Teile der Reaktionszone zusammen. Die Flammtemperatur ist eine Funktion des effektiven Treibstoff/Luft-Verhältnisses in der Reaktionszone, die vom angewandten Treibstoff-Luft-Verhältnis und dem Grad des vor der Flammfront erzielten Durchmischens abhängt. Diese Faktoren werden offensichtlich durch die lokale Einbringung von Treibstoff und damit assoziierter Luft und insbesondere durch die Wirksamkeit des Mischens beeinflusst.

[0005] Die Verwendung von Filmkühlung in diesen Brennkammern mit niedriger Flammtemperatur erzeugt hohe Konzentrationen von Kohlenmonoxid-Emissionen und gegebenenfalls Ablagerungen. Externes Prallkühlen des Flammrohrs (des Einsatzes) kann solche Probleme eindämmen. Ferner erfordert die Anforderung für die stöchiometrische Verbrennung, dass der Luftstrom zur Reaktionszone ein kleiner Anteil vom Gesamtluftstrom ist und ein großer Anteil des Gesamtluftstroms für die Verdünnungszone zu Verfügung steht. Daher hat es einen beträchtlichen Vorteil, diese Ströme zur Optimierung des Verbrennungswirkungsgrades und der Minimierung der Emissionen zu kontrollieren.

[0006] Verbesserungen sind in der Konfiguration von Einzelbrennkammern und in der Kontrolle von Luft und Luft/Treibstoffgemisch-Strömen in den Einzelbrennkammern unter Verwendung von flüssigem Treibstoff mit einem niedrigen Brennwert möglich, wobei die Ströme die Vollständigkeit des Verbrennens, und somit die Konzentration von Emissionen und den thermischen Wirkungsgrad der Brennkammer beeinflussen. Solche Verbesserungen sind im Folgenden hierin dargelegt.

[0007] Aus US 7 617 684 B2 ist eine Manschette mit Öffnungen zur Prallkühlung einer Brennkammer bekannt, wobei die Manschette eine Trennung zwischen der Verdünnungsluft und der Verbrennungsluft bildet, sodass die Verdünnungsluft direkt stromaufwärts der Manschette eingespeist wird. US 6 405 546 B1, EP 0 239 020 A2, EP 0 732 546 B1, US 5 687 572 A, JP H09-145 057 A und US 2005/0 081 526 A1 offenbaren Brennkammern mit verschiedenen Anordnungen von Luftlöchern.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0008] In einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Einzelbrennkammer zum Verbrennen von Treibstoffen mit einem geringen Brennwert konfiguriert. Die Brennkammern umfassen ein im Allgemeinen zylindrisches Gehäuse mit einem Innenraum, einer Längsachse, einem ringförmigen Einlass zur Aufnahme von Druckluft an einem Gehäuse-Längsende, wobei das andere Gehäuse-Längsende geschlossen ist. Zudem ist ein im Allgemeinen zylindrischer Brennkammereinsatz koaxial im Gehäuse-Innenraum angeordnet, wobei der Einsatz und das Gehäuse eine im Allgemeinen ringförmige Strömungspassage für die durch den Gehäuseeinlass aufgenommene Druckluft definieren, und wobei der Innenraum des Einsatzes eine Verbrennungszone im Anschluss an das geschlossene Gehäuseende und eine Verdünnungszone entfernt von dem geschlossenen Gehäuseende definiert. Der Einsatz ist so bemessen, dass er ein L/D-Verhältnis im Bereich von $1 \leq L/D \leq 4$ aufweist, wobei L die Einsatzlänge und D der Einsatzdurchmesser ist, bevorzugt um bei einer Nennleistung ein Verhältnis des Volumens V der Verbrennungszone in Metern³ zu der Treibstoffenergie-Strömungsrate Q in der Brennkammer in MJ/sec im Bereich von $0,0026 \leq V/Q \leq 0,018$ bereitzustellen. Am geschlossenen Ende ist ein Treibstoffdüsenaufbau angeordnet, wobei der Düsenaufbau aus einer Quelle für Treibstoff mit einem Brennwert von weniger als etwa 25 MJ/kg gespeist wird. Weiterhin ist eine Prallkühlungsmanschette in der Druckluftpassage angeordnet, die den Einsatzteil, der die Verbrennungszone definiert, umgibt, wobei die Manschette eine Vielzahl von Öffnungen aufweist, die zur Prallkühlung der Außenfläche des Einsatzteils bemessen und konfiguriert ist.

Im Wesentlichen strömt dadurch die gesamte am Gehäuseeinlass aufgenommene Druckluft durch die Manschette. Zum Einbringen eines ersten Anteils der Druckluft von einem Bereich flussabwärts der Prallkühlungsmanschette in die Verbrennungszone ist in dem Einsatz eine Vielzahl von Primärlöchern umlaufend angeordnet, und eine Vielzahl von Verdünnungsöffnungen ist in dem Einsatz zum Einbringen eines zweiten Anteils der Druckluft von dem Bereich flussabwärts der Prallkühlungsmanschette und flussabwärts der Vielzahl von Öffnungen in die Verdünnungszone umlaufend angeordnet. Die Prallkühlungsmanschette erstreckt sich dabei axial entlang des Einsatzes von einer den Verdünnungsöffnungen nachgeschalteten Stelle zu einer Stelle auf dem Gehäuse im Anschluss an das geschlossene Ende. Mindestens ein Teil der Vielzahl von Öffnungen, die zur Prallkühlung einer Außenfläche des Einsatzteils bemessen und konfiguriert sind, sind in der Prallkühlungsmanschette an einer Stelle zwischen der Vielzahl von Primärlöchern und der Vielzahl an Verdünnungsöffnungen angeordnet. Weiterhin wird zum Mischen mit dem zugeführten Treibstoff noch mindestens ein Teil des verbleibenden Anteils der Druckluft aus dem Bereich flussabwärts des Prallkühlungsschirms durch den Treibstoffdüsenaufbau geleitet, um ein Treibstoff/ Luftgemisch bereitzustellen, das in die Verbrennungszone geleitet wird.

[0009] Die beigefügten Zeichnungen, die in diese Spezifikation eingearbeitet sind und einen Teil davon ausmachen, erläutern eine Ausführungsform der Erfindung, und dienen, zusammen mit der Beschreibung, der Erklärung der Prinzipien der Erfindung.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine schematische Querschnittsansicht einer Gasturbinen-Einzelbrennkammer, die zur Verbrennung von Treibstoff mit einem niedrigen Brennwert gemäß der vorliegenden Erfindung konfiguriert ist; und

Fig. 2A und **2B** sind schematische Querschnitte, die die Dimensionen der Brennkammer von **Fig. 1** (**Fig. 2A**) mit denjenigen einer Standard-Technik-Brennkammer (**Fig. 2B**) bei einer Gasturbinentriebwerksanwendung vergleichen.

BESCHREIBUNG DER AUSFÜHRUNGSFORM

[0010] Die Einzelbrennkammer der vorliegenden Erfindung, die in den Figuren allgemein mit der Ziffer 10 bezeichnet ist, ist zur Verwendung beim Verbrennen von Treibstoff mit einem geringen Brennwert mit Druckluft aus Kompressor 6 und zur Abgabe von Verbrennungsgasen an die Gasturbine 8 ausgelegt, z.B. zur arbeitserzeugenden Ausdehnung wie in einem Gasturbinentriebwerk. Siehe **Fig. 1**. Kompressor 6 kann ein Zentrifugalkompressor sein, und Gastur-

bine 8 kann eine Turbine mit radialem Zustrom sein, aber diese sind nur bevorzugt und sind nicht als Einschränkung des Umfangs der vorliegenden Erfindung gedacht, die durch die angehängten Ansprüche und ihre Äquivalente definiert ist.

[0011] Gemäß der vorliegenden Erfindung, wie hierin ausgeführt und ausführlich beschrieben, kann die Einzelbrennkammer ein im Allgemeinen zylindrisches Gehäuse mit einem Innenraum, einer Längsachse, einem ringförmigen Einlass zum Aufnehmen von Druckluft an einem Längsende umfassen, wobei das andere Längsende geschlossen ist. Wie hierin ausgeführt und unter Bezugnahme auf **Fig. 1** umfasst Einzelbrennkammer 10 Außengehäuse 12 mit Innenraum 14, Längsachse 16, ringförmigem Einlass 18, der zur Aufnahme von Druckluft aus Kompressor 6 am offenen Gehäuseende 20 konfiguriert ist. Das Gehäuse umfasst auch das geschlossene Ende 22. Das Gehäuse 12 ist im Allgemeinen in der Form zylindrisch um Achse 16, kann aber sich verjüngende und/oder gestufte Abschnitte mit einem unterschiedlichen Durchmesser je nach den Bedürfnissen der bestimmten Anwendung und zur Anpassung an bestimmte Merkmale der vorliegenden Erfindung, die hierin im Folgenden diskutiert wird, umfassen.

[0012] Gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst die Brennkammer auch einen im Allgemeinen zylindrischen Brennkammereinsatz, der koaxial in dem Gehäuseinnenraum angeordnet und mit dem Gehäuse zur Definition einer im Allgemeinen ringförmigen Passage für die durch den Einlass aufgenommene Druckluft konfiguriert ist. Der Einsatz definiert radial auch jeweils Innenvolumina für eine Verbrennungszone und eine Verdünnungszone. Die Verdünnungszone ist, relativ zu der Verbrennungszone, axial entfernt von dem geschlossenen Gehäuseende, und die Verbrennungszone schließt sich axial an das geschlossene Gehäuseende an.

[0013] Wie hierin ausgeführt und weiterhin unter Bezugnahme auf **Fig. 1** umfasst Brennkammer 10 den Brennkammereinsatz 24, der in Gehäuse 12 im Allgemeinen konzentrisch bezüglich Achse 16 angeordnet ist. Der Einsatz 24 kann zur Definition mit Gehäuse 12 einer äußeren Passage 26 für Druckluft, die aus Turbinenkompressor 6 durch Einlass 18 zur Verwendung zum Prallkühlen zugeführt wird, und anschließend für Verbrennungsluft und Verdünnungsluft bemessen und konfiguriert sein. Einsatz 24 definiert auch zum Teil den Verdünnungsluftweg 28. In der Ausführungsform von **Fig. 1** umfasst Weg 28 für die Verdünnungsluft eine Vielzahl von Verdünnungsöffnungen 30, die um den Umfang des Einsatzes 24 verteilt sind.

[0014] Der Innenraum 14 des Einsatzes 24 definiert die Verbrennungszone 32 axial anschließend an das

geschlossene Ende 22, wo Druckluft und Treibstoff verbrannt werden, um heiße Verbrennungsgase zu erzeugen. In Verbindung mit dem Treibstoffdüsenaufbau 40, der am geschlossenen Ende 18 (hierin im Folgenden zu besprechen) angeordnet ist, ist Einsatz 24 konfiguriert, um im oberen Bereich 34 der Verbrennungszone 32 eine stabile Umwälzung in einer der Fachwelt bekannten Weise bereitzustellen. Der Innenraum des Einsatzes 24 definiert weiterhin die Verdünnungszone 36, wo Verbrennungsgase mit Verdünnungsluft aus Verdünnungsöffnungen 30 gemischt werden, um die Temperatur der Verbrennungsgase vor der arbeitserzeugenden Ausdehnung in Turbine 8 zu senken.

[0015] Wird nun auf die **Fig. 2A** und **2B** Bezug genommen, umfasst ein Unterscheidungsmerkmal der Einzelbrennkammer der vorliegenden Erfindung die größere Größe der Verbrennungszone im Vergleich mit herkömmlichen zur Verbrennung von gleichwertigen Treibstoffströmungsraten konfigurierten Einzelbrennkammern. Speziell hat der Einsatz 24 der Einzelbrennkammer 10 der vorliegenden Erfindung ein Volumen von ungefähr vier (4) Mal desjenigen von herkömmlichen Brennkammern 10' für ungefähr den gleichen Treibstoffstrom bei Nennleistung. Das heißt, Einsatz 24 und folglich Gehäuse 12 haben ausgedehnte Dimensionen für die Einsatzlänge L und/oder den Einsatzdurchmesser D in dem Bereich von Verbrennungszone 32, um ein ausgedehntes Verbrennungszonenvolumen für einen gleichwertigen Treibstoffmassenstrom bei Nennleistung zu erzielen. Speziell kann der Einsatz der vorliegenden Erfindung konfiguriert sein, um ein Verhältnis von Verbrennungszonenvolumen V in Kubikmetern zu der Wärmeenergie-Strömungsrate Q in MJ/sec bei Nennleistung im Bereich von $0,0026 \leq V/Q \leq 0,018$ aufzuweisen, wobei Q als Brennwert des Treibstoffes in MJ/kg multipliziert mit der Treibstoffmassenströmungsrate in kg/sec definiert ist. Diese Zunahme im Verbrennungszonenvolumen relativ zu herkömmlichen Einzelbrennkammer erhöht erwartungsgemäß die Verweilzeit des Treibstoff/Luft-Gemisches und beschleunigt auch die Verdunstung von Treibstofftröpfchen, wenn flüssiger Treibstoff verwendet wird. Ferner kann das Einsatz- L/D -Verhältnis von Brennkammern, die gemäß der Erfindung konstruiert sind, im Bereich von $1 \leq L/D \leq 4$ und vorzugsweise im Bereich von $1,5 \leq L/D \leq 2,5$ liegen.

[0016] Ebenfalls gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst die Brennkammer einen Treibstoffdüsenaufbau, der am geschlossenen Gehäuseende angeordnet und zur Injektion eines Nebels von Treibstoff in die Verbrennungszone konfiguriert ist. Der Düsenaufbau kann eine Düse umfassen, die mit der Einsatzachse ausgerichtet ist, um einen Nebel von Treibstoff durch eine Öffnung in die Verbrennungszone zu leiten. Die Düse kann eine Luftstrahldüse sein, wie sie auf dem Fachgebiet bekannt ist, wobei

Druckluft zur „Zerstäubung“ von flüssigem Treibstoff verwendet wird, um einen Nebel bereitzustellen, d.h. um sehr kleine Tröpfchen in der Größenordnung von etwa 65 Mikron im Durchmesser zu erzeugen. Eine solche Luftstrahldüse ist auch mit gasförmigen Treibstoffen verwendbar, um in Brennkammer 10 ein besseres Vermischen bereitzustellen. Der Düsenaufbau kann auch eine Vielzahl von Verwirbelungsblechen umfassen, die umlaufend um die Düse angeordnet sind, um ein Verwirbeln des Treibstoff/Luftgemisches herbeizuführen.

[0017] Wie hierin ausgeführt, und mit Beachtung von **Fig. 1**, umfasst der Düsenaufbau 40 eine Luftstrahldüse 42, die steuerbar mit niederkalorischem Treibstoff (flüssig oder gasförmig) aus Quelle 44 durch die Leitung 46 gespeist wird. Düse 42 kann entlang der Achse 16 ausgerichtet sein und kann Öffnungen 48 zum Einlassen von Druckluft aus Kamerbereich 50 zwischen Einsatz 24 und Gehäuse 12 am geschlossenen Gehäuseende 22, in Nachbarschaft der Düsen-Spitze 42a, die nach außen hin aufgeweitet sein kann, umfassen. Bei Verwendung mit flüssigen Treibstoffen kann diese Düsenaufbau-Konstruktion einen sehr feinen Sprühnebel („Zerstäubung“) des Treibstoffes erzielen und kann vor dem Eintritt des Treibstoff/Luft-Gemisches in den Umwälzbereich 34 der Verbrennungszone 32 durch Düsenaufbau-Auslass 52 signifikantes Verdunsten und Mischen bereitstellen.

[0018] Weiterhin und unter fortgesetzter Bezugnahme auf **Fig. 1** sind eine Vielzahl von Verwirbelungsblechen 54 um den Umfang der Düse 42 herum angeordnet. Die Verwirbelungsbleche 54 werden ebenfalls durch Druckluft aus Kammer 50 gespeist und bewirken das Verwirbeln des Treibstoff/Luft-Gemisches, das den Auslass 52 verlässt und das Mischen und Verdunsten weiter verstärkt. Auch eine zweite Quelle 60 eines Treibstoffes, wie eine leicht flüchtige Substanz, z.B. Ethanol, kann bereitgestellt werden, um mit dem Treibstoff aus Quelle 44 vermischt zu werden, um die Verbrennung bei Teillast, z.B. 60 % oder weniger der Nennleistung, zu unterstützen. Es kann vorteilhaft sein, die Treibstoffe flussaufwärts von dem Düsenaufbau 40, wie in **Fig. 1** abgebildet, zu vermischen. Ein Fachmann kann entsprechende Ventil- und Treibstoff-Kontrollgeräte, die in der vorliegenden Offenbarung angegeben sind, bereitstellen. Alternativ oder zusätzlich kann ein Luftkontrollgerät, z.B. Entlüftung oder variable Geometrie, eingesetzt werden, um den Gesamtluftmassenstrom während eines solchen Teillastbetriebs zu vermindern.

[0019] Immer noch gemäß der vorliegenden Erfindung, wie hierin ausgeführt und ausführlich beschrieben, kann die Brennkammer weiterhin eine Prallkühlungsmanschette umfassen, die koaxial in der Druckluftpassage zwischen dem Gehäuse und dem

Brennkammereinsatz angeordnet ist und mindestens die Verbrennungszone umgibt. Die Prallkühlungs-manschette kann eine Vielzahl von Öffnungen aufweisen, die bemessen und verteilt sind, um Druckluft gegen die radial äußere Oberfläche des Teils des Brennkammereinsatzes, der die Verbrennungszone definiert, zum Prallkühlen zu leiten. Im Wesentlichen passiert die gesamte am Gehäuseeinlass aufgenommene Druckluft die Manschette.

[0020] Wie hierin ausgeführt, und wiederum unter Bezugnahme auf **Fig. 1**, ist die Prallkühlungs-manschette 70 koaxial zwischen Gehäuse 12 und Einsatz 24 angeordnet. Die Prallkühlungs-manschette 70 erstreckt sich axial entlang eines Teils des Einsatzes 24 von einer den Verdünnungsöffnungen 30 nachgeschalteten Stelle 72, relativ zu der allgemeinen axialen Strömungsrichtung 74 der Verbrennungsgase, zu einer Stelle 76 auf Gehäuse 12 im Anschluss an das geschlossene Ende 22. Die Manschette 70 umfasst eine Vielzahl von Prallkühlungsöffnungen 78, die umlaufend um die Manschette 70 verteilt und konfiguriert und orientiert sind, um Verbrennungsluft in Passage 26 gegen die Außenfläche 24a von Einsatz 24 in der Nähe von Verbrennungszone 32 zu leiten. Der Raum 80 zwischen Manschette 70 und Einsatz 24 umfasst den flussabwärtigen Bereich für den Druckluftstrom, nachdem er die Manschette 70 durch die Prallkühlungsöffnungen 78 und die prallgekühlte Oberfläche 24a durchquert hat.

[0021] Wie am Besten in **Fig. 1** gesehen werden kann, wird die Druckluft aus dem Bereich flussabwärts der Manschette 80 sowohl in eine Richtung 82, um Verbrennungsluft für Verbrennungszone 32 im Wesentlichen durch eine Vielzahl von Primärlöchern 84 bereitzustellen, als auch in eine Richtung 86 zum Verdünnungsluftweg 28 geleitet, um Verdünnungsluft im Wesentlichen durch die Verdünnungsöffnungen 30 bereitzustellen. Auch können die Primärlöcher 84 mit nach innen gerichteten tüllenförmigen Wandausdehnungen 84a, um das Eindringen in die Verbrennungszone 32 zu beschleunigen, konfiguriert sein.

[0022] Es kann auch vorteilhaft sein, dass der Kammerbereich 50 in dem geschlossenen „Kopf“-Ende 22 von Verbrennungsgehäuse 12 mit Druckluft aus einem Bereich flussabwärts der Manschette 80 versorgt wird, und so etwas ist in **Fig. 1** durch den Strömungsweg 90 abgebildet. Bemerkenswert an der Ausführungsform in **Fig. 1** ist, dass die Druckluft aus den Luftstrahldüsen 42 allein durch den Druckunterschied zwischen Kammer 50 und dem Umwälzteil 34 der Verbrennungszone 32 vorangetrieben wird. Es ist keine gesonderte Zufuhr von Druckluft erforderlich, um die Düse 42 zu betreiben, wodurch sich das Gesamtsystem vereinfacht, obwohl der Umfang der vorliegenden Erfindung in ihren weitesten Aspekten dadurch nicht beschränkt wird.

[0023] Weiterhin kann es noch vorteilhaft sein, einen Anteil der Druckluft in Kammer 50 zum Prallkühlen des Eingangsteils 94 des Einsatzes 24 zu verwenden. In der Ausführungsform von **Fig. 1** ist der Eingangsteil 94 konisch auslaufend und umfasst das nach innen hin beabstandete konische Schirmelement 96. Um den Einsatz-Eingangsteil 94 sind zweckdienlich bemessene und ausgerichtete Öffnungen 98 verteilt und unter Verwendung von Druckluft aus Kammer 50 auf den Prallkühlungsschirm 96 gerichtet. Nach dem Kühlungsschirm 96 wird der Bruchteil der Druckluft aus Kammer 50, d.h. der Teil, der nicht zum Betreiben der Luftstrahldüse 42 verwendet wird, in den Bereich 34 von Verbrennungszone 32 durch Einsatz-Einlass 100 entlang Strömungsweg 102 zur Verwendung als Verbrennungsluft eingelassen.

[0024] Es kann noch weiter bevorzugt sein, dass ein Bruchteil des Verdünnungsluftstroms zur Prallkühlung eines Übergangsteils des Einsatzes zwischen Verbrennungszone und Verdünnungszone verwendet wird. In **Fig. 1** ist der Übergangseinsatzteil 110 konisch auslaufend und in Strömungsrichtung 74 konvergierend und ist mit einem nach innen hin beabstandeten konischen Übergangsschirm 112 vorgesehen. Eine Vielzahl von Prallkühlungsöffnungen 114 sind um das Übergangs-Einsatzteil 110 verteilt und sind unter Verwendung eines Bruchteils der in der Verdünnungsluftpassage 28 strömenden Druckluft auf den Prallkühlungsübergangsschirm 112 bemessen und ausgerichtet. Nach Kühlen des Übergangsschirms 112 wird der Verdünnungsluftbruchteil am Übergangsschirmausgang 118 in die Verdünnungszone 36 eingelassen.

[0025] Es kann noch weiter vorteilhaft sein, Oberfläche 120 eines Einsatzteils 24a mit einer Wärmebarrierebeschichtung („TBC“) zu beschichten, um hohe Einsatz-Innenflächen-Temperaturen aufrechtzuerhalten, während übermäßiger Wärmeverlust aus der Verbrennungszone 32 und mögliche signifikante Temperaturabweichungen von Massedurchschnitt-Verbrennungszonenwerten in der lokalen Verbrennungsgastemperatur in der Nähe der Einsatzwand verhindert werden. Die TBC-Beschichtung vermindert auch die Menge an Ablagerung und unverbranntem Treibstoff auf der Einsatz-Innenfläche. Ein Fachmann wäre in der Lage, an Hand der vorliegenden Offenbarung eine entsprechend TBC auszuwählen.

[0026] In der in **Fig. 1** abgebildeten Ausführungsform passiert im Wesentlichen zuerst die gesamte durch Einlass 18 abgegebene Druckluft, d.h. alles außer eines gegebenenfalls unvermeidbaren Verlusts, die Öffnungen 78 der Prallmanschette 70, um Kühlung für den Einsatzteil 24a bereitzustellen, und wird danach als „Verbrennungsluft“ in die Verbrennungszone 32 oder als „Verdünnungsluft“ in die Verdünnungszone 36 eingelassen.

[0027] Es kann weiterhin vorteilhaft sein, die Brennkammer 10 der Ausführungsform von **Fig. 1** so zu konfigurieren, dass, wenn niederkalorisch flüssiger Treibstoffe wie Pyrolyseöl mit einem Brennwert von etwa 18,7 MJ/kg verbrannt wird, etwa 5-15% des Gesamtdruckluftmassenstroms von Einlass 18 in die Verbrennungszone 32 durch die Primäröffnungen 84 eintreten und dass etwa 60-70 % über die Verdünnungsöffnungen 30 in die Verdünnungszone 36 eintreten. Wie es bekannt sein dürfte, wird der restliche Anteil (ca. 15-35%) des Gesamtmassenstroms von Druckluft, der in den Brenneinlass 18 eintritt, zum Betrieb der Luftstrahldüse 42 und zum Prallkühlen von Einsatz-Eingangsschirm 96 und/oder von Einsatz-Übergangsschirm 112 verwendet. Auch würde bei einer solchen Anwendung die Brennkammer vorzugsweise mit einem UD-Wert von etwa 1,65 und einem V/Q-Wert von etwa 0,0029 m³·sec/MJ konfiguriert sein. Bei einer solchen Anwendung wäre die Treibstoffmassenströmungsrate bei Nennenergie etwa 0,387 kg/sec und das Verbrennungszonenvolumen etwa 0,021 m³.

[0028] Es ist für die Fachwelt offensichtlich, dass an der prallgekühlten Einzelbrennkammer verschiedene Modifikationen und Variationen vorgenommen werden können, ohne von den hierin erhaltenen Lehren abzuweichen. Obwohl der Fachwelt die Ausführungsformen aus dem Betrachten dieser Spezifikation und aus der Praxis des offenbarten Geräts klar sind, ist es beabsichtigt, dass die Spezifikation und die Beispiele nur als Erläuterung angesehen werden, wobei der echte Umfang durch die folgenden Ansprüche und ihre Äquivalente angegeben ist.

Patentansprüche

1. Einzelbrennkammer (10) zum Verbrennen von Treibstoffen mit niedrigen Brennwerten, wobei die Brennkammer (10) folgendes umfasst:
ein im Allgemeinen zylindrisches Gehäuse (12) mit einem Innenraum (14), einer Längsachse (16), einem ringförmigen Einlass (18) zur Aufnahme von Druckluft an einem Gehäuse-Längsende (20), wobei das andere Gehäuse-Längsende (22) geschlossen ist,
einen im Allgemeinen zylindrischen Brennkammer-einsatz (24), der koaxial im Gehäuse-Innenraum (14) angeordnet ist, wobei der Einsatz (24) und das Gehäuse (12) eine im Allgemeinen ringförmige Strömungspassage (26) für die Druckluft definieren, die durch den Gehäuseeinlass (18) aufgenommen wird, wobei ein Innenraum des Einsatzes (24) eine Verbrennungszone (32) im Anschluss an das geschlossene Gehäuseende (22) und eine Verdünnungszone (36) entfernt von dem geschlossenen Gehäuseende (22) definiert,
einen Treibstoffdüsenaufbau (40), der am geschlossenen Ende (22) angeordnet ist, wobei der Düsenaufbau (40) aus einer Quelle (44) mit einem Brenn-

wert von weniger als etwa 25 MJ/kg gespeist wird; eine in der Druckluftpassage (26) angeordnete Prallkühlungsmanschette (70), die den Einsatzteil (24), der die Verbrennungszone definiert, umgibt, wobei die Manschette (70) eine Vielzahl von Öffnungen (78) aufweist, die zur Prallkühlung einer Außenfläche (24a) des Einsatzteils (24) bemessen und konfiguriert sind, wobei im Wesentlichen die gesamte am Gehäuseeinlass (18) aufgenommene Druckluft durch die Manschette (70) strömt; eine Vielzahl von Primärlöchern (84), die umlaufend in dem Einsatz (24) angeordnet sind, zum Einbringen eines ersten Teils der Druckluft von einem Bereich flussabwärts der Prallkühlungsmanschette (70) in die Verbrennungszone (32); eine Vielzahl von Verdünnungsöffnungen (30), die umlaufend in dem Einsatz (24) angeordnet sind zum Einbringen eines zweiten Teils der Druckluft aus dem Bereich flussabwärts der Prallkühlungsmanschette (70) und flussabwärts der Vielzahl von Öffnungen (78) in die Verdünnungszone (36), wobei die Prallkühlungsmanschette (70) sich axial entlang des Einsatzes (24) von einer den Verdünnungsöffnungen (30) nachgeschalteten Stelle (72) zu einer Stelle (76) auf Gehäuse (12) im Anschluss an das geschlossene Ende (22) erstreckt, wobei mindestens ein Teil der Vielzahl von Öffnungen (78), die zur Prallkühlung einer Außenfläche des Einsatzteils bemessen und konfiguriert sind, in der Prallkühlungsmanschette (70) an einer Stelle zwischen der Vielzahl von Primärlöchern (84) und der Vielzahl an Verdünnungsöffnungen (30) angeordnet sind, wobei mindestens ein Teil eines restlichen Anteils der Druckluft aus dem Bereich flussabwärts des Prallkühlungsschirms (96) durch den Treibstoffdüsenaufbau (40) zum Mischen mit zugeführtem Kraftstoff geleitet wird, um ein in die Verbrennungszone (32) gerichtetes Treibstoff/Luft-Gemisch bereitzustellen, und wobei der Einsatz (24) so bemessen ist, dass er ein L/D-Verhältnis im Bereich von $1,00 \leq L/D \leq 4,00$ aufweist, wobei L eine Einsatzlänge und D ein Einsatzdurchmesser ist.

2. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei $1,5 \leq L/D \leq 2,5$.

3. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei der erste Anteil von Druckluft 5-15 % einer Gesamtdruckluftmassenströmungsrate beträgt.

4. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei der zweite Anteil von Druckluft 60-70 % einer Gesamtdruckluftmassenströmungsrate beträgt.

5. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei der Treibstoffdüsenaufbau (40) eine Luftstrahldüse (42) umfasst, und wobei der Düsenauf-

bau (40) konfiguriert ist einen Teil des restlichen Luftanteils der Druckluft zu verwenden, um das Treibstoff/Luftgemisch unter Verwendung eines Druckluft-Druckunterschieds zwischen dem Bereich flussabwärts der Prallkühlungsmanschette (70) und der Verbrennungszone (32) in die Verbrennungszone (32) zu leiten.

6. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 5, wobei der Treibstoffdüsenaufbau (40) koaxial mit dem Einsatz (24) ausgerichtet ist und Verwirbelungsbleche (54) umfasst, die umlaufend um einen Ausgang des Düsenaufbaus (52) verteilt sind, um Verwirbeln in dem gerichteten Treibstoff/Luftgemisch unter Verwendung eines weiteren Teils des restlichen Luftanteils herbeizuführen.

7. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei der Treibstoffdüsenaufbau (40) und der Einsatz (24) bemessen und konfiguriert sind, um flüssiges Pyrolyseöl zu injizieren und zu verbrennen.

8. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 7, wobei der Treibstoffdüsenaufbau (40) eine Luftstrahldüse (42) umfasst, wobei L/D etwa 1,65 ist; und wobei V/Q etwa 0,0029 m³.sec/MJ ist.

9. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 7, wobei die Treibstoffquelle (44) einen leichten Alkohol gemischt mit dem Pyrolyseöl für den Brennerbetrieb bei weniger als etwa 60 % Nennleistung umfasst.

10. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei die Primärlöcher (84) tüllenförmige Wandausdehnungen (84a) in die Verbrennungszone (32) aufweisen.

11. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei eine Oberfläche (120) des Einsatzes mit TBC beschichtet ist, um die Innenflächentemperatur zu erhöhen.

12. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei der Einsatz (24) einen sich verjüngenden Einlassteil (100) benachbart zu einem Ausgang (52) des Treibstoffdüsenaufbaus (40) aufweist; wobei der Einsatz (24) weiterhin ein Eingangsschirmelement (96) umfasst, das in dem sich verjüngenden Einlass-Einsatzteil (100) koaxial angeordnet und davon beabstandet ist; und wobei in dem sich verjüngenden Einsatzteil (100) eine Vielzahl von Prallkühlungsöffnungen (78) bereitgestellt sind, die unter Verwendung von Druckluft aus dem Bereich flussabwärts der Manschette (70) auf das Prallkühlen des Eingangsschirmelements (96) bemessen und ausgerichtet sind.

13. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei der Einsatz (24) ein sich verjüngendes Über-

gangsteil (110) umfasst, der zwischen der Verbrennungszone (32) und der Verdünnungszone (36) angeordnet ist; wobei der Einsatz (24) weiterhin ein Übergangsschirmelement (112) umfasst, das koaxial in dem sich verjüngenden Übergang-Einsatzteil angeordnet und davon beabstandet ist; und wobei in dem sich verjüngenden Übergang-Einsatzteil (110) eine Vielzahl von Prallkühlungsöffnungen (114) vorgesehen sind, wobei die Öffnungen (114) zum Prallkühlen des Übergangsschirmelements (112) unter Verwendung von Druckluft aus dem Bereich flussabwärts der Manschette (70) bemessen und ausgerichtet sind.

14. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, wobei sich die Prallkühlungsmanschette (70) von einer Stelle flussabwärts der Verdünnungsöffnungen (30) auf dem Einsatz (24) zu einer Stelle auf dem Gehäuse flussaufwärts der Verbrennungszone (32), relativ zu einer Strömungsrichtung von Verbrennungsgasen (74), erstreckt.

15. Gasturbinentriebwerk mit der Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 1, der zwischen einen Luftkompressor (6) und eine Gasturbine (8) operativ zwischengeschaltet ist.

16. Einzelbrennkammer (10) zum Verbrennen eines flüssigen Treibstoffs mit einem niedrigen Brennwert, wobei die Brennkammer (10) folgendes umfasst:

ein im Allgemeinen zylindrisches Gehäuse (12) mit einem Innenraum (14), einer Längsachse (16), einem ringförmigen Einlass (18) zur Aufnahme von Druckluft an einem Gehäuse-Längsende (20), wobei das andere Gehäuse-Längsende (22) geschlossen ist,

wobei ein im Allgemeinen zylindrischer Brennkammereinsatz (24) und das Gehäuse (12) eine im Allgemeinen ringförmige Strömungspassage (26) für die durch den Gehäuseeinlass (18) aufgenommene Druckluft definieren, ein Innenraum des Einsatzes (24) eine Verbrennungszone (32) im Anschluss an das geschlossene Gehäuseende (22) und eine Verdünnungszone (36) entfernt von dem geschlossenen Gehäuseende (22) definiert,

einen am geschlossenen Ende (22) angeordneten Treibstoffdüsenaufbau (40), wobei der Düsenaufbau (40) aus einer Quelle (44) mit einem Brennwert von weniger als etwa 25 MJ/kg gespeist wird; wobei der Düsenaufbau (40) zur Bereitstellung eines Treibstoffnebels konfiguriert ist;

eine Prallkühlungsmanschette (70), die in der Druckluftpassage (26) angeordnet ist, die das Einsatzteil (24), das die Verbrennungszone (32) definiert, umgibt, wobei die Manschette (70) eine Vielzahl von Öffnungen (78) aufweist, die zur Prallkühlung einer Außenfläche (24a) des Einsatzteils bemessen und konfiguriert sind, wobei im Wesentlichen die gesamte am Gehäuseeinlass

(18) aufgenommene Druckluft durch die Manschette (70) strömt;
 eine Vielzahl von Primärlöchern (84), die umlaufend in dem Einsatz (24) angeordnet sind, zum Einbringen eines ersten Teils der Druckluft von einem Bereich flussabwärts der Prallkühlungsmanschette (70) in die Verbrennungszone (32);
 eine Vielzahl von Verdünnungsöffnungen (30), die umlaufend in dem Einsatz (32) angeordnet sind zum Einbringen eines zweiten Teils der Druckluft aus dem Bereich flussabwärts der Prallkühlungsmanschette (70) und flussabwärts der Vielzahl von Öffnungen (78) in die Verdünnungszone (36), wobei sich die Prallkühlungsmanschette axial entlang des Einsatzes (24) von einer den Verdünnungsöffnungen (30) nachgeschalteten Stelle (72) zu einer Stelle (76) auf Gehäuse (12) im Anschluss an das geschlossene Ende (22) erstreckt,
 wobei mindestens ein Teil des restlichen Anteils der Druckluft aus dem Bereich flussabwärts des Prallkühlungsschirms (70) durch den Treibstoffdüsenaufbau (40) zum Mischen mit dem Kraftstoffnebel geleitet wird, um ein in die Verbrennungszone (32) gerichtetes Treibstoff/Luftgemisch bereitzustellen, wobei der Treibstoffdüsenaufbau (40) eine Luftstrahldüse (42) umfasst, und wobei der Düsenaufbau (40) zur Verwendung eines Teils des restlichen Luftanteils der Druckluft konfiguriert ist,
 um das Treibstoff/Luft-Gemisch unter Verwendung eines Druckluft-Druckdifferentials zwischen dem Bereich flussabwärts der Prallkühlungsmanschette (70) und der Verbrennungszone (32) in die Verbrennungszone (32) zu lenken,
 wobei der Treibstoffdüsenaufbau (40) koaxial mit dem Einsatz (24) angeordnet ist und Verwirbelungsbleche (54) umfasst, die umlaufend um einen Ausgang (52) des Düsenaufbaus (40) verteilt sind, um Verwirbeln des gerichteten Treibstoff/Luft-Gemisches unter Verwendung von einem weiteren Teil des restlichen Luftanteils herbeizuführen,
 wobei der Einsatz (24) so bemessen ist, dass er ein L/D-Verhältnis im Bereich von $1,5 \leq L/D \leq 2,5$ aufweist, wobei L eine Einsatzlänge und D ein Einsatzdurchmesser ist.

schen einen Luftkompressor (6) und eine Gasturbine (8) zwischengeschaltet ist.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

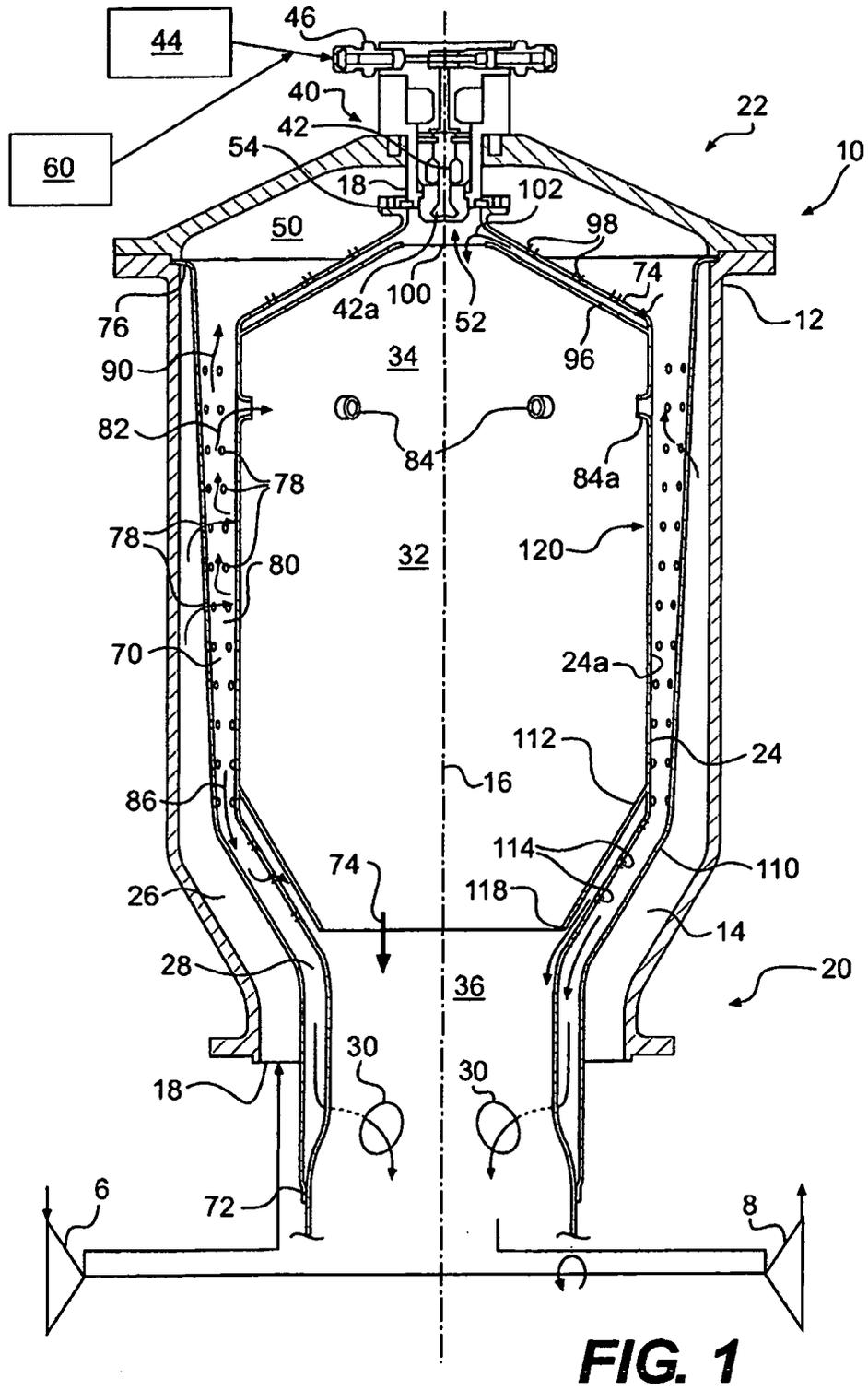
17. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 16, wobei der erste Anteil der Druckluft 5-15 % einer Gesamtdruckluftmassenströmungsrate beträgt.

18. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 16, wobei der zweite Anteil der Druckluft 60-70 % einer Gesamtdruckluftmassenströmungsrate beträgt.

19. Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 16, wobei der flüssige Treibstoff Pyrolyseöl mit einem Brennwert von etwa 7 MJ/kg ist; wobei das L/D-Verhältnis etwa 1,65 beträgt.

20. Gasturbinentriebwerk mit der Einzelbrennkammer (10) nach Anspruch 16, der operativ zwi-

Anhängende Zeichnungen



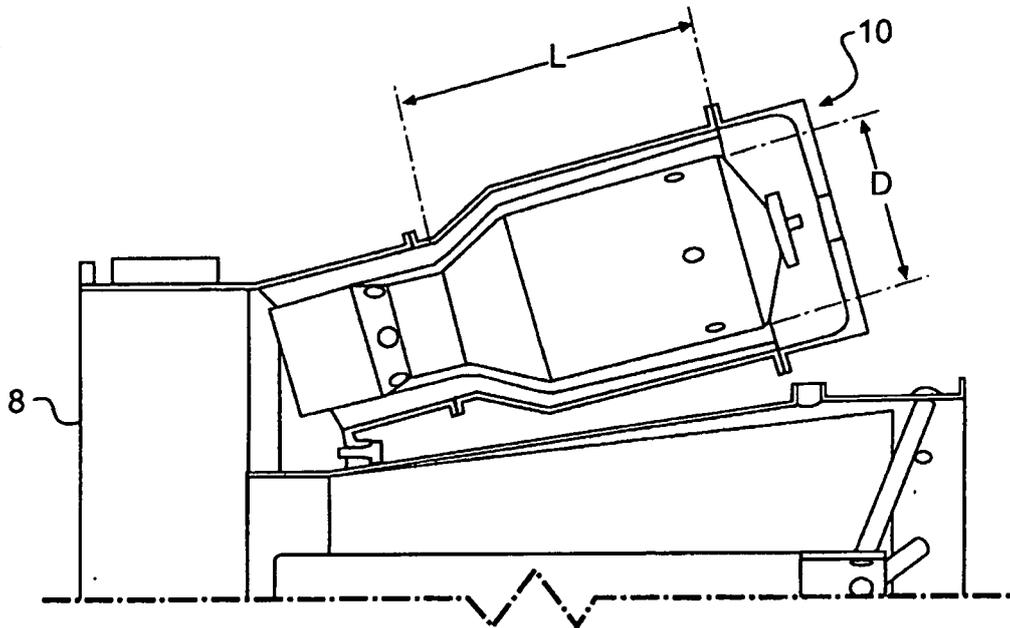


FIG. 2A

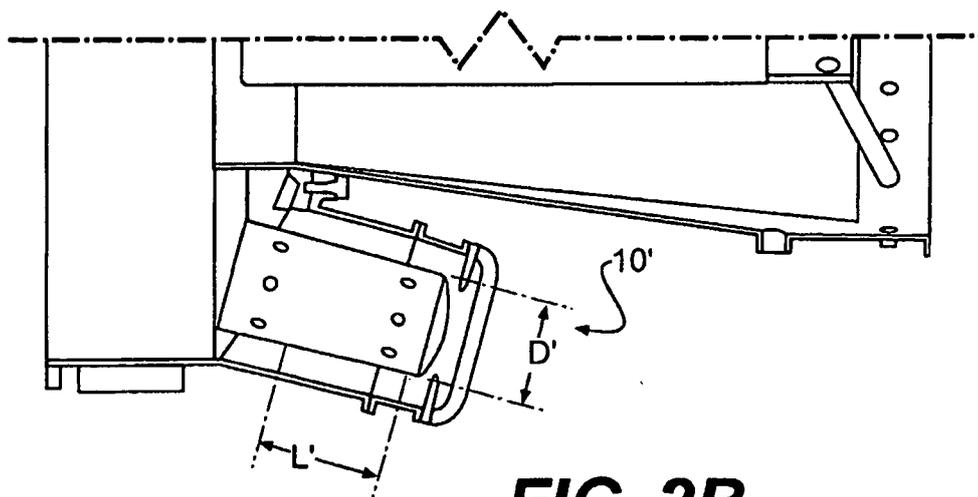


FIG. 2B
(STAND DER TECHNIK)