



(10) **DE 11 2015 003 934 B4** 2024.10.17

(12)

## Patentschrift

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 003 934.1**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2015/071418**  
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2016/031475**  
(86) PCT-Anmeldetag: **28.07.2015**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **03.03.2016**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **11.05.2017**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **17.10.2024**

(51) Int Cl.: **F02C 7/18 (2006.01)**  
**F01D 5/08 (2006.01)**  
**F01D 5/18 (2006.01)**  
**F01D 25/12 (2006.01)**  
**F02C 6/08 (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:  
**2014-175185**      **29.08.2014**      **JP**

(73) Patentinhaber:  
**Mitsubishi Heavy Industries, Ltd., Tokyo, JP**

(74) Vertreter:  
**Henkel & Partner mbB Patentanwaltskanzlei,  
Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE**

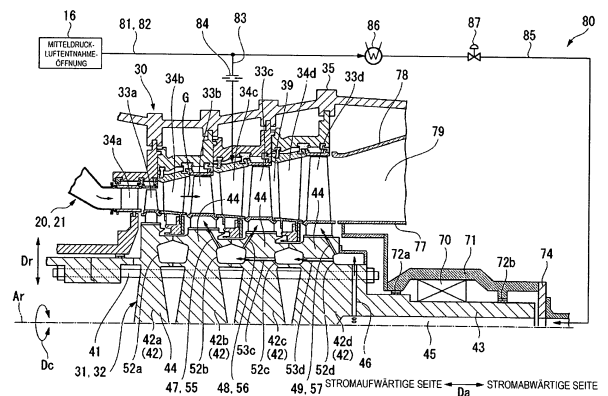
(72) Erfinder:  
**Takamura, Keita, Yokohama-shi, Kanagawa, JP;  
Yuri, Masanori, Yokohama-shi, Kanagawa, JP;  
Hashimoto, Shinya, Yokohama-shi, Kanagawa, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:  
**siehe Folgeseiten**

(54) Bezeichnung: **Gasturbine**

(57) Hauptanspruch: Gasturbine, umfassend:  
einen Kompressor (10), der konfiguriert ist, um Luft zu verdichten,  
eine Brennkammer (20), die konfiguriert ist, um Brennstoff in der Luft, die vom Kompressor (10) verdichtet wird, zu verbrennen, um Verbrennungsgas (G) zu erzeugen, und  
eine Turbine (30), die konfiguriert ist, um vom Verbrennungsgas (G) angetrieben zu werden,  
wobei der Kompressor (10) eine erste Luftentnahmeöffnung (16) umfasst, die konfiguriert ist, um Luft von einer Zwischenstufe des Kompressors (10) als Kühlluft zu entnehmen,  
wobei die Turbine (30) eine Rotorwelle (32) und eine Mehrzahl von Rotorflügelreihen (33), die in einer Axialrichtung (Da) der Rotorwelle (32) angeordnet vorgesehen sind und eine Mehrzahl von Rotorflügeln umfassen, die an einem Außenumfang der Rotorwelle (32) angebracht sind, aufweist, und  
wobei ein erster Axialrichtungskanal (45), ein erster Zwangswirbelkanal (46), ein erster Flügelanordnungskanal (47) und ein zweiter Flügelanordnungskanal (48) in der Rotorwelle (32) gebildet sind,  
wobei der erste Axialrichtungskanal (45) mit der ersten Luftentnahmeöffnung (16) verbunden ist und sich in der Axialrichtung (Da) erstreckt,  
wobei der erste Zwangswirbelkanal (46) mit dem ersten Axialrichtungskanal (45) verbunden ist und sich nach außen in einer Radialrichtung (Dr) der Rotorwelle (32)

von einem Verbindungsabschnitt zwischen dem ersten Zwangswirbelkanal (46) und dem ersten Axialrichtungskanal (45) erstreckt,  
wobei der erste Flügelanordnungskanal (47) mit einem in der Radialrichtung (Dr) außen liegenden Endabschnitt des ersten Zwangswirbelkanals (46) verbunden ist und konfiguriert ist, um die Kühlluft zu einer ersten Rotorflügelreihe (33b) unter der Mehrzahl von Rotorflügelreihen (33) zu leiten,  
wobei der zweite Flügelanordnungskanal (48) mit einem in der Radialrichtung (Dr) außen liegenden Endabschnitt des ersten ...



(19)



Deutsches  
Patent- und Markenamt

(10) **DE 11 2015 003 934 B4** 2024.10.17

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	10 2009 025 805	A1
US	8 668 437	B1
US	2004 / 0 163 394	A1
US	2009 / 0 324 386	A1
US	6 065 282	A
JP	2001- 123 851	A
JP	2009- 275 705	A

JP 2001 - 123 851 A; Maschinenuübersetzung  
vom 23.07.2020

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Gasturbine. Diese Anmeldung beansprucht Priorität aufgrund der japanischen Patentanmeldung Nr. JP 2014-175 185, eingereicht in Japan am 29. August 2014.

**[0002]** Eine Gasturbine umfasst einen Kompressor, der Luft verdichtet, um Druckluft zu erzeugen, eine Brennkammer, die Brennstoff in dieser Druckluft verbrennt, um Verbrennungsgas zu erzeugen, und eine Turbine, die durch das Verbrennungsgas angetrieben wird. Die Turbine umfasst einen Turbinenrotor, der sich um eine Axiallinie dreht, und ein Turbinengehäuse, das den Turbinenrotor abdeckt. Der Turbinenrotor umfasst eine Rotorwelle, die sich in der Axialrichtung, in die sich die Axiallinie erstreckt, erstreckt, ist um die Axiallinie zentriert, und eine Mehrzahl von Rotorflügelreihen, die an diese Rotorwelle angebracht sind. Die Mehrzahl von Rotorflügelreihen sind in der Axialrichtung angeordnet. Jede der Rotorflügelreihen umfasst eine Mehrzahl von Rotorflügeln, die in einer Umfangsrichtung, wobei die Axiallinie als eine Referenz dient, angeordnet sind.

**[0003]** Die Rotorflügel der Turbine kommen mit dem Hochtemperatur-Verbrennungsgas in Kontakt und sie werden daher oft durch ein Verfahren gekühlt. Zum Beispiel wird in JP 2009-275 705 A unten Luft, die vom Kompressor entnommen wird, als Kühlluft für die Rotorflügel verwendet. In der Rotorwelle, die in JP 2009-275 705 A beschrieben wird, sind ein Rotorbohrrohr, ein erster Festkörperwirbelkanal, ein zweiter Festkörperwirbelkanal, ein erster Kanal und ein zweiter Kanal gebildet. Das Rotorbohrrohr ist ein Hohlraum, der sich in der Axialrichtung verlängert, in die Kühlluft vom Kompressor strömt. Der erste Festkörperwirbelkanal erstreckt sich vom Rotorbohrrohr an einer Position in der Axialrichtung zwischen einer Rotorflügelreihe der ersten Stufe und einer Rotorflügelreihe der zweiten Stufe in der Radialrichtung nach außen. Der zweite Festkörperwirbelkanal erstreckt sich vom Rotorbohrrohr an einer Position in der Axialrichtung zwischen der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe und der Rotorflügelreihe der dritten Stufe in der Radialrichtung nach außen. Der erste Kanal leitet die Kühlluft, die durch den ersten Festkörperwirbelkanal strömt, zur Rotorflügelreihe der ersten Stufe. Der zweite Kanal leitet die Kühlluft, die durch den zweiten Festkörperwirbelkanal strömt, zur Rotorflügelreihe der zweiten Stufe.

**[0004]** Gemäß der in JP 2009-275 705 A beschriebenen Technologie, ist ein Kanal, der sich in der Radialrichtung nach außen erstreckt, der die Kühlluft vom Kompressor zuführt, auf jeder der Mehrzahl von Rotorflügelreihen gebildet. Gemäß der in Patentdokument 1 beschriebenen Technologie ist die Rotorwelle folglich verlängert, was zu Problemen führt,

wie einer Reduktion bei den Vibrationseigenschaften des Turbinenrotors und einer Reduktion der aerodynamischen Leistung der Turbine.

**[0005]** Weiterer Stand der Technik ist in D1: US 8 668 437 B1, US 6 065 282 A, US 2004 / 0 163 394 A1, US 2009 / 0 324 386 A1 und in JP 2001 - 123 851 A offenbart.

**[0006]** Eine Gasturbine nach dem Oberbegriff von Anspruch 1 ist in DE 10 2009 025 805 A1 gezeigt.

**[0007]** Es ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, eine Gasturbine vorzusehen, die einen Rotorflügel unter Verwendung von Kühlluft von einem Kompressor kühlen kann, während eine Reduktion der Vibrationseigenschaften eines Rotors gleichzeitig unterdrückt wird.

**[0008]** Gelöst wird diese Aufgabe durch eine Gasturbine nach Anspruch 1. Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf weitere vorteilhafte Aspekte der Erfindung.

**[0009]** Gemäß der Gasturbine kann die Anzahl von Festkörperwirbelkanälen, die in der Rotorwelle gebildet werden und sich in der Radialrichtung erstrecken, verringert werden. Gemäß der Gasturbine ist es folglich möglich, eine Verlängerung der Rotorwelle, die in Verbindung mit der Bildung der Festkörperwirbelkanäle steht, zu unterdrücken und folglich kann eine Verschlechterung von Vibrationseigenschaften des Rotors unterdrückt werden. Gemäß der Gasturbine ist es ferner möglich, eine Verlängerung eines Abstands zwischen der Mehrzahl von Stufen, die mit der Bildung der Festkörperwirbelkanäle in Verbindung steht, zu unterdrücken, und folglich eine Reduktion einer aerodynamischen Leistung der Turbine zu unterdrücken.

**[0010]** Ferner kann in einer Gasturbine zum Lösen der oben beschriebenen Probleme der Festkörperwirbelkanal auf einer stromabwärtigen Seite einer dritten Rotorflügelreihe unter der Mehrzahl von Rotorflügelreihen gebildet werden, wobei die dritte Rotorflügelreihe auf einer am weitesten stromabwärtigen Seite einer Strömung des Verbrennungsgases in der Axialrichtung vorgesehen ist. In diesem Fall sind die erste Rotorflügelreihe und die zweite Rotorflügelreihe auf einer stromaufwärtigen Seite der dritten Rotorflügelreihe am weitesten stromabwärts unter der Mehrzahl von Rotorflügelreihen vorgesehen.

**[0011]** Gemäß dieser Gasturbine kann eine Vergrößerung des Abstands zwischen jeder der Stufen unterdrückt werden. Gemäß der Gasturbine ist es ferner möglich, auf den in der Radialrichtung außen liegenden Endabschnitt des Festkörperwirbelkanals ohne Demontage der Rotorwelle zuzugreifen.

Gemäß der Gasturbine ist es folglich sogar dann möglich, wenn sich ein Fremdstoff, wie Schutt, am in der Radialrichtung außen liegenden Endabschnitt des Festkörperwirbelkanals ansammelt, den Fremdstoff einfach zu entfernen.

**[0012]** Außerdem kann die Gasturbine ferner eine Luftentnahmeleitung, die die Luftentnahmeöffnung und den Axialrichtungskanal verbindet, eine Luftentnahmezweigleitung, die mit der Luftentnahmeleitung verbunden ist, und eine Vordralldüse umfassen, die mit der Luftentnahmezweigleitung verbunden ist und die der Kühlluft, die durch die Luftentnahmezweigleitung geströmt ist, eine Geschwindigkeitskomponente in einer Drehrichtung der Rotorwelle verleiht. Ein dritter Flügelanordnungskanal, der die Kühlluft leitet, die durch die Vordralldüse, unter der Mehrzahl von Rotorflügelreihen, die auf der am weitesten stromabwärts liegenden Seite der Strömung des Verbrennungsgases in der Axialrichtung vorgesehen sind, zur dritten Rotorflügelreihe geströmt ist, kann in der Rotorwelle gebildet werden.

**[0013]** Gemäß der Gasturbine wird die Kühlluft, die die erste Rotorflügelreihe und die zweite Rotorflügelreihe kühlt, dem Festkörperwirbelkanal zugeführt, wodurch ein Druckanstieg verursacht wird. Gemäß der Gasturbine strömt die Kühlluft, die die dritte Rotorflügelreihe kühlt, allerdings durch die Vordralldüse, ohne dem Festkörperwirbelkanal zugeführt zu werden, wodurch verursacht wird, dass die Kühlluft verwirbelt wird und folglich eine Reduktion eines Drehwiderstands des Turbinenrotors erzielt wird. Folglich wird gemäß der Gasturbine die Luft, die von einer einzelnen Luftentnahmeöffnung entnommen wird, als Kühlluft verwendet, wodurch das Kühlsystem vereinfacht wird und gleichzeitig der Drehwiderstand des Turbinenrotors sinkt und eine Effizienz der Gasturbine steigt.

**[0014]** Die Kühlluft kann mit einem Druck, der geringer als ein Druck der Kühlluft ist, die der ersten Rotorflügelreihe und der zweiten Rotorflügelreihe zugeführt wird, der dritten Rotorflügelreihe zugeführt werden, die am weitesten stromabwärts unter einer Mehrzahl von Flügelreihen angeordnet ist. Weiters gemäß der Gasturbine wird die Luft, die dem Kompressor entnommen wird, der drehenden Rotorwelle zugeführt, und ein Festkörperwirbelkanal der Kühlluft wird in dieser Rotorwelle erzeugt, wodurch der Druck der Kühlluft erhöht wird. Diese Luft wird dann der dritten Rotorflügelreihe zugeführt. Daher ist es gemäß der Gasturbine möglich, Luft, die einen Druck hat, der geringer ist als jener der Luft von der ersten Luftentnahmeöffnung, von der zweiten Luftentnahmeöffnung als Kühlluft zu entnehmen, und diese Luft als die Kühlluft für die dritte Rotorflügelreihe zu verwenden. Folglich kann gemäß der Gasturbine ein Verdichtungsverhältnis der Kühlluft der dritten Rotorflügelreihe durch den Kompressor verringert werden,

wodurch eine Antriebskraft des Kompressors unterdrückt wird und die Effizienz der Gasturbine gesteigert wird.

**Fig. 1** ist eine gesamte seitliche Schnittansicht eines Hauptabschnitts einer Gasturbine eines ersten Beispiels

**Fig. 2** ist eine Querschnittsansicht des Hauptabschnittes der Gasturbine aus **Fig. 1**.

**Fig. 3** ist eine Erläuterungsansicht, die eine Strömung der Kühlluft und eine Zustandsgröße davon in der Gasturbine aus **Fig. 1** darstellt.

**Fig. 4A** und **4B** stellen einen Rotationskörper dar, in dem ein Festkörperwirbelkanal gebildet wird, wobei **Fig. 4A** eine Vorderansicht des Rotationskörpers ist und **Fig. 4B** eine Querschnittsansicht davon, vorgenommen entlang der Linie B-B von **Fig. 4A**, ist.

**Fig. 5** ist eine Querschnittsansicht eines Hauptabschnittes der Gasturbine eines zweiten Beispiels.

**Fig. 6** ist eine perspektivische Ansicht eines Hauptabschnittes einer Vordralldüse der Gasturbine aus **Fig. 5**.

**Fig. 7** ist eine Erläuterungsansicht, die eine Strömung der Kühlluft und eine Zustandsgröße davon in der der Gasturbine aus **Fig. 5** darstellt.

**Fig. 8** ist eine Querschnittsansicht eines Hauptabschnittes der Gasturbine einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

**Fig. 9** ist eine Querschnittsansicht, vorgenommen entlang der Linie VIII von **Fig. 8**.

**Fig. 10** ist eine Erläuterungsansicht, die eine Strömung der Kühlluft und eine Zustandsgröße davon in der Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

**Fig. 11** ist eine Querschnittsansicht eines Hauptabschnittes der Gasturbine einer Weiterbildung der Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0015]** Nachfolgend werden verschiedene Beispiele für Gasturbinen und eine Ausführungsform einer Gasturbine gemäß der vorliegenden Erfindung in Bezug auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

**[0016]** Nachfolgend wird ein erstes Beispiele einer Gasturbine unter Bezugnahme auf **Fig. 1** bis **4** beschrieben.

**[0017]** Eine Gasturbine 1 umfasst einen Kompressor 10, der Luft verdichtet, eine Brennkammer 20, die einen Brennstoff in der vom Kompressor 10 verdichteten Luft verbrennt, um Verbrennungsgas zu erzeugen, eine Turbine 30, die vom Verbrennungs-

gas angetrieben wird, und eine Luftentnahmeleitung 80, die die Luft, die vom Kompressor 10 entnommen wurde, der Turbine 30 als Kühlluft zuführt, wie in **Fig. 1** dargestellt wird.

**[0018]** Der Kompressor 10 umfasst einen Kompressorrotor 11, der sich um eine Axiallinie Ar dreht, ein Kompressorgehäuse 15, das den Kompressorrotor 11 abdeckt, und eine Mehrzahl von Schaufelreihen 14, wie in **Fig. 1** und 2 dargestellt wird. Beachten Sie, dass im Folgenden die Richtung, in die sich die Axiallinie Ar erstreckt, als eine Axialrichtung Da bezeichnet wird, und eine Seite und die andere Seite dieser Axialrichtung Da werden jeweils als eine stromaufwärtige und eine stromabwärtige Seite bezeichnet. Diese stromaufwärtige Seite ist eine stromaufwärtige Seite einer Strömung der Luft im Kompressor 10 sowie eine stromaufwärtige Seite einer Strömung des Verbrennungsgases in der Turbine 30. Folglich ist diese stromabwärtige Seite eine stromabwärtige Seite der Strömung der Luft im Kompressor 10 sowie die stromabwärtige Seite der Strömung des Verbrennungsgases in der Turbine 30. Ferner wird eine umfängliche Richtung rund um diese Axiallinie Ar einfach als eine Umfangsrichtung Dc bezeichnet, und eine Richtung senkrecht zur Axiallinie Ar wird als eine Radialrichtung Dr bezeichnet. Der Kompressorrotor 11 umfasst eine Rotorwelle 12, die um die Axiallinie Ar zentriert ist und sich in der Axialrichtung Da erstreckt, und eine Mehrzahl von Rotorflügelreihen 13 sind an diese Rotorwelle 12 angebracht. Die Mehrzahl von Rotorflügelreihen 13 sind in der Axialrichtung Da angeordnet. Jede der Rotorflügelreihen 13 umfasst eine Mehrzahl von Rotorflügeln, die in der Umfangsrichtung Dc angeordnet sind. Die Schaufelreihen 14 sind jeweils auf der stromabwärtigen Seite der Mehrzahl von Rotorflügelreihen 13 vorgesehen. Jede der Schaufelreihen 14 ist auf einer Innenseite des Kompressorgehäuses 15 vorgesehen. Jede der Schaufelreihen 14 umfasst eine Mehrzahl von Schaufeln, die in der Umfangsrichtung Dc angeordnet sind. Ein ringförmiger Raum zwischen der Außenumfangsseite in der Radialrichtung der Rotorwelle 12 und einer Innenumfangsseite in der Radialrichtung des Kompressorgehäuses 15 in einem Bereich, in dem die Schaufelreihen 14 und die Rotorflügelreihen 13 in der Axialrichtung Da vorgesehen sind, bildet einen Luftverdichtungsströmungskanal 19, durch den Luft strömt, und die gleichzeitig verdichtet wird. Das heißt, dieser Kompressor 10 ist ein mehrstufiger Axialströmungskompressor. Im Kompressorgehäuse 15 ist eine Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 in einem Bereich gebildet, der einer Zwischenstufe entspricht.

**[0019]** Die Turbine 30 umfasst einen Turbinenrotor 31, der sich um die drehende Axiallinie Ar dreht, ein Turbinengehäuse 35, das den Turbinenrotor 31 abdeckt, und eine Mehrzahl von Schaufelreihen 34. Die Brennkammer 20 ist an einem Abschnitt der

stromaufwärtigen Seite dieses Turbinengehäuses 35 befestigt. Der Turbinenrotor 31 umfasst eine Rotorwelle 32, die rund um die Axiallinie Ar zentriert ist und sich in der Axialrichtung Da erstreckt, und eine Mehrzahl von Rotorflügelreihen 33, die an diese Rotorwelle 32 angebracht sind. Die Mehrzahl von Rotorflügelreihen 33 sind in der Axialrichtung Da angeordnet. Jede der Rotorflügelreihen 33 umfasst eine Mehrzahl von Rotorflügeln, die in der Umfangsrichtung Dc angeordnet sind. Die Schaufelreihen 34 sind jeweils auf der stromaufwärtigen Seite von jeder der Mehrzahl von Rotorflügelreihen 33 vorgesehen. Jede der Schaufelreihen 34 ist auf einer Innenseite des Turbinengehäuses 35 vorgesehen. Jede der Schaufelreihen 34 umfasst eine Mehrzahl von Schaufeln, die in der Umfangsrichtung Dc angeordnet sind. Ein Verbrennungsgas-Strömungskanal 39, durch den Verbrennungsgas G von der Brennkammer 20 strömt, ist in einem ringförmigen Raum zwischen einer Außenumfangsseite der Rotorwelle 32 und einer Innenumfangsseite des Turbinengehäuses 35 in einem Bereich gebildet, in dem die Schaufelreihen 34 und die Rotorflügelreihen 33 in der Axialrichtung Da vorgesehen sind.

**[0020]** Die Turbine 30 hat vier Stufen. Folglich umfasst die Turbine 30 eine Schaufelreihe der ersten Stufe 34a, eine Schaufelreihe der zweiten Stufe 34b, eine Schaufelreihe der dritten Stufe 34c und eine Schaufelreihe der vierten Stufe 34d als die Schaufelreihen 34. Ferner umfasst die Turbine 30 eine Rotorflügelreihe der ersten Stufe 33a, eine Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b, eine Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c und eine Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d als die Rotorflügelreihen 33.

**[0021]** Die Brennkammer 20 ist an einem Abschnitt der stromaufwärtigen Seite des Turbinengehäuses 35 befestigt. Diese Brennkammer 20 umfasst eine Verbrennungsauskleidung (oder Übergangsstück) 21, die das Hochtemperatur-, Hochdruckverbrennungsgas G dem Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 der Turbine 30 zuführt, und einen Brennstoffinjektor 22, der Brennstoff gemeinsam mit Luft, die vom Kompressor 10 verdichtet wird, in die Verbrennungsauskleidung 21 einspritzt.

**[0022]** Der Kompressorrotor 11 und der Turbinenrotor 31 sind auf derselben Axiallinie Ar positioniert und miteinander verbunden, um den Gasturbinenrotor 1 zu bilden. Ferner sind das Kompressorgehäuse 15 und das Turbinengehäuse 35 miteinander verbunden, um ein Gasturbinengehäuse 5 zu bilden.

**[0023]** Die Luftentnahmeleitung 80 umfasst eine Mitteldruck-Luftentnahmeleitung 81, einen Kühler 86, der an dieser Mitteldruck-Luftentnahmeleitung 81 vorgesehen ist, ein Luftregelventil 87, das in der Mitteldruck-Luftentnahmeleitung 81 vorgesehen ist, und einen Luftregler 84, der in der Mitteldruck-Luft-

entnahmeleitung 81 vorgesehen ist. Die Mitteldruck-Luftentnahmeleitung 81 umfasst eine Mitteldruck-Luftentnahmehauptleitung 82, die mit der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 des Kompressors 10 verbunden ist, und eine Schaufelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 83 sowie eine Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85, die mit der Mitteldruck-Luftentnahmehauptleitung 82 verbunden ist.

**[0024]** Die Schaufelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 83 ist mit einer Position verbunden, die der Zwischenstufe der Turbine 30 auf dem Turbinengehäuse 35 entspricht. Der Luftregler 84 einer Öffnung oder dergleichen für das Regeln eines Drucks und einer Fließgeschwindigkeit der Luft, die durch diese Schaufelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 83 strömt, ist an der Schaufelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 83 vorgesehen. Beachten Sie, dass dieser Luftregler 84 ein Regelventil sein kann. Die Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 ist mit der Rotorwelle 32 verbunden. Der Kühler 86 und das Luftregelventil 87, das oben beschrieben wird, sind an dieser Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 vorgesehen. Der Kühler 86 kühlt die Luft, die durch diese Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 strömt. Das Luftregelventil 87 stellt die Fließgeschwindigkeit der Luft ein, die durch diese Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 strömt. Beachten Sie, dass der Kühler 86 an der Mitteldruck-Luftentnahmehauptleitung 82 vorgesehen sein kann.

**[0025]** Die Rotorwelle 32 des Turbinenrotors 31 umfasst eine Mehrzahl von Rotorscheiben 42, wie in **Fig. 2** dargestellt wird. Die Mehrzahl von Rotorscheiben 42 sind parallel zur Axialrichtung Da und miteinander durch einen Spindelbolzen 41 verbunden, der durch die Rotorscheiben 42 in der Axialrichtung Da eingefügt wird. Die Turbine 30 umfasst eine erste Scheibe 42a, eine zweite Scheibe 42b, eine dritte Scheibe 42c und eine vierte Scheibe 42d als die Rotorscheiben 42. Eine Rotorflügelreihe 33 ist mit jeder der Mehrzahl von Rotorscheiben 42 verbunden. Das heißt, die Rotorflügelreihe der ersten Stufe 33a ist mit der ersten Scheibe 42a verbunden, die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b ist mit der zweiten Scheibe 42b verbunden, die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c ist mit der dritten Scheibe 42c verbunden und die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d ist mit der vierten Scheibe 42d verbunden.

**[0026]** Die Rotorwelle 32 umfasst einen kleinen Durchmesserabschnitt 43, der von einem Lager 70 getragen wird, und einen großen Durchmesserabschnitt 44, der einen größeren Außendurchmesser hat als ein Außendurchmesser des kleinen Durchmesserabschnitts 43. Die Mehrzahl von Rotorflügelreihen 33 sind an einem Außenumfang von diesem großen Durchmesserabschnitt 44 angebracht. Der kleine Durchmesserabschnitt 43 ist auf der stromab-

wärtigen Seite des großen Durchmesserabschnitts 44 vorgesehen. Eine Außenumfangsseite des Lagers 70 wird von einer Lagerabdeckung 71 abgedeckt. Ein Dichtungselement der stromaufwärtigen Seite 72a, das einen Bereich zwischen der Lagerabdeckung 71 und dem kleinen Durchmesserabschnitt 43 der Rotorwelle 32 abdichtet, ist auf der stromaufwärtigen Seite des Lagers 70 vorgesehen, und ein Dichtungselement der stromabwärtigen Seite 72b, das einen Bereich zwischen der Lagerabdeckung 71 und dem kleinen Durchmesserabschnitt 43 der Rotorwelle 32 abdeckt, ist auf der stromabwärtigen Seite des Lagers 70 auf einer Innenumfangsseite der Lagerabdeckung 71 vorgesehen.

**[0027]** Ein Innendiffuser 77, mit einer zylindrischen Form und um die Axiallinie Ar zentriert, ist auf der Außenumfangsseite des kleinen Durchmesserabschnitts 43 vorgesehen, und ein Außendiffuser 78 mit einer zylindrischen Form und um die Axiallinie Ar zentriert, ist auf einer Außenumfangsseite dieses Innendiffusers 77 auf der stromabwärtigen Seite des großen Durchmesserabschnitts 44 der Rotorwelle 32 vorgesehen. Der Innendiffuser 77 und der Außendiffuser 78 sind beide direkt oder indirekt an das Turbinengehäuse 35 befestigt. Ein ringförmiger Raum zwischen der Außenumfangsseite des Innendiffusers 77 und der Innenumfangsseite des Außendiffusers 78 bildet einen Verbrennungsgas-Abgasströmungsweg 79, durch den Verbrennungsgas vom Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 strömt.

**[0028]** Ein Axialrichtungskanal 45, ein Festkörperwirbelkanal 46, ein Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 (erster Flügelanordnungskanal), ein Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 (zweiter Flügelanordnungskanal) und ein Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49 (dritter Flügelanordnungskanal) sind in der Rotorwelle 32 gebildet. Der Axialrichtungskanal 45 ist ein Kanal, in dem Kühlluft von der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 strömt, und der sich in der Axialrichtung Da erstreckt. Der Festkörperwirbelkanal 46 ist mit dem Axialrichtungskanal 45 verbunden und erstreckt sich in der Radialrichtung nach außen. Der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 leitet die Kühlluft, die durch den Festkörperwirbelkanal 46 geströmt ist, zur Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b (erste Rotorflügelreihe). Der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 leitet die Kühlluft, die durch den Festkörperwirbelkanal 46 geströmt ist, zur Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c (zweite Rotorflügelreihe). Der Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49 leitet die Kühlluft, die durch den Festkörperwirbelkanal 46 geströmt ist, zur Rotorflügelreihe der vierten Stufe (dritte Rotorflügelreihe). Der Axialrichtungskanal 45 öffnet sich an einem stromabwärtigen Ende des kleinen Durchmesserabschnitts 43 zu einer Position an einem stromabwärtigen Abschnitt des großen Durchmesserabschnitts 44. Der Axialrichtungskanal 45 ist ein

kreisförmiger, säulenförmiger Kanal, der um die Axiallinie Ar zentriert ist. Der Flügelanordnungs-kanal der zweiten Stufe 47, der Flügelanordnungs-kanal der dritten Stufe 48, der Flügelanordnungs-kanal der vier-ten Stufe 49 und der Festkörperwirbelkanal 46 sind jeweils im großen Durchmesserabschnitt 44 der Rotorwelle 32 gebildet. Der Festkörperwirbelkanal 46 ist in einer Position an der stromabwärtigen Seite des Flügelanordnungs-kanals der vierten Stufe 33d am weitesten stromabwärts im großen Durch-messerabschnitt 44 gebildet. Der Flügelanordnungs-kanal der zweiten Stufe 47, der Flügelanordnungs-kanal der dritten Stufe 48 und der Flügelanordnungs-kanal der vierten Stufe 49 sind jeweils mit einem in der Radialrichtung außen liegen- den Endabschnitt vom Festkörperwirbelkanal 46 ver- bunden.

**[0029]** Zu beachten ist, dass sich in der Spezifika- tion und den Patentansprüchen der vorliegenden Anmeldung „A und B sind verbunden“ auf einen Zustand bezieht, in dem Luft konfiguriert ist, um von A nach B oder von B nach A zu strömen.

**[0030]** Ferner in der Spezifikation und den Patent- ansprüchen der vorliegenden Anmeldung bezieht sich „Festkörperwirbelkanal“ auf einen Strömungska- nal, der als ein Kanal einer Flüssigkeit dient, der an einem Rotationskörper vorgesehen ist und die Flüs- sigkeit in der Radialrichtung nach außen oder nach innen speist, während die Flüssigkeit mit derselben Umfangsgeschwindigkeit wie jene des Rotationskör- pers verwirbelt wird. Ein solcher Strömungskanal ist im Allgemeinen ein Loch H, das linear in einer Radial- richtung eines Rotationskörpers R vorgesehen ist, wie eine Rotorscheibe, und verschiedene Positionen in der Radialrichtung verbindet, wie in **Fig. 4A** und **4B** dargestellt wird. Aber der Festkörperwirbelkanal beschränkt sich nicht darauf, und kann ein Loch mit einer gekrümmten Form sein, und kann gebildet sein, indem er ein zylindrisches Element verwendet, das an eine Scheibe angebracht ist und sich in der Radialrichtung erstreckt oder ein Flügelelement, das von einer Scheibe in der Axialrichtung vorsteht, wie mit einem Radialkompressor.

**[0031]** Die Kanäle im großen Durchmesserkanal 44 der Rotorwelle 32 werden nachstehend detailliert beschrieben.

Ein erster Hohlraum 52a wird zwischen der ersten Scheibe 42a und der zweiten Scheibe 42b gebildet. Ein zweiter Hohlraum 52b wird zwischen der zweiten Scheibe 42b und der dritten Scheibe 42c gebildet. Ein dritter Hohlraum 52c wird zwischen der dritten Scheibe 42c und der vierten Scheibe 42d gebildet. Ein vierter Hohlraum 52d wird in einem Abschnitt auf der stromabwärtigen Seite in der vierten Scheibe 42d gebildet. Der erste Hohlraum 52a, der zweite Hohlraum 52b, der dritte Hohlraum 52c und der vierte Hohlraum 52d sind jeweils ein ringförmiger Raum mit

der Axiallinie Ar als Mitte. Der vierte Hohlraum 52d ist in einer Position gebildet, in der der Festkörperwir- belkanal 46 in der Axialrichtung Da gebildet ist, und ist mit dem in der Radialrichtung außen liegenden Endabschnitt von diesem Festkörperwirbelkanal 46 verbunden. Ein vierter Scheibenkanal 53d und ein Kommunikationskanal der vierten Stufe 57 sind in der vierten Scheibe 42d gebildet. Der vierte Schei- benkanal 53d erstreckt sich in der Axialrichtung Da und steht mit dem vierten Hohlraum 52d und dem dritten Hohlraum 52c in Verbindung. Der Kommuni- kationskanal der vierten Stufe 57 steht mit dem vier- ten Hohlraum 52d und einer Befestigungsposition der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d in Verbin- dung. Ein dritter Scheibenkanal 53c und ein Kommu- nikationskanal der dritten Stufe 56 sind in der dritten Scheibe 42c gebildet. Der dritte Scheibenkanal 53c erstreckt sich in der Axialrichtung Da und steht mit dem vierten Hohlraum 52b und dem zweiten Hohl- raum 52c in Verbindung. Der Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 steht mit dem zweiten Hohlraum 52b und einer Befestigungsposition der Rotorflügel- reihe der dritten Stufe 33c in Verbindung. Ein Kom- munikationskanal der zweiten Stufe 55, der mit dem zweiten Hohlraum 52b und einer Befestigungsposi- tion der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b in Verbindung steht, ist in der zweiten Scheibe 42b gebildet.

**[0032]** Der Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49 wird durch den vierten Hohlraum 52d und den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57 gebildet. Der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 wird durch den vierten Hohlraum 52d, den vierten Schei- benkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c, den dritten Scheibenkanal 53c, den zweiten Hohlraum 52b und den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 gebil- det. Der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 wird durch den vierten Hohlraum 52d, den vierten Scheibenkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c, den dritten Scheibenkanal 53c, den zweiten Hohlraum 52b und den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 gebildet.

**[0033]** Folglich bildet der vierte Hohlraum 52d einen Kanal, den der Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49, der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 und der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 gemeinsam haben. Ferner bilden der vierte Scheibenkanal 53d, der dritte Hohlraum 52c, der dritte Scheibenkanal 53c und der zweite Hohlraum 52b einen Kanal, den der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 und der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 gemeinsam haben.

**[0034]** Ein axialer Endflansch 74, der der Rotorwelle 32 in einem Abstand in der Axialrichtung Da gegen- überliegt, ist an einem stromabwärtigen Ende der Rotorwelle 32 vorgesehen. Dieser axiale Endflansch 74 ist an die Lagerabdeckung 71 befestigt. Ein End-

abschnitt der Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 ist an diesem axialen Endflansch 74 befestigt. Ein Durchgangsloch für das Verbinden eines Innenraums der Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 und des Axialrichtungskanals 45, der in der Rotorwelle 32 gebildet ist, ist in diesem axialen Endflansch 74 gebildet.

**[0035]** Nachstehend wird der Betrieb der oben beschriebenen Gasturbine beschrieben.

**[0036]** Der Luftkompressor 10 erzeugt Druckluft, indem er Umgebungsluft ansaugt und verdichtet. Die vom Kompressor 10 erzeugte Druckluft wird teilweise in die Verbrennungsauskleidung 21 über den Brennstoffinjektor 22 der Brennkammer 20 ausgelassen. Weiters wird Brennstoff vom Brennstoffinjektor 22 in die Verbrennungsauskleidung 21 eingespritzt. Dieser Brennstoff wird in der Druckluft in der Verbrennungsauskleidung 21 verbrannt. Nach dieser Verbrennung wird das Verbrennungsgas G erzeugt, und dieses Verbrennungsgas G strömt von der Verbrennungsauskleidung 21 in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 der Turbine 30. Dieses Verbrennungsgas G strömt durch den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39, wodurch der Turbinenrotor 31 gedreht wird.

**[0037]** Die Rotorflügel der Turbine 30, die im Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 vorgesehen sind, sind dem Hochtemperatur-Verbrennungsgas ausgesetzt. Folglich wird die Luft, die dem Kompressor 10 entnommen wird, als Kühlluft zu den Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b, die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c und die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d bilden, geleitet und kühlt die Rotorflügel. Darüber hinaus wird die Kühlluft ebenfalls zu den Schaufeln geleitet, die die Schaufelreihe der dritten Stufe 34c bilden, und kühlt die Schaufeln.

**[0038]** Fig. 3 stellt eine beispielhafte Temperatur und einen Druckausgleich in der Gasturbine dar. Der Druck der Luft in der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 des Kompressors 10 ist 10 ata. Ferner ist der Druck zwischen der Schaufelreihe der zweiten Stufe 34b und der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b im Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 8 ata, der Druck zwischen der Schaufelreihe der dritten Stufe 34c und der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33c im Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ist 6 ata und der Druck zwischen der Schaufelreihe der vierten Stufe 34d und der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d im Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ist 2 ata.

**[0039]** Die Kühlluft, die der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 des Kompressors 10 entnommen wird, strömt durch die Mitteldruck-Luftentnahmehauptleitung 82 der Luftentnahmeleitung 80. Ein Teil

der Kühlluft strömt dann in die Schaufelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 83, während ein verbleibender Teil in die Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 strömt. Die Kühlluft, die der Schaufelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 83 zugeführt wird, erreicht einen Druck von 7 ata während eines Strömens durch den Luftreglers 84, wird der Mehrzahl von Schaufeln, die die Schaufelreihe der dritten Stufe 34c bilden, zugeführt und kühlt die Mehrzahl von Schaufeln.

**[0040]** Die Kühlluft, die der Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 zugeführt wird, wird während eines Strömens durch den Kühler 86 gekühlt, deren Fließgeschwindigkeit wird durch das Luftregelventil 87 angepasst, und sie wird dann dem Axialrichtungskanal 45 der Rotorwelle 32 zugeführt.

**[0041]** Aufgrund des Druckverlusts während des Strömens durch den Kühler 86 und des Luftregelventils 87 und dergleichen, verringert sich der Druck der Kühlluft kurz vor dem Zuführen in den Axialrichtungskanal 45 auf ungefähr 8 ata. Ferner wird die Kühlluft kurz vor dem Zuführen in den Axialrichtungskanal 45 vom Kühler 86 gekühlt, wodurch sich die Temperatur verringert.

**[0042]** Die Kühlluft, die dem Axialrichtungskanal 45 zugeführt wird, strömt von diesem Axialrichtungskanal 45 durch den Festkörperwirbelkanal 46, der sich in der Radialrichtung nach außen erstreckt, und in den vierten Hohlraum 52d. Während des Strömens durch den Festkörperwirbelkanal 46, der sich in der Radialrichtung nach außen erstreckt, wird die Kühlluft einer Zentrifugalkraft von der Rotorwelle 32, die sich um die Axiallinie Ar dreht, ausgesetzt, wodurch der Druck steigt. Folglich ist der Druck der Kühlluft, die den vierten Hohlraum 52d erreichte, 9 ata. Beachten Sie, dass die Temperatur der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d aufgrund des erhöhten Drucks steigt.

**[0043]** Ein Teil der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d strömt durch den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57, der teilweise den Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49 bildet, und in die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d bilden. Während des Strömens durch den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57, werden der Druck und die Fließgeschwindigkeit dieser Kühlluft eingestellt. Folglich erreicht die Kühlluft kurz vor dem Einstromen vom Kommunikationskanal der vierten Stufe 57 in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d einen Druck von 3 ata. Diese Kühlluft strömt durch die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d bilden, kühlt die Rotorflügel und wird dann in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ausgelassen.



**[0044]** Der verbleibende Teil der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d strömt durch den vierten Scheibenkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c und den dritten Scheibenkanal 53c und in den zweiten Hohlraum 52b. Der Druck der Kühlluft im zweiten Hohlraum 52b ist ungefähr gleich wie der Druck der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d auf 9 ata.

**[0045]** Ein Teil der Kühlluft, die dem zweiten Hohlraum 52b zugeführt wird, strömt durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56, der teilweise den Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 bildet, und in die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c bilden. Während des Strömens durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 werden der Druck und die Fließgeschwindigkeit dieser Kühlluft eingestellt und sie erreicht einen Druck von ungefähr 7 ata kurz vor dem Einstromen vom Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c. Diese Kühlluft strömt durch die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c bilden, kühlt die Rotorflügel und wird dann in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ausgelassen.

**[0046]** Der verbleibende Teil der Kühlluft, die dem zweiten Hohlraum 52b zugeführt wird, strömt durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55, der teilweise den Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 bildet, und in die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b bilden. Während des Strömens durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55, werden der Druck und die Fließgeschwindigkeit dieser Kühlluft eingestellt. Folglich erreicht die Kühlluft kurz vor dem Einstromen vom Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b einen Druck von ungefähr 9 ata. Diese Kühlluft strömt durch die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b bilden, kühlt die Rotorflügel und wird dann in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ausgelassen.

**[0047]** Die Kühlluft, die vom vierten Hohlraum 52d durch den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57 und in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d strömt, die Kühlluft, die vom zweiten Hohlraum 52b durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 und in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c strömt, und die Kühlluft, die vom zweiten Hohlraum 52b durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 und in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b strömt, erleidet jeweils einen Druckverlust während des Strömens durch die Kommunikationskanäle 57, 56, 55 und deren Druck steigt, nachdem sie der Zentrifugalkraft von der Rotorwelle 32 ausgesetzt

werden. Die Kühlluft, die vom vierten Hohlraum 52d durch den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57 und in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d strömt, erleidet einen größeren Druckverlust, wenn sie durch den Kommunikationskanal 57 strömt, als der Druckeffekt von der Zentrifugalkraft während des Strömens durch den Kommunikationskanal 57 und der Druck verringert sich folglich. Die Kühlluft, die ferner vom zweiten Hohlraum 52b durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 und in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c strömt, erleidet ebenfalls einen größeren Druckverlust, wenn sie durch den Kommunikationskanal 56 strömt, als der Druckeffekt von der Zentrifugalkraft und der Druck verringert sich folglich. Andererseits wird unterdrückt, dass die Kühlluft, die vom zweiten Hohlraum 52b durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 und in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b strömt, einen Druckverlust während des Strömens durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 erleidet.

**[0048]** Wie oben beschrieben können die Rotorflügel der Turbine 30 von der Luft, die vom Kompressor 10 entnommen wird, gekühlt werden. Weiters wird die Luft, die dem Kompressor 10 entnommen wird, der drehenden Rotorwelle 32 zugeführt, und ein Festkörperwirbel der Kühlluft wird in dieser Rotorwelle 32 erzeugt, wodurch der Druck der Kühlluft erhöht wird. Diese Kühlluft wird dann jeder der Rotorflügelreihen 33 zugeführt. Folglich ist es möglich, Niederdruckluft vom Kompressor 10 zu entnehmen, wodurch die Antriebskraft des Kompressors 10 unterdrückt werden kann. Folglich ist es möglich, die Rotorflügel der Turbine 30 durch die Luft, die vom Kompressor 10 entnommen wird, zu kühlen, und gleichzeitig kann eine Effizienzreduktion der Gasturbine unterdrückt werden.

**[0049]** Um ferner den Druck der Luft, die vom Kompressor 10 entnommen wird, zu unterdrücken, ist der Festkörperwirbelkanal 46, der sich in der Radialrichtung erstreckt, in der Rotorwelle 32 gebildet, und die Luft, die dem Kompressor 10 entnommen wird, wird dem Festkörperwirbelkanal 46 zugeführt, wird mit Druck beaufschlagt und dann auf die Rotorflügel von jeder der Rotorflügelreihen 33 verteilt. Beachten Sie, dass der Festkörperwirbelkanal 46 für jede der Mehrzahl von Rotorflügelreihen 33 gebildet werden kann. Dennoch sind in diesem Fall die Mehrzahl von Festkörperwirbelkanälen 46 in unterschiedlichen Positionen in der Axialrichtung Da gebildet und folglich steigt die Länge der Rotorwelle 32 in der Axialrichtung Da, wodurch die Vibrationseigenschaften des Turbinenrotors 31 sinken. Ferner vergrößert sich der Abstand zwischen den Stufen der Turbine 30 ebenfalls, wodurch die aerodynamische Leistung der Turbine 30 reduziert wird.

**[0050]** Wie oben beschrieben, wird hingegen die Luft, sobald die Luft im Festkörperwirbelkanal 46 mit Druck beaufschlagt wird, jeder der Mehrzahl an Rotorflügelreihen 33 zugeführt, wobei die Verlängerung der Rotorwelle 32 in der Axialrichtung Da unterdrückt wird und folglich kann eine Verschlechterung der Vibrationseigenschaften des Turbinenrotors 31 unterdrückt werden. Ferner ist der Festkörperwirbelkanal 46 auf der stromabwärtigen Seite der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d am weitesten stromabwärts gebildet und existiert an keiner Stelle zwischen der Mehrzahl von Stufen, wodurch eine Vergrößerung des Abstandes zwischen den Stufen der Turbine 30 unterdrückt wird und folglich wird eine Reduktion der aerodynamischen Leistung der Turbine 30 ebenfalls unterdrückt.

**[0051]** Ferner wird erwartet, dass ein Fremdstoff, wie Schutt, der in der Luft, die durch den Festkörperwirbelkanal 46 strömt, vorhanden ist, sich beim in der Radialrichtung außen liegenden Endabschnitt des Festkörperwirbelkanals 46 ansammelt. Dieser Festkörperwirbelkanal 46 wird auf der stromabwärtigen Seite der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d am weitesten stromabwärts gebildet, wodurch der Zugang auf den in der Radialrichtung außen liegenden Endabschnitt dieses Festkörperwirbelkanals 46 ermöglicht wird, ohne die Rotorwelle 32 in die Mehrzahl von Rotorscheiben 42 zu zerlegen. Folglich ist es sogar dann möglich, den Fremdstoff einfach zu entfernen, wenn sich ein Fremdstoff, wie Schutt, am in der Radialrichtung außen liegenden Endabschnitt des Festkörperwirbelkanals 46 ansammelt.

**[0052]** Nachfolgend wird eine weitere Gasturbine unter Bezugnahme auf **Fig. 5** bis 7 beschrieben.

**[0053]** In der ersten beschriebenen Gasturbine wird die Luft, die der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 des Kompressors 10 entnommen wird, in Luft für die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b, Luft für die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c und Luft für die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d in der Rotorwelle 32 der Turbine 30 unterteilt.

**[0054]** In der Gasturbine der **Fig. 5** bis 7 wird die Luft, die der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 des Kompressors 10 entnommen wird, zuerst in Luft für die Rotorflügelreihen der zweiten und dritten Stufe 33b, 33c, und Luft für die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d außerhalb der Rotorwelle 32 der Turbine 30 unterteilt, wie in **Fig. 5** und 7 dargestellt wird. Ferner wird in dieser Gasturbine die Luft für die Rotorflügelreihen der zweiten und dritten Stufe 33b, 33c in Luft für die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b und Luft für die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c in der Rotorwelle 32 unterteilt.

**[0055]** Folglich wird eine Luftentnahmeweigleitung 88, die einen Teil der Kühlluft, die durch die Rotorflü-

gelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 geströmt ist, in die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d als Luft für die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d leitet, mit der Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 verbunden, die mit dem stromabwärtigen Ende der Rotorwelle 32 verbunden ist. Die Luftentnahmeweigleitung 88 ist mit einem stromabwärtigen Ende des großen Durchmesserabschnitts 44 der Rotorwelle 32 verbunden.

**[0056]** In der Rotorwelle 32, ähnlich wie die Rotorwelle 32 der ersten Gasturbine, werden der Axialrichtungskanal 45, der Festkörperwirbelkanal 46, der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 (erster Flügelanordnungskanal) und der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 (zweiter Flügelanordnungskanal) gebildet. Der Axialrichtungskanal 45 ist ein Kanal, in dem Kühlluft von der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 über die Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 strömt. Der Festkörperwirbelkanal 46 ist mit dem Axialrichtungskanal 45 verbunden. Der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 leitet die Kühlluft, die durch den Festkörperwirbelkanal 46 geströmt ist, zur Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b (erste Rotorflügelreihe). Der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 leitet die Kühlluft, die durch den Festkörperwirbelkanal 46 geströmt ist, zur Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c (zweite Rotorflügelreihe).

**[0057]** Der erste Hohlraum 52a, der zweite Hohlraum 52b, der dritte Hohlraum 52c und der vierte Hohlraum 52d sind im großen Durchmesserabschnitt 44 der Rotorwelle 32 gebildet, ähnlich dem großen Durchmesserabschnitt 44 der Rotorwelle 32 der ersten Gasturbine. Der vierte Hohlraum 52d ist mit dem in der Radialrichtung außen liegenden Endabschnitt des Festkörperwirbelkanals 46 verbunden. Der vierte Hohlraum 52d und der dritte Hohlraum 52c sind durch den vierten Scheibenkanal 53d verbunden, und der dritte Hohlraum 52c und der zweite Hohlraum 52b sind durch den dritten Scheibenkanal 53c verbunden. Der zweite Hohlraum 52b und die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c sind durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 verbunden, und der zweite Hohlraum 52b und die Rotorflügelreihe 33b sind durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 verbunden.

**[0058]** Folglich wird der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 ebenfalls durch den vierten Hohlraum 52d, den vierten Scheibenkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c, den dritten Scheibenkanal 53c, den zweiten Hohlraum 52b und den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 gebildet. Der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 wird ferner durch den vierten Hohlraum 52d, den vierten Scheibenkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c, den dritten Scheibenkanal 53c, den zweiten Hohlraum 52b und

den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 gebildet.

**[0059]** Im großen Durchmesserabschnitt 44 der Rotorwelle 32 der vorliegenden Gasturbine, ist ein fünfter Hohlraum 52e, der von dem stromabwärtigen Seitenende des großen Durchmesserabschnitts 44 in Richtung der stromaufwärtigen Seite eingebuchtet ist, ferner in einer in der Radialrichtung außen liegenden Position in Bezug auf den vierten Hohlraum 52d gebildet. Dieser fünfte Hohlraum 52e und die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d sind durch einen Kommunikationskanal der vierten Stufe 57a verbunden. Folglich wird ein Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49a (dritter Flügelanordnungskanal), der Kühlluft, die durch die Vordralldüse 67 geströmt ist, in die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d leitet, gebildet, derart, um den fünften Hohlraum 52e und den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57a zu umfassen.

**[0060]** Eine axiale Endplatte 61 mit einer Scheibenform, wobei die Axiallinie Ar als die Mitte dient, ist gegenüberliegend vom stromabwärtigen Ende des großen Durchmesserabschnitts 44 in einem Abstand in der Axialrichtung Da auf der stromabwärtigen Seite des großen Durchmesserabschnitts 44 vorgesehen. Ein Ende nach innen in der Radialrichtung der axialen Endplatte 61 ist an ein stromaufwärtiges Ende der Lagerabdeckung 71 befestigt. Eine große Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 ist gegenüberliegend vom stromabwärtigen Ende des großen Durchmesserabschnitts 44 in einem Abstand in der Axialrichtung Da zwischen dieser axialen Endplatte 61 und dem großen Durchmesserabschnitt 44 vorgesehen. Ein Ende nach innen in der Radialrichtung dieser großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 ist an die axiale Endplatte 61 befestigt. Ferner ist ein in der Radialrichtung außen liegendes Ende dieser großen Durchmesserabschnitt-Endplatte 62 an ein stromaufwärtiges Ende des Innendiffusors 77 befestigt. Ein Dichtungsbefestigungsabschnitt 63, der einer Außenumfangsfläche auf der stromabwärtigen Seite des großen Durchmesserabschnitts 44 in einem Abstand gegenüberliegt, ist in einem in der Radialrichtung außen liegenden Bereich der großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 gebildet. Dieser Dichtungsbefestigungsabschnitt 63 ist mit einem Dichtungselement 64 vorgesehen, das einen Bereich zwischen dem großen Durchmesserabschnitt 44 und der großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 abdichtet.

**[0061]** Ein großer Durchmesserabschnitt-Endhohlraum 65, der mit dem fünften Hohlraum 52e in Verbindung steht und als ein ringförmiger Raum mit der Axiallinie Ar als die Mitte dient, ist zwischen der großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 und dem großen Durchmesserabschnitt 44 gebildet. Ferner ist ein Luftaufnahmeraum 66, der als ein ringförmiger

Ringraum mit der Axiallinie Ar als die Mitte dient, im Bereich gebildet, wo der fünfte Hohlraum 52e in der Radialrichtung Dr zwischen der großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 und der axialen Endplatte 61 gebildet ist. Dieser Luftaufnahmeraum 66 ist ein Raum, der von der Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 und der axialen Endplatte 61 umgeben ist.

**[0062]** Ein Endabschnitt der Luftentnahmeweigleitung 88 ist an die axiale Endplatte 61 befestigt. Folglich strömt ein Teil der Kühlluft, die durch die Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 geströmt ist, durch die Luftentnahmeweigleitung 88 und in den Luftaufnahmeraum 66, der durch die axiale Endplatte 61 und die große Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 gebildet ist. In der großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 ist eine Vordralldüse 67, die der Kühlluft, die durch den Luftaufnahmeraum 66 eingeführt wird, eine Geschwindigkeitskomponente in der Drehrichtung der Rotorwelle 32 verleiht, in einer Position gegenüberliegend dem fünften Hohlraum 52e des großen Durchmesserabschnitts 44 vorgesehen. In der großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 ist ein Dichtungselement 64b, das einen Bereich zwischen dem großen Durchmesserabschnitt 44 und der großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62 abdichtet, in einer Position gegenüberliegend dem großen Durchmesserabschnitt 44 in der Radialrichtung nach innen in der Radialrichtung in Bezug auf die Position, wo die Vordralldüse 67 vorgesehen ist, vorgesehen.

**[0063]** Die Vordralldüse 67 umfasst eine Mehrzahl von Drallschaufeln 68, die in der Umfangsrichtung Dc angeordnet sind, wie in **Fig. 6** dargestellt wird. Die Drallschaufel 68 neigt sich allmählich zu einer Drehrichtung Rr-Seite der Rotorwelle 32 von der stromabwärtigen Seite in Richtung der stromaufwärtigen Seite. Die Vordralldüse 67 ist eine Düse, die den Druck der Kühlluft, die dem Luftaufnahmeraum 66 auf der stromabwärtigen Seite zugeführt wird, teilweise in kinetische Energie in der Drehrichtung Rr der Rotorwelle 32 umwandelt, wobei der Kühlluft eine Geschwindigkeitskomponente in der Drehrichtung Rr übertragen wird.

**[0064]** Nachstehend wird die Strömung der Kühlluft der oben beschriebenen Gasturbine beschrieben.

**[0065]** Die Kühlluft, die von der Mitteldruck-Luftentnahmeleitung 16 des Kompressors 10 entnommen wird und der Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 zugeführt wird, wird, ähnlich wie in der ersten Gasturbine, während des Strömens durch den Kühler 86 gekühlt, deren Fließgeschwindigkeit wird durch das Luftregelventil 87 angepasst, und dann teilweise dem Axialrichtungskanal 45 der Rotorwelle 32 zugeführt. Die Kühlluft reduziert den Druck kurz vor dem Eingang in den Axialrichtungskanal 45 auf

ungefähr 8 ata, wie in **Fig. 7** dargestellt wird, und die Temperatur wird ebenfalls reduziert.

**[0066]** Die Kühlluft, die dem Axialrichtungskanal 45 zugeführt wird, ähnlich wie in der ersten Gasturbine, strömt durch den Festkörperwirbelkanal 46, der sich von diesem Axialrichtungskanal 45 in der Radialrichtung nach außen erstreckt, und in den vierten Hohlraum 52d. Während des Strömens durch den Festkörperwirbelkanal 46, der sich in der Radialrichtung nach außen erstreckt, wird die Kühlluft einer Zentrifugalkraft von der Rotorwelle 32, die sich um die Axiallinie Ar dreht, ausgesetzt, wodurch der Druck steigt. Folglich ist der Druck der Kühlluft, die den vierten Hohlraum 52d erreicht, 9 ata. Beachten Sie, dass die Temperatur der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d aufgrund des erhöhten Drucks steigt.

**[0067]** Die Kühlluft im vierten Hohlraum 52d strömt durch den vierten Scheibenkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c und den dritten Scheibenkanal 53c und in den zweiten Hohlraum 52b. Der Druck der Kühlluft im zweiten Hohlraum 52b ist ungefähr gleich wie der Druck der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d bei 9 ata, und die Temperatur dieser Kühlluft ist ungefähr die gleiche wie die Temperatur der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d.

**[0068]** Ein Teil der Kühlluft, die dem zweiten Hohlraum 52b zugeführt wird, strömt ähnlich wie in der ersten Gasturbine, durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56, der teilweise den Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 bildet, und in die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c bilden. Während des Strömens durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 werden der Druck und die Fließgeschwindigkeit dieser Kühlluft eingestellt und sie erreicht einen Druck von ungefähr 7 ata kurz vor dem Einströmen vom Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c. Diese Kühlluft strömt durch die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c bilden, kühlt die Rotorflügel und wird dann in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ausgelassen.

**[0069]** Der verbleibende Teil der Kühlluft, die dem zweiten Hohlraum 52b zugeführt wird, strömt ähnlich wie in der ersten Gasturbine, durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55, der teilweise den Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 bildet, und in die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b bilden. Während des Strömens durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55, werden der Druck und die Fließgeschwindigkeit dieser Kühlluft eingestellt. Folglich erreicht die Kühlluft kurz vor dem Einströmen vom Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der

zweiten Stufe 33b einen Druck von ungefähr 9 ata. Diese Kühlluft strömt durch die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b bilden, kühlt die Rotorflügel und wird dann in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ausgelassen.

**[0070]** Ein Teil der Kühlluft, die durch die Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 strömt, strömt in die Luftentnahmezweigleitung 88. Der Druck der Kühlluft, die der Luftentnahmezweigleitung 88 zugeführt wird, ist ungefähr 8 ata.

**[0071]** Die Kühlluft strömt von der Luftentnahmezweigleitung 88 in den Luftaufnahme-raum 66, dann durch die Vordralldüse 67 und in den großen Durchmesserabschnitt-Endhohlraum 65. Während die Kühlluft durch die Vordralldüse 67 strömt, wird der Druck der Kühlluft teilweise in kinetische Energie in der Drehrichtung Rr der Rotorwelle 32 umgewandelt, wodurch eine Geschwindigkeitskomponente in der Drehrichtung Rr übertragen wird.

**[0072]** Der Druck der Kühlluft wird auf ungefähr 5 ata reduziert, nachdem sie durch die Vordralldüse 67 geströmt ist. Ferner ist eine Umfangsgeschwindigkeit 7, in Bezug auf die Axiallinie Ar, der Kühlluft nach dem Strömen durch die Vordralldüse 67 ungefähr gleich wie eine Umfangsgeschwindigkeit in einer Position des fünften Hohlrums 52e in der Rotorwelle 32. Das heißt, die Kühlluft im großen Durchmesserabschnitt-Endhohlraum 65 wirbelt im großen Durchmesserabschnitt-Endhohlraum 65, der eine ringförmige Form hat, mit einer Umfangsgeschwindigkeit, die ungefähr gleich ist wie jene im fünften Hohlraum 52e in der Rotorwelle 32. Folglich verursacht die Kühlluft im großen Durchmesserabschnitt-Endhohlraum 65 keinen Widerstand, der die Drehung der Rotorwelle 32 behindert, wenn sie in den fünften Hohlraum 52e in der Rotorwelle 32 strömt.

**[0073]** Der Druck der Kühlluft, die dem fünften Hohlraum 52e zugeführt wird, ist ungefähr 5 ata.

**[0074]** Die Kühlluft im fünften Hohlraum 52e strömt durch den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57a, der teilweise den Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49a bildet, und in die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d bilden. Während des Strömens durch den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57a, werden der Druck und die Fließgeschwindigkeit dieser Kühlluft eingestellt. Folglich erreicht die Kühlluft kurz vor dem Einströmen vom Kommunikationskanal der vierten Stufe 57a in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d einen Druck von 3 ata. Diese Kühlluft strömt durch die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d

bilden, kühlt die Rotorflügel und wird dann in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ausgelassen.

**[0075]** Folglich können in der vorliegenden Gasturbine, ähnlich wie in der ersten Gasturbine, die Rotorflügel der Turbine 30 von der Luft, die vom Kompressor 10 entnommen wird, ebenfalls gekühlt werden. Außerdem ist es ebenfalls möglich, die Antriebskraft des Kompressors 10 zu unterdrücken und folglich eine Effizienzreduktion der Gasturbine zu unterdrücken.

**[0076]** Ferner wird, ähnlich wie in der ersten Gasturbine, der Druck der Luft im Festkörperwirbelkanal 46 erhöht, der auf der stromabwärtigen Seite der Rotorflügelreihe 33 am weitesten stromabwärts gebildet ist, und wird dann zu jeder der Mehrzahl von Rotorflügelreihen 33 verteilt, wodurch eine Verschlechterung der Vibrationseigenschaften des Turbinenrotors 31 sowie eine Reduktion der aerodynamischen Leistung der Turbine 30 unterdrückt wird.

**[0077]** Darüber hinaus wird bei der ersten Gasturbine die Kühlluft, die die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b, die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c und die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c kühlt, dem Festkörperwirbelkanal 46 in ihrer Gesamtheit zugeführt, und die Zentrifugalkraft, die durch die Drehung des Turbinenrotors 31 erzeugt wird, wird dann verwendet, um den Druck der Kühlluft zu erhöhen. In der vorliegenden Gasturbine wird hingegen die Kühlluft, die die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b und die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c kühlt, dem Festkörperwirbelkanal 46 zugeführt und mit Druck beaufschlagt, und die Kühlluft, die die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d kühlt, strömt durch die Vordralldüse 67, ohne in den Festkörperwirbelkanal 46 zu strömen, wobei bewirkt wird, dass diese Kühlluft verwirbelt wird, wodurch der Drehwiderstand des Turbinenrotors 31 sinkt. Folglich wird der Drehwiderstand des Turbinenrotors 31 geringer als jener in der ersten Ausführungsform, wodurch ein Effizienzanstieg der Gasturbine ermöglicht wird.

**[0078]** Ferner strömt die Kühlluft für die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d durch die Luftentnahmeweigleitung 88, die außerhalb der Rotorwelle 32 vorgesehen ist, wodurch die Fließgeschwindigkeit, der Druck und die Temperatur der Kühlluft für diese Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d einfach einstellbar sind, wobei das Luftregelventil und der Kühler an dieser Luftentnahmeweigleitung 88 vorgesehen sind.

**[0079]** Nachfolgend wird eine Ausführungsform der Gasturbine gemäß der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf **Fig. 8** bis **10** beschrieben.

**[0080]** Bei der ersten und zweiten Gasturbine wird die Kühlluft, die von der Mitteldruck-Luftentnahmeöff-

nung 16 des Kompressors 10 entnommen wird, als die Kühlluft für die Rotorflügelreihen der zweiten, dritten und vierten Stufe 33b, 33c, 33d verwendet.

**[0081]** In der Gasturbine der vorliegenden Ausführungsform, wie in **Fig. 8** und **10** dargestellt, wird die Kühlluft, die von der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 (erste Luftentnahmeöffnung) des Kompressors 10 entnommen wird, als die Kühlluft für die Rotorflügelreihen der zweiten und dritten Stufe 33b, 33c verwendet. Ferner wird die Kühlluft in dieser Gasturbine, die von der Niederdruck-Luftentnahmeöffnung 17 (zweite Luftentnahmeöffnung) des Kompressors 10 entnommen wird, als die Kühlluft für die Rotorflügelreihen der vierten Stufe 33d verwendet.

**[0082]** Die Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 und die Niederdruck-Luftentnahmeöffnung 17 sind in Positionen gebildet, die der Zwischenstufe des Kompressorgehäuses 15 der vorliegenden Ausführungsform entsprechen. Die Niederdruck-Luftentnahmeöffnung 17 ist auf der stromaufwärtigen Seite der Position, in der die Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 gebildet ist, gebildet. Folglich ist der Druck der Luft, die von der Niederdruck-Luftentnahmeöffnung 17 entnommen wird, geringer als der Druck der Luft, die von der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 entnommen wird, und ist beispielsweise 6 atm.

**[0083]** Eine Luftentnahmeleitung 80b der vorliegenden Ausführungsform, ähnlich der ersten Gasturbine, umfasst die Mitteldruck-Luftentnahmeleitung 81 sowie den Kühler 86, das Luftregelventil 87 und den Luftregler 84, der an dieser Mitteldruck-Luftentnahmeleitung 81 angebracht ist. Die Mitteldruck-Luftentnahmeleitung 81, ähnlich wie in der ersten Gasturbine, umfasst die Mitteldruck-Luftentnahmehauptleitung 82, die mit der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 des Kompressors 10 verbunden ist, und die Schaufelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 83 sowie die Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85, die mit der Mitteldruck-Luftentnahmehauptleitung 82 verbunden ist. Der oben beschriebene Luftregler 84 ist an der Schaufelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 83 vorgesehen, und der Kühler 86 und das oben beschriebene Luftregelventil 87 sind an der Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 vorgesehen.

**[0084]** Die Luftentnahmeleitung 80b der vorliegenden Ausführungsform umfasst ferner eine Niederdruck-Luftentnahmeleitung 91 sowie einen Kühler 96, ein Luftregelventil 97 und einen Luftregler 94, der an dieser Niederdruck-Luftentnahmeleitung 91 angebracht ist. Die Niederdruck-Luftentnahmeleitung 91 umfasst eine Niederdruck-Luftentnahmehauptleitung 92, die mit der Niederdruck-Luftentnahmeöffnung 17 des Kompressors 10 verbunden ist, und eine Schaufelniederdruck-Luftentnahmeleitung 93 sowie eine Rotorflügelniederdruck-Luftentnahme-

leitung 95, die mit der Niederdruck-Luftentnahmehauptleitung 92 verbunden ist.

**[0085]** Die Schaufelniederdruck-Luftentnahmeleitung 93 ist mit einer Position verbunden, die der Zwischenstufe der Turbine 30 im Turbinengehäuse 35 entspricht. Insbesondere ist die Schaufelniederdruck-Luftentnahmeleitung 93 auf der stromabwärtigen Seite der Position, in der die Schaufelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 83 verbunden ist, im Turbinengehäuse 35 verbunden. Der Luftregler 94 einer Öffnung oder dergleichen für das Regeln des Drucks und der Fließgeschwindigkeit der Luft, die durch diese Schaufelniederdruck-Luftentnahmeleitung 93 strömt, ist an der Schaufelniederdruck-Luftentnahmeleitung 93 vorgesehen. Die Rotorflügel-niederdruck-Luftentnahmeleitung 95 ist mit der Rotorwelle 32 verbunden. Der Kühler 96 und das Luftregelventil 97, das oben beschrieben wird, sind an dieser Rotorflügel-niederdruck-Luftentnahmeleitung 95 vorgesehen. Der Kühler 96 kühlt die Luft, die durch diese Rotorflügel-niederdruck-Luftentnahmeleitung 95 strömt. Das Luftregelventil 97 stellt die Fließgeschwindigkeit der Luft ein, die durch diese Rotorflügel-niederdruck-Luftentnahmeleitung 95 strömt. Ein Endabschnitt dieser Rotorflügel-niederdruck-Luftentnahmeleitung 95 ist an die Lagerabdeckung 71 befestigt.

**[0086]** In der Rotorwelle 32 der vorliegenden Ausführungsform, ähnlich wie jene in den ersten und zweiten Gasturbinen, werden der Axialrichtungskanal 45, der erste Festkörperwirbelkanal 46, der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 (erster Flügelanordnungskanal) und der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 (zweiter Flügelanordnungskanal) gebildet. Der erste Axialrichtungskanal 45 ist ein Kanal, in den Kühlluft von der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16 strömt, und der sich in der Axialrichtung Da erstreckt. Der erste Festkörperwirbelkanal 46 ist mit dem ersten Axialrichtungskanal 45 verbunden und erstreckt sich in der Radialrichtung nach außen. Der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 leitet die Kühlluft, die durch den ersten Festkörperwirbelkanal 46 geströmt ist, zur Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b (erste Rotorflügelreihe). Der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 leitet die Kühlluft, die durch den ersten Festkörperwirbelkanal 46 geströmt ist, zur Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c (zweite Rotorflügelreihe). Ferner sind in der Rotorwelle 32 der vorliegenden Ausführungsform ein zweiter Axialrichtungskanal 45b, ein zweiter Festkörperwirbelkanal 46b und ein Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49b (dritter Flügelanordnungskanal) gebildet. Der zweite Axialrichtungskanal 45b ist ein Kanal, in den Kühlluft von der Niederdruck-Luftentnahmeöffnung 17 strömt, und der sich in der Axialrichtung Da erstreckt. Der zweite Festkörperwirbelkanal 46b ist mit dem zweiten Axialrichtungskanal 45b verbunden und erstreckt

sich in der Radialrichtung nach außen. Der Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49b leitet die Kühlluft, die durch den zweiten Festkörperwirbelkanal 46b geströmt ist, zur Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d (dritte Rotorflügelreihe).

**[0087]** Der erste Hohlraum 52a, der zweite Hohlraum 52b, der dritte Hohlraum 52c und der vierte Hohlraum 52d sind im großen Durchmesserabschnitt 44 der Rotorwelle 32 gebildet, ähnlich dem großen Durchmesserabschnitt 44 der Rotorwelle 32 der ersten und zweiten Gasturbine. Der vierte Hohlraum 52d ist mit dem in der Radialrichtung außen liegenden Endabschnitt des ersten Festkörperwirbelkanals 46 verbunden. Der vierte Hohlraum 52d und der dritte Hohlraum 52c sind durch den vierten Scheibenkanal 53d verbunden, und der dritte Hohlraum 52c und der zweite Hohlraum 52b sind durch den dritten Scheibenkanal 53c verbunden. Der zweite Hohlraum 52b und die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c sind durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 verbunden, und der zweite Hohlraum 52b und die Rotorflügelreihe 33b sind durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 verbunden.

**[0088]** Folglich wird in der vorliegenden Ausführungsform der Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 ebenfalls durch den vierten Hohlraum 52d, den vierten Scheibenkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c, den dritten Scheibenkanal 53c, den zweiten Hohlraum 52b und den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 gebildet. Der Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 wird ferner durch den vierten Hohlraum 52d, den vierten Scheibenkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c, den dritten Scheibenkanal 53c, den zweiten Hohlraum 52b und den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 gebildet.

**[0089]** Der zweite Axialrichtungskanal 45b, wie in **Fig. 8** und **9** dargestellt, ist in einer in der Radialrichtung außen liegenden Position in Bezug auf den ersten Axialrichtungskanal 45, der sich in der Axialrichtung Da erstreckt, wobei die Axiallinie Ar als die Mitte dient, vorgesehen. Ein Niederdruck-Luftaufnahmepaket 45c ist an einem stromabwärtigen Ende des zweiten Axialrichtungskanals 45b gebildet. Das Niederdruck-Luftaufnahmepaket 45c erstreckt sich in der Radialrichtung von diesem stromabwärtigen Ende nach außen und öffnet sich an der Außenumfangsfläche des kleinen Durchmesserabschnitts 43.

**[0090]** In der Lagerabdeckung 71 ist ein Durchgangsloch, das sich von einer Außenumfangsseite zu einer Innenumfangsseite erstreckt, im Wesentlichen in derselben Position wie die Öffnung des Niederdruck-Luftaufnahmepaketes 45c in der Axialrichtung Da gebildet. Der Endabschnitt der Rotorflügel-niederdruck-Luftentnahmeleitung 95 ist an der Position befestigt, an der dieses Durchgangsloch gebildet wird. Die stromaufwärtige Seite und die

stromabwärtige Seite des Durchgangslochs der Lagerabdeckung 71 zwischen der Innumfangsseite der Lagerabdeckung 71 und der Außenumfangsseite des kleinen Durchmesserabschnitts 43 werden jeweils von entsprechenden Dichtungselementen 72b, 72c abgedichtet.

**[0091]** Die Außenseite in der Radialrichtung des großen Durchmesserabschnitts 44, welche die stromabwärtige Seite ist, wird von einer großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62b abgedeckt. Ein fünfter Hohlraum 52f mit einer Ringform mit der Axiallinie Ar als die Mitte, ist zwischen der großen Durchmesserabschnitt-Endabdeckung 62b und dem großen Durchmesserabschnitt 44 gebildet.

**[0092]** Der zweite Festkörperwirbelkanal 46b, der sich von einem stromabwärtigen Ende des zweiten Axialrichtungskanals 45b in der Radialrichtung nach außen erstreckt und mit dem fünften Hohlraum 52f in Verbindung steht, ist mit einem stromaufwärtigen Ende des zweiten Axialrichtungskanals 45b verbunden. Dieser zweite Festkörperwirbelkanal 46b ist in einer Position an der stromabwärtigen Seite des ersten Festkörperwirbelkanals 46 im größeren Durchmesserabschnitt 44 gebildet. Ein Kommunikationskanal der vierten Stufe 57b, der mit dem fünften Hohlraum 52f und einer Befestigungsposition der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d in Verbindung steht, ist im großen Durchmesserabschnitt 44 gebildet.

**[0093]** Der Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49b wird folglich in der vorliegenden Ausführungsform durch den fünften Hohlraum 52f und den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57b gebildet.

**[0094]** Nachstehend wird die Strömung der Kühlluft der oben beschriebenen erfindungsgemäßen Gasturbine beschrieben.

**[0095]** Die Kühlluft, die von der Mitteldruck-Luftentnahmeleitung 16 des Kompressors 10 entnommen wird und der Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 zugeführt wird, wird, ähnlich wie in den ersten und zweiten Gasturbinen, während des Strömens durch den Kühler 86 gekühlt, deren Fließgeschwindigkeit wird durch das Luftregelventil 87 angepasst, und dann dem ersten Axialrichtungskanal 45 der Rotorwelle 32 zugeführt. Die Kühlluft reduziert den Druck kurz vor dem Eingang in den ersten Axialrichtungskanal 45 auf ungefähr 8 ata, wie in **Fig. 10** dargestellt wird, und die Temperatur wird ebenfalls reduziert.

**[0096]** Die Kühlluft, die dem ersten Axialrichtungskanal 45 zugeführt wird, ähnlich wie in den ersten und zweiten Gasturbinen, strömt durch den ersten Festkörperwirbelkanal 46, der sich von diesem ersten Axialrichtungskanal 45 in der Radialrichtung

nach außen erstreckt, und in den vierten Hohlraum 52d. Während des Strömens durch den Festkörperwirbelkanal 46, der sich in der Radialrichtung nach außen erstreckt, wird die Kühlluft einer Zentrifugalkraft von der Rotorwelle 32, die sich um die Axiallinie Ar dreht, ausgesetzt, wodurch der Druck steigt. Folglich ist der Druck der Kühlluft, die den vierten Hohlraum 52d erreicht, 9 ata. Beachten Sie, dass die Temperatur der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d aufgrund des erhöhten Drucks steigt.

**[0097]** Die Kühlluft im vierten Hohlraum 52d strömt durch den vierten Scheibenkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c und den dritten Scheibenkanal 53c und in den zweiten Hohlraum 52b. Der Druck der Kühlluft im zweiten Hohlraum 52b ist ungefähr gleich wie der Druck der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d bei 9 ata, und die Temperatur dieser Kühlluft ist ungefähr die gleiche wie die Temperatur der Kühlluft im vierten Hohlraum 52d.

**[0098]** Ein Teil der Kühlluft, die dem zweiten Hohlraum 52b zugeführt wird, ähnlich wie in den ersten und zweiten Gasturbinen, strömt durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56, der teilweise den Flügelanordnungskanal der dritten Stufe 48 bildet, und in die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c bilden. Während des Strömens durch den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56, werden der Druck und die Fließgeschwindigkeit dieser Kühlluft eingestellt. Folglich erreicht die Kühlluft kurz vor dem Einströmen vom Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c einen Druck von ungefähr 7 ata. Diese Kühlluft strömt durch die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c bilden, kühlt die Rotorflügel und wird dann in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ausgelassen.

**[0099]** Der verbleibende Teil der Kühlluft, die dem zweiten Hohlraum 52b zugeführt wird, strömt ähnlich wie in der ersten Gasturbine, durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55, der teilweise den Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe 47 bildet, und in die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b bilden. Während des Strömens durch den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55, werden der Druck und die Fließgeschwindigkeit dieser Kühlluft eingestellt. Folglich erreicht die Kühlluft kurz vor dem Einströmen vom Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b einen Druck von ungefähr 9 ata. Diese Kühlluft strömt durch die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b bilden, kühlt die Rotorflügel und wird dann in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ausgelassen.

**[0100]** Die Kühlluft, die der Niederdruck-Luftentnahmeöffnung 17 des Kompressors 10 entnommen wird, strömt durch die Niederdruck-Luftentnahmehauptleitung 92 der Luftentnahmeleitung 80b. Ein Teil der Kühlluft strömt dann in die Schaufelniederdruck-Luftentnahmeleitung 93, während ein verbleibender Teil in die Rotorflügelniederdruck-Luftentnahmeleitung 95 strömt. Die Kühlluft, die der Schaufelniederdruck-Luftentnahmeleitung 93 zugeführt wird, erreicht einen Druck von 4 ata während des Strömens durch den Luftreglers 94, wird der Mehrzahl von Schaufeln, die die Schaufelreihe der vierten Stufe 34d bilden, zugeführt und kühlt die Mehrzahl von Schaufeln.

**[0101]** Die Kühlluft, die der Rotorflügelniederdruck-Luftentnahmeleitung 95 zugeführt wird, wird während des Strömens durch den Kühler 96 gekühlt, deren Fließgeschwindigkeit wird durch das Luftregelventil 97 angepasst, und dann dem zweiten Axialrichtungskanal 45b der Rotorwelle 32 zugeführt. Aufgrund des Druckverlusts während des Strömens durch den Kühler 96 und das Luftregelventil 97 und dergleichen, verringert sich der Druck der Kühlluft kurz vor dem Zuführen in den zweiten Axialrichtungskanal 45b auf ungefähr 4 ata. Ferner wird die Kühlluft kurz vor dem Zuführen in den zweiten Axialrichtungskanal 45b vom Kühler 86 gekühlt.

**[0102]** Die Kühlluft, die dem zweiten Axialrichtungskanal 45b zugeführt wird, strömt von diesem zweiten Axialrichtungskanal 45b durch den zweiten Festkörperwirbelkanal 46b, der sich in der Radialrichtung nach außen erstreckt, und in den fünften Hohlraum 52f. Während des Strömens durch den zweiten Festkörperwirbelkanal 46b, der sich in der Radialrichtung nach außen erstreckt, wird die Kühlluft der Zentrifugalkraft von der Rotorwelle 32, die sich um die Axiallinie Ar dreht, ausgesetzt, wodurch der Druck steigt. Folglich ist der Druck der Kühlluft, die den fünften Hohlraum 52f erreicht, 5 ata.

**[0103]** Die Kühlluft im fünften Hohlraum 52f strömt durch den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57b, der teilweise den Flügelanordnungskanal der vierten Stufe 49b bildet, und in die Kühlluftkanäle in der Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d bilden. Während des Strömens durch den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57b, werden der Druck und die Fließgeschwindigkeit dieser Kühlluft eingestellt. Ferner steigt diese Kühlluft in einem Umfang von Wärmeaustausch mit Wärme des Verbrennungsgases, während sich die Kühlluft dem Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 nähert, wobei die Temperatur allmählich steigt. Folglich erreicht die Kühlluft kurz vor dem Einströmen vom Kommunikationskanal der vierten Stufe 57b in die Rotorflügel der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d einen Druck von 3 ata. Diese Kühlluft strömt durch die Kühlluftkanäle in der

Mehrzahl von Rotorflügeln, die die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d bilden, kühlt die Rotorflügel und wird dann in den Verbrennungsgas-Strömungskanal 39 ausgelassen.

**[0104]** Folglich können in der vorliegenden Ausführungsform, ähnlich wie in den ersten und den zweiten Gasturbinen, die Rotorflügel der Turbine 30 von der Luft, die vom Kompressor 10 entnommen wird, ebenfalls gekühlt werden. Außerdem ist es in der vorliegenden Ausführungsform ebenfalls möglich, die Antriebskraft des Kompressors 10 zu unterdrücken und folglich eine Effizienzreduktion der Gasturbine zu unterdrücken.

**[0105]** Ferner werden in der vorliegenden Ausführungsform der erste und zweite Festkörperwirbelkanal 46, 46b auf der stromabwärtigen Seite der Rotorflügelreihe 33 am weitesten stromabwärts gebildet, und die Luft wird im ersten Festkörperwirbelkanal 46 mit Druck beaufschlagt und dann zur Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b und der Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c verteilt. Folglich wird auch in der vorliegenden Ausführungsform eine Verlängerung der Länge der Rotorwelle 32 und der Abstand zwischen den Stufen unterdrückt, wodurch eine Verschlechterung der Vibrationseigenschaften des Rotors und eine Reduktion der aerodynamischen Leistung der Turbine 30 unterdrückt werden.

**[0106]** In der vorliegenden Ausführungsform kann Kühlluft, die einen geringeren Druck als der Druck der Kühlluft hat, die der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b und der Rotorflügelreihe 33c zugeführt wird, der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d zugeführt werden. Weiters wird in der vorliegenden Ausführungsform die Luft, die dem Kompressor 10 entnommen wird, der drehenden Rotorwelle 32 zugeführt, und ein Festkörperwirbel der Kühlluft wird in dieser Rotorwelle 32 erzeugt, wodurch der Druck der Kühlluft erhöht wird. Diese Luft wird dann der dritten Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d zugeführt. Daher ist es in der vorliegenden Ausführungsform möglich, Luft, die einen Druck hat, der geringer ist als jener der Luft von der Mitteldruck-Luftentnahmeöffnung 16, von der Niederdruck-Luftentnahmeöffnung 17 als Kühlluft zu entnehmen, und diese Luft als die Kühlluft für die vierte Rotorflügelreihe 33d zu verwenden.

**[0107]** Folglich kann in der vorliegenden Ausführungsform das Verdichtungsverhältnis der Kühlluft für die Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d durch den Kompressor 10 reduziert werden, wodurch die Antriebskraft des Kompressors 10 unterdrückt werden kann. Daher ist es in der vorliegenden Ausführungsform möglich, die Effizienz der Gasturbine in einem größeren Ausmaß als in der ersten Gasturbine zu verbessern.



Weiterbildung der erfindungsgemäßen  
Ausführungsform

**[0108]** Eine Weiterbildung der erfindungsgemäßen Ausführungsform wird unter Bezugnahme auf Fig. 11 beschrieben.

**[0109]** In der erfindungsgemäßen Ausführungsform ist der in der Radialrichtung außen liegende Endabschnitt des ersten Festkörperwirbelkanals 46 mit dem vierten Hohlraum 52d verbunden. Der vierte Hohlraum 52d ist mit dem zweiten Hohlraum 52b über den vierten Scheibenkanal 53d, den dritten Hohlraum 52c und den dritten Scheibenkanal 53c verbunden. Dieser zweite Hohlraum 52b ist mit der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b über den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 und mit der Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c über den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 verbunden.

**[0110]** In der vorliegenden Weiterbildung hat ein Bolzenloch 41c der Rotorwelle 32, durch das der Spindelbolzen 41 eingefügt wird, eine elliptische Querschnittsform, und ein Freiraum im Bolzenloch 41c, durch das der Spindelbolzen 41 eingefügt wird, dient als ein Kanal 53e für die Kühlluft. Dieser Kanal 53e erstreckt sich, ähnlich wie der Spindelbolzen 41, in der Axialrichtung Da. Der in der Radialrichtung außen liegende Endabschnitt des ersten Festkörperwirbelkanals 46 ist mit einem stromabwärtigen Ende dieses Kanals 53e verbunden. Ferner ist ein zweiter Hohlraum 52b mit einem stromaufwärtigen Ende dieses Kanals 53e verbunden. Dieser zweite Hohlraum 52b ist, ähnlich wie jede der oben beschriebenen Ausführungsformen, mit der Rotorflügelreihe der zweiten Stufe 33b über den Kommunikationskanal der zweiten Stufe 55 und mit der Rotorflügelreihe der dritten Stufe 33c über den Kommunikationskanal der dritten Stufe 56 verbunden.

**[0111]** In der vorliegenden Weiterbildung ist der vierte Hohlraum 52d ferner mit dem in der Radialrichtung außen liegenden Endabschnitt des zweiten Festkörperwirbelkanals 46b verbunden. Dieser vierte Hohlraum 52d ist mit der Rotorflügelreihe der vierten Stufe 33d über den Kommunikationskanal der vierten Stufe 57 verbunden.

**[0112]** Auf diese Weise kann der Kanal, der mit dem Festkörperwirbelkanal und jeder der Rotorflügelreihen verbunden ist, nach Bedarf in Übereinstimmung mit einer Struktur des Turbinenrotors gebildet werden.

**[0113]** Während die Luftregelventile 87, 97 und die Kühler 86, 86 an der Rotorflügelmitteldruck-Luftentnahmeleitung 85 der ersten, zweiten und dritten Gasturbinen und an der Rotorflügelniederdruck-Luftentnahmeleitung 95 der erfindungsgemäßen Ausführungsform vorgesehen sind, sind diese nicht erforderlich. Folglich können die Luftregelventile 87, 97 und die Kühler 86, 96 von diesen Luftentnahmeleitungen bei Bedarf weggelassen werden.

rungsform vorgesehen sind, sind diese nicht erforderlich. Folglich können die Luftregelventile 87, 97 und die Kühler 86, 96 von diesen Luftentnahmeleitungen bei Bedarf weggelassen werden.

**[0114]** In den oben beschriebenen Ausführungsformen ist der Festkörperwirbelkanal 46, durch den Kühlluft für die Mehrzahl von Rotorflügelreihen 33 strömt, ferner auf der stromabwärtigen Seite der Rotorflügelreihe 33 am weitesten stromabwärts angeordnet. Dennoch kann der Festkörperwirbelkanal 46 zwischen jeder der Stufen im großen Durchmesserabschnitt 44 der Rotorwelle 32 gebildet sein. In diesem Fall zweigt am in der Radialrichtung außen liegenden Ende des Festkörperwirbelkanals 46 dieser Festkörperwirbelkanal 46 zu jeder der Mehrzahl von Rotorflügelreihen 33 ab, wodurch die Anzahl der Festkörperwirbelkanäle 46 reduziert werden kann, und folglich wird die Verlängerung der Länge der Rotorwelle 32 und die Vergrößerung des Abstandes zwischen jeder der Mehrzahl von Stufen unterdrückt. Aber der Festkörperwirbelkanal 46 wird vorzugsweise auf der stromabwärtigen Seite der Rotorflügelreihe 33 am weitesten stromabwärts wie in den oben beschriebenen Gasturbinengebilden, um eine Vergrößerung des Abstandes zwischen jeder der Stufen zu unterdrücken.

**[0115]** Ferner werden in jeder der oben beschriebenen Gasturbinen die Luftentnahmeöffnungen 16, 17 im Kompressorgehäuse 15 gebildet, und die Luftentnahmeleitung 80 ist außerhalb des Kompressorgehäuses 15 und außerhalb des Turbinengehäuses 35 angebracht. Dennoch kann die Luftentnahmeöffnung im Kompressorrotor 11 gebildet sein, und ein Axialrichtungskanal, der sich in der Axialrichtung Da im Kompressorrotor 11 und dem Turbinenrotor 31 erstreckt, kann beispielsweise mit dieser Luftentnahmeöffnung verbunden sein.

**[0116]** Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es möglich, einen Rotorflügel unter Verwendung von Kühlluft von einem Kompressor zu kühlen und gleichzeitig die Verlängerung einer Rotorwelle zu unterdrücken und daher eine Reduktion von Vibrationseigenschaften eines Rotors zu unterdrücken.

1	Gasturbinenrotor
5	Gasturbinengehäuse
10	Kompressor
11	Kompressorrotor
12	Rotorwelle
13	Rotorflügelreihe
14	Schaufelreihe
15	Kompressorgehäuse

16	Mitteldruck-Luftentnahme- öffnung (erste Luftentnah- meöffnung)	52b 52c	Zweiter Hohlraum Dritter Hohlraum
17	Niederdruck-Luftentnahme- öffnung (zweite Luftentnah- meöffnung)	52d 52e, 52f	Vierter Hohlraum Fünfter Hohlraum
19	Druckluft-Strömungskanal	65	Großer Durchmesserab- schnitt-Endhohlraum
20	Brennkammer	66	Luftaufnahme- raum
30	Turbine	67	Vordralldüse
31	Turbinenrotor	70	Lager
32	Rotorwelle	71	Lagerabdeckung
33	Rotorflügelreihe	80, 80b	Luftentnahmeleitung
33a	Rotorflügelreihe der ersten Stufe	81	Mitteldruck-Luftentnahme- leitung
33b	Rotorflügelreihe der zweiten Stufe (erste Rotorflügel- reihe)	88 91	Luftentnahmezweigleitung Niederdruck-Luftentnahme- leitung
33c	Rotorflügelreihe der dritten Stufe (zweite Rotorflügel- reihe)		
33d	Rotorflügelreihe der vierten Stufe (dritte Rotorflügel- reihe)		
34	Schaufelreihe		
35	Turbinengehäuse		
39	Verbrennungsgas- Strömungskanal		
43	Kleiner Durchmesserab- schnitt		
44	Großer Durchmesserab- schnitt		
45	Axialrichtungskanal (erster Axialrichtungskanal)		
45b	Zweiter Axialrichtungskanal		
46	Festkörperwirbelkanal (ers- ter Festkörperwirbelkanal)		
46b	Zweiter Festkörperwirbelka- nal		
47	Flügelanordnungskanal der zweiten Stufe (erster Flüge- lanordnungskanal)		
48	Flügelanordnungskanal der dritten Stufe (zweiter Flüge- lanordnungskanal)		
49, 49a, 49b	Flügelanordnungskanal der vierten Stufe (dritter Flüge- lanordnungskanal)		
52a	Erster Hohlraum		

### Patentansprüche

1. Gasturbine, umfassend:  
einen Kompressor (10), der konfiguriert ist, um Luft zu verdichten,  
eine Brennkammer (20), die konfiguriert ist, um Brennstoff in der Luft, die vom Kompressor (10) verdichtet wird, zu verbrennen, um Verbrennungsgas (G) zu erzeugen, und  
eine Turbine (30), die konfiguriert ist, um vom Verbrennungsgas (G) angetrieben zu werden,  
wobei der Kompressor (10) eine erste Luftentnahmeöffnung (16) umfasst, die konfiguriert ist, um Luft von einer Zwischenstufe des Kompressors (10) als Kühlluft zu entnehmen,  
wobei die Turbine (30) eine Rotorwelle (32) und eine Mehrzahl von Rotorflügelreihen (33), die in einer Axialrichtung (Da) der Rotorwelle (32) angeordnet vorgesehen sind und eine Mehrzahl von Rotorflügeln umfassen, die an einem Außenumfang der Rotorwelle (32) angebracht sind, aufweist, und  
wobei ein erster Axialrichtungskanal (45), ein erster Zwangswirbelkanal (46), ein erster Flügelanordnungskanal (47) und ein zweiter Flügelanordnungskanal (48) in der Rotorwelle (32) gebildet sind,  
wobei der erste Axialrichtungskanal (45) mit der ersten Luftentnahmeöffnung (16) verbunden ist und sich in der Axialrichtung (Da) erstreckt,  
wobei der erste Zwangswirbelkanal (46) mit dem ersten Axialrichtungskanal (45) verbunden ist und sich nach außen in einer Radialrichtung (Dr) der Rotorwelle (32) von einem Verbindungsabschnitt zwischen dem ersten Zwangswirbelkanal (46) und dem ersten Axialrichtungskanal (45) erstreckt,  
wobei der erste Flügelanordnungskanal (47) mit einem in der Radialrichtung (Dr) außen liegenden Endabschnitt des ersten Zwangswirbelkanals (46)

verbunden ist und konfiguriert ist, um die Kühlluft zu einer ersten Rotorflügelreihe (33b) unter der Mehrzahl von Rotorflügelreihen (33) zu leiten, wobei der zweite Flügelanordnungskanal (48) mit einem in der Radialrichtung (Dr) außen liegenden Endabschnitt des ersten Zwangswirbelkanals (46) verbunden ist und konfiguriert ist, um die Kühlluft zu einer zweiten Rotorflügelreihe (33c) unter der Mehrzahl von Rotorflügelreihen (33) zu leiten, wobei der erste Flügelanordnungskanal (47) einen ersten Kommunikationskanal (55) aufweist, der konfiguriert ist, um die Kühlluft von einem Hohlraum (52b) in der Rotorwelle (32) zu der ersten Rotorflügelreihe (33b) zu leiten, wobei der Hohlraum (52b) zwischen einer Position, wo die erste Rotorflügelreihe (33b) angeordnet ist, und einer Position, wo die zweite Rotorflügelreihe (33c) angeordnet ist, ausgebildet ist, und wobei der zweite Flügelanordnungskanal (48) einen zweiten Kommunikationskanal (56) aufweist, der konfiguriert ist, um die Kühlluft von dem Hohlraum (52b) zu der zweiten Rotorflügelreihe (33c) zu leiten; **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kompressor (10) eine zweite Luftentnahmeöffnung (17) umfasst, die konfiguriert ist, um Luft von einer Zwischenstufe, die sich weiter auf einer stromaufwärtigen Seite der Strömung der Luft im Kompressor (10) als die erste Luftentnahmeöffnung (16) befindet, als Kühlluft zu entnehmen, und ein zweiter Axialrichtungskanal (45b), ein zweiter Zwangswirbelkanal (46b) und ein dritter Flügelanordnungskanal (49b) in der Rotorwelle (32) gebildet sind, wobei der zweite Axialrichtungskanal (45b) mit der zweiten Luftentnahmeöffnung (17) verbunden ist und sich in Bezug auf den ersten Axialrichtungskanal (45) an der Außenseite in der Radialrichtung (Dr) in der Axialrichtung (Da) erstreckt, wobei der zweite Zwangswirbelkanal (46b) mit dem zweiten Axialrichtungskanal (45b) verbunden ist und sich vom Verbindungsabschnitt zwischen dem zweiten Zwangswirbelkanal (46b) und dem zweiten Axialrichtungskanal (45b) auf der stromabwärtigen Seite der dritten Rotorflügelreihe (33d) unter der Mehrzahl von Rotorflügelreihen (33), die auf der am weitesten stromabwärts liegenden Seite der Strömung des Verbrennungsgases (G) in der Axialrichtung (Da) vorgesehen ist, in der Radialrichtung nach außen erstreckt; und wobei der dritte Flügelanordnungskanal (49b) mit einem in der Radialrichtung (Dr) außen liegenden Endabschnitt des zweiten Zwangswirbelkanals (46b) verbunden ist und konfiguriert ist, um die Kühlluft zur dritten Rotorflügelreihe (33d) zu leiten.

2. Gasturbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Druckverlust der durch den zweiten Kommunikationskanal (56) strömenden Kühlluft so eingestellt ist, dass er größer ist als ein

Druckverlust der durch den ersten Kommunikationskanal (55) strömenden Kühlluft.

3. Gasturbine nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckverlust der durch den zweiten Kommunikationskanal (56) strömenden Kühlluft so erhöht ist, dass er höher ist als ein Druckanstieg aufgrund einer Zentrifugalkraft in dem zweiten Kommunikationskanal (56), so dass der Druck der zu der zweiten Rotorflügelreihe (33c) geleiteten Kühlluft bezüglich dem Druck der Kühlluft in dem Hohlraum (52b) verringert ist.

4. Gasturbine nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Druckanstieg aufgrund der Zentrifugalkraft in dem ersten Kommunikationskanal (55) so eingestellt ist, dass er im Wesentlichen gleich ist wie der Druckverlust der durch den ersten Kommunikationskanal (55) strömenden Kühlluft, so dass der Druck der zu der ersten Rotorflügelreihe (33b) geleiteten Kühlluft auf demselben Niveau ist wie der Druck der Kühlluft in dem Hohlraum (52b).

5. Gasturbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der erste Zwangswirbelkanal (46) auf einer stromabwärtigen Seite einer dritten Rotorflügelreihe (33d) unter der Mehrzahl von Rotorflügelreihen (33) gebildet ist, wobei die dritte Rotorflügelreihe (33d) auf einer am weitesten stromabwärts liegenden Seite einer Strömung des Verbrennungsgases (G) in der Axialrichtung (Da) vorgesehen ist.

Es folgen 11 Seiten Zeichnungen

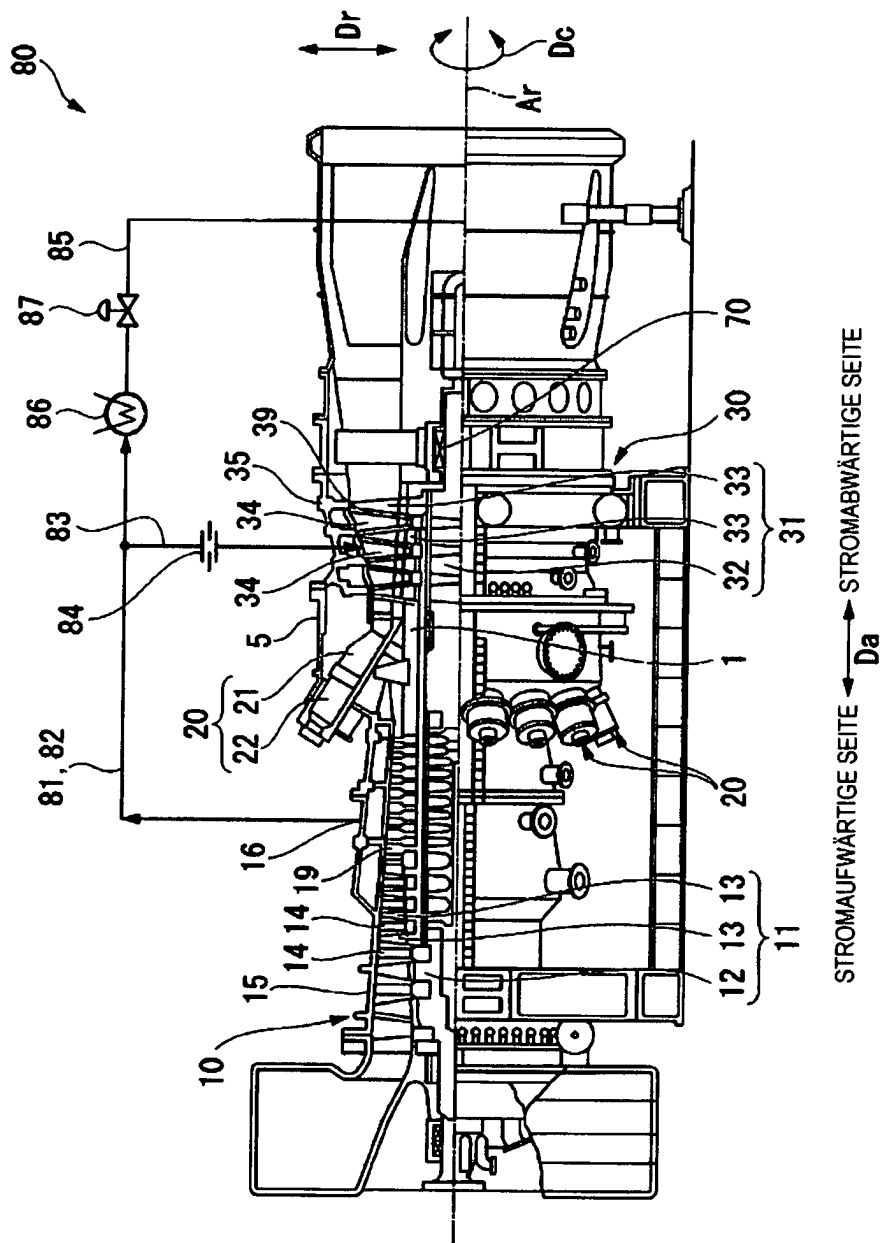


Fig. 1

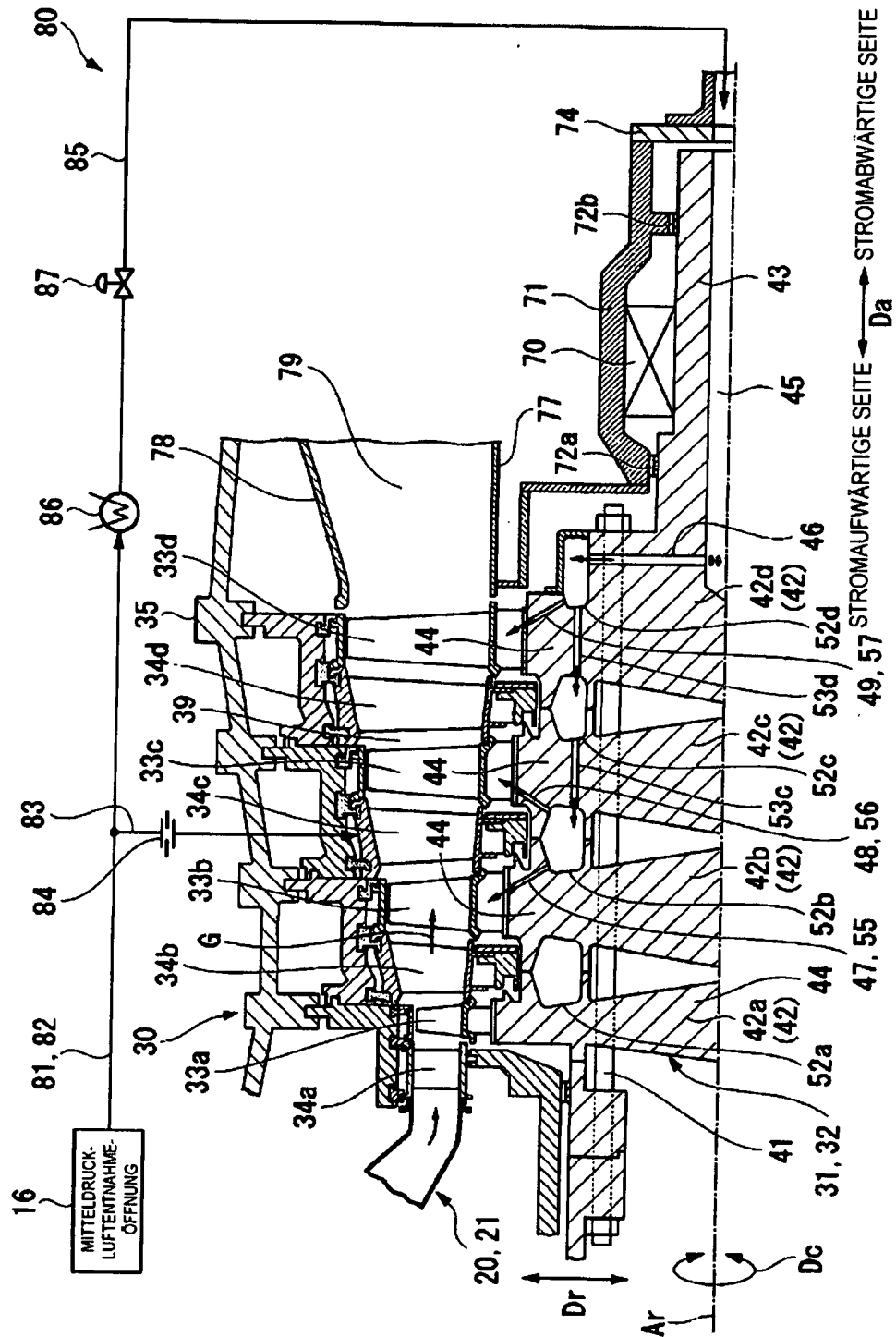


FIG. 2

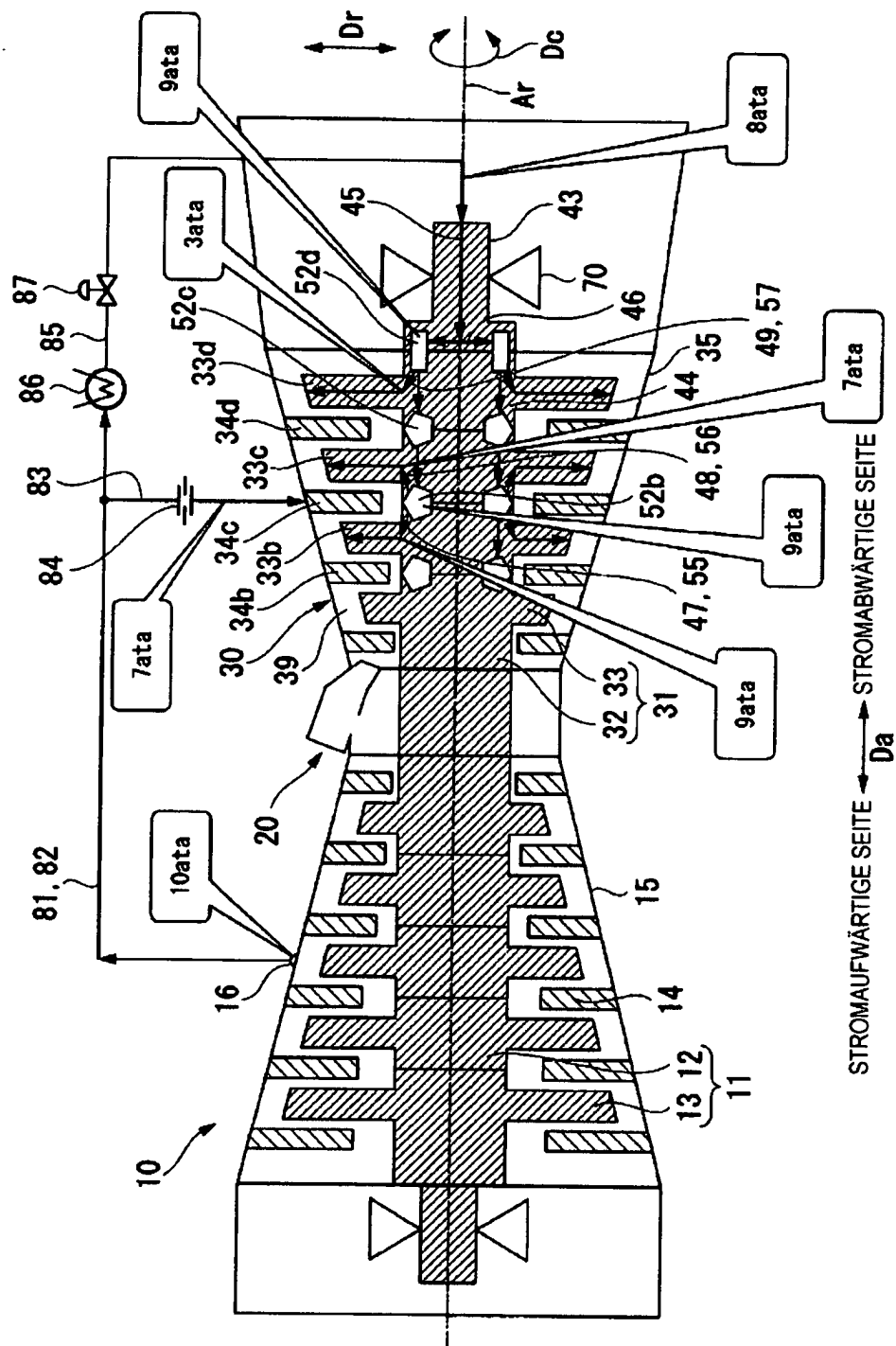


FIG. 3

FIG. 4A

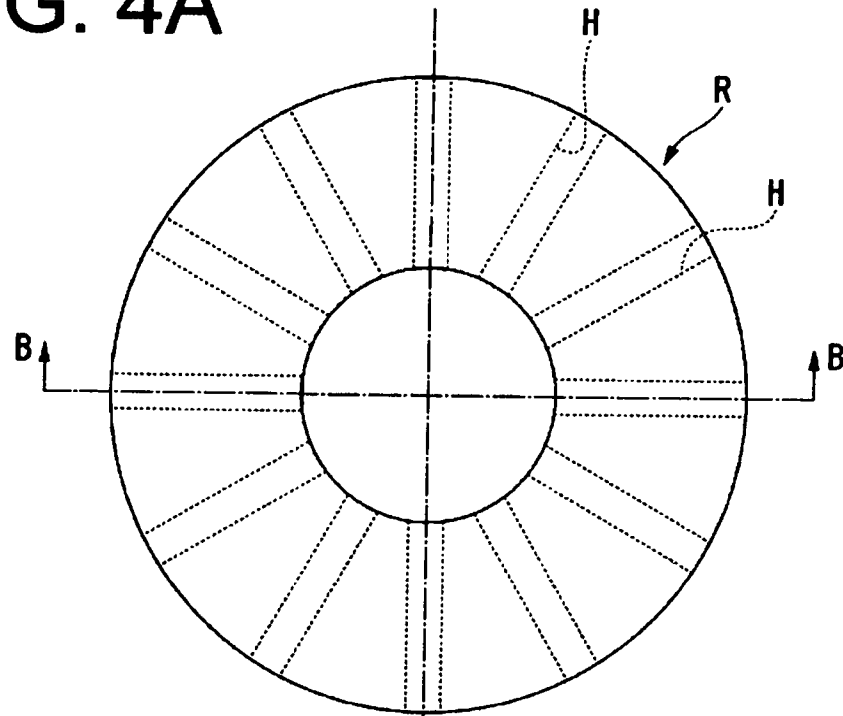
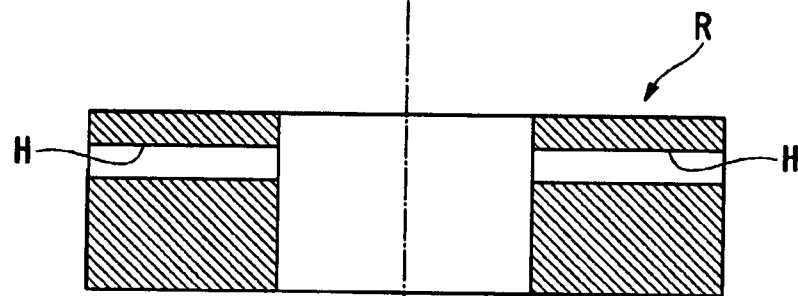


FIG. 4B



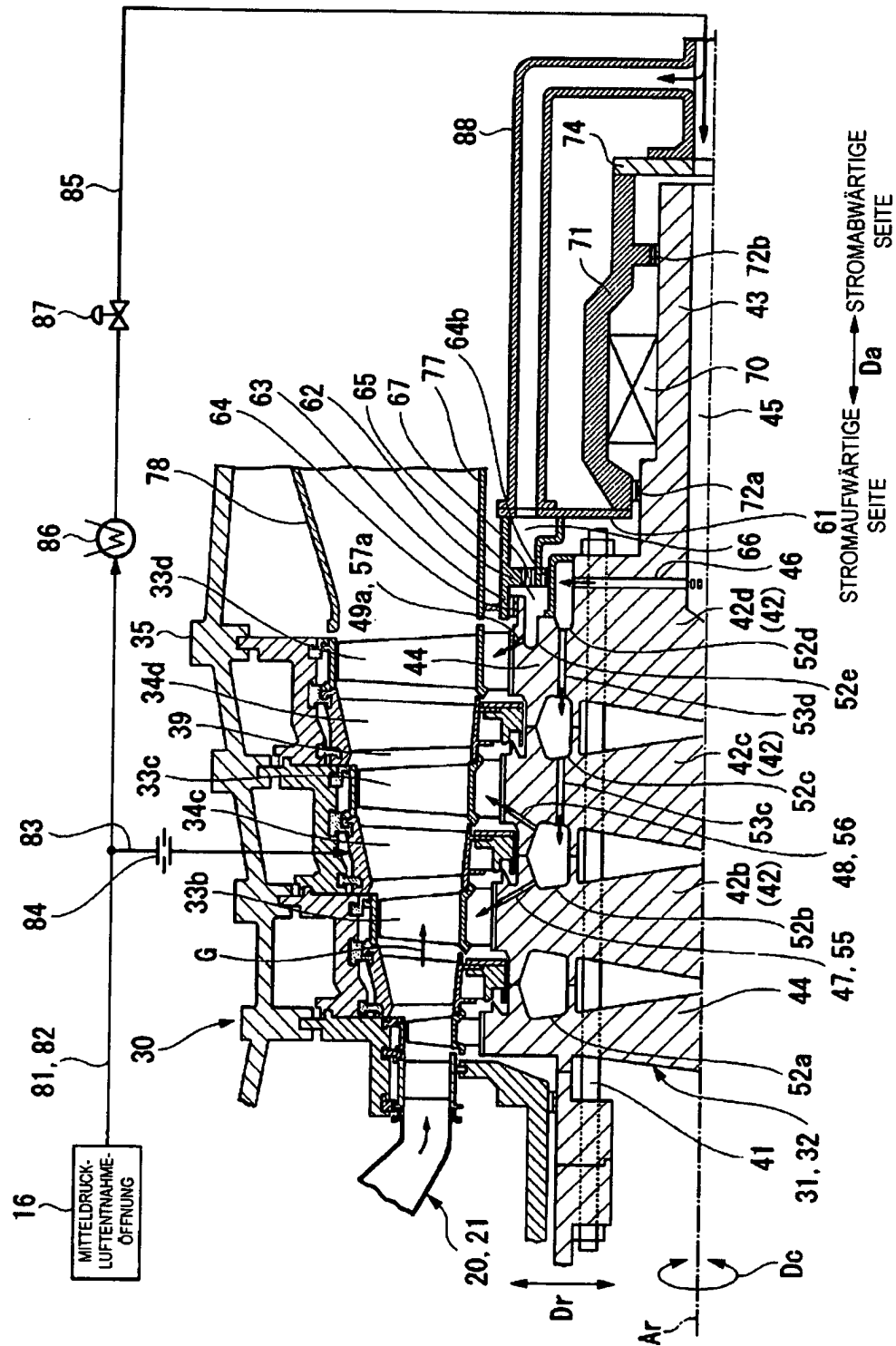


FIG. 5



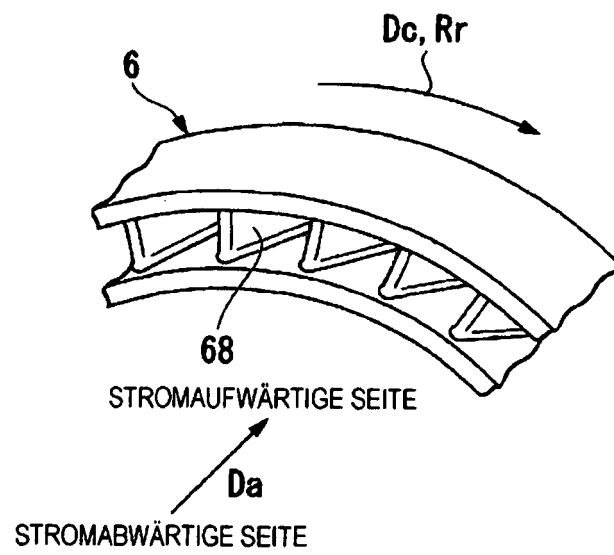


FIG. 6

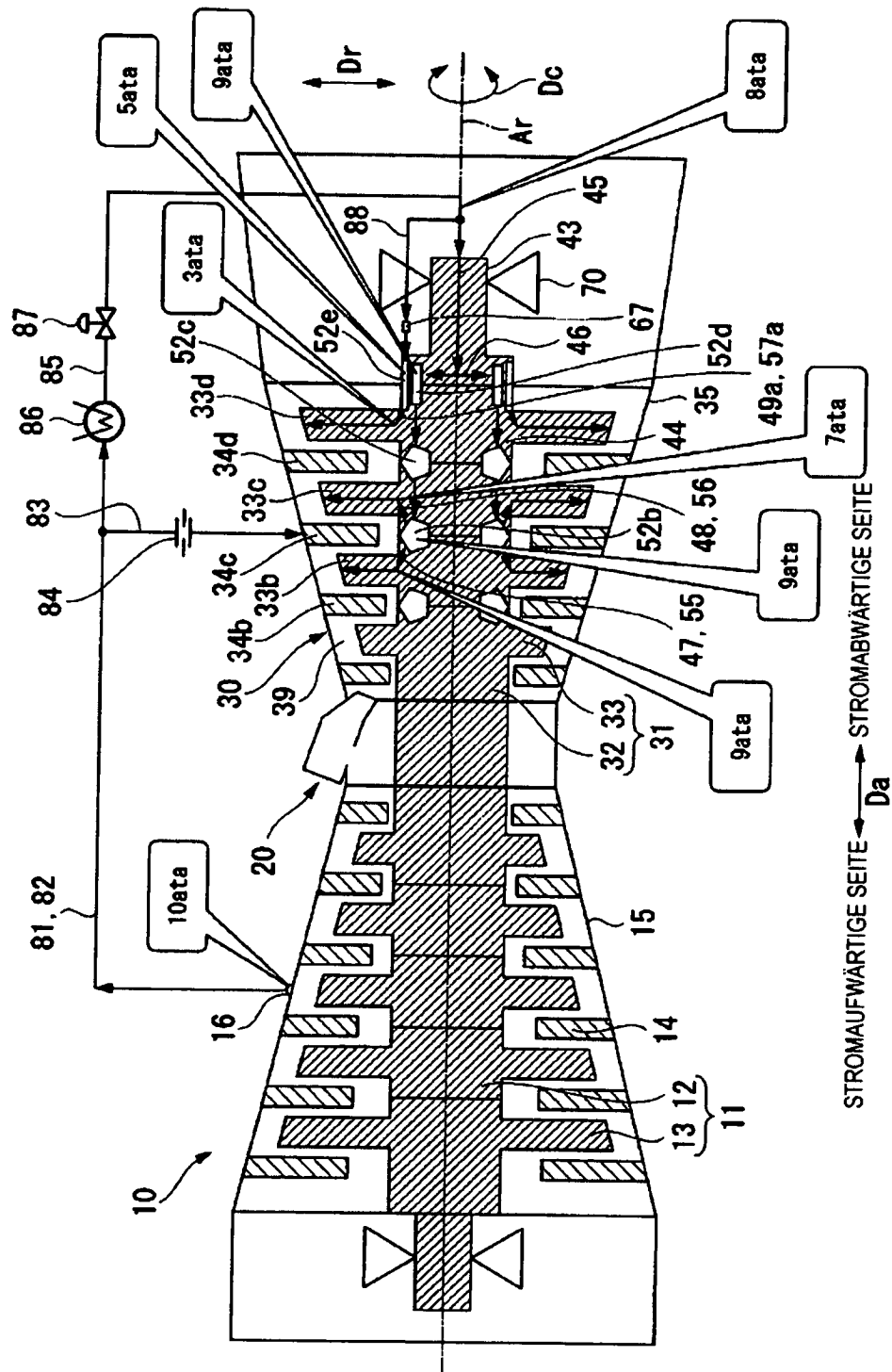


FIG. 7

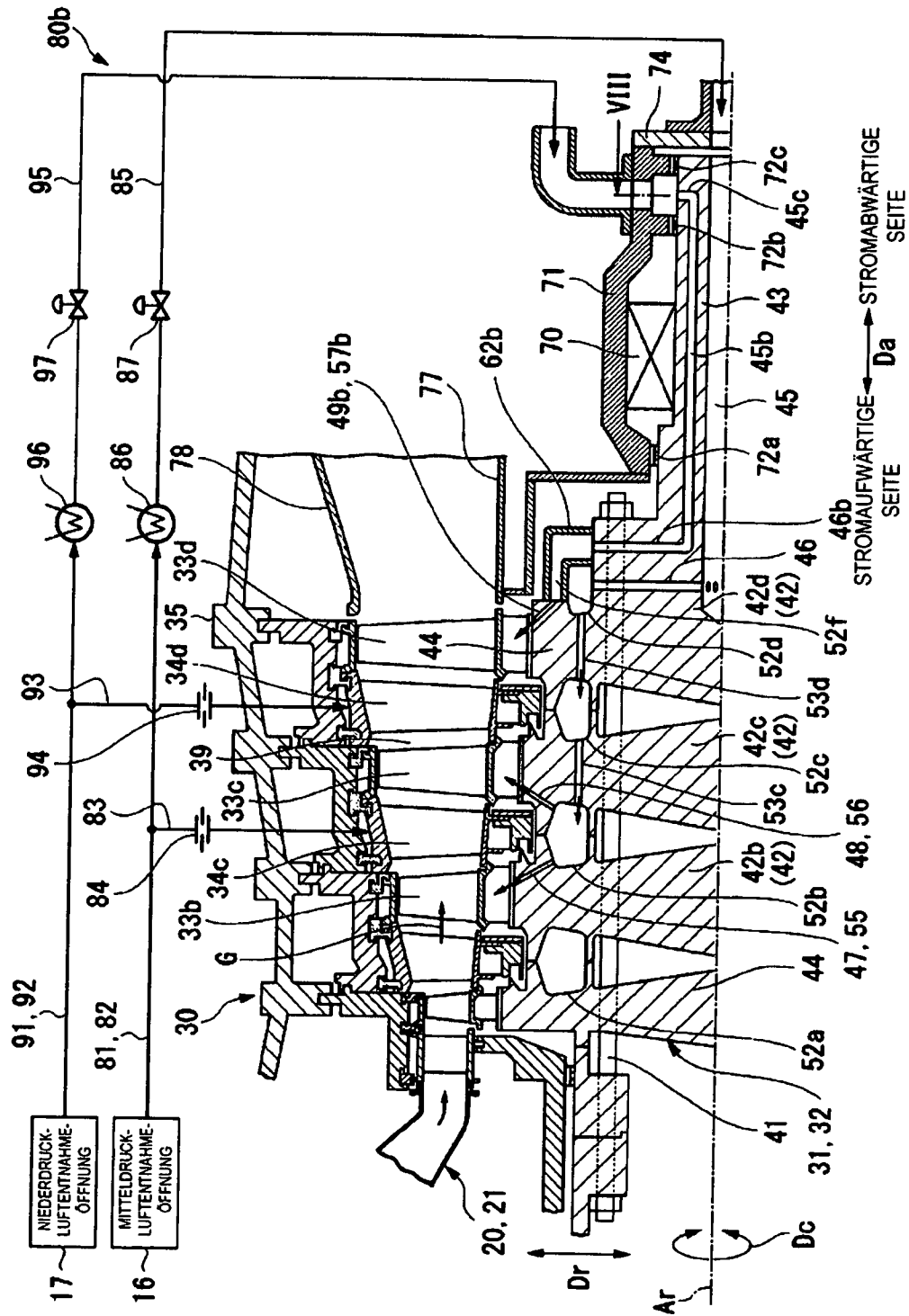


FIG. 8

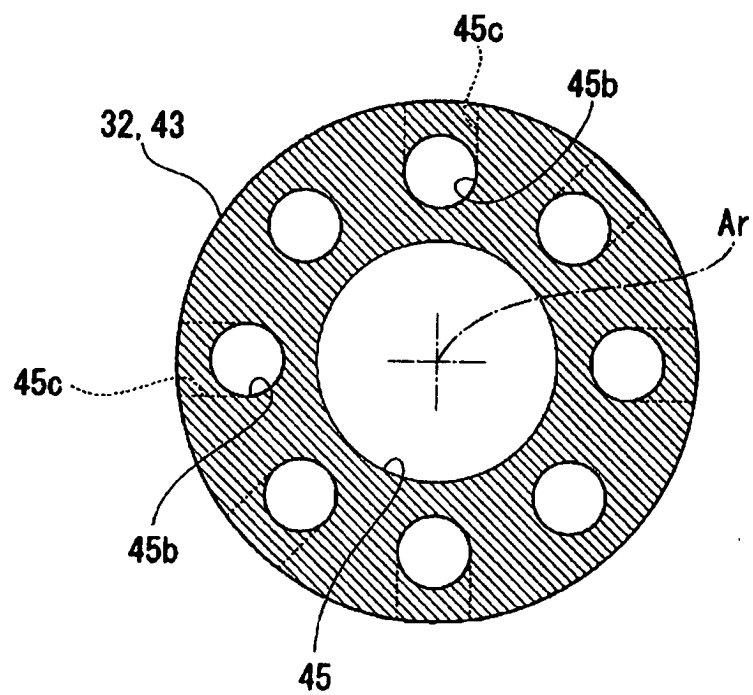
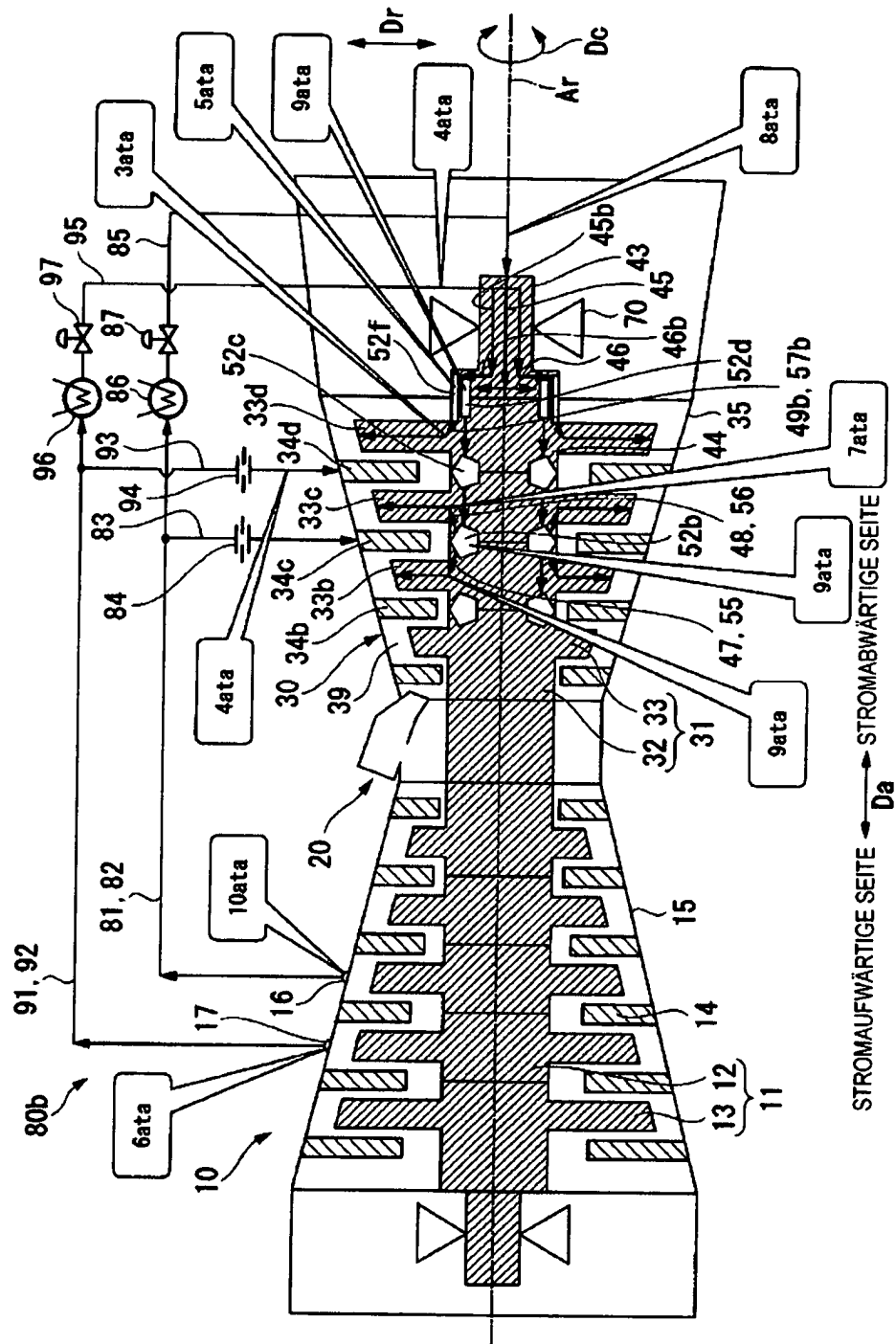
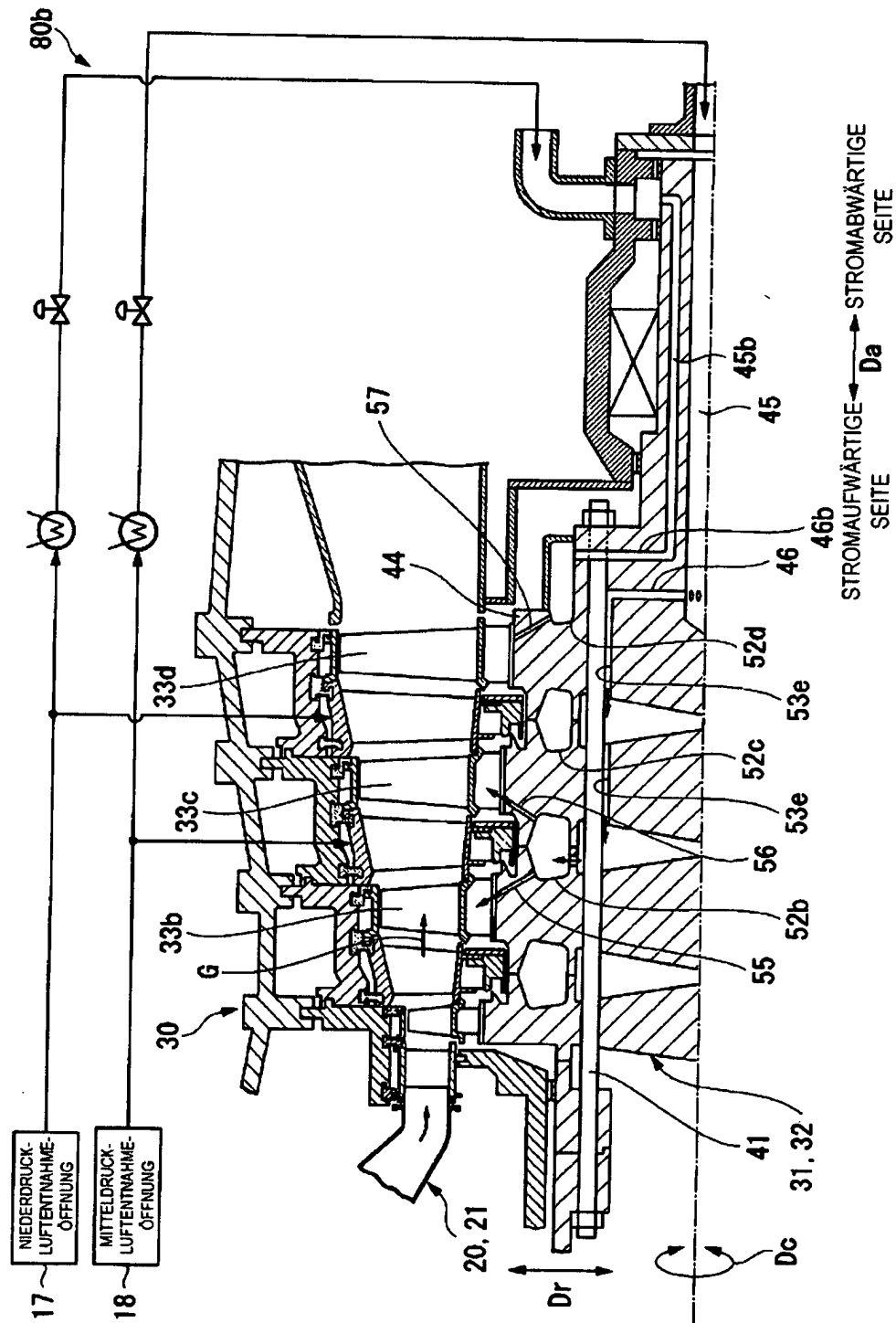


FIG. 9



**FIG. 10**



**FIG. 11**