

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 624 159 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

08.02.2006 Patentblatt 2006/06

(51) Int Cl.:

F01D 11/22 (2006.01)**F01D 25/24** (2006.01)**F04D 29/16** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **05016116.5**(22) Anmeldetag: **25.07.2005**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

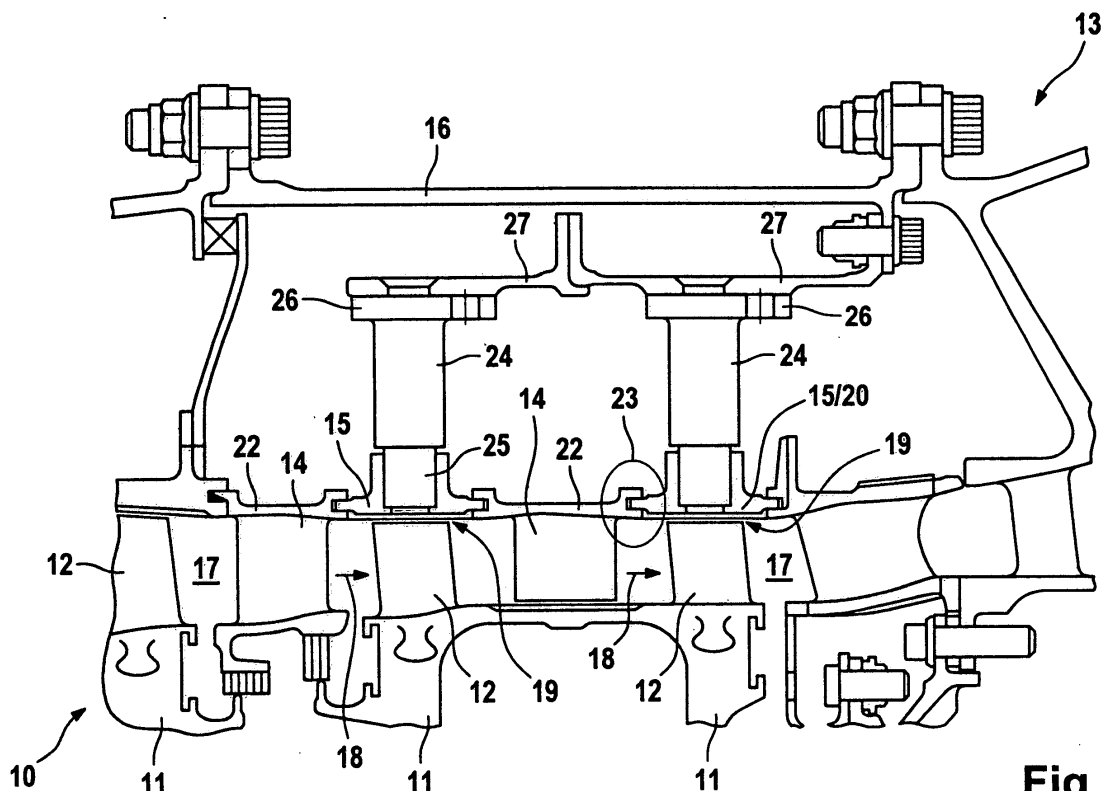
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI
SK TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL BA HR MK YU(71) Anmelder: **MTU Aero Engines GmbH****80995 München (DE)**(72) Erfinder: **Böck, Alexander****82288 Kottgeisering (DE)**(30) Priorität: **05.08.2004 DE 102004037955****(54) Regelung des Radialspiels eines Mantelrings einer Gasturbine**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, mit einem Stator und einem Rotor, wobei der Rotor Laufschaufeln (12) und der Stator ein Gehäuse (13) und Leitschaufeln (14) aufweist, wobei die rotorseitigen Laufschaufeln (12) Laufschaufelkränze bilden, die mit radial außenliegenden Enden an eine radial innenliegende Gehäusewand (15) des Gehäuses angrenzen und mit derselben einen Spalt (19) begrenzen. Erfindungsgemäß ist die radial innenliegende Ge-

häusewand (15) in Umfangsrichtung segmentiert, wobei in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Segmente (20) der radial innenliegenden Gehäusewand (15) derart miteinander verbunden sind, dass zwischen miteinander verbundenen Segmenten (20) eine Relativbewegung möglich ist, und wobei vorzugsweise jedem Segment (20) der radial innenliegenden Gehäusewand (15) eine Stelleinrichtung (24) zugeordnet ist, die auf das jeweilige Segment (20) zur Einstellung des Spalts (19) einwirkt.

**Fig. 1****EP 1 624 159 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Turbomaschine, insbesondere eine Gasturbine, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Turbomaschinen, zum Beispiel Gasturbinen wie Flugtriebwerke, weisen mindestens einen Rotor und mindestens einen Stator auf, wobei ein Rotor zusammen mit demselben rotierende Laufschaufeln und ein Stator ein Gehäuse und Leitschaufeln aufweist. Die dem Rotor zugeordneten Laufschaufeln rotieren gegenüber dem feststehenden Gehäuse und den feststehenden Leitschaufeln des Stators. Die Leitschaufeln bilden Leitschaufelkränze und die Laufschaufeln bilden Laufschaufelkränze, wobei zwischen zwei in Durchströmungsrichtung hintereinander angeordneten Leitschaufelkränzen jeweils ein Laufschaufelkranz positioniert ist.

[0003] Zwischen einem radial außenliegenden Ende der rotierenden Laufschaufeln eines Laufschaufelkranzes und dem Gehäuse sowie zwischen einem radial innenliegenden Ende der feststehenden Leitschaufeln eines Leitschaufelkranzes und dem Rotor sind Spalte ausgebildet, die zur Optimierung des Wirkungsgrads der Turbomaschine möglichst klein ausfallen müssen. Insbesondere der radial äußere Spalt zwischen den radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln und dem Gehäuse unterliegt während des Betriebs der Gasturbine erheblichen Veränderungen, da einerseits das Gehäuse und die Laufschaufeln sich auf Grund ihres unterschiedlichen thermischen Verhaltens unterschiedlich stark ausdehnen, und da andererseits die rotierenden Laufschaufeln auf Grund der im Betrieb der Turbomaschine wirkenden Fliehkräfte Spaltänderungen verursachen. Die hier vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine automatische Beeinflussung des radial äußeren Spalts zwischen den radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln und dem Gehäuse.

[0004] Aus dem Gasturbinenbau ist es bereits bekannt, zur automatischen Beeinflussung des Spalts zwischen den radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln und dem Gehäuse einen Teil des die Gasturbine durchströmenden Gases aus dem Strömungskanal, in welchen die Laufschaufeln hineinragen, abzuleiten und in Richtung auf das Gehäuse zu führen, um so zu erreichen, dass die Laufschaufeln und das Gehäuse ähnlichen thermischen Bedingungen ausgesetzt sind und sich somit gleichstark ausdehnen, damit letztendlich der radial äußere Spalt im Wesentlichen unverändert bleibt. Ein solches Ableiten von Gas aus dem Strömungskanal der Gasturbine zur thermischen Beeinflussung des radial äußeren Spalts bezeichnete man auch als "Thermal Active Clearance Control". Insbesondere im Verdichter einer Gasturbine stößt eine solche Spalthaltungskontrolle basierend auf einer thermischen Beeinflussung des Gehäuses bei schnellen Spaltänderungen, die durch schnelle Drehzahländerungen sowie durch Manöverlasten hervorgerufen werden können, an ihre Grenzen. Bei schnellen Änderungen des radial äußeren Spalts kann

demnach mit der "Thermal Active Clearance Control" der Spalt nur unzureichend beeinflusst werden.

[0005] Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde eine neuartige Turbomaschine zu schaffen.

[0006] Dieses Problem wird durch eine Turbomaschine im Sinne von Patentanspruch 1 gelöst. Erfindungsgemäß ist die radial innenliegende Gehäusewand in Umfangsrichtung segmentiert, wobei in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Segmente der radial innenliegenden Gehäusewand derart miteinander verbunden sind, dass zwischen miteinander verbundenen Segmenten eine Relativbewegung möglich ist, und wobei vorzugsweise jedem Segment der radial innenliegenden Gehäusewand eine Stelleinrichtung zugeordnet ist, die auf das jeweilige Segment zur Einstellung des Spalts einwirkt.

[0007] Mit der hier vorliegenden Erfindung ist eine sehr schnelle Beeinflussung des radial äußeren Spalts zwischen den radial außenliegenden Enden der Leitschaufeln und dem Gehäuse möglich. Vorzugsweise ist jedem Segment der radial innenliegenden Gehäusewand eine Stelleinrichtung zugeordnet, die das jeweilige Segment zur Spaltbeeinflussung elektro-mechanisch in radialer Richtung verschiebt. Die Verbindungsstellen zwischen jeweils zwei in Umfangsrichtung benachbarten Segmenten der radial innenliegenden Gehäusewand erlauben ein Gleiten der Segmente in Umfangsrichtung sowie eine Verkipfung derselben zueinander, sodass über die elektro-mechanischen Stelleinrichtungen eine exakte sowie schnelle Spaltbeeinflussung möglich ist, welche die aus dem Stand der Technik bekannte thermische Laufspaltbeeinflussung in ihrer Leistungsfähigkeit deutlich übertrifft.

[0008] Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist jedem Verbindungsbereich von zwei in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Segmenten eine Stelleinrichtung zugeordnet, wobei die Stelleinrichtungen mit einem radial innenliegenden Ende an einem der Segmente des entsprechenden Verbindungsbereichs angreifen und mit demselben spielfrei verbunden sind, wobei in das radial innenliegende Ende einer jeden Stelleinrichtung ein Sensor integriert ist, der den Abstand zwischen dem jeweiligen Segment der radial innenliegenden Gehäusewand und dem radial außenliegenden Ende der Laufschaufeln eines Laufschaufelkranzes und damit die Größe des Spalts misst, wobei abhängig hiervon das Segment verstellt bzw. der Spalt geregelt wird.

[0009] Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung. Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 einen ausschnittswisen Querschnitt durch eine erfindungsgemäße Turbomaschine, insbesondere ein als Gasturbine ausgebildetes Flugtriebwerk, in Umfangsblickrichtung; und

Fig. 2 einen ausschnittswisen Querschnitt durch die erfindungsgemäße Turbomaschine der Fig. 1 in Axialblickrichtung.

[0010] Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Fig. 1 und 2 in größerem Detail beschrieben.

[0011] Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt aus einem Verdichter 10 eines Gasturbinenflugtriebwerks im Querschnitt, wobei der Verdichter 10 der Fig. 1 als sogenannter Axialverdichter ausgebildet ist, der einen Rotor sowie einen Stator aufweist. Der Rotor des Verdichters 10 der Fig. 1 wird von mehreren in axialer Richtung hintereinander angeordneten Rotorscheiben 11 gebildet, wobei jede Rotorscheibe 11 in Umfangsrichtung nebeneinander mehrere Laufschaufeln 12 trägt. Im Ausführungsbeispiel der Fig. 1 sind die Laufschaufeln 12 über Schaufelfüße in den Rotorscheiben 11 verankert. Die Laufschaufeln 12 können jedoch auch integraler Bestandteil der Rotorscheiben 11 sein. Die einer Rotorscheibe 11 zugeordneten, in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneten Laufschaufeln 12 bilden sogenannte Laufschaufelkränze. Fig. 1 zeigt drei Rotorscheiben 11 mit denselben zugeordneten Laufschaufeln 12 und demnach drei in Axialrichtung des Verdichters 10 hintereinander angeordnete Laufschaufelkränze.

[0012] Der Stator des Verdichters 10 umfasst ein Gehäuse 13 sowie mehrere dem Gehäuse 13 zugeordnete Leitschaufeln 14. Die Leitschaufeln 14 bilden sogenannte Leitschaufelkränze, wobei die Leitschaufelkränze derart in axialer Richtung hintereinander angeordnet sind, dass zwischen zwei hintereinander angeordneten Laufschaufelkränzen aus Laufschaufeln 12 ein Leitschaufelkranz aus Leitschaufeln 14 positioniert ist. Die rotierenden Laufschaufeln 12 rotieren zusammen mit den Rotorscheiben 11 gegenüber den feststehenden Leitschaufeln 14 sowie dem ebenfalls feststehenden Gehäuse 13. Das Gehäuse 13 wird von einer radial innenliegenden Gehäusewand 15 sowie einer radial außenliegenden Gehäusewand 16 gebildet. Die radial innenliegende Gehäusewand 15 begrenzt zusammen mit der Nabenkontur der Rotorscheiben 11 einen Strömungskanal 17 des Verdichters 10, der im Sinne der Pfeile 18 durchströmt wird. Die Pfeile 18 visualisieren demnach die Strömungsrichtung durch den Strömungskanal 17 des Verdichters 10.

[0013] Wie Fig. 1 entnommen werden kann, ist zwischen den radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln 12 jedes Laufschaufelkranzes und dem entsprechenden Abschnitt der radial innenliegenden Gehäusewand 15 ein Spalt 19 ausgebildet. Dieser Spalt 19 unterliegt während des Betriebs des Verdichters 10 erheblichen Veränderungen, da einerseits die Laufschaufeln 12 und die radial innenliegende Gehäusewand 15 ein unterschiedliches thermisches Verhalten aufweisen, und da andererseits die Laufschaufeln 12 aufgrund der im Betrieb wirkenden Fliehkräfte bzw. Zentrifugalkräfte einer Längenveränderung unterliegen. Die Einhaltung definierter Abmessungen des Spalts 19 zwischen den radial

außenliegenden Enden der Laufschaufeln 12 und der radial innenliegenden Gehäusewand 15 bereitet demnach während des Betriebs der Gasturbine bzw. während des Betriebs des Verdichters 10 erhebliche Schwierigkeiten. Zur Optimierung des Wirkungsgrads des Verdichters 10 ist jedoch die Einhaltung definierter Abmessungen des Spalts 19 von entscheidender Bedeutung.

[0014] Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird nun vorgeschlagen, die radial innenliegende Gehäusewand 15 des Gehäuses 13 in Umfangsrichtung zu segmentieren, wobei in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Segmente 20 (siehe Fig. 2) der radial innenliegenden Gehäusewand 15 an Verbindungsstellen 21 miteinander verbunden sind. Die Fig. 2 zeigt insgesamt vier in Umfangsrichtung nebeneinander positionierte Segmente 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15, wobei in Umfangsrichtung aneinander angrenzende Segmente 20 jeweils über eine Verbindungsstelle 21 miteinander verbunden sind. Die Verbindungsstellen 21 sind im Ausführungsbeispiel der Fig. 2 allesamt als Nut-Feder-Verbindung ausgeführt. Die Verbindungsstellen 21 ermöglichen eine Relativbewegung der Segmente 20 zueinander, und zwar derart, dass jede als Nut-Feder-Verbindung ausgebildete Verbindungsstelle 21 eine Verschiebung der miteinander verbundenen Segmente 20 in Umfangsrichtung sowie eine Verkipfung derselben zulässt. Die Nut-Feder-Verbindungen verbinden demnach in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Segmente 20 gelenkig miteinander. Die Verbindungsstellen 21 sind dabei relativ gut gasdicht.

[0015] Wie Fig. 1 entnommen werden kann, greifen die im Bereich einer Rotorstufe bzw. eines Laufschaufelkranzes positionierten Segmente 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15 in stromaufwärts bzw. stromabwärts derselben angeordnete Außendeckbänder 22 der feststehenden Leitschaufelkränze ein, und zwar wiederum unter Ausbildung einer entsprechenden, als Nut-Feder-Verbindung ausgebildeten Verbindungsstelle 23. Die Verbindungsstellen 23 sind wiederum relativ gut gasdicht. Weiterhin ermöglichen die Verbindungsstellen 23 auch eine Relativbewegung der Segmente 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15 in Axialrichtung. Jeder im Bereich einer Rotorstufe bzw. eines Laufschaufelkranzes positionierte Abschnitt bzw. Bereich der radial innenliegenden Gehäusewand 15 ist demnach von den anderen Abschnitten bzw. Bereichen der radial innenliegenden Gehäusewand 15 im Hinblick auf die Spalthaltungskontrolle des Spalts 19 entkoppelt.

[0016] Im bevorzugten Ausführungsbeispiel ist nun jedem Segment 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15 eine Stelleinrichtung 24 zugeordnet. Die Stelleinrichtungen 24 greifen mit einem radial innenliegenden Ende 25 im Bereich der Verbindungsstelle 21 an einem der im Bereich der Verbindungsstelle 21 miteinander verbundenen Segmente 20 an. Mit einem gegenüberliegenden, radial außenliegenden Ende 26 sind die Stelleinrichtungen 24 an einem Trägererring 27 befestigt. Wie Fig. 1 entnommen werden kann, verläuft der Träger 27 zwi-

schen der radial innenliegenden Gehäusewand 15 und der radial außenliegenden Gehäusewand 16 und ist demnach von der radial außenliegenden Gehäusewand 16 mechanisch und thermisch entkoppelt.

[0017] Jede der Stelleinrichtungen 24 ist als elektro-motorischer Aktuator ausgebildet, wobei in das radial innenliegende Ende 25 jeder Stelleinrichtung 24 ein nicht-dargestellter Sensor integriert ist, der den Abstand zwischen dem jeweiligen Segment 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15 und dem radial außenliegenden Ende der Laufschaufel 12 des Laufschaufelkranzes der entsprechenden Rotorstufe und damit die Größe des Spalts 19 im Einflussbereich der jeweiligen Stelleinrichtung 24 misst. Auf Basis dieses Messsignals wirken die Stelleinrichtungen 24 zur Einstellung des Spalts 19 zwischen der radial innenliegenden Gehäusewand 15 und den radial außenliegenden Enden der Laufschaufel 12 auf das jeweilige Segment 20 ein. Hierbei bewirken die Stelleinrichtungen 24 eine Verschiebung der Segmente 20 in radialer Richtung, was aufgrund der eine Gelenkstelle bildenden Verbindungsstellen 21 möglich ist. Die radial innenliegenden Enden 25 der Aktuatoren 24 sind dabei im Bereich der Verbindungsstellen 21 mit dem entsprechenden Segment 20 spielfrei verbunden. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Stelleinrichtungen 24 die Segmente 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15 in einem Bereich von $\pm 0,5$ mm in radialer Richtung verstellen bzw. verschieben können.

[0018] Zusätzlich zu den nicht-dargestellten Sensoren ist vorzugsweise in jede der Stelleinrichtungen 24 weiterhin eine Regeleinrichtung integriert. Die Regeleinrichtungen erzeugen abhängig von den über die Sensoren bereitgestellten Messsignale ein Stellsignal für die Stelleinrichtungen 24 zur Verschiebung der Segmente 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15. Da vorzugsweise in jede der Stelleinrichtungen 24 ein separater Sensor sowie eine separate Regeleinrichtung integriert ist, kann jede der Regeleinrichtungen 24 und damit jedes Segment 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15 unabhängig geregelt werden. Dies ist für eine exakte Einhaltung des Spalts 19 besonders vorteilhaft.

[0019] An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass den in die Stelleinrichtungen 24 integrierten Regeleinrichtungen ein fester Sollwert für die Abmessung des Spalts 19 vorgegeben sein kann. Es ist auch möglich, den Stelleinrichtungen 24 bzw. den in dieselben integrierten Regeleinrichtungen zum Beispiel über Funk fortlaufend neue bzw. aktuelle Sollwerte für die Abmessungen des Spalts 19 vorzugeben. Hierdurch kann erzielt werden, dass in unterschiedlichen Betriebszuständen des Verdichters 10 unterschiedliche Sollwerte für den Spalt 19 vorgegeben werden.

[0020] Die Energieversorgung der Stelleinrichtungen 24 sowie der in die Stelleinrichtungen 24 integrierten Sensoren sowie Regeleinrichtungen kann entweder zentral oder bevorzugt dezentral erfolgen. So können zum Beispiel die radial außenliegenden Enden der Lauf-

schaufeln 12 Magnete tragen, die dann auf induktivem Wege eine Energieversorgung der Stelleinrichtungen 24 bewirken. Die Auswahl einer geeigneten Energieversorgung für die Stelleinrichtungen 24 obliegt dem hier angesprochenen Fachmann.

[0021] Wie bereits erwähnt, sind die Stelleinrichtungen 24 an ihren radial außenliegenden Enden 26 an einem Trägerring 27 befestigt, der zwischen der radial innenliegenden Gehäusewand 15 und der radial außenliegenden Gehäusewand 16 positioniert ist. Der Trägerring 27 ist demnach thermisch und mechanisch vom Gehäuse 13 entkoppelt. Der Trägerring 24 ist vorzugsweise thermisch so an den Rotor des Verdichters 10 angepasst, dass sich bei Lastwechseln der Gasturbine der Rotor sowie der Trägerring 27 gleichmäßig ausdehnen und nur Änderungen des Spalts 19 zwischen den radial außenliegenden Enden der Laufschaufeln und der radial innenliegenden Gehäusewand 15 auftreten. Hierzu ist der Trägerring 27 hinsichtlich Materialdicke und Werkstoffeigenschaften derart an den Rotor des Verdichters 10 angepasst, dass Rotor und Trägerring 27 ähnliche thermische Ausdehnungseigenschaften aufweisen. In diesem Zusammenhang sei angemerkt, dass vorzugsweise ein Teil der den Strömungskanal 17 durchströmenden Gasströmung aus dem Strömungskanal 17 abgeleitet und in Richtung auf den Trägerring 27 geleitet wird, um so zu erzielen, dass der Rotor sowie der Trägerring 27 ähnlichen thermischen Bedingungen ausgesetzt sind.

[0022] Die Segmente 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15 verfügen auf der den rotierenden Laufschaufeln 12 zugewandten Seite über einen Einlaufbelag, der ein kontrolliertes Anstreifen bzw. Einlaufen der Laufschaufelspitzen in die Segmente 20 zulässt. Derartige Einlaufbeläge sind dem hier angesprochenen Fachmann geläufig und bedürfen daher keiner näheren Erläuterung.

[0023] Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird demnach ein elektromechanisches System zur automatischen Regelung bzw. Beeinflussung des Spalts 19 zwischen den radial außenliegenden Enden rotierender Laufschaufeln 12 und einer radial innenliegenden Gehäusewand 15 im Bereich der rotierenden Laufschaufeln 12 vorgeschlagen. Erfindungsgemäß ist die radial innenliegende Gehäusewand 15 in Umfangrichtung segmentiert. Die in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneten Segmente 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15 sind dabei derart gelenkig miteinander verbunden, dass zwischen miteinander verbundenen Segmenten 20 eine Relativbewegung möglich ist. Vorzugsweise ist jedem Segment 20 ein separate Stelleinrichtung 24 zugeordnet. Über die Stelleinrichtungen 24 kann jedes Segment 20 zur Einstellung des Spalts 19 in radialer Richtung verschoben werden. Vorzugsweise ist in jede der Stelleinrichtungen 24 ein separater Sensor sowie eine separate Regeleinrichtung integriert. Jede der Stelleinrichtungen 24 kann dann unabhängig von den anderen Stelleinrichtungen 24 das mit der Stelleinrichtung 24 zusammenwirkende Segment 20 der radial innenliegen-

den Gehäusewand 15 individuell in radialer Richtung verstellen. Hierdurch ist eine besonders exakte Spalthaltungskontrolle möglich.

[0024] Wie bereits oben erwähnt, greifen die im Bereich einer Rotorstufe bzw. eines Laufschaufelkranzes positionierten Segmente 20 der radial innenliegenden Gehäusewand 15 in stromaufwärts bzw. stromabwärts derselben angeordnete Außendeckbänder 22 der feststehenden Leitschaufelkränze ein, und zwar wiederum unter Ausbildung der Verbindungsstellen 23, die eine Relativbewegung der Segmente 20 in Axialrichtung ermöglichen. Die Leitschaufelkränze sind in Umfangsrichtung ebenfalls segmentiert, so dass auch zwischen in Umfangsrichtung benachbarten Leitschaufelkranzsegmenten eine Relativbewegung möglich ist. Hierdurch lässt sich dann auch ein radial innenliegender Spalt zwischen den radial innenliegenden Enden der feststehenden Leitschaufeln 14 eines Leitschaufelkranzes und dem Rotor einstellen bzw. mitregeln.

[0025] Mit der Erfindung kann der Spalt zwischen den radial außenliegenden Enden rotierender Laufschaufeln und einer radial innenliegenden Gehäusewand insbesondere in einem Verdichter einer Gasturbine sehr schnell sowie sehr exakt nachgeregelt und damit auf einen extrem niedrigen Wert gehalten werden. Auch lässt sich der Spalt zwischen den radial innenliegenden Enden der feststehenden Leitschaufeln und dem Rotor einstellen bzw. mitregeln. Die Erfindung ermöglicht dies auch bei sehr schnellen Lastwechseln sowie extremen Manöverlasten. Mit der Erfindung können höhere Wirkungsgrade sowie größere Pumpgrenzabstände auch während eines längeren Betriebs eingehalten bzw. erreicht werden.

Patentansprüche

1. Turbomaschine, insbesondere Gasturbine, mit einem Stator und einem Rotor, wobei der Rotor Laufschaufeln (12) und der Stator ein Gehäuse (13) und Leitschaufeln (14) aufweist, wobei die rotorseitigen Laufschaufeln (12) Laufschaufelkränze bilden, die mit radial außenliegenden Enden an eine radial innenliegende Gehäusewand (15) des Gehäuses angrenzen und mit derselben einen Spalt (19) begrenzen,
dadurch gekennzeichnet,
dass die radial innenliegende Gehäusewand (15) in Umfangsrichtung segmentiert ist, wobei in Umfangsrichtung nebeneinander angeordnete Segmente (20) der radial innenliegenden Gehäusewand (15) derart miteinander verbunden sind, dass zwischen miteinander verbundenen Segmenten (20) eine Relativbewegung möglich ist, und dass vorzugsweise jedem Segment (20) der radial innenliegenden Gehäusewand (15) eine Stelleinrichtung (24) zugeordnet ist, die auf das jeweilige Segment (20) zur Einstellung des Spalts (19) einwirkt.

2. Turbomaschine nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass die in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneten Segmente (20) der radial innenliegenden Gehäusewand (15) gelenkig miteinander verbunden sind.
3. Turbomaschine nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die in Umfangsrichtung nebeneinander angeordneten Segmente (20) der radial innenliegenden Gehäusewand (15) über Nut-FederVerbindungen miteinander verbunden sind, wobei jede Nut-Feder-Verbindung eine Verschiebung der miteinander verbundenen Segmente (20) in Umfangsrichtung sowie eine Verkipfung derselben zulässt.
4. Turbomaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass jedem Segment (20) der radial innenliegenden Gehäusewand (15) eine Stelleinrichtung (24) zugeordnet ist.
5. Turbomaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stelleinrichtungen (24) das jeweilige Segment (20) zur Einstellung des Spalts (19) in radialer Richtung verschieben.
6. Turbomaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stelleinrichtungen (24) als elektro-mechanische Aktuatoren ausgebildet sind.
7. Turbomaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass jeder Stelleinrichtung (24) ein Sensor zugeordnet ist, der den Abstand zwischen dem jeweiligen Segment (20) der radial innenliegenden Gehäusewand und dem radial außenliegenden Ende der Laufschaufeln (12) eines Laufschaufelkranzes und damit die Größe des Spalts (19) im Einflussbereich der jeweiligen Stelleinrichtung (24) misst.
8. Turbomaschine nach Anspruch 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass jeder Sensor in ein radial innenliegendes Ende (25) der jeweiligen Stelleinrichtung (24) integriert ist.
9. Turbomaschine nach Anspruch 7 oder 8,
dadurch gekennzeichnet,
dass in jede Stelleinrichtung (24) zusätzlich zum Sensor auch eine Regeleinrichtung integriert ist, die abhängig von einem vom Sensor bereitgestellten

Messsignal ein Stellsignal für die Stelleinrichtung zur automatischen Spaltregelung erzeugt.

10. Turbomaschine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stelleinrichtungen (24) mit einem radial innenliegenden Ende (25) an dem jeweiligen Segment (20) angreifen und mit demselben spielfrei verbunden sind. 5 10
11. Turbomaschine nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stelleinrichtungen (24) mit dem radial innenliegenden Ende (25) in einem Verbindungsbe- 15
reich (21) zwischen zwei benachbarten Segmenten (20) angreifen, wobei jedem Verbindungsbereich (21) eine Stelleinrichtung (24) zugeordnet ist.
12. Turbomaschine nach einem oder mehreren der An- 20
sprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Stelleinrichtungen (24) mit einem radial au-
ßenliegenden Ende (26) an einem Trägerring (27) 25
angreifen, wobei der Trägerring (27) zwischen der
radial innenliegenden Gehäusewand (15) und einer
radial außenliegenden Gehäusewand (16) des Ge-
häuses (13) angeordnet ist.
13. Turbomaschine nach Anspruch 12, 30
dadurch gekennzeichnet,
dass der Trägerring (27) von der radial innenliegen-
den Gehäusewand (15) und der radial außenliegen-
den Gehäusewand (16) thermisch entkoppelt ist. 35
14. Turbomaschine nach Anspruch 12 oder 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Trägerring (27) hinsichtlich Materialdicke
und Werkstoffeigenschaften derart an den Rotor an- 40
gepasst ist, dass der Rotor und der Trägerring (27)
ähnliche thermische Ausdehnungseigenschaften
aufweisen.
15. Turbomaschine nach einem oder mehreren der An- 45
sprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass die in Umfangsrichtung nebeneinander ange-
ordneten Segmente (20) der radial innenliegenden
Gehäusewand (15) an der den rotierenden Lauf-
schaufeln (12) zugewandten Seite einen Einlaufbe- 50
lag aufweisen.
16. Turbomaschine nach einem oder mehreren der An-
sprüche 1 bis 15,
dadurch gekennzeichnet, 55
dass die im Bereich eines Laufschaufelkranzes po-
sitionierten Segmente (20) der radial innenliegenden
Gehäusewand (15) in stromaufwärts und/oder

stromabwärts derselben angeordnete Leitschaufel-
kränze unter Ausbildung von Verbindungsstellen
(23) eingreifen, wobei die Leitschaufelkränze in Um-
fangsrichtung ebenfalls segmentiert sind, und wobei
über die Verstellung der Segmente (20) der radial
innenliegenden Gehäusewand (15) auch Leitschau-
felkranzsegmente zur Einstellung eines Spalt zwi-
schen den radial innenliegenden Enden der festste-
henden Leitschaufeln (14) und dem Rotor verstellbar
sind.

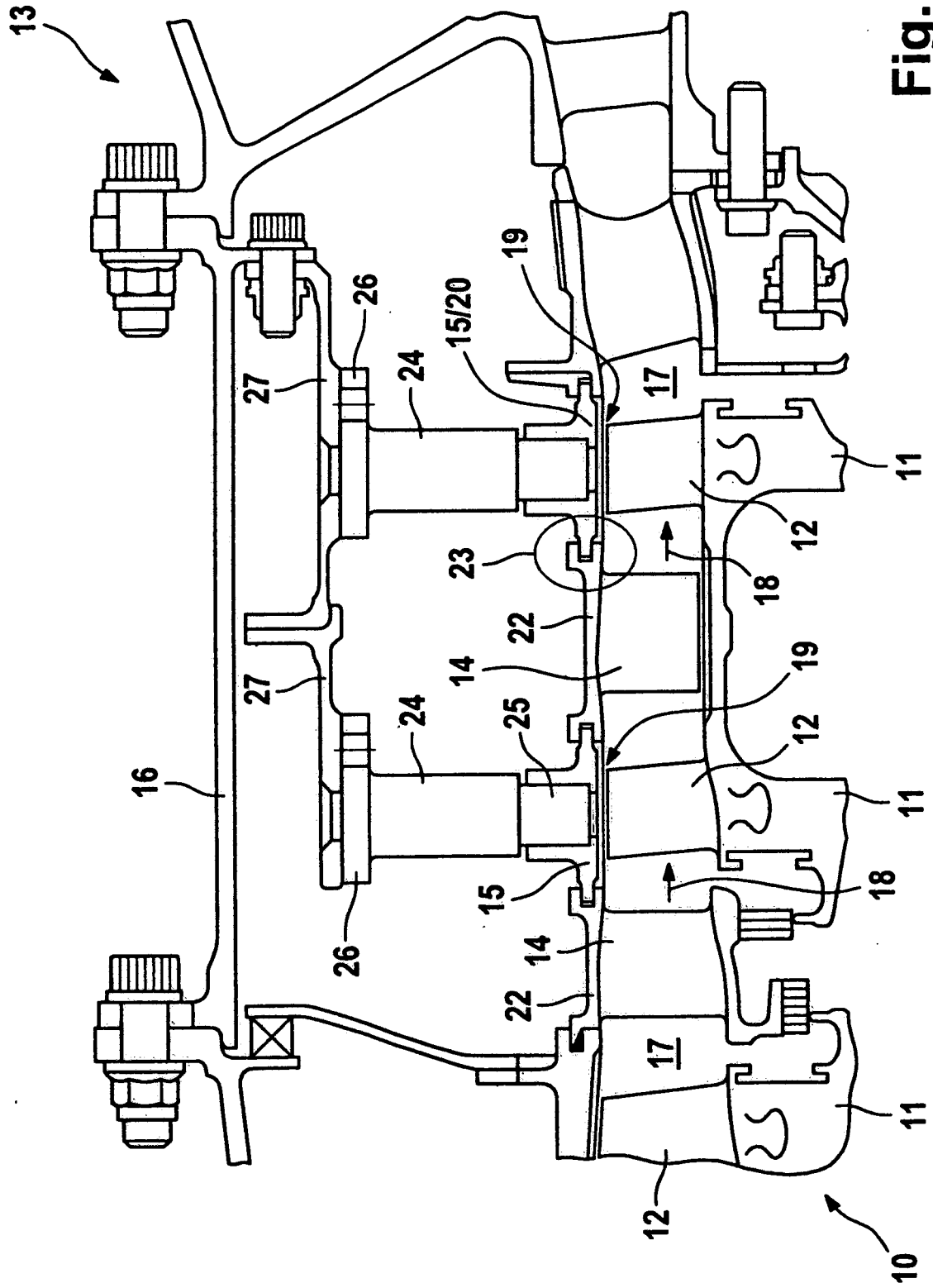


Fig. 1

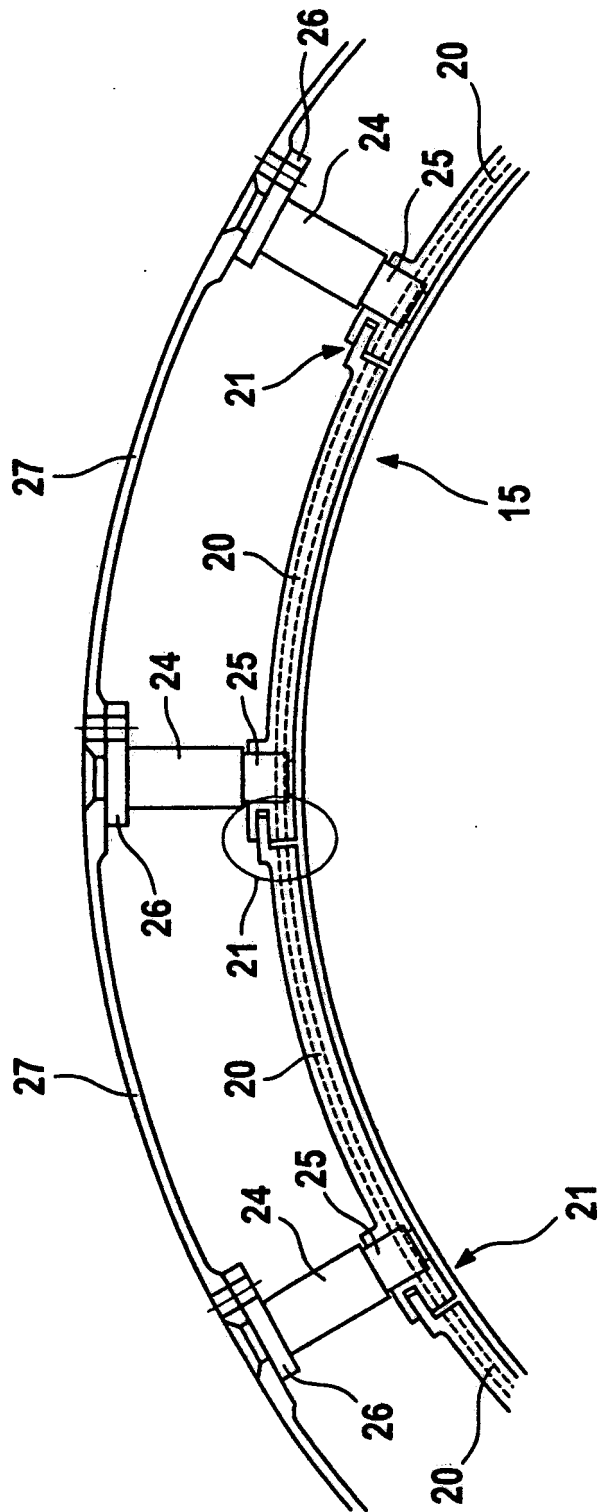


Fig. 2



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 6116

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	GB 2 099 515 A (ROLLS ROYCE LTD) 8. Dezember 1982 (1982-12-08) * Seite 1, Zeile 55 - Seite 2, Zeile 65 * * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,4-10, 12-14	F01D11/22 F01D25/24 F04D29/16
X	DE 29 22 835 A1 (MTU MOTOREN- UND TURBINEN-UNION MUENCHEN GMBH; MTU MOTOREN- UND TURBIN) 18. Dezember 1980 (1980-12-18) * Seite 5 - Seite 6 * * Ansprüche 1,3,4; Abbildungen *	1,2,4-9, 15	
X	US 4 714 404 A (LARDELLIER ET AL) 22. Dezember 1987 (1987-12-22) * Spalte 2, Zeile 40 - Spalte 3, Zeile 45 * * Spalte 4, Zeile 14 - Zeile 35 * * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-8,10, 15,16	
X	GB 2 108 591 A (* ROLLS-ROYCE LIMITED) 18. Mai 1983 (1983-05-18) * Seite 1, Zeile 24 - Seite 2, Zeile 53 * * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,2,4-12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
X	GB 2 068 470 A (ROLLS ROYCE LTD) 12. August 1981 (1981-08-12) * Seite 1, Zeile 105 - Seite 2, Zeile 61 * * Zusammenfassung; Abbildungen *	1,2, 4-10,12	F01D F04D
X	US 5 167 488 A (CIOKAJLO ET AL) 1. Dezember 1992 (1992-12-01) * Spalte 1, Zeile 28 - Zeile 42 * * Spalte 4, Zeile 40 - Spalte 5, Zeile 68 * * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-5,16	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 31. August 2005	Prüfer O'Shea, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 6116

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.7)
X	US 5 211 534 A (CATLOW ET AL) 18. Mai 1993 (1993-05-18) * Spalte 2, Zeile 52 - Spalte 3, Zeile 12 * * Zusammenfassung; Abbildungen * -----	1,4,5,13	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.7)
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort Den Haag		Abschlußdatum der Recherche 31. August 2005	Prüfer O'Shea, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 3
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 05 01 6116

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

31-08-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB 2099515 A	08-12-1982	KEINE	
DE 2922835 A1	18-12-1980	FR 2458676 A1	02-01-1981
		GB 2057722 A ,B	01-04-1981
		US 4334822 A	15-06-1982
US 4714404 A	22-12-1987	FR 2591674 A1	19-06-1987
		DE 3661858 D1	23-02-1989
		EP 0230177 A1	29-07-1987
GB 2108591 A	18-05-1983	KEINE	
GB 2068470 A	12-08-1981	KEINE	
US 5167488 A	01-12-1992	KEINE	
US 5211534 A	18-05-1993	GB 2253012 A ,B	26-08-1992

EPO FORM P0461

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