



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
**09.04.2008 Patentblatt 2008/15**

(51) Int Cl.:  
**F01D 11/22 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **06021049.9**

(22) Anmeldetag: **06.10.2006**

(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 RS**

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**  
**80333 München (DE)**

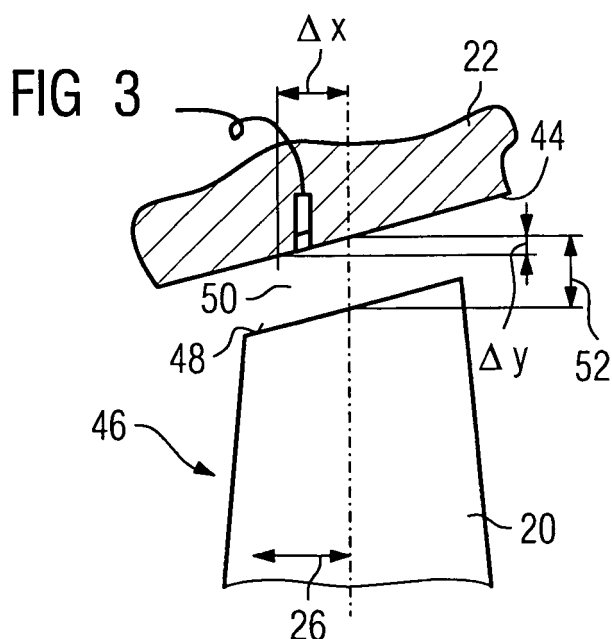
(72) Erfinder:  
• **Berendt, Oliver**  
**02826 Görlitz (DE)**  
• **Gehring, Walter**  
**90491 Nürnberg (DE)**

(54) **Turbomaschine**

(57) Die Erfindung betrifft eine Turbomaschine (2) mit einem zumindest einen konischen Abschnitt (44) aufweisenden Gehäuse (22) und einem Läufer (4) mit einem im konischen Abschnitt (44) angeordneten Schaufelsegment (46).

Um geringe Wirkungsgradverluste durch Umströ-

mung der Laufschaufelenden zu erreichen, wird vorgeschlagen, dass die Turbomaschine (2) ein Einstellmittel (66) zum Einstellen einer axialen Position (82, 100) des Schaufelsegments (46) relativ zum Gehäuse (22) während einer Rotation des Läufers (4) umfasst zum Einstellen eines Radialspalts (50) zwischen dem Schaufelsegment (46) und dem Gehäuse (22).



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Turbomaschine mit einem zumindest einen konischen Abschnitt aufweisen- den Gehäuse und einem Läufer mit einem im konischen Abschnitt angeordneten Schaufelsegment.

**[0002]** Dampfturbinen werden in vielen Bereichen zum Antrieb von Generatoren oder Arbeitsmaschinen oder in Verbindung mit anderen, Dampf verbrauchenden Arbeitsprozessen eingesetzt. Zum Antrieb einer Dampftur- bine wird Dampf erzeugt und mit hohem Druck und hoher Temperatur in die Dampfturbine geführt, wo er sich Arbeit leistend entspannt. Zur Erzeugung der Rotationsbewe- gung der Turbinenwelle sind an dieser eine Anzahl von üblicherweise in Schaufelgruppen oder Schaufelreihen zusammengefassten Laufschaufeln angeordnet, die En- ergie aus dem Heißdampf aufnehmen und in Bewegung umsetzen. Zur Führung des Dampfs in der Turbine sind zudem üblicherweise zwischen benachbarten Lauf- schaufelreihen mit dem Turbinengehäuse verbundene Leitschaufelreihen angeordnet.

**[0003]** Bei der Auslegung von Dampfturbinen ist ne- ben einer hohen erreichbaren Leistung ein hoher Wir- kungsgrad ein Auslegungsziel. Ein hoher Wirkungsgrad kann erreicht werden, wenn Strömungsverluste gering gehalten werden. Zu den Verlusten tragen Querströmun- gen von Dampf zwischen dem Gehäuse und den äuße- ren Enden der Laufschaufeln, mithin über die Laufschau- felspitzen hinweg, bei. Diese Anteile des Dampfs leisten keinen Beitrag zum Antrieb der Turbinenwelle. Daher wird üblicherweise angestrebt, die Spalte zwischen den äußeren Enden der Laufschaufeln und dem Turbinenge- häuse möglichst gering zu halten.

**[0004]** Aufgrund einer unterschiedlichen zeitlichen Er- wärmung, insbesondere bei einem schnellen Hochfah- ren der Dampfturbine, findet eine ungleichen Ausdeh- nung von Gehäuse, Leitschaufeln, Laufschaufeln und Turbinenwelle sowohl in radialer als auch in axialer Rich- tung und in Bezug zueinander statt. Daher kann eine für einen Dauerbetrieb der Dampfturbine optimale, also ge- ringe Spaltbreite nicht ursprünglich eingestellt werden. Die Mindestspaltbreite liegt in der Regel nicht im statio- nären Betrieb vor, sondern in irgendeinem Betriebs- punkt, beispielsweise bei einem Hochfahren der. Dampf- turbine. Dieser Umstand führt dazu, dass als Kompro- miss beim Aufbau der Turbine eine Spaltbreite gewählt werden muss, die im stationären Betrieb einen verlust- bringenden, größeren Spalt nach sich zieht.

**[0005]** Zur Verlustverminderung durch Verringerung des Spalts zwischen dem Gehäuse und den äußeren Enden der Laufschaufeln können einerseits gezielte Maßnahmen, wie Versteifungen des Gehäuses oder ei- ne Anpassung von Aufhängungen der Laufschaufeln vorgesehen werden. Aus der EP 1 329 594 A1 ist be- kannt, jede Laufschaufelreihe von einem Führungsring zu umgeben, der zur Beeinflussung seiner thermischen Ausdehnung mit einem Steuermedium beaufschlagbar ist.

**[0006]** Es ist die Aufgabe der Erfindung, eine Turbo- maschine mit geringen Wirkungsgradverlusten durch Umströmung der Laufschaufelenden anzugeben.

**[0007]** Diese Aufgabe wird durch eine Turbomaschine der Eingangs genannten Art gelöst, die erfindungsge- mäß ein Einstellmittel zum Einstellen einer axialen Posi- tion des Schaufelsegments relativ zum Gehäuse wäh- rend einer Rotation des Läufers aufweist zum Einstellen eines Radialspalts zwischen dem Schaufelsegment und dem Gehäuse. Durch die Konusform des Gehäuses führt eine axiale Bewegung des Schaufelsegments zu einer Veränderung der Größe des Radialspalts. Das Schau- felsegment kann in seiner axialen Position nach einem Hochfahren oder einem kritischen Betriebspunkt an ei- nen momentanen Betriebspunkt angepasst und der Ra- dialspalt hierdurch klein bleiben, wodurch Umströmungs- verluste gering gehalten werden können.

**[0008]** Das Schaufelsegment kann eine oder mehrere Laufschaufelreihen umfassen. Das Schaufelsegment kann außerdem ein Teil einer unterteilten Welle mit daran angeordneten Komponenten sein. Die Turbomaschine kann eine Dampfturbine oder Gasturbine sein und für den stationären oder mobilen Betrieb, beispielsweise als Flugzeugturbine, konstruiert sein. Durch die Einstellung der axialen Position während einer Rotation des Läufers kann das Schaufelsegment während eines Betriebs des Läufers bzw. der Turbomaschine in Axialrichtung posi- tioniert und somit der Radialspalt während dieses Be- triebs eingestellt werden.

**[0009]** In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfin- dung weist der Läufer eine Welle auf und das Einstell- mittel ist zum Einstellen einer axialen Position der Welle relativ zum Gehäuse vorgesehen. Es können auf einfa- che Weise alle Schaufeln auf der Welle beispielsweise mit Hilfe eines einzigen Aktors bewegt werden. Die Welle ist vorteilhafterweise in sich starr, also nicht unterteilt in zueinander bewegliche Segmente.

**[0010]** Eine axiale Bewegung des Schaufelsegments kann mit wenigen beweglichen Komponenten durchge- führt werden, wenn die Turbomaschine eine Welle mit einem Axiallager aufweist und das Einstellmittel zumin- dest einen Teil des Axiallagers umfasst. Es kann eine durch das Axiallager während des Betriebs mögliche axiale Verstellung der Welle zur Einstellung des Radial- spalts genutzt werden.

**[0011]** Ist das Axiallager ein Magnetlager, so kann eine axiale Bewegung der Welle auf einfache Weise und ohne eine Vergrößerung eines Ölspalts oder ein mechanis- ches Verschieben von Lagerelementen des die Welle tragenden Stators erfolgen. In einer anderen Ausgestal- tung der Erfindung kann das Axiallager ein Schmiermit- tellager sein. Bei einem Verschieben der Welle kann hier- bei die im Stator angeordnete Lagerschale mit der Welle verschoben werden, um einen Ölspalt im Lager mög- lichst unverändert zu belassen. Mit gleicher Verschieb- barkeit der ruhenden Lagerschale ist auch ein Wälzlager denkbar.

**[0012]** In einer weiteren vorteilhaften Ausführungs-

form der Erfindung weist das Einstellmittel eine Steuereinheit mit einem Datenspeicher auf und die Steuereinheit ist zur Steuerung der axialen Positionen des Schaufelsegments in Abhängigkeit von im Datenspeicher hinterlegten Daten vorgesehen. So kann bei der Positionierung auf beispielsweise empirisch ermittelte Erfahrungen zu vorteilhaften axialen Positionen zurückgegriffen werden und die Steuereinheit kann eine dementsprechende Positionierung des Schaufelsegments steuern. Die im Datenspeicher hinterlegten Daten können Betriebsdaten, wie Temperaturen oder Drehzahlen des Läufers sein und/oder Betriebsprozesse, wie ein Hoch- oder Herunterfahren oder ein Lastabwurf.

**[0013]** Zweckmäßigerweise ist im Datenspeicher eine Zuordnung von Betriebspunkten zu axialen Positionen des Schaufelsegments hinterlegt und die Steuereinheit ist zur Steuerung der axialen Position des Schaufelsegments entsprechend der Zuordnung vorgesehen. Es kann zu abgespeicherten Betriebspunkten eine solche axiale Position angesteuert werden, die einen besonders guten Wirkungsgrad gewährleistet. So kann der Radialspalt z.B. bei einem Hochfahren groß gehalten werden und zu Beginn eines Dauerbetriebs verringert werden, um Umströmungsverluste gering zu halten. Die Betriebspunkte können solche des Läufers bzw. der Turbomaschine sein. Die axiale Position des Schaufelsegments ist durch die Zuordnung vorgegeben und kann auf vorher festgelegte Ergebnisse ausgerichtet sein, wie einen guten Wirkungsgrad bei einigen Betriebspunkten und einer hohen Sicherheit gegen Anstreifen durch einen großen Radialspalt bei anderen Betriebspunkten. Die Betriebspunkte können durch die Drehzahl des Läufers, die Last an der Turbomaschine, eine gemessene Temperatur und dergleichen bestimmt sein. Pro Betriebspunkt sieht die Zuordnung vorteilhafterweise nur eine axiale Position des Schaufelsegments vor.

**[0014]** Eine hohe Sicherheit gegen ein Anstreifen der Schaufelenden am Gehäuse kann erreicht werden, wenn im Datenspeicher eine Zuordnung von kritischen Betriebspunkten zu einer festen Sicherheitsposition des Schaufelsegments hinterlegt ist. Durch die Sicherheitsposition kann ein größerer Radialspalt vorgegeben sein, als in jedem regulären Betrieb der Turbomaschine vorgesehen ist.

**[0015]** Zweckmäßigerweise ist die Sicherheitsposition eine einzige, konstante axiale Position des Schaufelsegments, insbesondere die maximale im Datenspeicher hinterlegte axial aus dem konischen Abschnitt herausbewegte Position des Schaufelsegments. Kritische Betriebspunkte können durch besondere Drehzahlbereiche, Temperaturen oder Drehzahlen des Läufers auszeichnen.

**[0016]** Während eines Hochfahrens der Turbomaschine durchläuft der Läufer Drehzahlbereiche, die hinsichtlich einer Vibration einzelner Teile der Turbomaschine kritisch sein können. Um bei diesen Drehzahlen ein Anstreifen der Schaufelenden am Gehäuse sicher zu verhindern, ist die Steuereinheit vorteilhafterweise dazu vor-

bereitet, bei diesen Drehzahlbereichen eine Positionierung des Schaufelsegments in eine wie oben beschriebene Sicherheitsposition vorzunehmen. Da der Wirkungsgrad bei einem Hochfahren nicht von großer Bedeutung ist, ist die Steuereinheit zweckmäßigerweise zur Steuerung einer Positionierung des Schaufelsegments in eine Sicherheitsposition bei einem Hochfahren des Läufers vorgesehen.

**[0017]** Bei einem Lastabwurf, auch Trip genannt, kommt es zu starken Kräfteänderungen innerhalb der Turbomaschine, die zu größeren radialen Bewegungen des Läufers zum Gehäuse führen kann. Eine große Sicherheit gegen ein Anstreifen bei einem Lastabwurf kann erreicht werden, wenn die Steuereinheit zur Steuerung einer Bewegung des Schaufelsegments aus einer Betriebsposition in eine axiale Sicherheitsposition bei einem Lastabwurf vorgesehen ist. In der Sicherheitsposition liegt, wie oben beschrieben, ein großer Radialspalt vor, so dass dem Läufer eine große Bewegungsfreiheit relativ zum Gehäuse verschafft werden kann.

**[0018]** Hierbei kann eine einfache und schnelle Steuerung der Bewegung in die Sicherheitsposition erreicht werden, wenn die Steuereinheit zur Verwendung eines Signals zum Einleiten eines Lastabwurfs zur Steuerung der Bewegung des Schaufelsegments in die Sicherheitsposition vorgesehen ist. Das Signal zum Einleiten eines Lastabwurfs kann ein entsprechendes Signal von einer die Turbomaschine kontrollierenden Leitstelle sein.

**[0019]** Ein Schwachlastbetrieb, also beispielsweise zum Drehen eines lastfreien Generators, kann aufgrund von steigenden Kondensationsdrücken im Niederdruckteil mit Schwingungen verbunden sein, die hinsichtlich eines Anstreifens der Schaufelenden an das Gehäuse risikoreich sind. Zur Eliminierung eines solchen Risikos ist die Steuereinheit vorteilhafterweise zur Steuerung einer Positionierung des Schaufelsegments in eine Sicherheitsposition bei einem Schwachlastbetrieb vorgesehen. Unter einem Schwachlastbetrieb kann ein Betrieb verstanden werden, bei dem die Turbinenleistung unterhalb von 25% der maximalen Turbinenleistung liegt.

**[0020]** Eine kleine Spaltbreite zum Erzielen eines hohen Wirkungsgrads und/oder eine große Spaltbreite, die Sicherheit gegen Anstreifen verschafft, kann zuverlässig durch einen Sensor zur Messung einer mit dem Radialspalt in Abhängigkeit stehenden Größe eingehalten werden, wobei die Steuereinheit zur Regelung der Einstellung in Abhängigkeit von der Größe vorgesehen ist. Die gemessene Größe kann eine Schwingung innerhalb der Turbomaschine sein, insbesondere innerhalb der letzten Stufe der Turbomaschine, eine Temperatur, insbesondere ein Temperaturunterschied zwischen einem Element des Gehäuse und einem Element des Läufers, eine Last und/oder ein Lastgradient.

**[0021]** Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, die in den Zeichnungen dargestellt sind.

**[0022]** Es zeigen:

FIG 1 eine ölfreie Turbomaschine mit Magnetlagern und einem konischen Gehäuse in einer Schnittdarstellung,

FIG 2 einen Radialspalt zwischen dem Gehäuse und einem Schaufelende einer Schaufel der Turbomaschine aus FIG 1,

FIG 3 einen durch eine axiale Verschiebung des Schaufelendes vergrößerten Radialspalt und

FIG 4 ein Schema einer in einem Datenspeicher der Turbomaschine hinterlegten Zuordnung von Betriebspunkten zu axialen Positionen der Schaufel.

**[0023]** FIG 1 zeigt schematisch eine als Dampfturbine ausgeführte Turbomaschine 2 mit einem drehbar gelagerten Läufer 4 auf einer Welle 6 in einem feststehenden Gehäuse 8. Die Welle 6 ist in zwei radialen Magnetlagern 10, 12 gelagert, von denen das Magnetlager 10 auf einer Hochdruckseite 14 und das Magnetlager 12 auf einer Abdampfseite 16 der Dampfturbine angeordnet ist. Auf der Abdampfseite 16 ist die Welle 6 durch das Gehäuse 8 hindurch geführt. Generell kann die Welle 6 auch auf der Hochdruckseite 14 durch das Gehäuse 8 hindurch geführt sein. Um schematisch dargestellte Schaufelreihen 18 von Laufschaufeln 20 ist ein inneres Gehäuse 22 angeordnet.

**[0024]** Ein im Ausführungsbeispiel auf der Hochdruckseite 14 angeordnetes magnetisches Axiallager 24 hält den Läufer 4 über die Welle 6 in axialer Richtung 26 in einer gewünschten Position und nimmt vom Dampf erzeugte Schubkräfte auf. Das Axiallager 24 kann ebenso gut auf der Abdampfseite 16 angeordnet sein. Auf der Hochdruckseite 14 ist außerdem ein Fanglager 28 angeordnet, das im Ausführungsbeispiel zwischen dem Magnetlager 10 und dem Axiallager 24 angeordnet ist. Ein weiteres Fanglager 30 ist auf der Abdampfseite 16 in Strömungsrichtung des Dampfs hinter dem radialen Magnetlager 12 angeordnet. Bei einem Ausfall der Magnetlager 10, 12 kann die Welle 6 in diesen Fanglagern 28, 30 auslaufen.

**[0025]** Die Hochdruckseite 14 ist mit einem Deckel 32 dampfdicht verschlossen. Ein Ausgleichskolben 34 mit einer Labyrinthdichtung 36 dichtet das Magnetlager 10 und das Axiallager 24 gegen Dampf ab. Eine berührungsfreie, Wellendichtung 38 dichtet das Magnetlager 12 und den Außenraum um die Turbomaschine 2 gegen Dampf ab. Eine schematisch angedeutete Steuereinheit 40 mit einem Datenspeicher 42 ist zum Steuern eines Betriebs der Turbomaschine 2 vorgesehen.

**[0026]** FIG 2 und FIG 3 zeigen einen Ausschnitt aus einem konischen Abschnitt 44 des Gehäuses 22, in dem ein Schaufelsegment 46 in Form einer Schaufelreihe 18 aus FIG 1 ausschnittsweise dargestellt ist. Die Schaufelreihe 18 weist mehrere Laufschaufeln 20 mit jeweils einem Schaufelende 48 auf, das jeweils von einem Radialspalt 50 gleicher Breite 52 vom Gehäuse 22 beabstan-

det ist. Ein magnetischer Sensor 54 ist mit der Steuereinheit 40 verbunden und dient zum Messen einer magnetischen Größe, die in einem eindeutigen Verhältnis zur Breite 52 des Radialspalts 50 steht.

**[0027]** Beim Betrieb der Turbomaschine 2 gelangt Frischdampf über eine Zuführung 56 aus einem nicht dargestellten Einströmkasten mit Stellventilen in einen vom Gehäuse 8 umgebenen Dampfraum und trifft über Düsen 58 auf ein Laufrad 60. Von dort strömt der Dampf durch einzelne Stufen, die jeweils aus einer Anzahl von feststehenden Leitschaufeln 62 und einer Anzahl von zum Läufer 4 gehörenden Laufschaufeln 20 aufgebaut sind. Die Laufschaufeln 20 und Leitschaufeln 62 sind von Stufe zu Stufe größer und länger ausgeführt, da der Arbeit leistende Dampf entspannt wird und dadurch sein Volumen vergrößert. Der entspannte Dampf durchströmt einen Abdampfstutzen 64 und wird entweder zunächst als Prozessdampf genutzt oder direkt einem nicht dargestellten Kondensator zugeführt.

**[0028]** Während eines Dauerbetriebs der Turbomaschine 2 ist der Radialspalt 50 in seiner Breite 52 im unteren Millimeterbereich und somit klein gehalten und wird durch den Sensor 54 in Verbindung mit der Steuereinheit 40 auf seine Breite 52 hin überwacht. Bei dieser geringen Breite 52 treten nur geringe Umströmungsverluste auf.

**[0029]** Bei einem Anfahren der Turbomaschine 2 treten bei bestimmten Drehzahlen des Läufers 4 Schwingungen auf, wodurch die Spaltbreite des Radialspalts 50 kurzzeitig schrumpft. Außerdem erwärmen sich die Laufschaufeln 20 schneller als das Gehäuse 22, so dass sie sich gegenüber dem Gehäuse 22 mehr ausdehnen. Auch hierdurch wird die Spaltbreite verringert. Zum Ausgleich dieser Verringerungen umfasst die Turbomaschine ein Einstellmittel 66 zum Einstellen einer axialen Position des Schaufelsegments 46, das sowohl das magnetische Axiallager 24 als auch die Steuereinheit 40 umfasst. Von der Steuereinheit 40 wird das Axiallager 24 derart angesteuert, dass es eine größere Kraft in die in FIG 1 nach rechts gerichtete Axialrichtung 26 auf die Welle 6 ausübt, so dass die Welle 6 und mit ihr alle Laufschaufeln 20 um eine Länge  $\Delta x$  weit aus dem konischen Abschnitt 44 des Gehäuses 22 herausgedrückt wird. Hierdurch werden die Schaufelenden 48 um die Länge  $\Delta x$  axial verschoben und entfernen sich entsprechend der Konizität des Abschnitts 44 um eine Länge  $\Delta y$  vom Gehäuse 22, wie in FIG 3 im Vergleich zu FIG 2 dargestellt ist. Die um mehrere Millimeter vergrößerte Breite 52' des Radialspalts 50 führt zu einer hohen Sicherheit gegen ein Anstreifen der Schaufelenden 48 am Gehäuse 22.

**[0030]** Erreicht die Turbomaschine 2 einen ruhigen Betriebspunkt 68 (FIG 4), so wird das Axiallager 24 wieder derart angesteuert, dass es die Welle 6 in Axialrichtung 26 in den Konus des Abschnitts 44 hinein zieht, wodurch der Radialspalt 50 in seiner Breite 52 wieder an einen verlustarmen Betrieb angepasst wird.

**[0031]** Eine im Datenspeicher 42 hinterlegte Zuordnung 70 von Betriebspunkten 68 zu axialen Positionen 82 des Schaufelsegments 46 ist in FIG 4 schematisch

dargestellt. Auf einer Quellenseite 72 der Zuordnung 70 sind alle mit der Turbomaschine 2 erreichbaren Betriebspunkte 68 in Form von kleinen Parameterbereichen in Abhängigkeit von mehreren Betriebsparametern in einem mehrdimensionalen Parameterraum 74 aufgeführt. Die Parameter sind unter Anderem die Drehzahl und Last des Läufers 4, eine Schwingung in der größten Stufe des Läufers 4 sowie eine Läufertemperatur und eine Gehäuse-temperatur. In FIG 4 ist der Parameterraum 74 zur Verdeutlichung des Prinzips der Zuordnung 70 in nur zweidimensionaler Form, also nur in Abhängigkeit von zwei Parametern 76, 78 dargestellt.

**[0032]** Auf einer Ergebnisseite 80 der Zuordnung 70 ist jedem Betriebsparameter 68 eine axiale Position 82 durch eine eindeutige Zuordnungsvorschrift 84, beispielsweise ein mathematisches Gleichungssystem oder eine mehrdimensionale Tabelle, zugeordnet. Je nachdem in welchem Betriebspunkt 68 sich die Turbomaschine 2 befindet steuert die Steuereinheit 40 das Axiallager 24 so an, dass die zugeordnete axiale Position 82 erreicht und damit eine vorgegebene Breite 52 des Radialspalts 50 eingestellt wird. Mit Hilfe des Sensors 54 wird die Breite 52 überwacht und die axiale Ist-Position wird über eine durch die Steuereinheit veranlasste Regelung der vorgegebenen axialen Position 82 nachgeregelt.

**[0033]** Einigen Betriebspunkten 86, 88, 90 ist als axiale Position eine Sicherheitsposition 92 zugewiesen, die auf der Ergebnisseite 80 der Zuordnung 70 durch schraffierte Bereiche angedeutet ist. Wird von der Turbomaschine 2 ein solcher Betriebspunkt 86, 88, 90 erreicht, so wird die Positionierung der Welle 6 von der Steuereinheit 40 in eine solche Position gesteuert, die die in der Zuordnung 70 die am weitesten aus dem konischen Abschnitt herausgeschobene Position ist. Hierbei sind alle Sicherheitspositionen 92 gleich. Einige dieser Betriebspunkte 88 liegen in einem festgelegten Schwachlastbereich. Andere solcher Betriebspunkte 90 liegen in einem Bereich sehr hoher Läuferdrehzahlen. Wieder andere solche Betriebspunkte 86 sind in Parameterbereichen, in denen empirisch ein hohes Schwingen von Läufer teilen oder vom Läufer 4 als ganzes ermittelt wurde.

**[0034]** Zusätzlich umfasst die Zuordnung 70 auf der Quellenseite 72 eine Anzahl Betriebsmodi 94, 96, 98, die jeweils viele Betriebspunkte umfassen und jeweils als Ganzes einer axialen Position 100 oder der Sicherheitsposition 92 zugeordnet sind. Ein solcher Betriebsmodus 94 ist ein Hochfahren der Turbomaschine 2, während dessen die Welle 6 und mit ihr die Schaufelenden 48 in der Sicherheitsposition 92 gehalten werden. Ein anderer solcher Betriebsmodus 98 ist ein Lastabwurf, der ebenfalls zu einer Positionierung der Welle 6 in der Sicherheitsposition 92 führt. Hierbei kann die Positionierung über die Zuordnung 70 wie beschrieben erfolgen, oder direkt über ein Trip-Signal aus einer Leitstelle, das den Lastabwurf einleitet. Dieses Trip-Signal wird unmittelbar zur Positionierung der Welle 6 in der Sicherheitsposition 92 verwendet, um schnellstmöglich und fehlerunanfällig

einen größtmöglichen Radialspalt 50 zwischen den Schaufelenden 48 und dem Gehäuse 22 zu erreichen.

#### Bezugszeichenliste

#### [0035]

2	Turbomaschine
4	Läufer
5	6
6	Welle
8	Gehäuse
10	Magnetlager
12	Magnetlager
14	Hochdruckseite
15	16
16	Abdampfseite
18	Schaufelreihe
20	Laufschaufel
22	Gehäuse
24	Axiallager
20	26
26	Richtung
28	Fanglager
30	Fanglager
32	Deckel
34	Ausgleichskolben
25	36
36	Labyrinthdichtung
38	Wellendichtung
40	Steuereinheit
42	Datenspeicher
44	Abschnitt
30	46
46	Schaufelsegment
48	Schaufelende
50	Radialspalt
52	Breite
52'	Breite
35	54
54	Sensor
56	Zuführung
58	Düse
60	Laufrad
62	Leitschaufel
40	64
64	Abdampfstutzen
66	Einstellmittel
68	Betriebspunkt
70	Zuordnung
72	Quellenseite
45	74
74	Parameterraum
76	Parameter
78	Parameter
80	Ergebnisseite
82	Position
50	84
84	Zuordnungsvorschrift
86	Betriebspunkt
88	Betriebspunkt
90	Betriebspunkt
92	Sicherheitsposition
55	94
94	Betriebsmodus
96	Betriebsmodus
98	Betriebsmodus
100	Position

## Patentansprüche

1. Turbomaschine (2) mit einem zumindest einen konischen Abschnitt (44) aufweisenden Gehäuse (22) und einem Läufer (4) mit einem im konischen Abschnitt (44) angeordneten Schaufelsegment (46),  
**gekennzeichnet durch**  
 ein Einstellmittel (66) zum Einstellen einer axialen Position (82, 100) des Schaufelsegments (46) relativ zum Gehäuse (22) während einer Rotation des Läufers (4) zum Einstellen eines Radialspalts (50) zwischen dem Schaufelsegment (46) und dem Gehäuse (22). 5
2. Turbomaschine (2) nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 der Läufer (4) eine Welle (6) aufweist und das Einstellmittel (66) zum Einstellen einer axialen Position (82, 100) der Welle (6) relativ zum Gehäuse (22) vorgesehen ist. 10
3. Turbomaschine (2) nach Anspruch 1 oder 2,  
**gekennzeichnet durch**  
 eine Welle (6) mit einem Axiallager (24), wobei das Einstellmittel (66) zumindest einen Teil des Axiallagers (24) umfasst. 15
4. Turbomaschine (2) nach Anspruch 3,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 das Axiallager (24) ein Magnetlager ist. 20
5. Turbomaschine (2) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 das Einstellmittel (66) eine Steuereinheit (40) mit einem Datenspeicher (42) aufweist und die Steuereinheit (40) zur Steuerung der axialen Positionen (82, 100) des Schaufelsegments (46) in Abhängigkeit von im Datenspeicher (42) hinterlegten Daten vorbereitet ist. 25
6. Turbomaschine (2) nach Anspruch 5,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 im Datenspeicher (42) eine Zuordnung von Betriebspunkten (68, 86, 88, 90) zu axialen Positionen (82) des Schaufelsegments (46) hinterlegt ist und die Steuereinheit (40) zur Steuerung der axialen Position (82) des Schaufelsegments (46) entsprechend der Zuordnung vorgesehen ist. 30
7. Turbomaschine (2) nach Anspruch 5 oder 6,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 im Datenspeicher (42) eine Zuordnung von kritischen Betriebspunkten (86, 88, 90) zu einer festen Sicherheitsposition (92) des Schaufelsegments (46) hinterlegt ist. 35
8. Turbomaschine (2) nach einem der Ansprüche 5 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Steuereinheit (40) zur Steuerung einer Positionierung des Schaufelsegments (46) in eine Sicherheitsposition (92) bei einem Hochfahren des Läufers (4) vorgesehen ist. 40
9. Turbomaschine (2) nach einem der Ansprüche 5 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Steuereinheit (40) zur Steuerung einer Bewegung des Schaufelsegments (46) aus einer Betriebsposition in eine axiale Sicherheitsposition (92) bei einem Lastabwurf vorgesehen ist. 45
10. Turbomaschine (2) nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Steuereinheit (40) zur Verwendung eines Signals zum Einleiten eines Lastabwurfs zur Steuerung der Bewegung des Schaufelsegments (46) in die Sicherheitsposition (92) vorgesehen ist. 50
11. Turbomaschine (2) nach einem der Ansprüche 5 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet, dass**  
 die Steuereinheit (40) zur Steuerung einer Positionierung des Schaufelsegments (46) in eine Sicherheitsposition (92) bei einem Schwachlastbetrieb vorgesehen ist. 55
12. Turbomaschine (2) nach einem der Ansprüche 5 bis 11,  
**gekennzeichnet durch**  
 einen Sensor (54) zur Messung einer mit dem Radialspalt (50) in Abhängigkeit stehenden Größe, wobei die Steuereinheit (40) zur Regelung der Einstellung in Abhängigkeit von der Größe vorgesehen ist. 60

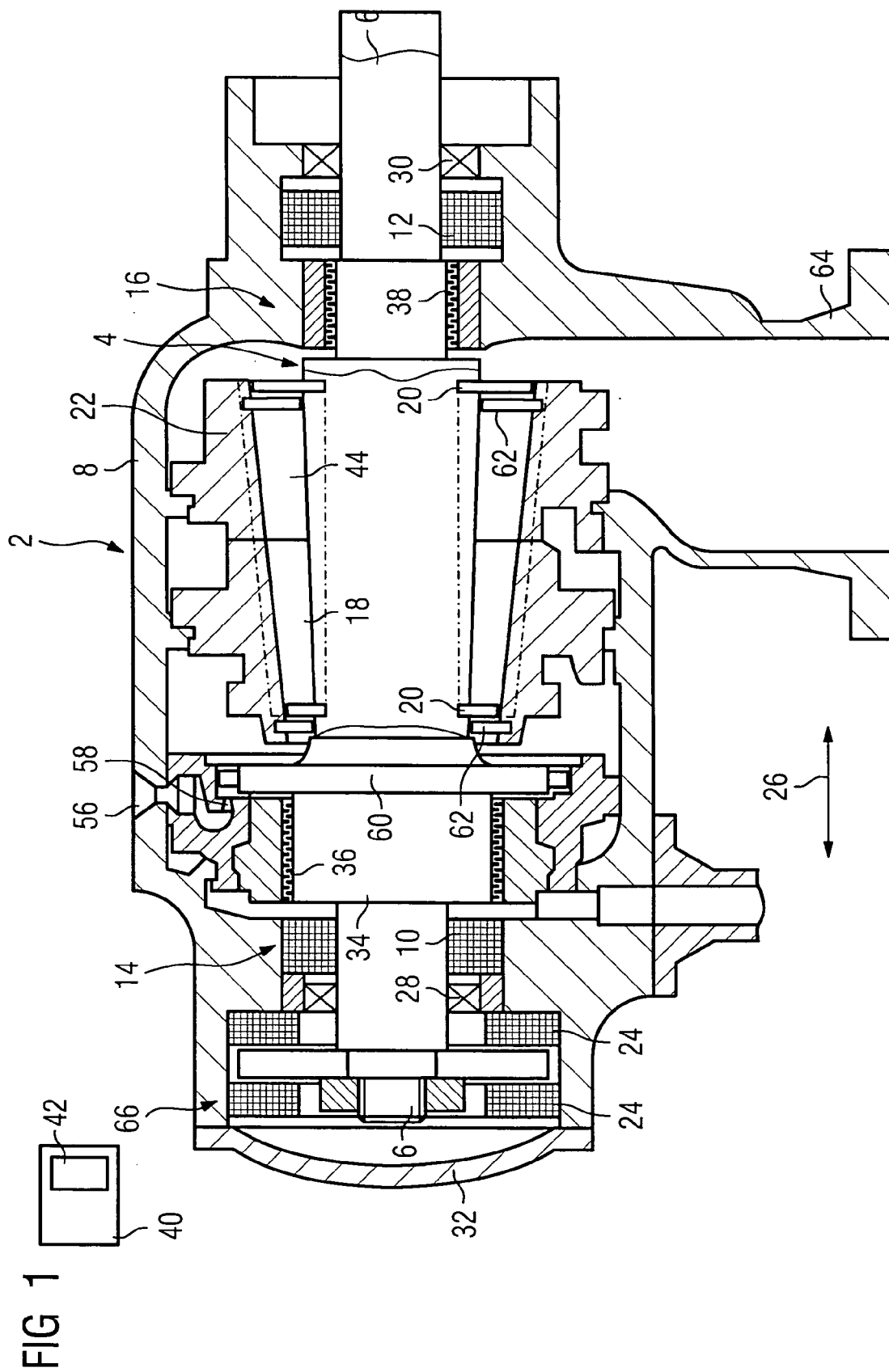


FIG 2

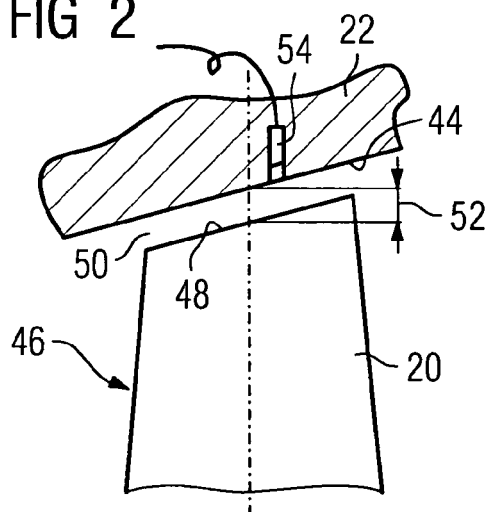


FIG 3

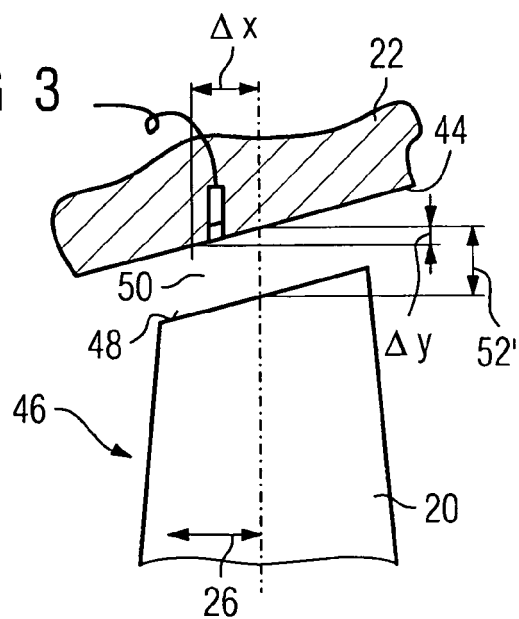
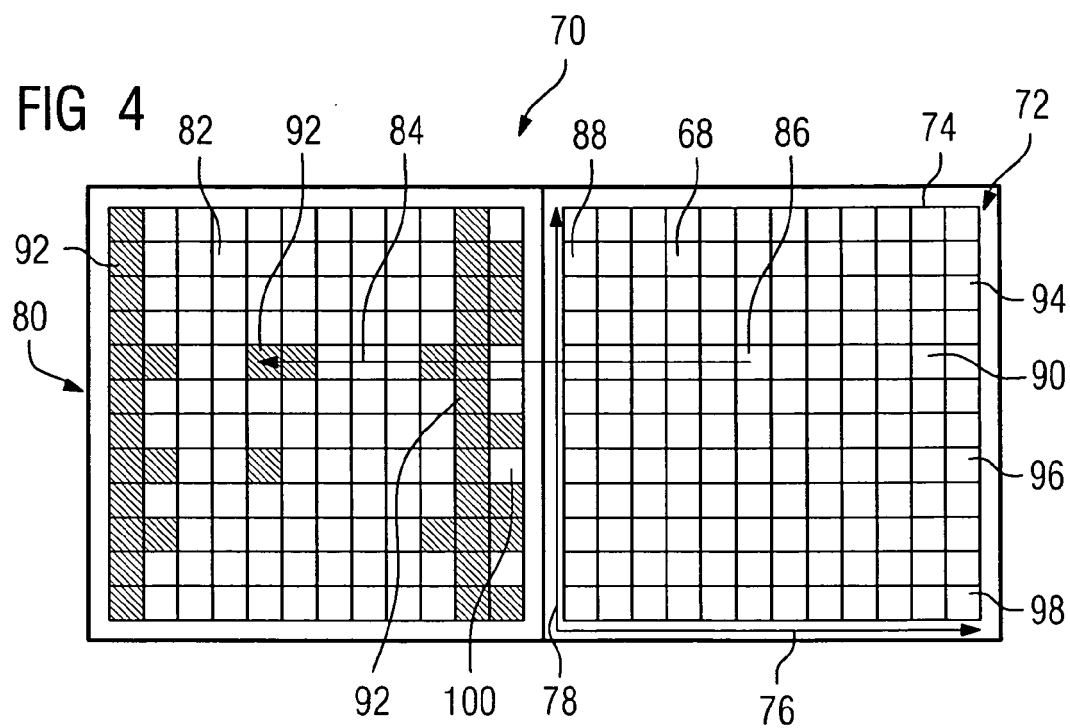


FIG 4





Europäisches  
Patentamt

# EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 06 02 1049

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	US 2003/215323 A1 (PRINZ FRIEDRICH B [US] ET AL PRINZ FRIEDRICH B [US] ET AL) 20. November 2003 (2003-11-20) * Absatz [0038]; Abbildungen * * Absatz [0047] * * Absatz [0045] *	1-12	INV. F01D11/22
X	EP 0 578 285 A1 (GEN MOTORS CORP [US]) 12. Januar 1994 (1994-01-12) * Abbildungen *	1-12	
X	WO 01/09488 A (ALLISON ADVANCED DEV COMPANY [US]; RESS ROBERT A JR [US]) 8. Februar 2001 (2001-02-08) * Abbildungen *	1	
X	DE 12 91 560 B (LICENTIA GMBH) 27. März 1969 (1969-03-27) * Abbildung 1 *	1	
D,A	EP 1 329 594 A (SIEMENS AG [DE]) 23. Juli 2003 (2003-07-23) * das ganze Dokument *	1-12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>16. März 2007</b>	Prüfer <b>Raspo, Fabrice</b>
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	

1  
EPO FORM 1503 03 82 (P04C03)

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

EP 06 02 1049

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.

16-03-2007

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003215323 A1	20-11-2003	CA 2485458 A1	20-11-2003
		EP 1509683 A1	02-03-2005
		WO 03095801 A1	20-11-2003
		JP 2005525494 T	25-08-2005
-----			
EP 0578285 A1	12-01-1994	CA 2086170 A1	23-12-1993
		DE 69302630 D1	20-06-1996
		DE 69302630 T2	31-10-1996
-----			
WO 0109488 A	08-02-2001	AU 6502200 A	19-02-2001
		GB 2369410 A	29-05-2002
		US 6273671 B1	14-08-2001
-----			
DE 1291560 B	27-03-1969	KEINE	
-----			
EP 1329594 A	23-07-2003	KEINE	
-----			

EPO FORM P0461

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

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

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

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- EP 1329594 A1 [0005]